



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimentos en Usulután

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
PAVIMENTO MEDIANTE LA EVALUACIÓN VISUAL A NIVEL
DE RED EN EL CENTRO DE USULUTÁN. ”

PRESENTADO POR:

GARCÍA ARÉVALO, MARVIN ILARIO

HERNÁNDEZ NAVARRO, NESTOR ULISES

MARTÍNEZ TORRES, SALVADOR REYNALDO

VÁSQUEZ SÁNCHEZ, HERSON ASDRUBAL

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE ASESOR:

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, 09 DE AGOSTO DE 2018

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimentos en Usulután

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR: MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

VICERRECTOR ACADÉMICO: ING. NELSON BERNABÉ GRANADOS

SECRETARIO GENERAL: M.SC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FISCAL GENERAL INTERINO: LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARIN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.

AUTORIDADES:

DECÁNO: ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ

VICEDECÁNO: LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ

SECRETARIO: LIC. JORGE ALBERTO ORTÉZ HERNÁNDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, 09 DE AGOSTO DE 2018



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimentos en Usulután

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA:

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO COREAS

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL:

ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

COORDINADOR/A GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN DE LA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

DOCENTE ASESOR:

ING. RIGOBERTO LÓPEZ.

TRIBUNAL CALIFICADOR:

ING. JOSE LUIS CASTRO CORDERO

TRIBUNAL CALIFICADOR:

ING. UVIN EDGARDO ZÚÑIGA

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, 09 DE AGOSTO DE 2018



TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. RIGOBERTO LÓPEZ

DOCENTE ASESOR



DEDICATORIA.

A DIOS TODOPODEROSO: Por darme vida, salud, fortaleza y sabiduría para afrontar los obstáculos, y ahora para culminar mis estudios universitarios.

A MIS PADRES: Juan Francisco Vásquez e Isbela Antonia Sánchez de Vásquez, por sus apoyos, esfuerzos y sacrificios para formar una persona de bien; este logro es la cosecha de lo que sembraron en mí.

A MIS HERMANOS: Nehemías Vásquez y Catherine Sánchez, por estar siempre pendiente de mí, animándome para seguir adelante luchando por mis propósitos.

A MI FAMILIA PATERNA: Mi abuela Zoila Vásquez, Mi tía Gloria Vásquez y así a mis demás familiares.

A MI FAMILIA MATERNA: Mi bisabuela Pedrina Sánchez, Mi tía Abuela María Antonia Sánchez y así a mis demás familiares.

A MI ASESOR: Ing. Rigoberto López, por ser mis mejores maestros, sus observaciones fueron recibidas con mucha estima y considerándolas como consejos para mejorar.

HERSON ASDRUBAL VASQUEZ SANCHEZ



DEDICATORIA.

A DIOS: Luz y vida dador de mi salud, fortaleza y sabiduría para afrontar los obstáculos, y ahora para culminar mis estudios universitarios.

A MIMADRE: Carmelita, por su enseñanza, confianza y amor puesto cada día como apoyo, esfuerzo y sacrificio para formar una persona de bien; este logro es la cosecha de lo que ha sembrado en mí, te amo mamá y debes saber que jamás nunca te iras de mi lado madrecita hermosa usted es una dulce marca por siempre.

A MIPADRE: Don Licho, por su apoyo incondicional por quererme de la manera más fiel y demostrarme que me acompañaría en lo que yo decidiera, gracias papá me siento orgulloso de usted lo amo mi querido viejo y siempre estaré para cuando usted lo necesite usted es mi otra dulce marca para siempre.

A MI ESPOSA: por ser mi gran soporte y brindarme todo su apoyo, paciencia, confianza, compañía y amor durante la etapa del noviazgo en el desarrollo mis estudios y ahora como mi esposa gracias por darme todo su amor en el desarrollo de mi trabajo de graduación.

A MI HERMANITA: Belarmina, querida hermana de corazón te agradezco infinitamente por haber estado ahí para mí como para todos los hermanos, eres un ejemplo a seguir perdón si alguna vez te ofendí ahora te agradezco porque fuiste y seguirás siendo una madre para mí, te quiero minita.

A MIS HERMANOS: José Nazario García Arévalo, Luis Zacarías García Arévalo, Silverio de la Paz García Arévalo, Yovany Erasmo García Arévalo, Noé smiry García Arévalo y Yuvini Eleazar García Arévalo. Por estar siempre pendiente de mí, animándome y apoyándome para que culminara mi carrera, muchísimas gracias hermanitos y confió en dios siempre nos guarde y mantengamos una relación firme de hermanos como hasta hoy, los quiero.

A TODA LA FAMILIA: Por ser grandes amigos y amigas, y brindarme su gran ayuda, oraciones y confianza para poder realizar mis estudios.

Br. MARVIN ILARIO GARCIA AREVALO



DEDICATORIA.

Al concluir esta etapa de mi vida y habiendo llegado a un punto en el cual puedo ver atrás y recordar todas las situaciones buenas y malas que atravesé en todo este camino, no puedo dejar de sentir gratitud con Dios Todopoderoso que ha tenido el control y llevado la dirección de todo. Ha sido sin ninguna duda EL quien ha permitido que pueda concluir mi carrera universitaria con satisfacción y será EL quien disponga lo que vendrá más adelante. Todo lo que ha pasado, haya sido visto como bueno o malo en su momento, ayudó para bien.

Tengo eterna gratitud a mis padres quienes con esfuerzo y una dedicación sin igual, han aportado todo lo necesario para que yo tenga las herramientas suficientes que me ayuden a alcanzar mis metas. Gracias a mis padres nunca he carecido de amor, de consejo, de consuelo, de dirección, de apoyo en todo momento de mi vida, más aún en los tiempos más difíciles. Este logro se lo dedico a ellos puesto que es solamente gracias a su esfuerzo que he podido obtenerlo.

También agradezco a mi hermano Ing. Melvin Hernández quien sirviera de modelo e inspiración para estudiar la carrera de Ingeniería Civil. Gracias a sus palabras de ánimo, a su comprensión y apoyo que sirvieron de mucho para mantenerme firme en momentos complicados de mi vida y mi carrera.

Gracias al Ing. Justo Pastor Molina quien me ha dado la oportunidad de aprender y desarrollarme en su empresa. Gracias por tener la paciencia necesaria para enseñarme y guiarme de la mejor manera para desarrollar mi potencial. Gracias por exigirme la excelencia, por enseñarme que todo en esta vida tiene su tiempo y su costo.

A mis compañeros de tesis, gracias por el apoyo y comprensión que me ofrecieron cuando fue necesario. Hemos atravesado muchas situaciones a lo largo de nuestra carrera que han demandado de nuestro mayor esfuerzo, compañerismo y amistad, me siento agradecido de que lo hayamos finalizado de la mejor manera.

Gracias a nuestro asesor de tesis Ing. Rigoberto López, por compartir sus conocimientos, por guiarnos en el desarrollo de nuestra tesis y siempre estar al pendiente de nosotros.

Gracias a todos los catedráticos que formaron parte de mi formación profesional de una forma constructiva, a las personas que me mostraron su apoyo. A la gente que estuvo y hoy no está. Gracias por cada persona que contribuyó para que pudiese conseguir este logro.

Br. NESTOR ULISES HERNANDEZ NAVARRO



DEDICATORIA.

Otorgo estos agradecimientos a los que hicieron posibles de poder culminar mi carrera Universitaria: A Dios Todopoderoso porque sin el nada de esto fuera posible, ya que todas las metas que me he trazado las he logrado, gracias a él que siempre escucho mis oraciones y me ha dado la fortaleza para asumir los retos y hoy ha hecho mi sueño de ser profesional.

A mis padres: Salvador Reinaldo Martínez Díaz y Esperanza Torres De Martínez por apoyarme en todo lo que pudieron y por encaminarme por el camino correcto y así mismo a quienes les debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme Formación académica.

A Yancy Stefany Batres Díaz, gracias por el apoyo incondicional durante toda la carrera, por el tiempo y paciencia que siempre le caracterizo, por la comprensión sus consejos y los ánimos que me daba cuando las cosas no iban bien siempre estuvo ahí para darme ese ánimo que necesitaba en los momentos más difíciles me decía sigue adelante pronto terminara.

A mi abuela Margarita Martínez a ella por su apoyo incondicional siempre que la necesite estuvo ahí para lo que fuera.

A mi tío Luis Misael Calderón Martínez a quien con su apoyo mi formación académica fue posible.

A mis hermanos: Henry Osvaldo Martínez Torres, Gerson Ezequías Martínez Torres y Moisés Antonio Martínez torres, por darme su apoyo en momentos difíciles.

A mis amigos Daniel Clímaco Ramírez y Noel Antonio Fuentes por el apoyo y amistad sincera que demostraron en los momentos más difíciles de mi carrera universitaria.

A mis compañeros de tesis por su esfuerzo y dedicación para culminar este proceso de investigación.

A mi asesor de tesis por su esfuerzo y dedicación durante el trabajo de investigación y por todos los consejos que me brindo.

Y así a mis demás familiares y amigos que siempre me dieron palabras de aliento, que a pesar de las dificultades que se presentaron siempre tuvieron el optimismo que si podía lograr mi objetivo.

Br. SALVADOR REYNALDO MARTINEZ TORRES



AGRADECIMIENTOS ESPECIALES:

A Dios: por darnos la oportunidad de haber finalizado esta meta y por ser el centro de nuestra existencia.

A nuestro Docente Asesor Ing. Rigoberto López: Por ser nuestra guía en el proceso de investigación, paciencia, dedicación y enseñanza durante el desarrollo del presente estudio, muchas gracias y que Dios lo bendiga.

A todos y cada uno de los docentes, que fueron parte fundamental en nuestra preparación profesional.

A los empleados de la Alcaldía municipal de Usulután, a quienes le agradecemos por su valiosa colaboración ya que nos proporcionaron información necesaria para llevar a cabo el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

A todas las personas que de una u otra manera formaron parte de manera valiosa para la realización de nuestro trabajo de graduación muchas gracias.

Brs. Salvador Reynaldo Martínez Torres, Marvin Ilario García Arévalo, Néstor Ulises Hernández Navarro, Herson Asdrúbal Vásquez Sánchez.



INDICE

CAPITULO 1: SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
1.1. INTRODUCCIÓN.	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	4
1.3. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.	5
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.5. OBJETIVOS.....	7
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.6. ALCANCES.....	8
1.7. LIMITACIONES.	8
1.8. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	12
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.	13
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	13
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.	14
2.3.1. LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES	14
2.3.2. LEY DEL FONDO DE CONSERVACION VIAL.....	15
2.4. TEORÍA GENERAL SOBRE PAVIMENTOS.....	18
2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.....	18
2.4.2. DETERIORO DE PAVIMENTOS.	21
2.4.3. ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE LA VÍA	29
2.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO.	33
2.4.5. DEFECTOS EN LOS DISEÑOS VIALES.	34
2.5. INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL.....	35
2.6. TEORÍA DE EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL.	36
2.7. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.	36
2.8. EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO.	37
2.8.1. ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL.	38
2.8.2. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI).	39
2.8.3. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).	42
2.9. SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS.	46
2.10. COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR Y MANTENIMIENTO VIAL.....	52



2.10.1.	COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR.....	52
2.10.2.	COSTOS DE MANTENIMIENTO VIAL.....	53
2.10.3.	PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE MARKOV.....	53
2.11.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	54
CAPITULO 3: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....		55
3.1.	EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	56
3.1.1.	TECNICA DE AUSCULTACIÓN.....	56
3.2.	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN.....	56
3.2.1.	CLASES DE DATOS UTILIZADOS.....	56
3.2.2.	DENTIFICACIÓN DE CALLES Y AVENIDAS E INSTITUCIONES COMPETENTES.....	59
3.3.	INVENTARIO.....	62
3.4.	SOLICITACIONES DE TRANSITO.....	81
3.4.1.	EFFECTOS DE LAS CARGAS EN LOS PAVIMENTOS.....	82
3.5.	SOLICITACIONES CLIMÁTICAS.....	90
3.5.1.	CONDICIONES CLIMÁTICAS EN LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE USULUTAN.....	90
3.6.	DETERIORO SUPERFICIAL.....	92
3.6.1.	CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES LA RED VIAL EN ESTUDIO.....	106
3.7.	PRESENTACIÓN DE DATOS PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS.....	121
3.7.1.	PRESENTACIÓN DE DATOS.....	121
3.8	INTERVENCIÓN Y COSTO.....	138
3.8.1.	INTERVENCIÓN.....	138
3.8.2.	COSTO DE MANTENIMIENTO.....	142
3.9.	PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PAVIMENTOS.....	145
CAPITULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....		151
4.1.	ANÁLISIS DE INVENTARIO.....	152
4.1.1.	COMPARACIÓN DEL DERECHO DE VIA EXISTENTE CON EL REGLAMENTO DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN.....	156
4.1.2.	TIPOS DE PAVIMENTOS Y SU PORCENTAJE EN LA RED.....	157
4.1.3.	ESTADO DE SEÑALIZACIÓN.....	159
4.2.	ANÁLISIS DE TRANSITO.....	159
4.2.1.	COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	168
4.3.	ANÁLISIS DE DETERIORO SUPERFICIAL.....	174
4.3.1.	INTERPRETACIÓN DE VALORES DE PCI.....	175
4.4.	ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO E INVERSIÓN.....	186
CAPITULO 5: PROPUESTA.....		189
5.1.	APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA RED VIAL DE USULUTÁN.....	190



5.2. MAPA CONCEPTUAL PARA LA APLICACION DE LA PROPUESTA.	191
5.3. INVENTARIO	192
5.3.1. TIPOS DE PAVIMENTOS EXISTENTES	192
5.3.2. CARACTERISTICAS Y ELEMENTOS QUE LA COMPONEN	193
5.4. INSPECCIÓN	194
5.5. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA VIAL	194
5.6. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO	195
5.7. ESTIMACIÓN DE RECURSOS	195
5.8. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PAVIMENTOS	197
5.9. PROGRAMA DE TRABAJO Y MEDICIÓN DEL COMPORTAMIENTO	201
5.10. MONITOREO	201
5.11. SUPERVISIÓN	202
5.12. PREVISIÓN DE EVALUACIÓN	203
<i>CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	<i>204</i>
6.1. CONCLUSIONES.	205
6.2. RECOMENDACIONES	208
<i>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</i>	<i>210</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>213</i>
ANEXO 1	214
CATALOGO DE DAÑOS.....	214
ANEXO 2	224
MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN	224



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Correlación de Índice de Serviciabilidad y el IRI	40
Tabla 2. Clases de Datos de Inventario	58
Tabla 3. Dimensiones de calles y avenidas.....	64
Tabla 4. Inventario de Postes y pozos	69
Tabla 5. Señales de tránsito	74
Tabla 6. Tránsito Promedio Diario Anual TPDA	86
Tabla 7. Rangos de calificación del PCI	94
Tabla 8. Ficha de evaluación de pavimentos (asfáltico)	95
Tabla 9. Definición unidades de muestreo.....	96
Tabla 10. Ficha de evaluación de pavimentos (concreto hidráulico)	96
Tabla 11. Secciones de pavimento	102
Tabla 12. PCI de secciones.	106
Tabla 13. Inicio de índice de condición de pavimento en calles y avenidas	107
Tabla 14...Fin de índice de condición de pavimento en calles y avenidas.	114
Tabla 15. Inicio de secciones y valores PCI	115
Tabla 16. Fin de secciones y valores PCI.	120
Tabla 17. Inicio de fallas y su tratamiento.	139
Tabla 18. Fin de fallas y su tratamiento.....	141
Tabla 19. Precios unitarios de intervención por tipo de falla	142
Tabla 20. Costos de intervención por sección.	143
Tabla 21. Costos unitarios de acuerdo a condición PCI	144
Tabla 22. Markoviano de deterioro.....	147
Tabla 23. Modelo de deterioro y costos sin intervención	148
Tabla 24. Modelo de deterioro y costos con intervención	149
Tabla 25. Modelo de deterioro y costos mediante un sistema de gestión de pavimento	150
Tabla 26. Inventario total de la red vial en estudio.	152
Tabla 27. Calles y avenidas con aforo vehicular	167
Tabla 28. Valores de evaluación de pavimento mediante metodología PCI.....	175
Tabla 29. Tablas de deterioro y valor deducido	176
Tabla 30. Porcentaje de pavimento	192
Tabla 31. Características generales de la red vial.	193
Tabla 32. Resumen de Condición de Pavimentos de centro de Usulután	195
Tabla 33. Precios unitarios por intervención de tipo de falla	196
Tabla 34. Precios unitarios para clasificación PCI.....	197



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización a nivel de país de la red vial en estudio.	9
Figura 2. Ubicación de la red vial a nivel de departamento.	10
Figura 3. Ubicación de red a nivel de zona urbana.....	11
Figura 4. Estructura de pavimento flexible.....	19
Figura 5. 5ta. avenida sur Usulután. Pavimento flexible.	20
Figura 6. Calle Grimaldi, Usulután. Pavimentos rígidos.	21
Figura 7. C. DR. Federico Penado en condiciones de deterioro por factores climáticos y cargas.	22
Figura 8. DETERIORO DE VIA SIN MANTENIMIENTO	23
Figura 9. Ciclo deseable y fatal de una vía.	26
Figura 10. Diagrama de ciclo de vida “fatal” del camino	27
Figura 11. Diagrama del ciclo de vida “deseable”.....	27
Figura 12. Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseables”	28
Figura 13. Valores IRI.....	38
Figura 14. Escala de serviciabilidad del PSI frente a valores del IRI	41
Figura 15. Fallas en Pavimento Flexibles	43
Figura 16. Fallas en Pavimentos de Concreto Hidráulico.....	44
Figura 17. Rangos del PCI y su descripción.	45
Figura 18. Esquema de Gestión de Pavimentos	47
Figura 19. Relación entre datos y base de datos.....	57
Figura 20. Levantamiento de datos en calles y avenidas.....	62
Figura 21. Medicion de espesores de capas	63
Figura 22. Tendencia de comportamiento del tráfico.	81
Figura 23. Tipos de apoyo de vehículos.	82
Figura 24. Vista Aérea de Usulután	90
Figura 25. Grafica de promedios mensuales de temperatura	91
Figura 26. Grafica de promedios mensuales de humedad relativa y precipitación	92
Figura 27. Interfaz QGis.....	124
Figura 28. Captura 1 QGis.....	125
Figura 29. Captura 2 QGis.....	126
Figura 30. Captura 3 QGis.....	127
Figura 31. Captura 4 QGis.....	128
Figura 32. Captura 5 QGis.....	129
Figura 33. Captura 6 QGis.....	130
Figura 34. Captura 7 QGis.....	131
Figura 35. Captura 8 QGis.....	132
Figura 36. Captura 9 QGis.....	133
Figura 37. Captura 10 QGis.....	134
Figura 38. Captura 11 QGis.....	135
Figura 39. Captura 12 QGis.....	136



Figura 40. Captura 13 QGis.....	137
Figura 41. Sección tipo de carretera para localización 2	156
Figura 42. Gráfico de porcentaje de tipo de pavimento en la red en estudio.	157
Figura 43. Carga vehicular 6ta calle oriente.	160
Figura 44. Carga vehicular 3ra. CALLE ORIENTE-PONIENTE.....	161
Figura 45. Carga vehicular 6ta. AVENIDA - NORTE	162
Figura 46. Carga vehicular 1ra. CALLE ORIENTE-PONIENTE.....	163
Figura 47. Carga vehicular CALLE GRIMALDI Y CALLE DOCTOR FEDERICO PENADO	164
Figura 48. Carga vehicular 2da. CALLE ORIENTE-PONIENTE	165
Figura 49. Carga vehicular 4ta. CALLE ORIENTE-PONIENTE.....	166
Figura 50. Gráfico de calles y avenidas con aforo vehicular.	167
Figura 51. Distribucion de flujo vehicular 6ta. calle.....	168
Figura 52. Distribucion de flujo vehicular 3ra. Calle	168
Figura 53. Distribucion de flujo vehicular 6ta. avenida	169
Figura 54. Distribucion de flujo vehicular 1ra. calle.....	169
Figura 55. Distribucion de flujo vehicular calle Grimaldi y Doctor Federico Penado.	170
Figura 56. Distribucion de flujo vehicular 2da. calle	170
Figura 57. Distribucion de flujo vehicular 4ta. calle.....	171
Figura 58. Ilustracion de congestionamiento vehicular por doble fila de parqueo.	173
Figura 59. PORCENTAJE DE TIPOS DE DAÑOS ENCONTRADOS	182
Figura 60. Porcentaje de condición de pavimento	183
Figura 61. Análisis de inversión	186
Figura 62. Análisis de condición de pavimento	187
Figura 63. Modelo de sistema de gestión de pavimentos.....	191
Figura 64. Tipos de pavimentos existentes.....	192
Figura 65. Condiciones de pavimentos	194
Figura 66. Análisis de inversión.....	198



CAPITULO 1: SITUACIÓN PROBLEMÁTICA



1.1. INTRODUCCIÓN.

La presente investigación se ha centrado en la importancia de implementar un sistema de gestión de pavimento que permita intervenir una red vial de Usulután, mediante decisiones planeadas y certeras que optimicen los recursos municipales, pero sobre todo que ayuden a conservar en buen estado la infraestructura vial sobre la cual se desarrolla la movilidad de personas, materias primas para la producción local y el comercio en el centro de la cabecera departamental de Usulután. La infraestructura de pavimento es básica para el desarrollo de cualquier ciudad, por lo tanto; Las administraciones municipales deben velar por la buena inversión de los fondos públicos en la planeación y construcción así como en el mantenimiento de las obras viales locales. Sin embargo en el municipio de Usulután, como en la mayoría de los municipios de El Salvador, la red vial se ha construido de acuerdo a las necesidades que el mismo crecimiento les va exigiendo, con una planeación deficiente dando soluciones a reclamos o presión popular que únicamente satisfacen los requerimientos a corto plazo; misma que a medida que el tiempo transcurre se vuelven insuficientes, traduciéndose en incrementos de costos tanto para los usuarios como para el mismo gobierno municipal.

El desarrollo de la investigación, se basa en seis capítulos, los cuales forman parte integral del cuerpo de la tesis, donde se va ampliando cada escenario investigado y que aporta al tema.

En el capítulo uno de esta investigación, esta formulado el planteamiento del problema de investigación, el cual se define como la carencia de un sistema de gestión de pavimento para el centro de Usulután, condición que ha causado un alto costo de operación vehicular y de mantenimiento vial durante muchos años. Es en este mismo capítulo donde se establecieron los objetivos y alcances que han sido cumplidos con el desarrollo de la investigación.

En el capítulo dos se presenta la recopilación de toda la información referente al tema de investigación, aquí se encuentran los antecedentes de la investigación, criterios de conservación vial, ciclos de la vida de los caminos, inventarios viales,



aspectos por los que se deteriora la vía, importancia de la conservación, sistemas de gestión de pavimentos y sistemas de información geográfica, con el fin de que el lector pueda entender cada uno de los conceptos que están inmersos en el tema de investigación.

En el capítulo tres se presenta la metodología que fue aplicada durante la recolección de datos y el procesamiento de la información referente a las condiciones de la infraestructura vial existente al momento del desarrollo de la investigación, tráfico, inventario vial, condiciones climáticas locales y sobre los costos de intervención de pavimentos. También se encuentra el tutorial sobre la utilización del programa de información geográfica Quantum GIS (o QGIS).

En el capítulo cuatro se expone el análisis e interpretación de resultados obtenidos, haciendo un análisis profundo de los datos encontrados en campo sobre el inventario vial, tráfico, la estructura del pavimento, indicador del estado del pavimento, costos de mantenimiento vial aplicando el método estocástico el cual está determinado por la hipótesis de markov que ayuda a predecir el comportamiento de deterioro de los pavimentos en un periodo de tiempo determinado; Además se presenta la salida de datos del programa Quantum GIS (o QGIS) en donde todo el inventario puede ser visualizado desde una perspectiva más clara y precisa de cada uno de los componentes y sus condiciones, de la red vial en estudio .

En el capítulo cinco se presenta la propuesta del sistema de gestión de pavimento como resultado de la investigación, mediante la cual se hacen las valoraciones de la reducción de los costos y los beneficios que representaría la aplicación de una nueva visión de gestión de pavimentos para la municipalidad de Usulután como administradora de recursos públicos y las mejoras para los usuarios de la red vial.

En el capítulo seis luego de haber desarrollado la investigación se hacen las conclusiones referentes al tema y recomendaciones que son la parte más importante sobre el conocimiento adquirido y la manera de poder mejorar o sustituir la metodología aplicada actualmente por la municipalidad de Usulután.



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La construcción de caminos con mejores condiciones de tránsito ha sido importante en el avance de las distintas sociedades, llegando a la actualidad, donde nos encontramos en un mundo globalizado pero con marcadas diferencias entre países desarrollados y en vías de desarrollo, siendo los primeros quienes están a la vanguardia en tecnología, métodos constructivos, programas de conservación y seguridad vial. Las calles de una zona urbana y en forma más general, las redes viales, cubren una necesidad esencial en el siglo XXI, que es disponer de una infraestructura vial adecuada para que se pueda desarrollar toda la actividad productiva de un lugar en nuestro caso el departamento de Usulután. Se asume que toda obra vial es un avance definitivo que se integra al patrimonio público, y como tal, prestará servicio en buenas condiciones por un período muy prolongado.

La expectativa creada al dotar a los usuarios de una vía adecuada, se ve frustrada cuando se deteriora en forma prematura, cuando extensas partes de la red se degradan hasta llegar a un estado fallido o pésimo, entorpeciendo la conectividad que deben brindar. Las causas difieren en cada caso particular, pero habitualmente se trata de una combinación de distintos grados de deficiencias de diseño, de construcción, de conservación y de control del tránsito. El resultado es que muchas redes viales se encuentran en una condición muy por debajo de lo que resulta deseable y conveniente.

Esta situación, ha llevado a un ciclo vicioso de la vía, donde se construye o rehabilita, no existe mantenimiento, la dejan en abandono, la vía se destruye y necesariamente se debe reconstruir, esta situación se produce, sin que la vía cumpla con su periodo de diseño, a un costo mucho mayor que, si las autoridades hubiesen realizado actividades de mantenimiento necesarias y oportunas.

La infraestructura vial en El Salvador se desarrollan mediante la planificación, ejecución y conservación de obras públicas principales, las cuales son responsabilidad del gobierno central a través del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL), pero también existe la red vial municipal



que según la ley de carreteras y caminos vecinales en el artículo 4, establece que corresponde a los gobiernos municipales su planeamiento ejecución y conservación.

Después de haber realizado la investigación se puede decir que la red vial de Usulután se encuentra en malas condiciones como consecuencia de no tener un plan estratégico de intervención de pavimentos y los recursos destinados para la reparación y mantenimiento son limitados; es por ello que esta investigación toma muchísima importancia con el fin de conocer todos los elementos y sus condiciones, para generar una base de datos en la búsqueda de una propuesta de sistema de gestión de pavimento mediante el cual se conserve la red vial en óptimas condiciones a un menor costo, en un periodo de tiempo planificado.

1.3. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

El centro de Usulután posee un notable grado de deterioro de sus calles y avenidas debido a problemas económicos, políticos, sociales, culturales y de crecimiento desordenado del área urbana, situación que se percibe a través del bajo nivel de confort, tiempo de viaje y seguridad vial como consecuencia de un sistema deficiente de drenaje, poca señalización y sobre todo de la carencia de un plan estratégico de conservación de pavimentos.



1.4. JUSTIFICACIÓN.

En El Salvador los trabajos realizados por las municipalidades en lo referente a proyectos de construcción y conservación de los pavimentos no son efectivos porque no proporcionan el nivel de servicio para el cual fueron diseñados, de manera que muchos caminos se encuentran por debajo de lo deseable o conveniente. Como consecuencia, se producen pérdidas anuales de dinero debido a sobrecostos de operación vehicular y reconstrucción de las vías.

Es importante administrar la inversión de los fondos públicos en infraestructura vial, mediante un sistema de gestión de pavimentos compuesto por un sistema de información geográfica que permite saber con certeza las condiciones de los pavimentos de calles y avenidas en un momento específico.

Un sistema de gestión de pavimentos da lugar a una intervención en el momento preciso, a un menor costo y mantiene los pavimentos en óptimas condiciones. La metodología del PCI y los criterios para la toma de decisiones proporcionan mejores argumentos, calidad de datos y soluciones oportunas a los problemas encontrados. Todas las metodologías usadas en la construcción de los pavimentos, diseño, condiciones naturales y el uso ya sea previsto o no, presenta ciertas fallas que definirán su nivel de servicio y el tipo de tratamiento que se debe realizar, este proceso es fundamental para abaratar costos y mejorar el nivel de servicio, puesto que un manejo inadecuado de los pavimentos; sobre todo en la sistematización, optimización y priorización, tendrá un resultado oneroso. Según la base de datos que se tiene, que es significativa y que permite dimensionar la condición de la red, evidenciando las falencias que se encuentran; por otro lado si se da un manejo responsable con la base de los datos a implementar, resultado de la evaluación de las condiciones encontradas de los pavimentos, curvas de deterioro y clasificación de acuerdo al estado en el que se encontraron, permitirá establecer las condiciones del pavimento y proponer una solución viable.



1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL.

- Proponer un sistema gestión de pavimentos que sirva como base a la municipalidad de Usulután para planificar de manera eficiente la inversión de los fondos públicos en el mantenimiento de la red vial y conservación de la misma en óptimas condiciones.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar el inventario de la red vial para conocer cada uno de sus componentes.
- Definir las condiciones actuales de los pavimentos, mediante la evaluación visual.
- Elaborar un sistema de gestión de pavimentos para el centro de Usulután mediante el cual se demuestre la reducción de costos en mantenimiento vial para la municipalidad y que asegure un mejor nivel de confort, tiempo de viaje y seguridad vial, para los usuarios de manera sostenible.
- Proporcionar al área de ingeniería de la alcaldía municipal de Usulután la base de datos y la propuesta de un sistema de gestión de pavimento como resultado de la investigación.



1.6. ALCANCES.

- El estudio ha sido realizado en la zona céntrica de la cabecera departamental de Usulután con un radio de incidencia de 300 m alrededor del parque central, interviniendo un área de 25 manzanas equivalentes a 21.03 hectáreas con una longitud de carretera de 6.15Km que se desarrollará específicamente de oriente a poniente desde la 6^{ta} av. Norte hasta la 5^{ta} av. Norte y de norte a sur desde la 6^{ta} calle oriente y 3^{ra} calle oriente donde se realizará lo siguiente: clasificación, longitud, tipo de pavimento, ancho y número de carriles, características planimétricas y altimétricas, tipo y espesor de capas de pavimento, tipo de drenaje, factores climáticos (temperatura y precipitaciones), señalización, iluminación de vía y las características de tránsito (TPDA).
- La inspección visual se fue realizada a partir del índice de condición de pavimentos (PCI)
- El almacenamiento y análisis de la información recolectada sobre el estado actual de las vías fue realizada con el software QGIS de código abierto.

1.7. LIMITACIONES.

- La carencia de acceso a tecnologías para realizar las pruebas de condición estructural del pavimento han reducido el grado de evaluación de las vías.
- La carencia de un antecedente histórico de información sobre la construcción y mantenimiento de pavimentos en el centro de Usulután ha sido un factor limitante muy importante en el desarrollo del análisis de deterioro de pavimentos y costos de intervención.



1.8. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación se desarrolla en la cabecera departamental de Usulután que es uno de los departamentos de la zona oriental de el salvador.

Figura 1. Localización a nivel de país de la red vial en estudio.

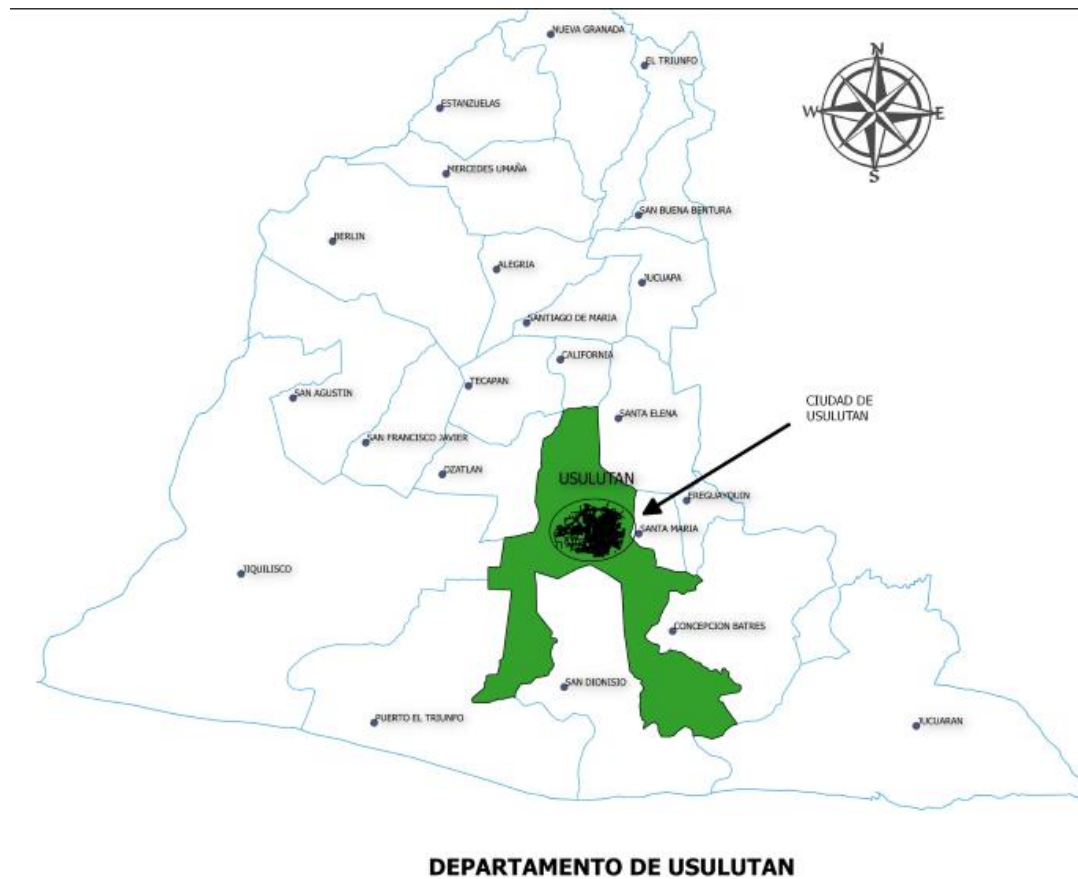


Fuente: www.cnr.gov.sv/geoportal-cnr/



UBICACIÓN DE LA RED VIAL A NIVEL DE DEPARTAMENTO

Figura 2. Ubicación de la red vial a nivel de departamento.



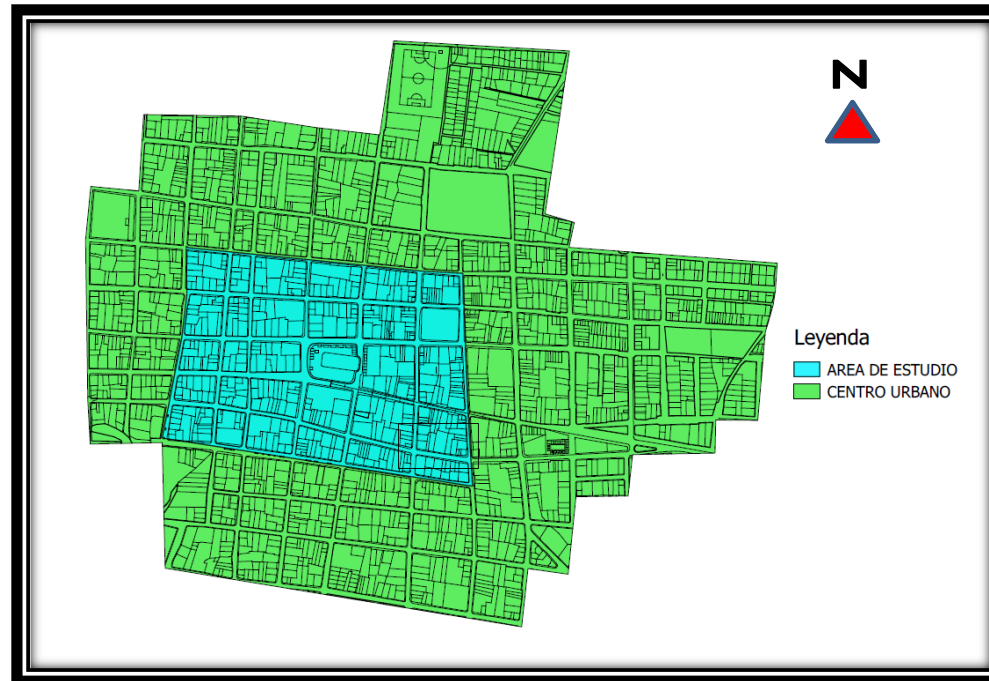
Fuente: www.cnr.gob.sv/geoportel-cnr/



UBICACIÓN DE AREA DE ESTUDIO A NIVEL DE ZONA URBANA DE USULUTÁN

Lo que hoy se conoce como casco urbano de Usulután se desarrolló a partir de 1950 a 1975, que consistía en un desarrollo en forma concéntrica a partir de su centro situado a las intersecciones de las calles Grimaldi-Penado y Avenida Guandique –Melara; correspondiente a 957,800 metros cuadrados. El área en estudio corresponde a un área de 210,842 metros cuadrados representando el 22% del área urbana. **Fuente: Síntesis Municipal de Usulután.**

Figura 3. Ubicación de red a nivel de zona urbana



FUENTE: Programa QGis



CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO



2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

Los estudios que se han realizado en lo referente a los pavimentos en la zona oriental han sido con respecto a señalización vial y soluciones a corto plazo a la diversidad de problemas que estos presentan. Por otra parte los gobiernos municipales no cuentan con una base de datos de sus calles y avenidas que les permita evaluar la condición de los pavimentos a través de un plan estratégico de inversión de recursos, sino que en la mayoría de los casos lo hacen por presión popular o por reclamos de los habitantes que pagan sus impuestos sin obtener beneficios. En el salvador ya se realizó un estudio sobre la gestión de pavimentos para el municipio de Santa Tecla pero carece de un programa de información geográfica.

Luego de haber consultado los estudios antecesores, se considera que es importante plantear y promover la gestión de pavimentos como un modelo de optimización de los escasos recursos con los que cuentan la mayoría de los gobiernos municipales en El Salvador.

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.

Este estudio se fundamenta en el paradigma de investigación Critico-Propositivo basándose en los siguientes aspectos:

La finalidad de la investigación es la reducción de costos de operación vehicular y optimización de recursos en mantenimiento vial, con la aplicación de un plan de gestión de pavimentos, mejorando las condiciones de operatividad de las redes viales logrando que estas sean cómodas, rápidas y seguras. Los altos costos de operación vehicular y de mantenimiento vial, el alto tiempo de viaje y el aislamiento de poblaciones es un común en muchos países los cuales no tienen programas y planes para preservar las vías construidas, rehabilitadas o mejoradas.



En esas condiciones surge un círculo vicioso el cual se genera a partir de la construcción o rehabilitación pasando a un descuido en la conservación y llegando a un deterioro drástico y nuevamente a un proceso de rehabilitación.

Es por eso que en El Salvador es importante sembrar una visión que deje de considerar una carretera como un objeto de provecho político para convertirse en gobiernos locales capaces de mantener y crear patrimonios viales que contribuyan al desarrollo de los pueblos.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

2.3.1. LEY DE CARRETERAS Y CAMINOS VECINALES

En el salvador existe la ley de carreteras y caminos vecinales publicada el 22 de octubre de 1969, la cual establece:

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 a las vías públicas. .

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, se consideran carreteras las vías cuyo rodamiento las hace de tránsito permanente; su planificación, construcción, mejoramiento, corresponde al Órgano Ejecutivo en el Ramo de Obras Públicas.

Art. 3.- Atendiendo a su importancia y características geométricas las carreteras se subdividen en:

Especiales, que son todas aquellas que reúnen condiciones geométricas 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;

Terciarias, 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 un mínimo de seis metros cincuenta centímetros de rodaje en los puentes; y

Rurales, las capacitadas 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, dicha carretera haya sido construida por el Gobierno Central.

Art. 4.- Caminos vecinales o municipales son aquellos que no estando comprendidos en la clasificación del artículo anterior, comunican villas, pueblos, valles, cantones o caseríos entre sí o conectan éstos con cualquier carretera, los cuales en ningún caso podrán tener menos de seis metros cincuenta centímetros de ancho; su construcción, mejoramiento y conservación corresponde a la Municipalidad de la respectiva jurisdicción.

2.3.2. LEY DEL FONDO DE CONSERVACION VIAL.

Materia: Leyes de Seguridad vial Categoría: Leyes de Seguridad vial Origen: ORGANO LEGISLATIVO Estado: VIGENTE Naturaleza: Decreto Legislativo N°: 208 Fecha: 30/11/2000 D. Oficial: 237 Tomo: 349 Publicación DO: 18/12/2000 Reformas: (4) Decreto Legislativo No. 789 de fecha 18 de diciembre de 2008, publicado en el Diario Oficial No. 8, Tomo 382 de fecha 14 de enero de 2009. Comentarios: La presente Ley tiene como objeto establecer el marco legal para el



financiamiento y gestión de la conservación de la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenable y de la Red Vial Urbana

Art. 3.- Para los efectos de esta Ley, se definen los siguientes conceptos:

1. Conservación Vial: Amplio conjunto de actividades destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de las vías terrestres de comunicación, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario.

La conservación comprende actividades tales como el mantenimiento rutinario y periódico, la señalización, así como las labores de mantenimiento de puentes y obras de paso.

El mantenimiento rutinario se refiere a la reparación localizada de pequeños defectos en la calzada y el pavimento; nivelación de superficies sin pavimentar y hombros; el mantenimiento regular del drenaje, los taludes laterales, los bordes, los dispositivos para el control de tránsito y otros elementos accesorios, la limpieza de fajas de derecho de vía y el control de la vegetación; por su naturaleza se aplica dicho mantenimiento una o más veces al año.

El mantenimiento periódico es el que se refiere al tratamiento y renovación de la superficie, sus períodos de aplicación son mayores de un año. Considerándose el Tratamiento de la Superficie, como la actividad de mantenimiento periódico de los caminos pavimentados, por la cual se procura establecer las características del pavimento, sin llegar a ser un refuerzo estructural; y como Renovación de la Superficie, en un camino sin pavimentar, como la aplicación de una capa de material o trabajos consistentes en la adición de un material nuevo, pudiéndose efectuar un tratamiento de la base, antes de la colocación del mismo. En caminos pavimentados se refiere a la aplicación de una capa adicional sobre el pavimento, modificando en algunos casos la estructura subyacente y aumentando el refuerzo estructural.

El Mantenimiento de los Puentes y Obras de Paso: Es el conjunto de actividades que es necesario realizar en los puentes y obras de paso, con el objetivo de garantizar la conectividad y transitabilidad en las rutas que corresponden a la red



vial nacional prioritaria mantenible; Puede consistir en trabajos tanto en la subestructura, superestructura, apoyos y estribos y plataforma de rodamiento, así como también el manejo de las aguas.

La Señalización: Es el conjunto de actividades que se realizan en las carreteras con el objetivo de minimizar los accidentes, las cuales pueden realizarse en la superficie de rodamiento y hombros o en cualquier parte del derecho de vía; siempre y cuando contribuyan a evitar accidentes y mejorar la transitabilidad e identificación de las vías.

La conservación no comprende la construcción de vías nuevas, tampoco la reconstrucción o la rehabilitación total o el mejoramiento de la vía para elevar su nivel de servicio; dichas actividades serán atribuciones del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano, en aquellas vías de su competencia; de conformidad a lo establecido en la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales.

2. 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 a éste con el resto de la región centroamericana. La Red Vial Nacional Prioritaria se integra de la siguiente manera:

- a) Carreteras Pavimentadas, las cuales se subdividen en especiales, primarias y secundarias, de conformidad a lo que establece la ley de la materia;
- b) 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; y,
- c) El conjunto de puentes y obras de paso comprendidas en las referidas carreteras y caminos.



3. Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible: Conjunto de vías de la Red Vial Nacional Prioritaria, en buen y regular estado. La definición de dicha red será realizada periódicamente a partir de estudios técnicos contratados por el FOVIAL y con la debida coordinación con el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano.

4. Red Vial Urbana: Conjunto de calles pavimentadas y caminos no pavimentados bajo la competencia de los Gobiernos Locales.

5. Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible: Conjunto de vías pavimentadas de la Red Vial Urbana, en buen y regular estado, en las cuales los municipios no alcanzan a cubrir las necesidades de Conservación Vial. La determinación de dicha red será realizada periódicamente a partir de estudios técnicos contratados por el FOVIAL, de acuerdo a los criterios de priorización que se desarrollan en el Reglamento de esta Ley.

2.4. TEORÍA GENERAL SOBRE PAVIMENTOS.

DEFINICION DE PAVIMENTO.

La estructura integral de las capas de sub-rasante, sub- base, base y carpeta colocado encima de la rasante y destinada a sostener las cargas vehiculares. (Manual Centroamericano para diseño de pavimento 2002).

2.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.

Se ha clasificado a los pavimentos de forma general en dos tipos, por ser los más conocidos y porque son los analizados en el presente trabajo:

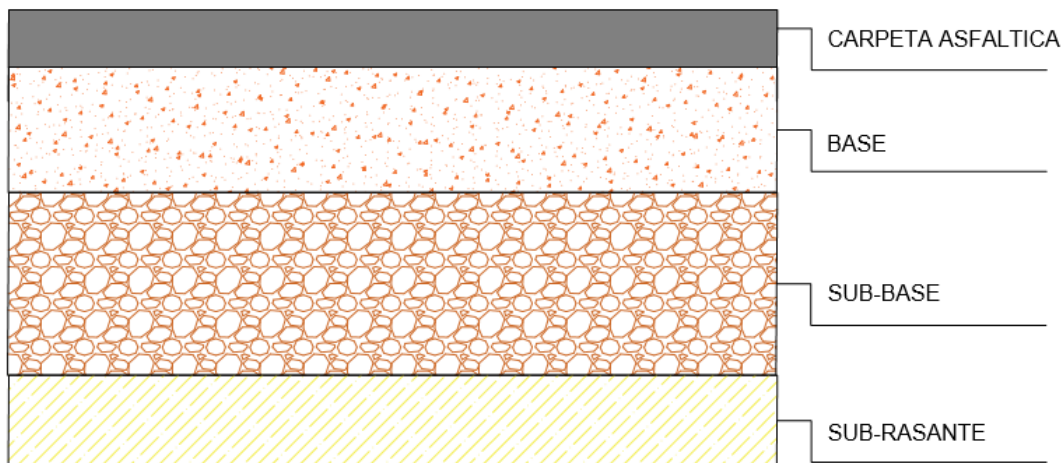
- Pavimento Flexible
- Pavimento Rígido



PAVIMENTO FLEXIBLE.

Se denominan así puesto que su estructura completa se deflecta con la variación de cargas que transitan sobre él, tienen un menor tiempo de vida útil que los pavimentos rígidos, pero resultan más económicos. Estos pavimentos se encuentran conformados desde la parte inferior a la superior por: una sub-rasante, una sub-base y/o base hidráulica estabilizada y la superficie de rodadura, la misma que puede ser: una carpeta de riegos, una carpeta de mezcla asfáltica elaborada en frío o en el lugar, o de mezcla caliente elaborada en planta, se denominan también de concreto asfáltico (Osuna Ruiz 2008) tal como se muestra en la figura 3.

Figura 4. Estructura de pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



Figura 5. 5ta. avenida sur Usulután. Pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

PAVIMENTO RÍGIDO

Se denominan así puesto que constan de una losa de concreto hidráulico ($f'c$ en un rango de: 280kg/cm^2 - 450 kg/cm^2), ya que esta posee una mayor rigidez y distribuirá las cargas verticales en un área mayor con menor presión. Estos pavimentos se encuentran conformados desde la parte inferior a la superior por: una sub-rasante, una base hidráulica o una sub-base y una losa de concreto hidráulico, está pudiendo tener o no un refuerzo de acero (Osuna Ruiz 2008).



Figura 6. Calle Grimaldi, Usulután. Pavimentos rígidos.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

2.4.2. DETERIORO DE PAVIMENTOS.

Disminución de la vida útil de la autopista, por razones de uso y ambientales. Es aceptable que con el paso del tiempo, los efectos ambientales y el uso algunos elementos de la autopista comiencen a presentar malformaciones, desgastes en ellos, además de que es imposible evitarlos; estos generalmente se presentan solo en la superficie de rodamiento (deterioros superficiales) si se efectuara la conservación se evitaría que este deterioro se convirtiera en falla.

DEFINICION DE FALLA.

Es la pérdida de la capacidad operativa del elemento. Se trata de una discontinuidad en el material, originado por las fuerzas que actúan sobre él y que logran superar la resistencia del mismo. Existe una rotura no superficial en el material y su conservación es mayor. Estos no solo se presentan en la superficie de rodamiento sino también en las diferentes capas que forman la autopista (*deterioros estructurales*).



Las fallas y deterioros se presentan en el anexo número 1; en el cual se describen los tipos de falla, posibles causas, nivel de severidad y la forma de medición.

Figura 7. C. DR. Federico Penado en condiciones de deterioro por factores climáticos y cargas.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

CICLO DE VIDA “FATAL” DE LOS CAMINOS.

Los caminos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la inestabilidad de taludes, etc. Estos elementos afectan al camino, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo a tal punto que lo puede convertir en intransitable.

El deterioro de un camino es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, para deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total.

Por tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir

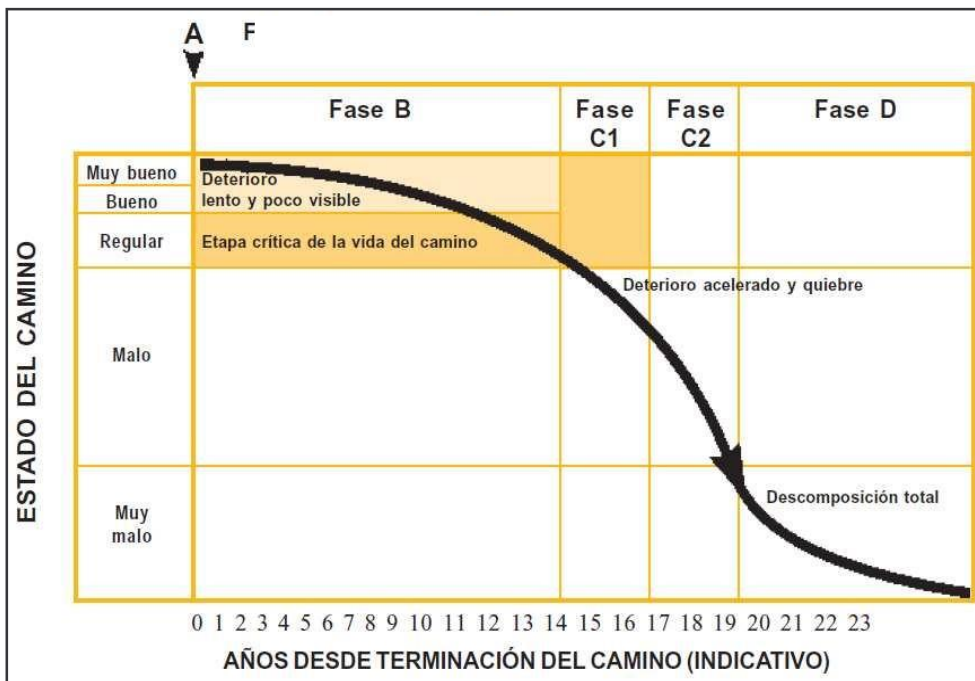


los efectos de los agentes que actúan sobre el camino, extendiendo el mayor tiempo posible su vida útil y reduciendo las inversiones requeridas a largo plazo.

FASES DE DETERIORO DE LA VÍA

En algunos países en desarrollo, los caminos están sometidos a un ciclo que, por sus características, ha adquirido la condición de fatal. Ese ciclo consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

Figura 8. DETERIORO DE VIA SIN MANTENIMIENTO



Fuente: Tesis Rodríguez González 2011

Fase A: Construcción

Un camino puede ser de construcción sólida o con algunos defectos. De todos modos entra en servicio apenas se termina la obra, o incluso está en funcionamiento mientras se realiza la rehabilitación o mejoramiento.

El camino se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Punto A del gráfico).



Fase B: Deterioro lento y poco visible

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque, en menor grado, también en el resto de su estructura.

El desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, las precipitaciones o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.

Para disminuir el proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la superficie de rodadura y en las obras de drenaje, además de efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento.

Durante la fase B (ver gráfico), el camino se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. El camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término.

Fase C: Deterioro acelerado

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del camino están cada vez más “agotados”; el camino entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular.

Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así. Avanzando más en la fase C, se puede observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible.



Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino. Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

Fase D: Descomposición total

La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. En estas condiciones, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta.

Desgraciadamente, en Latinoamérica existen muchos ejemplos “perfectos” de vías que han llegado a esta fase de descomposición, encontrándose con el deterioro total de caminos. Su reconstrucción viene demandando la inversión de muchos millones de dólares, este gasto, sin embargo, pudo haberse evitado si se hubiera intervenido oportunamente en el proceso de mantenimiento.

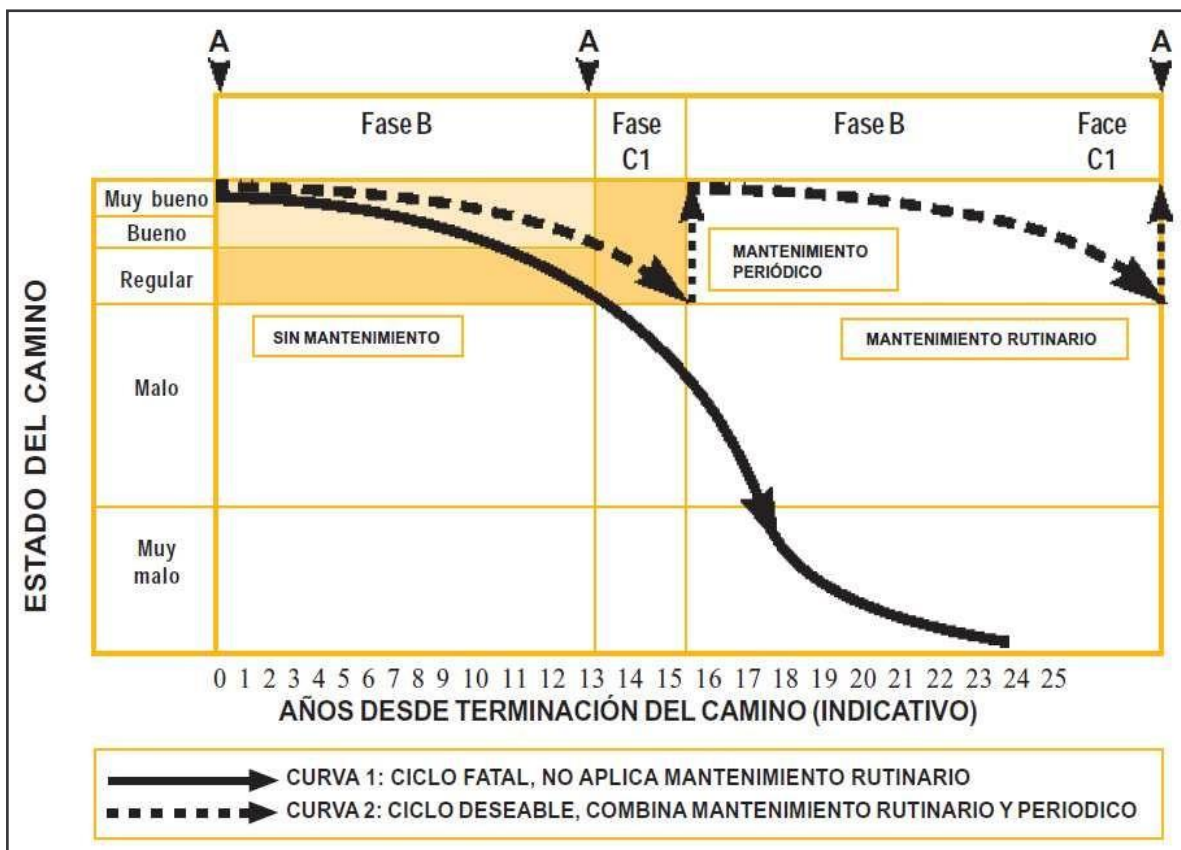
CICLO DE VIDA DESEABLE

El proceso de ciclo de vida sin mantenimiento se le puede denominar “fatal”, porque conduce al deterioro total del camino, pero con la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado se puede llegar a mantener el camino dentro de un rango de deterioro aceptable, tal como se apreciará en la figura 8. El ciclo se inicia con un camino nuevo o recientemente rehabilitado, éste se encontrará en un estado óptimo de servicio. Pero el uso del camino va generando un desgaste “natural” del mismo, principalmente como consecuencia del flujo vehicular y de los factores climáticos. Si la autoridad competente desarrolla un sistema de mantenimiento rutinario del camino, este desgaste tenderá a ser más lento y prolongará en el tiempo la necesidad de intervenir con un mantenimiento de tipo periódico.



Puede observarse que el mantenimiento rutinario prolonga el estado de conservación del camino en el nivel muy bueno y bueno por más tiempo, en comparación con el caso del camino al que no se le brinda este tipo de mantenimiento. Cuando el camino llega a un estado regular, se hace necesario realizar un mantenimiento de tipo periódico, es decir reponer la capa de rodamiento. De esta manera, se consigue que el camino se mantenga en un estado óptimo de conservación, con los beneficios consiguientes para el transporte.

Figura 9. Ciclo deseable y fatal de una vía.



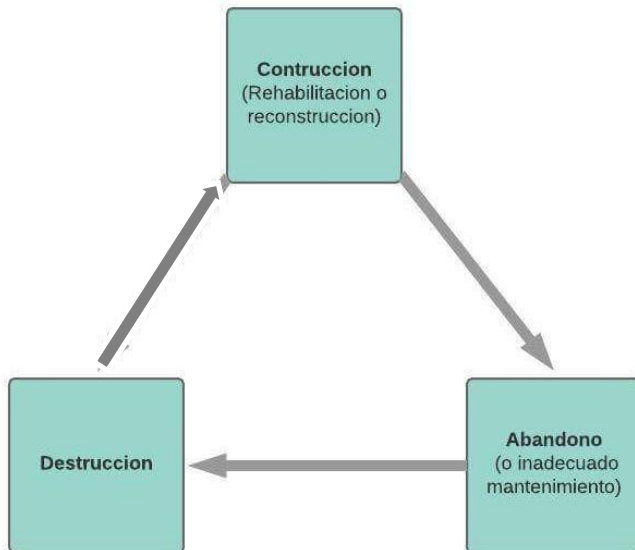
Fuente: Tesis Rodríguez González 2011



CICLO DE VIDA FATAL Y DESEABLE DE UNA CARRETERA.

A continuación se presenta un esquema del ciclo fatal del camino.

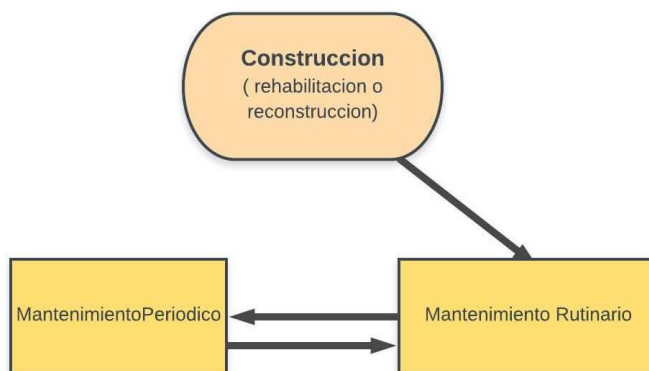
Figura 10. Diagrama de ciclo de vida “fatal” del camino



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

A continuación se presenta un esquema ideal de conservación, que consiste en combinar un adecuado mantenimiento rutinario con un mantenimiento periódico oportuno.

Figura 11. Diagrama del ciclo de vida “deseable”

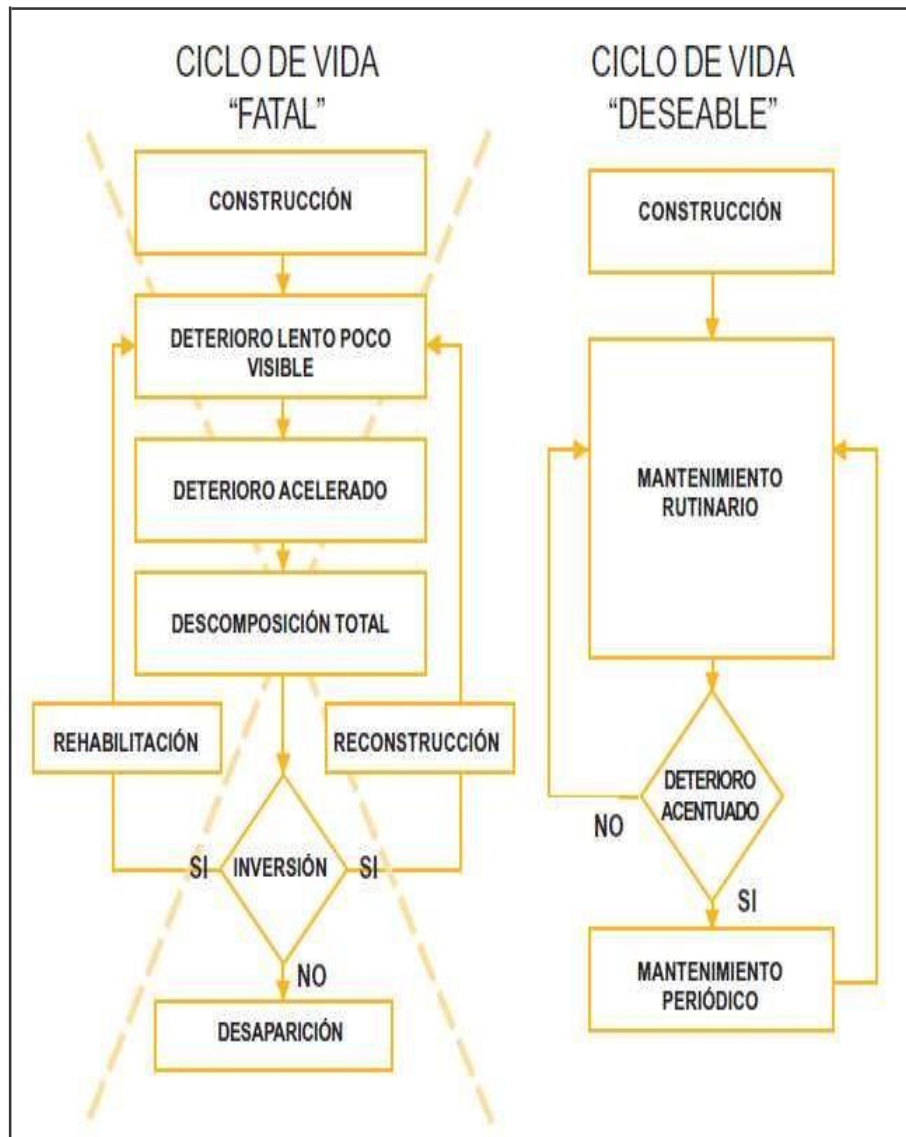


Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que sigue un camino sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del camino, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico.

Figura 12. Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable”



Fuente: Tesis Rodríguez González 2011



2.4.3. ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE LA VÍA

Los aspectos por los que una vía se deteriora, a más de una falta de mantenimiento vial adecuado y oportuno, se detallan a continuación, los cuales se deben considerar para mantener las vías en condiciones óptimas:

- Acción del medio sobre la carretera.
- Características del tránsito
- Defectos en los diseños.
- Defectos de construcción.

ACCIÓN DEL MEDIO SOBRE LA CARRETERA.

La acción del medio sobre la carretera tiene varias manifestaciones que los ingenieros deberán tomar en consideración permanentemente, ya que contribuye en gran proporción a ser la causa de los deterioros que sufrirá la carretera.

CARACTERÍSTICAS DEL TERRITORIO

La fisiografía, la geología, la orografía, etc. y la existencia o no de canteras de materiales o de recursos acuíferos para los proyectos en el territorio, son factores que imponen condiciones a las características del proyecto, debido a que afectan los costos de inversión, de conservación y de operación, tanto de los usuarios como de la propia gestión vial.

EL CLIMA Y LOS PAVIMENTOS

El clima siempre ha sido el principal factor que afecta el desempeño de un pavimento de carretera, aunque el daño también puede deberse a otros factores, tales como las características del pavimento (materiales y estructura); tránsito, geología de la subyacente, geografía y topografía. Estos últimos factores son la causa común de la falla de un pavimento, pero si asociamos un evento climático extremo la falla es catastrófica.



Algunos efectos a los pavimentos están asociados entre sí, Willway et al (2008), describe los siguientes ejemplos: grandes volúmenes de tránsito provocan daños al pavimento cuando éste está mojado, o altas temperaturas y alta presencia de vehículos pesados provocan surcos en el pavimento.

El cambio climático no genera nuevos impactos en los pavimentos, sin embargo, si acelera su deterioro y aumenta la probabilidad de ocurrencia de los efectos bajo la presencia de fenómenos climáticos extremos.

Este apartado resume los principales impactos asociados al clima, ya sea a los materiales que integran los pavimentos, la superficie de rodadura y las capas estructurales del pavimento, particularmente los asfálticos.

La vulnerabilidad es el grado en que un sistema es susceptible o incapaz de afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo las variables climáticas y el clima extremo. Existen diferentes métodos para entender y evaluar la vulnerabilidad, sin embargo, en el presente artículo usaremos dicho término para referirnos al efecto que tendría el pavimento asfáltico bajo un fenómeno climático, y que de acuerdo al diseño estándar del mismo es incapaz de asegurar su integridad y mantener su grado desempeño a lo largo de su vida útil.

VULNERABILIDAD DE LOS MATERIALES

Los fenómenos hidrometeorológicos incrementan la humedad en los materiales en los pavimentos, provocando desprendimiento de agregados en la superficie (pérdida de adhesión). Las piedras calizas son menos propensas a éste efecto que los agregados como el granito o la cuarcita, lo mismo ocurre para los asfaltos viscosos que son menos propensos a los desprendimientos, y los aditivos como las aminas y la cal hidratada pueden ayudar a reducir esta vulnerabilidad.

Una capa de asfalto vulnerable es aquella que retiene agua sobre ella, su acumulación promueve el surgimiento de desprendimientos en localizadas áreas que al paso del tiempo provocarán una desintegración de la capa asfáltica.



El endurecimiento por edad del asfalto es un proceso normal, el cual depende de la temperatura, el tiempo y el espesor de la capa. Un excesivo endurecimiento puede provocar una capa quebradiza, incrementado los agrietamientos y desgaste. La temperatura provoca el endurecimiento de la carpeta asfáltica, perjudicando su desempeño siendo menos flexible. La oxidación y un índice excesivo de rayos UV generan un excesivo endurecimiento del asfalto.

VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS

Una causa de daño a la estructura del pavimento es el congelamiento, fenómeno que aumenta la rigidez de la estructura y provoca agrietamiento, así como una disminución de la resistencia al deslizamiento de los vehículos. Temperaturas frías matutinas generan tensión térmica y pueden iniciar la propagación de grietas.

Cuando el agua entra al pavimento, el proceso de congelamiento en invierno o descongelamiento en primavera, produce expansión y contracción del pavimento, generando tensión y estrés a la estructura, y puede generar grietas que se propagan en toda la estructura. La vulnerabilidad depende de las características de los materiales que conforman el pavimento.

La resistencia al deslizamiento está en la textura de la superficie del pavimento, la cual es alterada por la temperatura y las precipitaciones intensas. La tasa de pulido de la superficie depende del tránsito y del tipo de agregado, sin embargo, las altas temperaturas expanden la carpeta asfáltica disminuyendo la resistencia al deslizamiento (exudado de asfalto). Las altas temperaturas reducen la resistencia de la mezcla asfáltica haciéndola más deformable.

Las altas temperaturas (mayores a 45°C) aceleran la deformación de la carpeta asfáltica, por lo que la aparición de roderas, canalizaciones (blandones) y ondulaciones aumenta. Estas deformaciones de la sección transversal y longitudinal afectan la operación del tránsito. La susceptibilidad a las deformaciones por temperatura se debe principalmente al tipo de mezcla. Si las deformaciones no son



reparadas inmediatamente estas acumulan agua, generando hidroplanéo en los vehículos comprometiendo su seguridad, y adicionalmente el agua puede filtrarse a las capas de base y sub-base, que al aumentar su humedad pierdan su capacidad de soporte.

Otro efecto de la temperatura es la alteración del módulo de rigidez del pavimento, volviéndose más sensible. Esta sensibilidad a la temperatura puede provocar agrietamientos por fatiga y una posterior deformación estructural.

Los agrietamientos de la carpeta asfáltica también se deben a un excesivo endurecimiento provocado por un alto índice de rayos UV y una alta oxidación, bajo la influencia de uno o varios factores ambientales como las olas de calor.

En altas temperaturas las mezclas asfálticas pueden acelerar el proceso de relajación de los componentes visco elásticos de la mezcla, provocando exudación, mientras que a bajas temperatura el proceso de relajación puede tomar más tiempo, por lo que la tensión provocada a la carpeta puede inducir su agrietamiento.

Cuando en un pavimento asfáltico, su capa de base es estabilizada con cemento, éste puede presentar problemas de contracción en periodos de sequía o periodos largos de humedad, particularmente en suelos arcillosos, generando la formación de grietas en la base estabilizada que al peso del tiempo se reflejaran en la superficie del pavimento. Sin tratamiento, las precipitaciones intensas pueden saturarlas y propiciar la generación de más agrietamientos.

Las precipitaciones intensas dañan la película asfáltica que recubre el pavimento, por lo que se vuelve más susceptible la carpeta asfáltica permitiendo que el agua penetre a las diferentes capas del pavimento como consecuencia de la presión hidráulica, así como comenzar a generar desprendimientos. La falta de mantenimiento promueve más activamente éste tipo de daño a través de las grietas. Las zonas más vulnerables son las juntas de construcción.



En zonas inundables se recomienda el uso de pavimentos permeables, sin embargo, las llantas de los vehículos, particularmente los de carga, puede forzar que el agua se introduzca a la carpeta, esta presión hidráulica aumenta el deterioro del pavimento, con mayor impacto en capas delgadas. Dicha presión en pavimentos normales promueve la exposición de los agregados de la carpeta asfáltica.

En las zonas donde la temperatura es rebasada por encima de 50°C, la temperatura de la superficie de rodadura es 35% más alta y si la radiación solar es intensa, puede alcanzar hasta 75% más que la temperatura ambiental. Esto tiene implicaciones importantes para la operación de los vehículos, pero este tipo de pavimentos deben identificarse en la región, pues demandaran mayores inversiones en la conservación, dado que son más susceptibles a la deformación.

Los cambios en los patrones de precipitación exigen un aumento en los trabajos de mantenimiento de las obras de drenaje, por lo que una falta de éste, repercutirá en efectos negativos a las capas del pavimento, provocando filtraciones que deterioran la estructura.

2.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO.

El tránsito de vehículos sobre la carretera es el otro factor que impacta sobre la estructura de la carretera y, en especial, sobre la estructura del pavimento.

Aspectos como el número de vehículos que usará la carretera, sus características físicas y operativas, su peso bruto y sus pesos por ejes, incluso la presión usada en sus neumáticos, tienen enorme influencia sobre el tipo de estructura de pavimento y sus características geométricas de la carretera.

TRÁFICO.

El tráfico es uno de los factores de mayor incidencia en las características de una vía, condiciona los diseños geométricos, la estructura del pavimento y las etapas de mantenimiento. Consiste en determinar el volumen y composición de vehículos que



transitan por una determinada vía, mediante la utilización de métodos de conteo vehicular.

La unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA y se determina a partir de observaciones puntuales del tráfico y de los factores de variación.

Es necesario realizar conteos vehiculares que nos permitan conocer el nivel de tráfico existente, para lo cual, existen dos tipos: Manuales y Automáticos, se realizara por un periodo mínimo de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales.

Una vez obtenido el Trafico Promedio diario anual, se lo debe proyectar, utilizando tasas de crecimiento vehicular, que están determinadas por información histórica y estadística, para cada tipo de vehículo.

2.4.5. DEFECTOS EN LOS DISEÑOS VIALES.

Esta situación, es muy usual en países en vías en desarrollo, los cuales aplican diseños en muchos casos sub-dimensionados, dejando a la vía expuesta a un deterioro inmediato, pues no cuenta con la capacidad necesaria para soportar las condiciones reales del proyecto, por otro lado están estudios sobredimensionados, los cuales producen un gasto económico exagerado a las entidades administradoras.

Otro de los factores que influyen en los defectos viales, es la escasa información histórica, que se cuenta de las vías, en relación de su tráfico, estado de la sub rasante, condiciones climáticas y materiales empleados, y como resultado tenemos diseños mal elaborados, que producen como consecuencia el deterioro de la vía, pues sus condiciones de diseño, se encuentran muy lejos de las condiciones reales de la vía.



DEFECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Este es otro de los factores, que inciden en el deterioro de las condiciones óptimas de las vías, se debe principalmente a una falta de control de calidad, incumplimiento de especificaciones técnicas, y una mala fiscalización o supervisión de las obras. Lo cual da como resultado, obras, por debajo de los estándares de calidad, que obviamente conllevan a una mala calidad de la obra y a un pronto deterioro.

2.5. INVENTARIO Y EVALUACIÓN VIAL.

Para que puedan ser previstas las labores de conservación, resulta indispensable que las actividades se fundamenten en un trabajo permanente de inventario y evaluación vial, que sea concordante con la optimización del esfuerzo desde el punto de vista técnico-económico.

El inventario y evaluación vial para la conservación es un procedimiento para identificar, cuantificar y evaluar la condición de todos aquellos elementos de la carretera que requieren conservación o deben ser atendidos mediante un programa anual.

Los elementos de la carretera que deben ser identificados en este inventario son la calzada, los espaldones, las cunetas, las alcantarillas, la señalización, los elementos de seguridad vial y el margen lateral de la carretera sobre el cual se debe hacer control de vegetación. El inventario de los puentes y muros de contención comprenderá únicamente aquellas características que pueden ser atendidas mediante conservación; no obstante, en caso de evidenciarse fallas que comprometan la estructura, deberá reportarse, incluyendo las recomendaciones del caso.

El objetivo primordial del inventario es proveer de manera periódica la información básica necesaria para la planificación, programación y elaboración del presupuesto de conservación.



El inventario y evaluación debe ser ejecutado periódicamente, para obtener la información necesaria para programar las actividades de conservación vial que se realizarán durante el siguiente periodo y determinar el nivel de presupuesto requerido por los administradores de la conservación vial.

2.6. TEORÍA DE EVALUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL.

Se debe conocer que infraestructura es un conjunto de elementos desarrollado para cumplir alguna función específica en pro de la sociedad y su desarrollo, estas tienen procesos constructivos, obras para su cuidado y generalmente requieren un mantenimiento. Entonces la evaluación de la infraestructura permitirá diagnosticar los problemas pasados, presentes o futuros y dar una solución a estos.

En temas específicos de pavimentos, sirve para tener una idea y poder comparar el estado de deterioro tanto funcional como estructural de estos. Éste es un proceso sistemático de toma de datos de campo que son sintetizados en indicadores o índices estandarizados por agencias de estudio de los pavimentos como es la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), de modo que luego de un análisis de la condición actual del pavimento, es decir un diagnóstico del deterioro del pavimento, se trata mejorar su estado a través de técnicas de rehabilitación.

La evaluación del estado de un pavimento se realiza mediante técnicas que sean capaces de caracterizar la condición tanto funcional como estructural de un pavimento.

2.7. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.

El principal objetivo de la evaluación estructural del pavimento es analizar la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante, ya que la falta de capacidad estructural en el pavimento provoca un deterioro, el mismo que se relaciona con la aparición de grietas y deformaciones (Thenoux and Gaete 1995).



Anteriormente la evaluación de un pavimento se lo hacía mediante pruebas destructivas como son perforaciones o calicatas. Uno de los métodos más usados ha sido la extracción de núcleos, los mismos que posteriormente son llevados a ensayar en el laboratorio. Esta práctica ya no se la hace en la misma magnitud gracias a los avances tecnológicos que permiten la aplicación de pruebas no destructivas. Un ejemplo de usos común es el Falling Weight Deflectometer (FWD).

FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD)

Este ensayo de impacto es un método no destructivo, evalúa la capacidad estructural de un pavimento al simular el comportamiento de este frente al tránsito de vehículos pesados, analizando el parámetro de la deflexión. Este equipo aplica una carga de impacto en la superficie del pavimento, dando así como resultado el cuenco de deformaciones del mismo, generado por la deformación en los 9 geófonos que el equipo posee. Este equipo y método en si es útil en cualquier tipo de pavimento (Fundaciones 2015).

Gracias al análisis de este cuenco se obtiene la rigidez de la estructura y del suelo de fundación para un pavimento flexible. En cuanto a pavimentos rígidos permite analizar la transferencia de carga en las juntas y detectar huecos debajo de las losas. Además de manera general se pueden estimar los módulos elásticos de las capas del pavimento, así como el tipo de material y su espesor.

2.8. EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO.

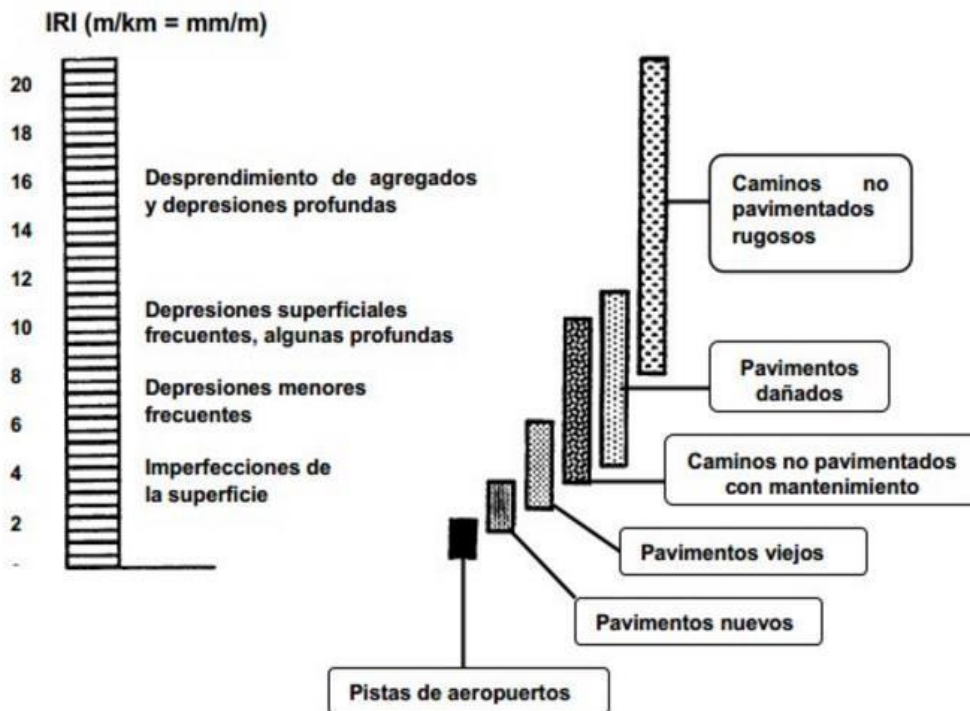
La evaluación funcional del pavimento es indispensable para poder brindar un servicio adecuado a los usuarios, el objetivo de ésta es determinar el estado superficial del pavimento. Todo pavimento durante su vida útil debe cumplir con condiciones que garanticen a los usuarios tanto seguridad como confort. Tal como se mencionó anteriormente, existen indicadores o parámetros del estado del pavimento como son el IRI, PSI y PCI que permiten conocer las condiciones superficiales de éste (Thenoux and Gaete 1995).



2.8.1. ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL.

Parámetro mediante el cual se determina la regularidad superficial de una vía para la circulación de los vehículos; con este indicador se evalúa funcionalmente si las condiciones de confort y seguridad son las adecuadas para los usuarios de las carreteras. La regularidad implica la variación en la elevación superficial de la vía que induce adversamente a la calidad de rodadura, seguridad y costos de operación del vehículo. El IRI se basa en un modelo matemático que calcula el movimiento acumulado en la suspensión de un vehículo de pasajero típico, al recorrer una superficie del camino a una velocidad de 80 km/h. la obtención de este indicador se lo hace a través de cualquier equipo de medición de la rugosidad de un pavimento y las unidades con las que se expresa pueden ser mm/m, m/m, entre otras. En la siguiente figura se presenta una escala de valores del IRI que depende de las características del pavimento (Morales 2013).

Figura 13. Valores IRI



Fuente: Morales 2013



2.8.2. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI).

El índice de serviciabilidad de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (Perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (Pésimas condiciones).

A la diferencia entre estos dos valores se le conoce como la pérdida de serviciabilidad (PSI) o sea el índice de serviciabilidad presente (Present Serviciability Index).

La calidad de rodadura está directamente relacionada con la capacidad de una carreta para dar servicio a sus usuarios, dependiendo de la regularidad superficial de la vía. El valor del índice de serviciabilidad inicial que se recomienda para pavimentos rígidos es de 4.5 y para pavimentos flexibles es de 4.2 (Barrantes Jiménez, Badilla Vargas, and Sibaja Obando 2011).

Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes:

Índice de serviciabilidad inicial:

$P_o = 4.5$ para pavimentos rígidos

$P_o = 4.2$ para pavimentos flexibles

Índice de serviciabilidad final:

$P_t = 2.5$ o más para caminos muy importantes

$P_t = 2.0$ para caminos de tránsito menor



El índice de serviciabilidad de un pavimento, es un valor de apreciación con el cual se valúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento; actualmente para medir este deterioro se utiliza el IRI, Índice Internacional de Rugosidad (International Roughness Index), para lo cual se utiliza un equipo sofisticado montado en un vehículo, el que al pasar sobre la superficie de una carretera, va midiendo los altibajos y los suma, por lo que al final se obtiene un valor acumulado en metros por kilómetro (m/km) o pulgada por milla (plg/milla).

Para correlacionar el Índice de Serviciabilidad y el IRI, se utiliza la siguiente fórmula:

$$PSI = 5Xe^{(-0.0041xIRI)}$$

En donde:

Tabla 1. Correlación de Índice de Serviciabilidad y el IRI

PSI	=	Índice de Serviciabilidad
IRI	=	Índice Internacional de Rugosidad
e	=	2.71828183 (base de los logaritmos neperianos)

Fuente: Manual centroamericano de pavimentos SIECA.

Es de tomar en cuenta, que en esta fórmula y con estos valores, lo que se obtiene es pulgadas por milla.

El tiempo es muy importante ya que se relaciona con el servicio que presenta la carretera a medida que va transcurriendo éste.

La siguiente figura muestra a la escala con la que se puede calificar la serviciabilidad de un pavimento y una comparación de valores con el Índice de Rugosidad Internacional.



Figura 14. Escala de serviciabilidad del PSI frente a valores del IRI

Pavimentos flexibles Modelo de (AASHO)			Pavimentos rígidos Modelo (AASHO)			Calificación	Descripción AASHO
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI		
5,0	0,0	0-10	5,0	0	0-1,4	Muy buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección, normalmente se clasificaría como buenos.
4,2	0,8		4,5	0,97			
4,0	1,0		4,0	1,4			
3,0	1,9	1,0-1,9	3,0	2,3	1,4-2,3	Buena	Los pavimentos de esta categoría si bien no son tan buenos como los "Muy buenos", entregan un manejo de primera clase o muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desprendimientos y fisuras menores.
2,5	2,6	1,9-3,6	2,5	2,9	2,3-3,6	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a los de los pavimentos nuevos y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales pueden incluir ahuellamiento, parches agrietamientos. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo de finos.
2,0	3,6		2,0	3,6			
1,5	4,9	3,6-6,4	1,5	4,6	3,6-6,0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos libres pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamientos, ahuellamientos y ocurre en un 50 % o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1,0	6,4		1,0	6,0			
0,0	9,5	>6,4	0,0	11,2	>6,0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos pueden pasar a velocidades reducidas y considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

Fuente:(Barrantes Jiménez, Badilla Vargas, and Sibaja Obando 2011).



2.8.3. ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).

Un método de evaluación del comportamiento del pavimento es el “Procedimiento estándar para la inspección del Índice de Condición del Pavimento en caminos” o mejor conocido como “Método PCI” (Pavement Condition Index), dicha técnica cumple la norma ASTM-D6433-07 y ASTM-D6433-11. Esta técnica se fundamenta en inspecciones visuales por medio de las cuales se determina el estado en que se encuentra una vía, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas sofisticadas más allá de conocimientos de distintos tipos de patologías y de un formulario de inspección visual. El índice de Condición del Pavimento se constituye en la metodología más completa para conocer el comportamiento y calificar de manera objetiva el pavimento sean estos flexibles o rígidos (Sierra Díaz and Rivas Quintero 2016).

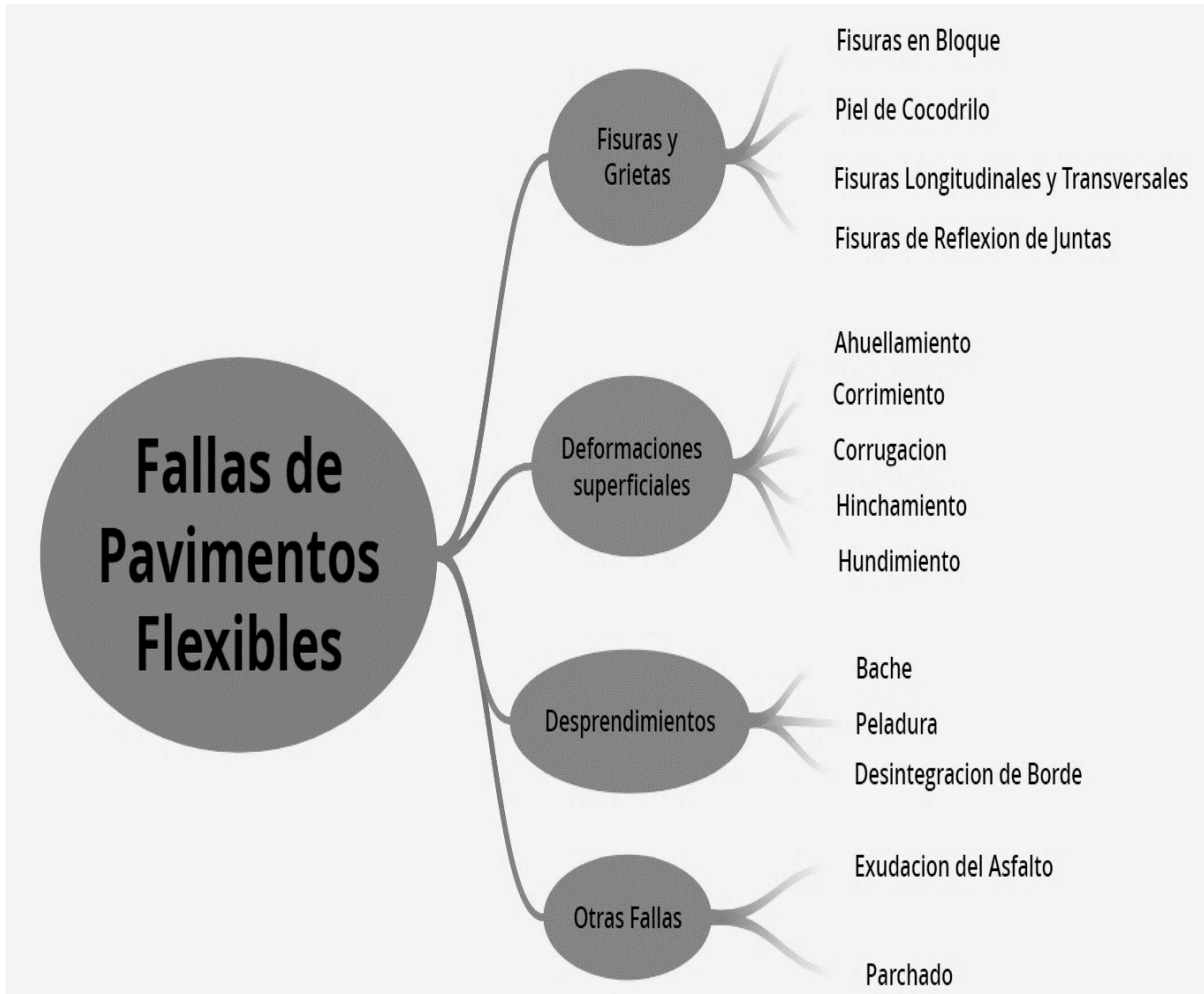
Por estas razones y por los bajos costos que demanda, este método, es elegido para la evaluación de los pavimentos en el desarrollo de este trabajo de titulación.

Dentro del campo de evaluación de pavimentos como se ha mencionado anteriormente existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Las fallas estructurales afectan de manera directa al rendimiento del paquete estructural del pavimento, disminuyen la cohesión entre capas y la respuesta estructural frente a cargas externas. Las fallas funcionales generan un deterioro en la calidad de la superficie de rodadura del pavimento, así como la estética de la vía. Por lo que la serviciabilidad o confort de la vía es afectada en mayor medida por las fallas funcionales.



En los pavimentos flexibles las patologías pueden ser agrupadas en cuatro categorías como se observa en la siguiente figura.

Figura 15. Fallas en Pavimento Flexibles



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis basada en manual PCI.



En los pavimentos rígidos las patologías pueden ser agrupadas en seis categorías como se observa en la siguiente figura.

Figura 16. Fallas en Pavimentos de Concreto Hidráulico



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis basada en manual PCI.

Para la inspección visual del pavimento es necesario definir unidades de muestra, las cuales varían dependiendo de las condiciones del lugar. Finalmente se presenta los rangos numéricos del PCI y su correspondiente descripción cualitativa del estado superficial del pavimento.



Figura 17. Rangos del PCI y su descripción.

VALORES	ESCALA DE CLASIFICACIÓN PCI ESTANDAR	COLORES SUGERIDOS
100	EXCELENTE	Verde oscuro
85	MUY BUENO	Verde claro
70	BUENO	Amarillo
55	REGULAR	Rojo
40	POBRE	Rojo oscuro
25	MUY POBRE	Rojo muy oscuro
10 0	FALLADO	Gris

Fuente: Manual del PCI



2.9. SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS.

CONCEPTO DE GESTIÓN.

Su objetivo básico es usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia en la toma de las decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio de asegurar su efectividad. En caso de no existir un programa de gestión, se cuenta sólo con decisiones aproximadas producto de soluciones limitadas para el mantenimiento, lo cual es de dudosa efectividad en las condiciones de restricción de presupuesto en que generalmente se trabaja. La gestión identifica las mejores estrategias priorizándolas para su implementación.

SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS.

Un sistema de gestión de pavimentos es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo conservar por un período de tiempo las condiciones de seguridad, comodidad y capacidad estructural adecuadas para la circulación, soportando las condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión.

Todo lo anterior minimizando el costo monetario, social y ecológico. En la actualidad el estado de los pavimentos se mide a través de una multitud de parámetros específicos, las posibilidades técnicas de reparación y conservación son múltiples y el tema ecológico ha cobrado una relevancia fundamental, de aquí que los sistemas de gestión de pavimentos van evolucionando (Montoya Goicochea 2007).

Un sistema de gestión de pavimentos comprende un conjunto coordinado de actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de todos los elementos que constituyen la infraestructura vial. Su principal objetivo es establecer la metodología para el seguimiento y continúa evaluación del estado de los pavimentos, para proporcionar así seguridad, confort y economía al transporte, obteniendo la mayor rentabilidad posible por el



dinero invertido sujeto a las restricciones económicas, técnicas, políticas y ambientales. Para tales efectos, el sistema debe ser actualizable, permitir comparación de alternativas e identificar la óptima, basando sus decisiones en atributos, criterios y restricciones cuantificables, además de usar información de retroalimentación para evaluar las consecuencias de decisiones tomadas (Montoya Goicochea 2007).

La gestión de pavimentos se puede aplicar a una red vial o a un proyecto. En general la gestión a nivel de red permite determinar las necesidades de las obras requeridas en un conjunto de vías; en cambio, la gestión a nivel de proyecto define claramente los requerimientos de un proyecto en particular.

Figura 18. Esquema de Gestión de Pavimentos



Fuente: Tesis Carolina Arias Alfaro 2014.



Es necesario realizar un inventario para conocer lo que se tiene en la ruta, la condición en que se encuentra y su ubicación. Para tener un pavimento en óptimas condiciones, es necesario contar con un sistema de drenaje adecuado y con la capacidad estructural requerida, por esto se deben considerar dentro del inventario los sistemas de drenaje, el tránsito promedio diario (TPD), el ancho de carril, la longitud y la localización de la ruta. Los sistemas de información geográfica (GIS) son de gran utilidad para realizar el inventario, ya que se pueden georeferenciar puntos y líneas que, con ayuda de software especializados, contribuyen a crear bases de datos que contengan toda la información para que así sea más fácil la visualización de la red para el personal. La medición de la condición del pavimento permite identificar las necesidades y monitorear las tendencias.

Para esto, se realizan estudios de auscultación con el objetivo de identificar fallas en el pavimento, incluyendo severidad y extensión de las mismas; éste estudio debe ser objetivo y con la posibilidad de que se pueda recrear con precisión en un futuro. Además, debe ajustarse al presupuesto disponible para éste fin. (Ávila y Vargas, 2014) Una buena evaluación de pavimentos debe aplicar conjuntamente la inspección visual, los equipos de auscultación no destructivos y las técnicas destructivas. Además, dichos estudios plantean la necesidad de hacer uso del historial de la carretera y del historial de tráfico, junto con otros parámetros que miden las características del clima (Carrera, 2011).

Una metodología para determinar el estado del pavimento es la desarrollada por el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, mediante el índice de condición de pavimento (PCI, Pavement Condition Index), cuyo procedimiento se describe en la norma ASTM D-6433 (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos). Este procedimiento consiste en cuantificar la condición mediante inspecciones visuales, asignando a cada tipo de deterioro una severidad y extensión determinadas, y estos son castigados mediante un valor deducido para cada combinación, utilizando gráficas creadas para dicho fin. Según Carrera (2011), esta metodología es la que más promoción ha tenido en América ya que es apropiada para el trabajo en



regiones donde no se cuenta con el equipamiento para efectuar ensayos no destructivos (perfilógrafos, FWD o Viga Benkelman, aparatos para medir fricción del pavimento, etc.). Constituye a su vez una aproximación válida a las condiciones que presenta el pavimento a partir de la inspección visual, siempre que se sigan las instrucciones normalizadas y se cuente con alguna información complementaria (Carrera, 2011).

El procedimiento a seguir en la determinación del PCI es fácil de emplear ya que se basa en una inspección visual y no requiere de un equipo especializado para realizar las mediciones. Por su sencillez, se puede repetir y obtener resultados confiables. El siguiente paso del sistema de gestión de pavimentos es la determinación de las necesidades y la predicción de la condición futura para planificar las intervenciones. Según la condición obtenida, se debe determinar la manera en que se va a intervenir cada pavimento, es decir, qué acción de mantenimiento o de rehabilitación aplicar y el costo de la misma. Con toda la información obtenida, se deben identificar y priorizar las necesidades de mantenimiento y rehabilitación.

IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN VIAL.

La conservación vial nos permite:

- Realizar ahorros en los costos de operación vehicular
- Ahorro de tiempo para los usuarios
- Preserva la inversión realizada por las instituciones administradoras viales.
- Brinda a los usuarios seguridad, rapidez y confort.
- Permite acceder a servicios como salud, educación y otros como los mercados.

PLAN DE CONSERVACIÓN VIAL.

Los Administradores viales, son los encargados de realizar un plan de conservación, para intervenir con las acciones necesarias para contrarrestar los desgastes que sufre la vía, para ello se tiene que definir los siguientes aspectos.



- Las tareas que se deberán ejecutar.
- El periodo oportuno para su intervención.
- Determinar los sitios donde se ejecutaran las actividades.
- Determinar la cantidad de trabajo a realizar.
- La priorización de las actividades.

NIVELES DE INTERVENCIÓN EN LA CONSERVACIÓN VIAL.

Se denominan niveles de intervención a las diversas acciones relacionadas con la vía, clasificadas de acuerdo a la magnitud de los trabajos, desde una intervención sencilla pero permanente (mantenimiento rutinario), hasta una intervención más costosa y complicada (reconstrucción o rehabilitación).

MANTENIMIENTO RUTINARIO.

Consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura; en la nivelación de la misma y de los espaldones; en el mantenimiento regular de los sistemas de drenaje, de los taludes laterales y otros elementos la vía; en el control del polvo y de la vegetación; la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización.

Se aplica con regularidad una o más veces al año, dependiendo de las condiciones específicas de la vía.

Las actividades, en general, consideradas como mantenimiento rutinario son las siguientes:

- Limpieza de calzada y pequeños derrumbes.
- Reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura.
- Mantenimiento de los sistemas de drenaje. (Cunetas, alcantarillas).
- Control de la vegetación y mantenimiento de señalización.



MANTENIMIENTO PERIÓDICO.

Se aplica generalmente al tratamiento y renovación de la superficie de la vía, se orienta a restablecer algunas características de la superficie de rodadura, sin constituirse en un refuerzo estructural.

Entre sus características está la de preservar en buena forma la textura de la superficie de rodadura, de manera que asegure la integridad estructural del camino por un tiempo más prolongado y evite su destrucción, también en la reparación de obras de arte y del sistema de drenaje. Las actividades contenidas dentro de los trabajos de mantenimiento periódico pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

- Restablecimiento de las características de la superficie de rodadura.
- Reparación de obras de arte.
- Reparación del sistema de drenaje.

REHABILITACIÓN.

Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente.

La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro, pudiendo incluir algunos mejoramientos en los sistemas de drenaje y de contención.

La rehabilitación tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.

Las actividades contenidas dentro de los trabajos de rehabilitación pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

- Restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura.
- Mejorar el sistema de drenaje.
- Sistema de señalización.



MEJORAMIENTO.

Se refiere a la introducción de mejoras en los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, incluidos los trabajos relacionados a la renovación de la superficie y la rehabilitación.

El objetivo de estas labores es incrementar la capacidad del camino y la velocidad de circulación, así como la seguridad de los vehículos que por él transitan. En sentido estricto, estos trabajos no son considerados como actividades de conservación, excepto la renovación de superficie.

REPARACIONES DE EMERGENCIA.

Son aquellas que se realizan cuando el camino está en mal estado o incluso intransitable, como consecuencia del descuido prolongado o de un desastre natural.

Mediante una reparación de emergencia no se remedian las fallas estructurales, pero se hace posible un flujo vehicular regular por un tiempo limitado. Generalmente, las reparaciones de emergencia dejan el camino en estado regular.

2.10. COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR Y MANTENIMIENTO VIAL.

2.10.1. COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR.

Los costos de operación vehicular, son aquellos que se generan, por el tránsito vehicular en las vías. Depende principalmente de las características geométricas, la topografía y estado del pavimento y está comprendido por el costo de combustibles, lubricantes, reparación de vehículos, costos generados por cierres, demoras y accidentes.

Los costos variables, tiene tres parámetros para su determinación, los cuales son: precio del insumo, cantidad, frecuencia del cambio, está en función de la capa de rodadura de la vía.



2.10.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO VIAL.

Son los costos realizados durante la vida útil del pavimento para su conservación, y son asumidos directamente por los Administradores viales, se clasifican en mantenimiento periódico y rutinario.

2.10.3. PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE MARKOV.

Para poder entender adecuadamente en qué consisten las cadenas de Markov se debe tener un conocimiento de lo que es un proceso estocástico; este tipo de proceso es aquel en el cual el resultado de al menos uno de los eventos sucesivos que lo conforman depende del azar, es decir no se puede predecir un resultado y considerarlo como seguro, pero se lo puede inferir en base a los resultados de eventos anteriores.

“El caso más simple de un proceso estocástico, ocurre cuando el resultado en cada etapa solo depende del resultado de la etapa anterior y no de cualquier de los resultados previos. Tal proceso se denomina proceso de Markov o cadena de Markov, estas cadenas tienen memoria, recuerdan el último evento y eso condiciona las posibilidades de los eventos futuros” (Kohan 2014).

“Esta herramienta de naturaleza matemática, resulta muy poderosa cuando se analizan y tratan problemas de características aleatorias en una inmensa variedad de disciplinas ” (Rojo and Miranda 2009).

Es así como una cadena de Markov se puede definir como una sucesión de ensayos similares u observaciones en la cual cada ensayo tiene el mismo número finito de resultados posibles y en donde la probabilidad de cada resultado para un ensayo dado depende sólo del resultado del ensayo inmediatamente precedente y no de cualquier resultado previo.

Para este caso puntual, el proceso de condición de transición del PCI es incierto, ya que se deben tomar datos reales durante un determinado periodo para verificar el factor de deterioro. La hipótesis de Markov es una probabilidad de cambio del PCI en un determinado momento en el tiempo. Indica el comportamiento del estado del



pavimento en condiciones normales. Es por eso que, la hipótesis de Markov se utiliza para representar un patrón de transición incierta de condición (PCI) del pavimento en un periodo de tiempo (Rojo and Miranda 2009).

Es así que la hipótesis de Markov es utilizada para predecir el deterioro progresivo del pavimento en relación a la información de inspecciones periódicas.

2.11. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

La recopilación de datos basada en técnicas de topografía y cartografía convencionales, lo que nos permitirán conocer los diferentes derechos de vías, pendientes, ubicación de señales de tránsito y tragantes. Los cuáles serán geo referenciados con los sistemas de coordenadas usados en nuestro país; así como también se usaran planos antiguos del municipio proporcionados por la municipalidad. Con la información recolectada y la proporcionada por la municipalidad se creará un plano que luego se exportará a software de información geográfica Quantum GIS (o QGIS) que es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows. Permite manejar formatos raster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR. Se puede descargar y utilizar sin ningún tipo de restricciones.



CAPITULO 3: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS



3.1. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

3.1.1. TECNICA DE AUSCULTACIÓN.

Existen diferentes formas de expresar el estado de un pavimento a nivel de red, dentro de las cuales, la “**Auscultación**” se vuelve el método más detallado para llevar a cabo la evaluación técnica de los pavimentos. Que produce múltiples beneficios, entre los que destacan:

- Determinación de la capacidad estructural.
- Índices de la condición y comportamiento de los pavimentos.
- Identificación de cambios en la condición y comportamiento año a año.
- Distribución de fondos de mantención y rehabilitación en forma más acertada.

3.2. REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN

Es necesario recolectar toda información que permita definir el estado actual de la vía para indicar el tipo, magnitud y ubicación de las zonas a intervenir mediante un plan estratégico de gestión de pavimentos.

3.2.1. CLASES DE DATOS UTILIZADOS

Las clases de datos que pueden ser utilizados por un sistema de gestión de pavimentos, son básicamente los siguientes:

- Datos de Inventario
- Datos de Auscultación (superficial)
- Datos Históricos (de otros pavimentos, de la construcción, de mantenimiento).
- Datos de Políticas



- Datos de Medio Ambiente
- Datos de Tránsito
- Datos de Costos (de construcción, mantenimiento, rehabilitación y usuarios)

Con estos datos se podrá interpretar el comportamiento del pavimento mediante el cual se tomaran decisiones acertadas; de donde, cuando y con qué costo invertir.

Figura 19. Relación entre datos y base de datos



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



A continuación se presenta la información necesaria para cada clase de datos y su utilidad en la base de datos de un sistema de gestión de pavimentos.

Tabla 2. Clases de Datos de Inventario

Clases de Datos de Inventario	
Tipo de Dato	Utilidad
Dimensiones de la Sección	Desarrollo de Políticas Estándar
Pendientes Longitudinal	Desarrollo de Políticas Estándar
Aceras	Desarrollo de Políticas Estándar
Drenaje (Tragantes)	Desarrollo de Políticas Estándar
Alumbrado Eléctrico	Desarrollo de Políticas Estándar
Señales Viales	Desarrollo de Políticas Estándar
Uso de Estacionamiento	Desarrollo de Políticas Estándar

Clases de Datos de Auscultación Superficial	
Tipo de Dato	Utilidad
Levantamiento de Daños	Descripción de estado actual
	Predicción del estado futuro
	Identificar necesidades presentes y futuras
	Programar Mantenciones
	Determinar la efectividad de los tratamientos
Propiedades del material de las capas	Estimar la variabilidad entre secciones
	Desarrollar bases para mejorar los estándares de diseño

Clases de Datos de Medio Ambiente	
Tipo de Dato	Utilidad
Clima	Evaluar comportamiento de la red



Clases de Datos de Transito	
Tipo de Dato	Utilidad
Tipo de Vehículos	Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan
Flota Vehicular	Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan
Volumen	Conocer las características físicas y económicas de los vehículos que circulan
Cargas	Determinar los ejes equivalentes (ESAL's) que afectan los pavimentos

Clases de Datos de Costos	
Tipo de Dato	Utilidad
Costos de construcción	Seleccionar estrategia de inversión de la red
Costos de mantenimiento	Seleccionar estrategia de inversión de la red
Costo de Rehabilitación	Seleccionar estrategia de inversión de la red
Costo de Usuario	Seleccionar estrategia de inversión de la red

Fuente: HASS, 1993

En lo correspondiente a la clase de datos históricos; la municipalidad no cuenta con este tipo de datos de manera ordenada por lo que se vuelve una limitante.

3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE CALLES Y AVENIDAS E INSTITUCIONES COMPETENTES.

Este trabajo es un proyecto piloto que permitirá crear un sistema de gestión de pavimentos de la Municipalidad de Usulután; Por esta razón se seleccionan las rutas de la red vial urbana de Usulután que se muestran en el plano mostrado en la página 61.

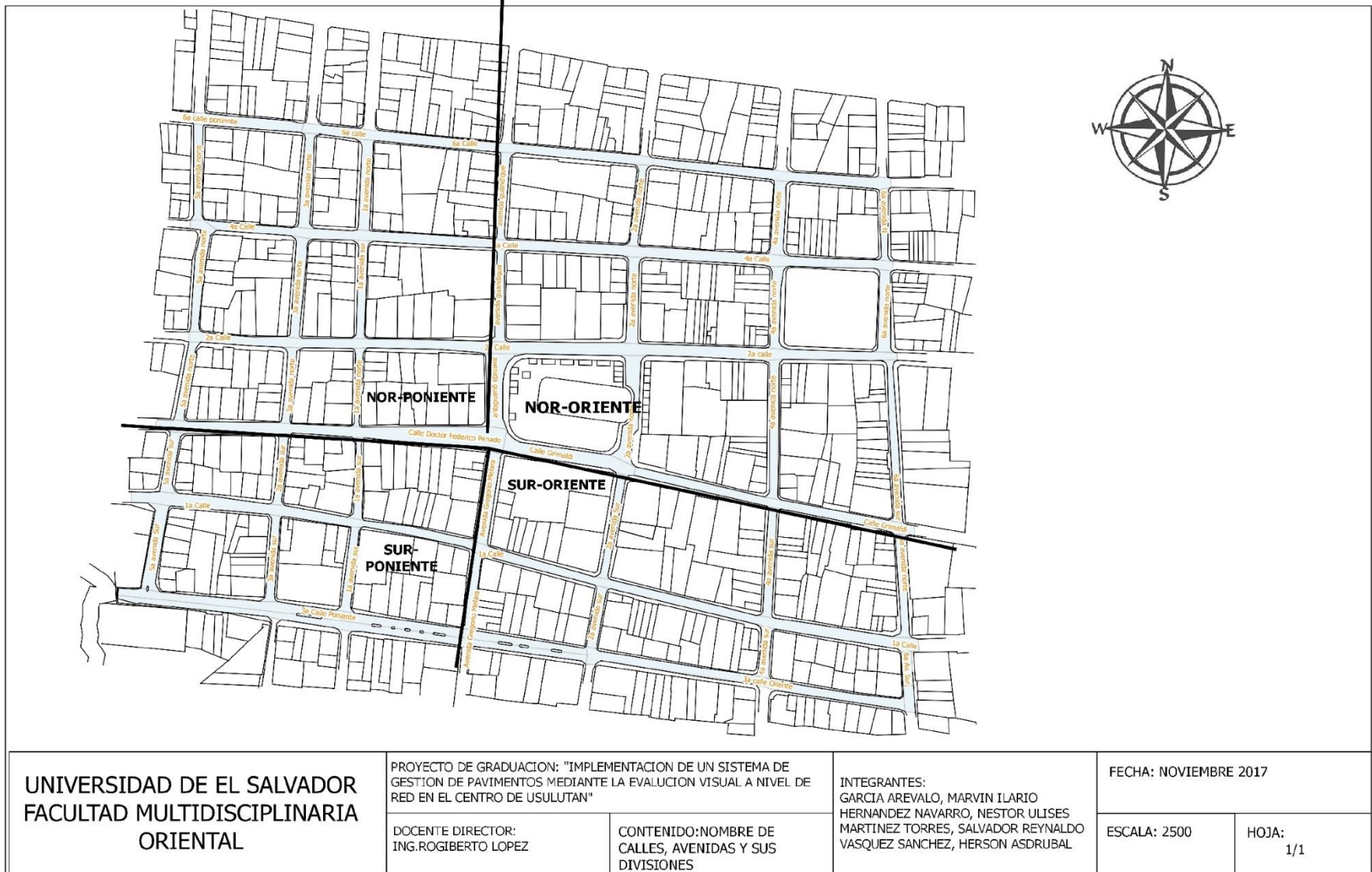


Le corresponden a la Municipalidad las siguientes:

- 1) La 6ª calle desde la 5ª avenida norte hasta la 6ª avenida norte.
- 2) La 4ª calle desde la 5ª avenida norte hasta la 6ª avenida norte.
- 3) La 2ª calle desde la 5ª avenida norte hasta la 6ª avenida norte.
- 4) La 3ª calle desde la 5ª avenida sur hasta la 6ª avenida sur.
- 5) La 5ª avenida desde la 3ª calle poniente hasta la 6ª calle poniente
- 6) La 3ª avenida desde la 3ª calle poniente hasta la 6ª calle poniente
- 7) La 1ª avenida desde la 3ª calle poniente hasta la 6ª calle poniente
- 8) La avenida Guandique desde la 3ª calle poniente hasta la 6ª calle poniente
- 9) La 2ª avenida desde la 3ª calle oriente hasta la 6ª calle oriente
- 10) La 4ª avenida desde la 3ª calle oriente hasta la 6ª calle oriente
- 11) La 6ª avenida desde la 3ª calle oriente hasta la 6ª calle oriente

En el área de estudio existen vías que no son de competencia de la municipalidad si no del Ministerio de Obras Públicas (MOP); que se detallan continuación:

1. La calle Dr. Federico Penado desde la 5ª avenida norte hasta la avenida Guandique y la calle Grimaldi desde la avenida Guandique hasta la 6ª avenida norte.
2. La 1ª calle desde la 5ª avenida norte hasta la 6ª avenida norte.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

PROYECTO DE GRADUACION: "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA EVALUCION VISUAL A NIVEL DE RED EN EL CENTRO DE USULUTAN"
 DOCENTE DIRECTOR:
 ING.ROGIBERTO LOPEZ
 CONTENIDO:NOMBRE DE CALLES, AVENIDAS Y SUS DIVISIONES

INTEGRANTES:
 GARCIA AREVALO, MARVIN ILARIO
 HERNANDEZ NAVARRO, NESTOR ULISES
 MARTINEZ TORRES, SALVADOR REYNALDO
 VASQUEZ SANCHEZ, HERSON ASDRUBAL

FECHA: NOVIEMBRE 2017
 ESCALA: 2500
 HOJA: 1/1



3.3. INVENTARIO

3.3.1 METODOLOGÍA

Para obtener toda la información necesaria es importante conocer bien la red vial en estudio mediante el levantamiento topográfico con el cual se determinan las coordenadas de cada elemento de interés en la vía incluyendo: Longitudes, pendientes, anchos de calzada y cuneta, postes de energía, postes de alumbrado, postes telefónicos, señales verticales de tránsito, tragantes, pozos de aguas negras y lluvias, cámaras de video vigilancia y espesores de pavimento en su caso.

Figura 20. Levantamiento de datos en calles y avenidas.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



Luego se procede a la tabulación de los datos en el que se dibuja el área en estudio mediante un software especializado en donde también se determinan las dimensiones de los elementos y su cantidad por cada calle o avenida.

Figura 21. Medicion de espesores de capas



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

TABLA DE DIMENSIONES DE CALLES Y AVENIDAS

En las siguientes tablas se hace referencia a las longitudes de calles y avenidas, tipo de pavimento, anchos promedios de rodadura, anchos promedios de aceras y derecho de vía



TABLA DIMENSIONES DE CALLES Y AVENIDAS.

Tabla 3. Dimensiones de calles y avenidas.

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	ANCHO PROMEDIO CALLE (m)	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA DERECHA	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA izquierda	DERECHO DE VIA
6ta calle poniente y 6ta calle oriente	0+000 - 0+090	90	Mezcla asfáltica	8.45	1.5	1.3	11.25
	0+090 - 0+135	45	Mezcla asfáltica	7.8	2	1.2	11
	0+135 - 0+241	106	Mezcla asfáltica	8	1.4	0.8	10.2
	0+241 - 0+346	105	Mezcla asfáltica	7.55	3	1.2	11.75
	0+346 - 0+453	107	Mezcla asfáltica	7.3	2.1	1	10.4
	0+453 - 0+535	82	Mezcla asfáltica	7.8	1.8	1.1	10.7
TOTAL		535	PROMEDIO	7.82	1.97	1.10	10.88
4ta Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+000 - 0+087	87	Mezcla asfáltica	6.63	3.3	1.2	11.13
	0+087 - 0+132	45	Mezcla asfáltica	7.6	2	2.5	12.1
	0+132 - 0+239	107	Mezcla asfáltica	7.8	2.5	0.9	11.2
	0+239 - 0+339	100	Mezcla asfáltica	8.03	2.1	1	11.13
	0+339 - 0+450	111	Mezcla asfáltica	8.6	1.7	1.1	11.4
	0+450 - 0+542	92	Mezcla asfáltica	7	1.8	1.5	10.3
TOTAL		542	PROMEDIO	7.61	2.23	1.37	11.21



Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	ANCHO PROMEDIO CALLE (m)	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA DERECHA	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA izquierda	DERECHO DE VIA
2a Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+000 - 0+082	82	Mezcla asfáltica	7.15	3.5	0.8	11.45
	0+082 - 0+133	51	Mezcla asfáltica	7.45	2.3	1.2	10.95
	0+133 - 0+240	107	Mezcla asfáltica	7.25	3	1.2	11.45
	0+240 - 0+342	102	Mezcla asfáltica	9.5	3.8	2.3	15.6
	0+342 - 0+451	109	Mezcla asfáltica	8.7	3	1.4	13.1
	0+451 - 0+546	95	Mezcla asfáltica	7	2.9	2.4	12.3
TOTAL		546	PROMEDIO	7.84	3.08	1.55	12.48
Calle Dr. Federico Penado y Calle Grimaldi	0+000 - 0+098	98	Mezcla asfáltica	9.6	1.1	1.4	12.1
	0+098 + 0+146	48	Mezcla asfáltica	7.6	3.1	0.8	11.5
	0+146 - 0+253	107	Mezcla asfáltica	11.5	2	1.4	14.9
	0+253 - 0+350	97	Mezcla asfáltica	9.8	2.5	5	17.3
	0+350 - 0+468	118	Concreto	6.8	2	1.7	10.5
	0+468 - 0+576	108	Concreto	7.2	1.4	1	9.6
TOTAL		576	PROMEDIO	8.75	2.02	1.88	12.65



Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO ANCHO PROMEDIO CALLE (m)		ANCHO PROMEDIO (m) ACERA DERECHA	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA izquierda	DERECHO DE VIA
1a Calle Poniente y 1a Calle Oriente	0+000 - 0+098	98	Mezcla asfáltica	9.65	1.6	2.4	13.65
	0+098 - 0+159	61	Mezcla asfáltica	7.6	1	2	10.6
	0+159 - 0+254	95	Mezcla asfáltica	6.77	1.8	1.5	10.07
	0+254 - 0+354	100	Mezcla asfáltica	6.8	2	2.2	11
	0+354 - 0+483	129	Mezcla asfáltica	7.6	2.4	2.3	12.3
	0+483 - 0+600	117	Mezcla asfáltica	8.5	2.2	2	12.7
TOTAL		600	PROMEDIO	7.82	1.83	2.07	11.72
3a Calle Poniente y 3a Calle Oriente	0+000 - 0+107	107	Mezcla asfáltica	10.8	1.2	1.7	13.7
	0+107 - 0+163	56	Mezcla asfáltica	13.2	4.2	2.7	20.1
	0+163 - 0+258	95	Mezcla asfáltica	13.1	2.8	1.5	17.4
	0+258 - 0+353	95	Mezcla asfáltica	11	2.6	1.8	15.4
	0+353 - 0+488	135	Mezcla asfáltica	7.15	2.9	1.3	11.35
	0+488 - 0+604	116	Mezcla asfáltica	6.8	1.6	1.3	9.7
TOTAL		604	PROMEDIO	10.34	2.55	1.72	14.61
LONGITUD DE CARRETERA (Km)		3.40					



Avenidas	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	ANCHO PROMEDIO CALLE (m)	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA DERECHA	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA IZQUIERDA	DERECHO DE VIA
5a Av. Sur y 5a Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Concreto	9.7	0.9	0.8	11.4
	0+080 - 0+140	60	Mezcla Asfáltica	8.2	1.7	1.8	11.7
	0+140 - 0+207	67	Mezcla Asfáltica	6.5	1.7	2.7	10.9
	0+207 - 0+293	86	Concreto	6.8	0.8	2	9.6
	0+293 - 0+382	89	Adoquín	7	1.3	2	10.3
TOTAL		382	PROMEDIO	7.64	1.28	1.86	10.78
3a Av. Sur y 3Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	6.75	1.5	2.1	10.35
	0+080 - 0+144	64	Mezcla Asfáltica	7.05	1.5	2.6	11.15
	0+144 - 0+210	66	Mezcla Asfáltica	6.6	1.6	2.8	11
	0+210 - 0+295	85	Mezcla Asfáltica	8.1	1.3	2	11.4
	0+295 - 0+384	89	Mezcla Asfáltica	8.85	1.5	2	12.35
TOTAL		384	PROMEDIO	7.47	1.48	2.30	11.25
1a Av. Sur y 1a Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	7.33	1.5	1.9	10.73
	0+080 - 0+151	71	Mezcla Asfáltica	6.5	1	0.9	8.4
	0+151 - 0+220	69	Mezcla Asfáltica	5.35	1.3	1.8	8.45
	0+220 - 0+300	80	Mezcla Asfáltica	6.7	0.8	2.1	9.6
	0+300 - 0+386	86	Adoquín	8.95	1.5	2.5	12.95
TOTAL		386	PROMEDIO	6.966	1.22	1.84	10.03
Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	7.05	2.3	0.7	10.05
	0+080 - 0+160	80	Mezcla Asfáltica	9.33	2.4	2.3	14.03
	0+160 - 0+231	71	Mezcla Asfáltica	12.5	5.3	1.5	19.3
	0+231 - 0+310	79	Mezcla Asfáltica	6.66	1.4	2	10.06
	0+310 - 0+390	80	Mezcla Asfáltica	6.3	1.9	1.3	9.5
TOTAL		390	PROMEDIO	8.368	2.66	1.56	12.59



Avenidas	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	ANCHO PROMEDIO CALLE (m)	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA DERECHA	ANCHO PROMEDIO (m) ACERA IZQUIERDA	DERECHO DE VIA
2a Av. Sur y 2a Av. Norte	0+000 - 0+064	64	Mezcla Asfáltica	7.85	1.5	1.4	10.75
	0+064 - 0+155	91	Mezcla Asfáltica	5.95	1.9	2.6	10.45
	0+155 - 0+244	89	Mezcla Asfáltica	8.75	2	2.7	13.45
	0+244 - 0+320	76	Mezcla Asfáltica	8.6	1.9	1.2	11.7
	0+320 - 0+393	73	Mezcla Asfáltica	6.51	2.2	1	9.71
TOTAL		393	PROMEDIO	7.53	1.90	1.78	11.21
4a Av. Sur y 4a Av. Norte	0+000 - 0+051	51	Mezcla Asfáltica	7.6	1.7	1.5	10.8
	0+051 - 0+142	91	Mezcla Asfáltica	7.12	1.5	1.8	10.42
	0+142 - 0+255	113	Mezcla Asfáltica	7.21	1.1	1.9	10.21
	0+255 - 0+328	73	Mezcla Asfáltica	7.05	3.6	1.6	12.25
	0+328 - 0+398	70	Mezcla Asfáltica	9.8	2.4	0.9	13.1
TOTAL		398	PROMEDIO	7.756	2.06	1.54	11.36
6a Av. Sur y 6a Av. Norte	0+000 - 0+026	26	Adoquín	7.95	1.8	0.7	10.45
	0+026 - 0+052	26	Mezcla Asfáltica	7.95	1.9	1.7	11.55
	0+052 - 0+140	88	Mezcla Asfáltica	6.65	2	1.4	10.05
	0+140 - 0+272	132	Mezcla Asfáltica	6.4	2.8	1	10.2
	0+272 - 0+342	70	Mezcla Asfáltica	9.75	2.8	1.1	13.65
	0+342 - 0+411	69	Adoquín	6	1.9	1.8	9.7
TOTAL		411	PROMEDIO	7.35	2.28	1.40	10.93

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



TABLA DE POSTES Y POZOS EN CALLES Y AVENIDAS

En las siguientes tablas se hace referencia a la cantidad de postes eléctricos, postes de alumbrado público, cantidad de postes de telefonía, pozos de aguas negras, pozos de aguas lluvias y tragantes.

Tabla 4. Inventario de Postes y pozos

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	CANTIDAD DE P.E.	CANTIDAD DE P.A.	CANTIDAD DE P.T.	POZOS DE AGUAS NEGRAS	POZOS DE AGUAS LLUVIAS	CANTIDAD DE TRAGANTES
6ta calle poniente y 6ta calle oriente	0+000 - 0+090	90	Mezcla asfáltica	1	1	1	2	2	4
	0+090 - 0+135	45	Mezcla asfáltica	1	1	1	1	1	2
	0+135 - 0+241	106	Mezcla asfáltica	4	3	3	1	1	2
	0+241 - 0+346	105	Mezcla asfáltica	3	2	2	1	1	1
	0+346 - 0+453	107	Mezcla asfáltica	1	0	2	1	1	1
	0+453 - 0+535	82	Mezcla asfáltica	4	1	2	1	0	0
TOTAL		535	PROMEDIO	14	8	11	7	6	10
4ta Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+000 - 0+087	87	Mezcla asfáltica	1	3	2	1	1	2
	0+087 - 0+132	45	Mezcla asfáltica	0	1	1	0	1	1
	0+132 - 0+239	107	Mezcla asfáltica	3	1	3	1	0	0
	0+239 - 0+339	100	Mezcla asfáltica	4	3	2	1	1	1
	0+339 - 0+450	111	Mezcla asfáltica	1	1	2	1	1	2



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

	0+450 - 0+542	92	Mezcla asfáltica	3	3	4	1	1	1
Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	CANTIDAD DE P.E.	CANTIDAD DE P.A.	CANTIDAD DE P.T.	POZOS DE AGUAS NEGRAS	POZOS DE AGUAS LLUVIAS	CANTIDAD DE TRAGANTES
TOTAL		542	PROMEDIO	12	12	14	5	5	7
2a Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+000 - 0+082	82	Mezcla asfáltica	4	4	2	2	2	5
	0+082 - 0+133	51	Mezcla asfáltica	5	0	1	1	2	2
	0+133 - 0+240	107	Mezcla asfáltica	3	3	2	2	2	3
	0+240 - 0+342	102	Mezcla asfáltica	4	4	3	1	1	1
	0+342 - 0+451	109	Mezcla asfáltica	2	4	2	1	1	2
	0+451 - 0+546	95	Mezcla asfáltica	5	3	2	1	1	1
TOTAL		546	PROMEDIO	23	18	12	8	9	14
Calle Dr. Federico Penado y Calle Grimaldi	0+000 - 0+098	98	Mezcla asfáltica	3	1	2	2	2	3
	0+098 + 0+146	48	Mezcla asfáltica	1	2	1	1	0	0
	0+146 - 0+253	107	Mezcla asfáltica	3	2	3	1	0	0
	0+253 - 0+350	97	Mezcla asfáltica	1	6	2	2	2	2
	0+350 - 0+468	118	Concreto	3	2	1	1	1	2
	0+468 - 0+576	108	Concreto	2	4	1	1	1	2
TOTAL		576	PROMEDIO	13	17	10	8	6	9



Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	CANTIDAD DE P.E.	CANTIDAD DE P.A.	CANTIDAD DE P.T.	POZOS DE AGUAS NEGRAS	POZOS DE AGUAS LLUVIAS	CANTIDAD DE TRAGANTES
1a Calle Poniente y 1a Calle Oriente	0+000 - 0+098	98	Mezcla asfáltica	2	4	1	2	3	5
	0+098 - 0+159	61	Mezcla asfáltica	3	2	1	1	1	1
	0+159 - 0+254	95	Mezcla asfáltica	3	3	2	2	2	3
	0+254 - 0+354	100	Mezcla asfáltica	2	4	1	1	1	2
	0+354 - 0+483	129	Mezcla asfáltica	3	3	2	1	1	2
	0+483 - 0+600	117	Mezcla asfáltica	3	4	1	1	1	1
TOTAL		600	PROMEDIO	16	20	8	8	9	14
3a Calle Poniente y 3a Calle Oriente	0+000 - 0+107	107	Mezcla asfáltica	3	2	2	1	1	1
	0+107 - 0+163	56	Mezcla asfáltica	1	2	1	1	2	2
	0+163 - 0+258	95	Mezcla asfáltica	1	3	3	2	2	4
	0+258 - 0+353	95	Mezcla asfáltica	2	3	2	1	1	1
	0+353 - 0+488	135	Mezcla asfáltica	1	2	2	1	1	1
	0+488 - 0+604	116	Mezcla asfáltica	2	1	1	1	1	1
TOTAL		604	PROMEDIO	10	13	11	7	8	10
			TOTALES	88	88	66	43	43	64



Avenidas	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	CANTIDAD DE P.E.	CANTIDAD DE P.A.	CANTIDAD DE P.T.	POZOS DE AGUAS NEGRAS	POZOS DE AGUAS LLUVIAS
5a Av. Sur y 5a Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Concreto	2	1	1	1	1
	0+080 - 0+140	60	Mezcla Asfáltica	1	2	1	1	1
	0+140 - 0+207	67	Mezcla Asfáltica	2	2	2	1	1
	0+207 - 0+293	86	Concreto	4	4	2	1	1
	0+293 - 0+382	89	Adoquín	1	1	1	1	1
TOTAL		382		10	10	7	5	5
3a Av. Sur y 3Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	2	0	2	1	1
	0+080 - 0+144	64	Mezcla Asfáltica	3	1	1	1	1
	0+144 - 0+210	66	Mezcla Asfáltica	1	0	2	1	1
	0+210 - 0+295	85	Mezcla Asfáltica	1	0	2	1	1
	0+295 - 0+384	89	Mezcla Asfáltica	1	0	1	1	1
TOTAL		384		8	1	8	5	5
1a Av. Sur y 1a Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	2	0	2	1	1
	0+080 - 0+151	71	Mezcla Asfáltica	3	1	2	1	1
	0+151 - 0+220	69	Mezcla Asfáltica	3	0	1	1	1
	0+220 - 0+300	80	Mezcla Asfáltica	3	0	1	1	1
	0+300 - 0+386	86	Adoquín	1	2	1	1	1
TOTAL		386		12	3	7	5	5
Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	2	0	1	1	1
	0+080 - 0+160	80	Mezcla Asfáltica	2	3	2	1	1
	0+160 - 0+231	71	Mezcla Asfáltica	2	4	2	1	1
	0+231 - 0+310	79	Mezcla Asfáltica	4	2	2	1	1
	0+310 - 0+390	80	Mezcla Asfáltica	1	0	2	1	1
TOTAL		390		11	9	9	5	5



Avenidas	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	CANTIDAD DE P.E.	CANTIDAD DE P.A.	CANTIDAD DE P.T.	POZOS DE AGUAS NEGRAS	POZOS DE AGUAS LLUVIAS
2a Av. Sur y 2a Av. Norte	0+000 - 0+064	64	Mezcla Asfáltica	2	1	1	1	1
	0+064 - 0+155	91	Mezcla Asfáltica	2	1	1	1	1
	0+155 - 0+244	89	Mezcla Asfáltica	2	2	2	1	1
	0+244 - 0+320	76	Mezcla Asfáltica	4	1	1	1	1
	0+320 - 0+393	73	Mezcla Asfáltica	2	3	1	1	1
TOTAL		393		12	8	6	5	5
4a Av. Sur y 4a Av. Norte	0+000 - 0+051	51	Mezcla Asfáltica	2	0	2	1	1
	0+051 - 0+142	91	Mezcla Asfáltica	3	1	1	1	1
	0+142 - 0+255	113	Mezcla Asfáltica	2	2	3	1	1
	0+255 - 0+328	73	Mezcla Asfáltica	5	3	1	1	1
	0+328 - 0+398	70	Mezcla Asfáltica	2	1	1	1	1
TOTAL		398		14	7	8	5	5
6a Av. Sur y 6a Av. Norte	0+000 - 0+026	26	Adoquín	2	1	1	1	1
	0+026 - 0+052	26	Mezcla Asfáltica		1	2	1	0
	0+052 - 0+140	88	Mezcla Asfáltica	3	0	1	1	1
	0+140 - 0+272	132	Mezcla Asfáltica	8	4	1	1	1
	0+272 - 0+342	70	Mezcla Asfáltica	2	2	1	1	1
	0+342 - 0+411	69	Adoquín	2	2	1	1	1
TOTAL		411		17	10	7	6	5
			TOTALES	84	48	52	36	35
P.E.: Poste Eléctrico								
P.A.: Poste de Alumbrado								
P.T.: Poste de Telefonía								
LONGITUD DE CARRETERA (Km)	2.74							

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



TABLA DE SEÑALES VERTICALES EN CALLES Y AVENIDAS

En las siguientes tablas se hace referencia a la cantidad de: señales verticales de “alto”, señales verticales de “no estacionar”, señales verticales de “no girar”, señales verticales de “zona de carga y descarga”, señales verticales de “parada de buses” y video vigilancia.

Tabla 5. Señales de tránsito

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SEÑALES VERTICALES (ALTOS)	SEÑALES VERTICALES (NO ESTACIONAR)	SEÑALES VERTICALES (NO VIRAR)	SEÑALES VERTICALES (ZONA DE CARGA Y DESCARGA)	SEÑALES VERTICALES (PARADAS DE BUSES)	VIDEO VIGILANCIA
6ta calle poniente y 6ta calle oriente	0+000 - 0+090	90	Mezcla asfáltica	1	0	0	0	0	0
	0+090 - 0+135	45	Mezcla asfáltica	1	0	0	0	0	0
	0+135 - 0+241	106	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+241 - 0+346	105	Mezcla asfáltica	0	0	1	0	0	0
	0+346 - 0+453	107	Mezcla asfáltica	0	0	1	0	0	0
	0+453 - 0+535	82	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
TOTAL		535	PROMEDIO	2	0	2	0	0	0
4ta Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+000 - 0+087	87	Mezcla asfáltica	1	0	0	0	0	0
	0+087 - 0+132	45	Mezcla asfáltica	1	0	0	0	0	0
	0+132 - 0+239	107	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	1	0
	0+239 - 0+339	100	Mezcla asfáltica	0	0	1	0	0	0



Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SEÑALES VERTICALES (ALTOS)	SEÑALES VERTICALES (NO ESTACIONAR)	SEÑALES VERTICALES (NO VIRAR)	SEÑALES VERTICALES (ZONA DE CARGA Y DESCARGA)	SEÑALES VERTICALES (PARADAS DE BUSES)	VIDEO VIGILANCIA
4ta Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+339 - 0+450	111	Mezcla asfáltica	0	0	1	0	0	0
	0+450 - 0+542	92	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	1
TOTAL		542	PROMEDIO	2	0	2	0	1	1
2a Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+000 - 0+082	82	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+082 - 0+133	51	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+133 - 0+240	107	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+240 - 0+342	102	Mezcla asfáltica	0	1	0	0	0	0
	0+342 - 0+451	109	Mezcla asfáltica	0	1	0	0	0	1
	0+451 - 0+546	95	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	1
TOTAL		546	PROMEDIO	0	2	0	0	0	2
Calle Dr. Federico Penado y Calle Grimaldi	0+000 - 0+098	98	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+098 + 0+146	48	Mezcla asfáltica	0	1	0	0	0	0
	0+146 - 0+253	107	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+253 - 0+350	97	Mezcla asfáltica	0	1	0	0	0	0



Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SEÑALES VERTICALES (ALTOS)	SEÑALES VERTICALES (NO ESTACIONAR)	SEÑALES VERTICALES (NO VIRAR)	SEÑALES VERTICALES (ZONA DE CARGA Y DESCARGA)	SEÑALES VERTICALES (PARADAS DE BUSES)	VIDEO VIGILANCIA
Calle Dr. Federico Penado y Calle Grimaldi	0+350 - 0+468	118	Concreto	0	3	0	0	0	0
	0+468 - 0+576	108	Concreto	0	1	0	0	0	0
TOTAL		576	PROMEDIO	0	6	0	0	0	0
1a Calle Poniente y 1a Calle Oriente	0+000 - 0+098	98	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+098 - 0+159	61	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+159 - 0+254	95	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+254 - 0+354	100	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	1	0
	0+354 - 0+483	129	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+483 - 0+600	117	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	1	0
TOTAL		600	PROMEDIO	0	0	0	0	2	0
3a Calle Poniente y 3a Calle Oriente	0+000 - 0+107	107	Mezcla asfáltica	0	0	0	0	0	0
	0+107 - 0+163	56	Mezcla asfáltica	0	0	1	0	0	0
	0+163 - 0+258	95	Mezcla asfáltica	1	0	0	0	0	0



Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SEÑALES VERTICALES (ALTOS)	SEÑALES VERTICALES (NO ESTACIONAR)	SEÑALES VERTICALES (NO VIRAR)	SEÑALES VERTICALES (ZONA DE CARGA Y DESCARGA)	SEÑALES VERTICALES (PARADAS DE BUSES)	VIDEO VIGILANCIA
3a Calle Poniente y 3a Calle Oriente	0+258 - 0+353	95	Mezcla asfáltica	1	0	0	0	0	0
	0+353 - 0+488	135	Mezcla asfáltica	2	0	0	0	0	0
	0+488 - 0+604	116	Mezcla asfáltica	2	0	0	0	0	0
TOTAL		604	PROMEDIO	6	0	1	0	0	0
			TOTALES	10	8	5	0	3	3



Avenidas	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SEÑALES VERTICALES (ALTOS)	SEÑALES VERTICALES (NO ESTACIONAR)	SEÑALES VERTICALES (NO VIRAR)	SEÑALES VERTICALES (ZONA DE CARGA Y DESCARGA)	SEÑALES VERTICALES (PARADAS DE BUSES)
5a Av. Sur y 5a Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Concreto	1	0	0	0	0
	0+080 - 0+140	60	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+140 - 0+207	67	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+207 - 0+293	86	Concreto	1	0	0	0	0
	0+293 - 0+382	89	Adoquín	1	0	0	0	0
TOTAL		382		5	0	0	0	0
3a Av. Sur y 3Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	2	0	0	0	0
	0+080 - 0+144	64	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+144 - 0+210	66	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+210 - 0+295	85	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+295 - 0+384	89	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
TOTAL		384		5	0	0	0	0
1a Av. Sur y 1a Av. Norte	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+080 - 0+151	71	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+151 - 0+220	69	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0



Avenidas	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SEÑALES VERTICALES (ALTOS)	SEÑALES VERTICALES (NO ESTACIONAR)	SEÑALES VERTICALES (NO VIRAR)	SEÑALES VERTICALES (ZONA DE CARGA Y DESCARGA)	SEÑALES VERTICALES (PARADAS DE BUSES)
1a Av. Sur y 1a Av. Norte	0+220 - 0+300	80	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+300 - 0+386	86	Adoquín	1	0	0	0	0
TOTAL		386		2	0	0	0	0
Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	0+000 - 0+080	80	Mezcla Asfáltica	2	0	0	1	0
	0+080 - 0+160	80	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+160 - 0+231	71	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+231 - 0+310	79	Mezcla Asfáltica	2	0	0	0	0
	0+310 - 0+390	80	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
TOTAL		390		7	0	0	1	0
2a Av. Sur y 2a Av. Norte	0+000 - 0+064	64	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+064 - 0+155	91	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+155 - 0+244	89	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+244 - 0+320	76	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+320 - 0+393	73	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
TOTAL		393		2	0	0	0	0



Avenidas	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SEÑALES VERTICALES (ALTOS)	SEÑALES VERTICALES (NO ESTACIONAR)	SEÑALES VERTICALES (NO VIRAR)	SEÑALES VERTICALES (ZONA DE CARGA Y DESCARGA)	SEÑALES VERTICALES (PARADAS DE BUSES)
4a Av. Sur y 4a Av. Norte	0+000 - 0+051	51	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+051 - 0+142	91	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+142 - 0+255	113	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+255 - 0+328	73	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+328 - 0+398	70	Mezcla Asfáltica	3				
TOTAL		398	PROMEDIO	6	0	0	0	0
6a Av. Sur y 6a Av. Norte	0+000 - 0+026	26	Adoquín	0	0	0	0	0
	0+026 - 0+052	26	Mezcla Asfáltica	1	0	0	0	0
	0+052 - 0+140	88	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+140 - 0+272	132	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+272 - 0+342	70	Mezcla Asfáltica	0	0	0	0	0
	0+342 - 0+411	69	Adoquín	2	0	0	0	0
TOTAL		411		3	0	0	0	0
			TOTALES	30	0	0	1	0

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

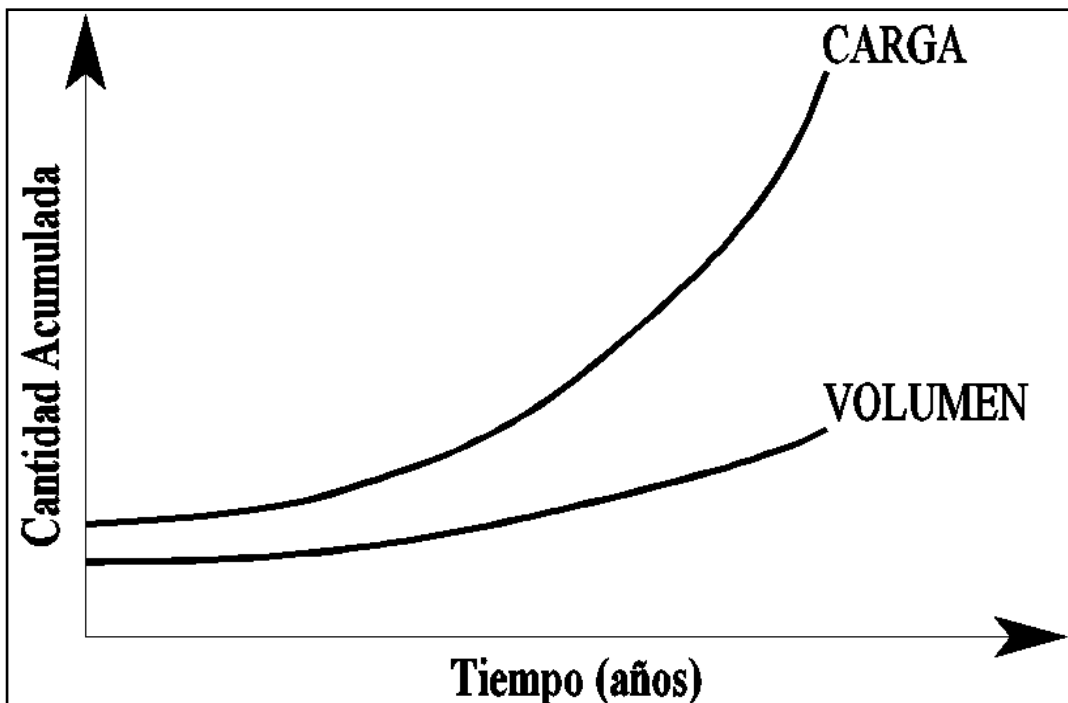


3.4. SOLICITACIONES DE TRANSITO

Es muy importante mencionar que el tránsito solicitante es un factor directo que debe ser tomado en cuenta en la evaluación de daños en un pavimento. Según datos históricos desde el año 2010 hasta el año 2015 la carga vehicular ha sufrido un significativo incremento del 30%, pero en términos de la carga que se transporta el incremento ha sido mayor figura (21), esta situación tiene una implicación significativa en el comportamiento de los pavimentos.

Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas, para distribuir la carga total sobre una superficie mayor. Esto tiene el efecto de reducir las tensiones y deformaciones que se desarrollan al interior de la superestructura.

Figura 22. Tendencia de comportamiento del tráfico.



Fuente: Tesis Rodríguez González 2011

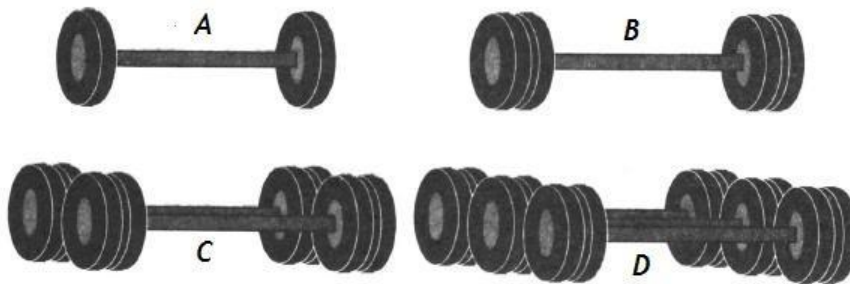


3.4.1. EFECTOS DE LAS CARGAS EN LOS PAVIMENTOS

Las solicitaciones de cargas y ambientales en los pavimentos son dos principales factores que inciden en el deterioro de las vías, estos dos tipos de solicitaciones se suman provocando pérdida de capacidad del pavimento. Uno de los problemas que se encuentran en las predicciones teóricas sobre el efecto destructivo de las cargas del tránsito, es decidir cuál es el criterio que hay que tomar en cuenta para utilizar: tensión, deformación o serviciabilidad; Establecido este problema, la dificultad persiste ya que existe una serie de factores que inciden en los pavimentos tales como: intensidad, frecuencia de las cargas, tipos de apoyo y rigidez relativa de las capas componentes, etc.

Se puede establecer que las cargas no son relevantes si su intensidad no sobrepasa un determinado número de ejes, es por eso que no se consideran los vehículos livianos, autos y camionetas, y únicamente son determinantes en el diseño los vehículos comerciales: camiones y buses. Los tipos de apoyo más usuales de los vehículos comerciales son los de la siguiente figura.

Figura 23. Tipos de apoyo de vehículos.



Fuente: Manual SIECA

CONFIGURACIÓN DE EJES COMÚNMENTE UTILIZADO

Dónde:

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| A. Eje Simple, Rueda Radial | C. Eje Tándem, Rueda Comercial |
| B. Eje Simple, Eje Comercial | D. Eje Tridem, Rueda Comercial |



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO

Un punto importante en la determinación de las solicitudes de transito es conocer de forma precisa las características del mismo, que va desde conocer la clase de vehículos circulantes hasta las distintas cargas de ellos.

CENSO DE TRANSITO (VOLUMENES Y CARGAS)

En esta actividad se desarrolla una metodología eficiente mediante la cual se puede tener un amplio conocimiento global del tránsito que circula por la red vial y determinar las principales características de la utilización de los caminos tanto municipales como nacionales. A continuación se entrega una lista de recomendaciones para la realización de un censo de tránsito.

a) Características del Censo

1. Se hace cada dos años.
2. En días laborales

El Transito Promedio Diario Anual (TPDA), corresponde a la cantidad total de vehículos que circulara en promedio cada día por la vía durante los 365 días del año. Este valor se obtiene a partir del promedio aritmético de los Tránsitos Promedios Diarios Anuales, para cada día del año.

b) Selección de zonas y camino tipo

Se basa en dos factores:

- Factores climáticos; y
- Actividad productiva preponderante.



c) Clasificación de Vehículos Censados:

- Autos
- Pick-ups
- Microbús mediano
- Bus
- C-2

PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL TPDA

Para obtener el TPDA, se realizan el aforo vehicular en diferentes puntos de la red de estudio, tomando muy en cuenta las vías con mayor tránsito vehicular; el conteo se inicia desde las 7:00 Am hasta las 4:00 Pm durante 6 días. Se realizaron los aforos colocando 6 puntos estratégicos, desde los cuales se aforaron cinco calles y dos avenidas.

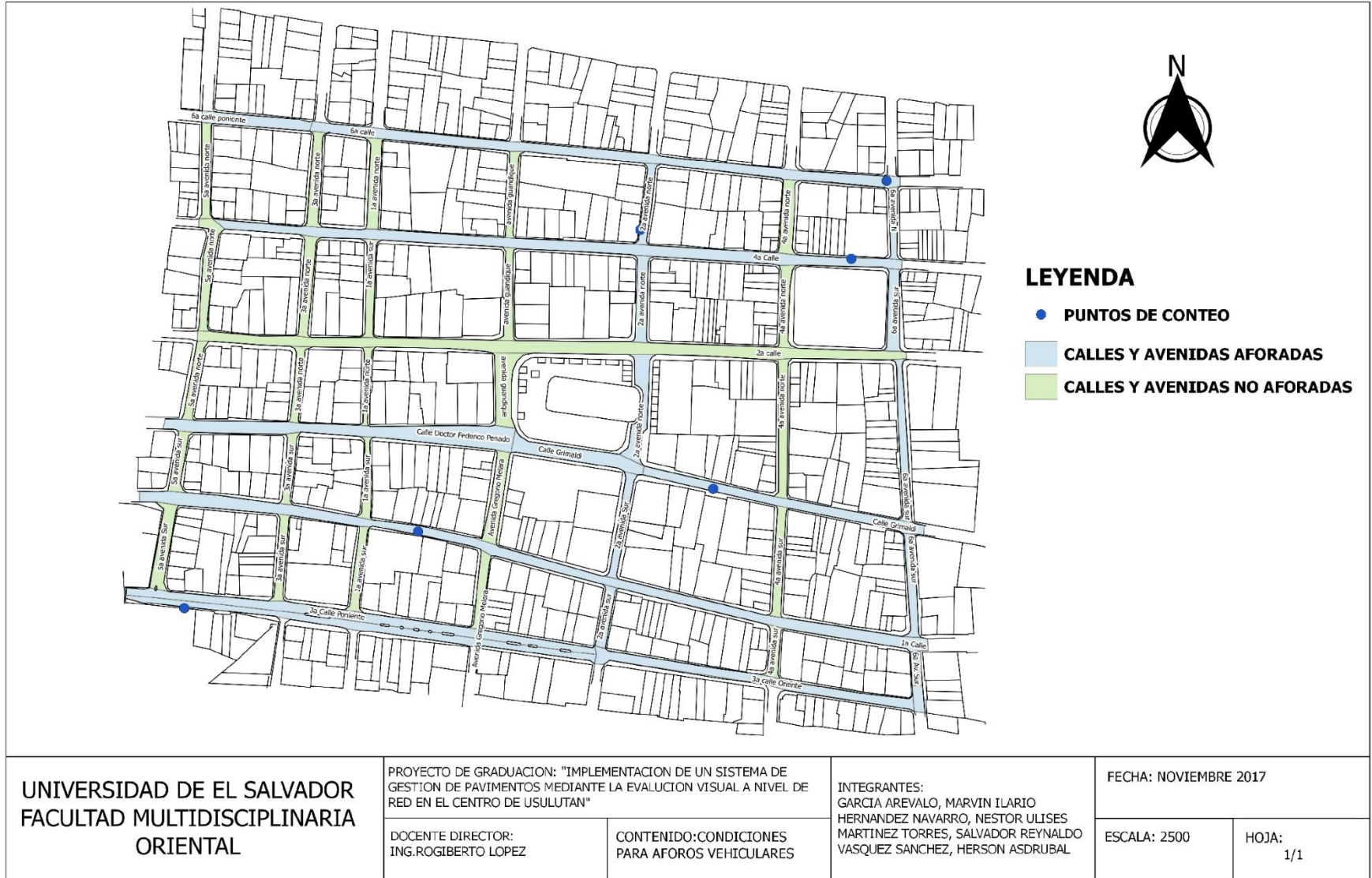
Las calles aforadas son las siguientes:

- 3ª Calle Poniente
- 1ª Calles Poniente
- Calle Grimaldi
- 4ª Calle
- 6ª Calle

Las Avenidas aforadas son las siguientes:

- 6ª Avenida Norte
- 2ª Avenida Norte.

En la tabla 6 se muestra el Tráfico Promedio Diario Anual, el cual por razones de tiempo se asume como base el tomado en una semana especifica; en calles y avenidas seleccionadas por ser representativas en donde se realizó el aforo vehicular.



LEYENDA

- PUNTOS DE CONTEO
- CALLES Y AVENIDAS AFORADAS
- CALLES Y AVENIDAS NO AFORADAS



Tabla 6. Transito Promedio Diario Anual TPDA

Calle: 3ª. Calle. PTE								
Tipo	Lunes 3/7/17	Martes 4/7/17	Miércoles 5/7/17	Jueves 6/7/17	Viernes 7/7/17	Sábado 8/7/17	Total	TPDA
Auto	674	688	697	694	667	544	3964	661
Pick-Up	530	441	398	514	448	390	2721	454
Microbús mediano	148	130	108	152	115	80	733	122
Bus	35	37	24	24	19	5	144	24
C-2	68	61	65	65	55	51	365	61
SUMATORIA TOTAL TPDA								1322
Calle: 1ª. Calle PTE								
Tipo	Lunes 3/7/17	Martes 4/7/17	Miércoles 5/7/17	Jueves 6/7/17	Viernes 7/7/17	Sábado 8/7/17	Total	TPDA
Auto	4959	4987	5024	4707	4527	2562	26766	4461
Pick-Up	1726	1496	1437	1417	1418	1448	8942	1490
Microbús mediano	257	253	245	243	235	303	1536	256
Bus	297	274	294	265	278	283	1691	282
C-2	175	200	160	166	196	166	1063	177
SUMATORIA TOTAL TPDA								6666



Calle Grimaldi								
Tipo	Lunes 3/7/17	Martes 4/7/17	Miércoles 5/7/17	Jueves 6/7/17	Viernes 7/7/17	Sábado 8/7/17	Total	TPDA
Auto	2806	2571	2441	2579	2622	1674	14693	2449
Pick-Up	1810	1584	1649	1727	1683	1214	9667	1611
Microbús mediano	108	102	109	118	115	134	686	114
Bus	84	88	86	93	86	90	527	88
C-2	140	106	128	128	136	103	741	124
SUMATORIA TOTAL TPDA								4416
Calle: 4ª. Calle								
Tipo	Lunes 3/7/17	Martes 4/7/17	Miércoles 5/7/17	Jueves 6/7/17	Viernes 7/7/17	Sábado 8/7/17	Total	TPDA
Auto	529	532	554	521	560	368	3064	511
Pick-Up	520	553	492	531	568	360	3024	504
Microbús mediano	464	461	462	450	480	269	2586	431
Bus	400	439	451	437	424	271	2422	404
C-2	216	206	215	184	196	195	1212	202
SUMATORIA TOTAL TPDA								1692



Calle: 6ª. Calle								
Tipo	Lunes 3/7/17	Martes 4/7/17	Miércoles 5/7/17	Jueves 6/7/17	Viernes 7/7/17	Sábado 8/7/17	Total	TPDA
Auto	530	511	499	498	524	382	2944	491
Pick-Up	658	636	673	669	673	525	3834	639
Microbús mediano	472	301	270	271	253	124	1691	282
Bus	199	152	142	106	125	76	800	133
C-2	72	73	74	80	72	76	447	75
SUMATORIA TOTAL TPDA								1620
Calle: 2a avenida norte								
Tipo	Lunes 3/7/17	Martes 4/7/17	Miércoles 5/7/17	Jueves 6/7/17	Viernes 7/7/17	Sábado 8/7/17	Total	TPDA
Auto	250	215	218	193	202	198	1276	213
Pick-Up	250	212	214	215	225	178	1294	216
Microbús	119	134	114	128	142	121	758	126
Bus	0	0	0	0	0	0	0	0
C-2	67	74	72	76	72	75	436	73
SUMATORIA TOTAL TPDA								628



Calle: 6ª. Avenida Norte								
Tipo	Lunes 3/7/17	Martes 4/7/17	Miércoles 5/7/17	Jueves 6/7/17	Viernes 7/7/17	Sábado 8/7/17	Total	TPDA
Auto	401	426	434	422	432	263	2378	396
Pick-Up	443	413	381	383	408	215	2243	374
Microbús	111	97	99	110	103	75	595	99
Bus	79	89	98	97	96	106	565	94
C-2	54	60	67	64	68	23	336	56
SUMATORIA TOTAL TPDA								1019

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



3.5. SOLICITACIONES CLIMÁTICAS

Figura 24. Vista Aérea de Usulután



Fuente:(Picture-Copyright: Sergio Balladares)

3.5.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS EN LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE USULUTAN

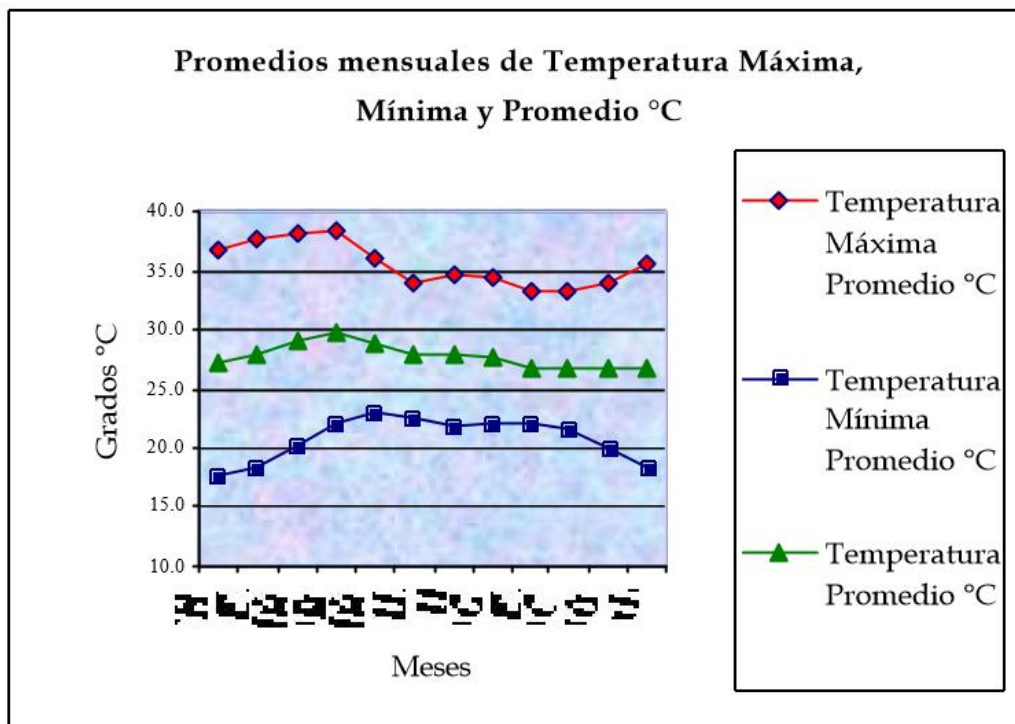
Los efectos que se generan a partir de las condiciones Medioambientales deben de tener especial consideración al momento de proponer un programa de mantenimiento, por lo cual se obtuvo la siguiente información sobre las condiciones medioambientales del municipio de Usulután.

Según el último censo de población y vivienda en 2007 desarrollado por la dirección general de estadísticas y censos, Usulután tiene una población de 73,064 habitantes y una extensión territorial de 139.75 kilómetros cuadrados y se encuentra a 90 metros de altura sobre el nivel del mar.



La estación meteorológica del (MARN) ubicada en la ciudad de Berlín se encuentra en la cordillera Tecapa-Chinameca en el departamento de Usulután, al pie del cerro Las Palmas y al este del volcán Tecapa; cuya región se denomina climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como Sabana Tropical Calurosa o Tierra Templada (800 – 1200 msnm) la elevación es determinante (1040) en el cerro del departamento de Usulután y esta es la única que aparece en los perfiles climatológicos de 2015 y por su ubicación resulta difícil comparar los datos de esta estación con los de la cabecera departamental, que según Koppen, Sapper y Laurer se zonifica climáticamente como Sabana Tropical Caliente o Tierra caliente (0 - 800 msnm). Por lo tanto al no contar con un dato oficial, se considera que el clima del área en estudio es similar al registrado por la estación el Papalón del departamento de San Miguel ubicada a solo 10 metro de diferencia en altura con respecto a la elevación de Usulután. A continuación se presentan datos para el año 2015 de esta estación.

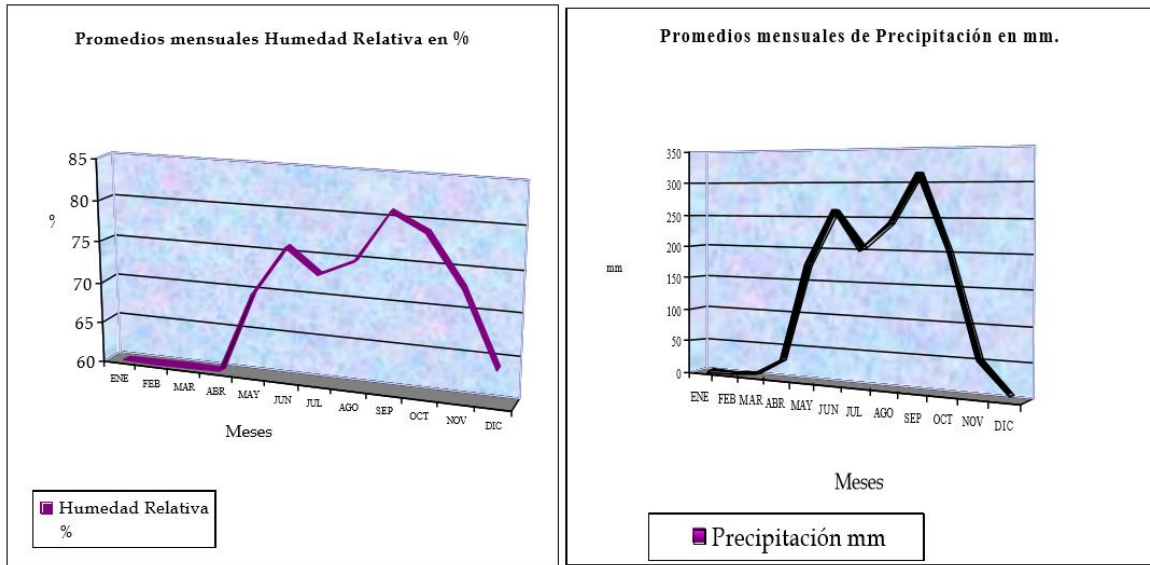
Figura 25. Grafica de promedios mensuales de temperatura



Fuente: Informe anual (MARN) 2015. (SNET/SMN/CIAGRO/AC)



Figura 26. Grafica de promedios mensuales de humedad relativa y precipitación



Fuente: Informe anual (MARN) 2015. (SNET/SMN/CIAGRO/AC)

Durante la época lluviosa (de mayo a octubre), la precipitación normal es de 1865 mm, y normalmente en los meses de julio y agosto se presenta una reducción notable de la lluvia con respecto a junio y septiembre, la cual es conocida como Canícula. El drenaje natural de las aguas lluvias en el área de influencia tiene como principal cuerpo receptor el río Juana el cual desemboca en el océano pacífico.

3.6. DETERIORO SUPERFICIAL

Deterioro de pavimentos a una serie de manifestaciones superficiales de la capa de rodado, haciendo que la circulación vehicular sea menos segura, confortable y que los costos de operación sean mayores.

Los usuarios en general es la más afectada con las deficiencias o deterioros de los pavimentos, por tener que enfrentarse a diario con los deterioros llámense baches, parche en mal estado, etc. Que generan congestión, inseguridad en el viaje, aumento en el tiempo de viaje; y todo esto se traduce a gastos directos e indirectos. Por estas razones debemos estudiar y solucionar las deficiencias superficiales que presentan los pavimentos para mejorar la calidad, reducir los tiempos de viaje y



mejorar el confort; y mejorar las condiciones que hacen más difícil y caro la vida en nuestra sociedad.

Los deterioros en los pavimentos deberían ser causados únicamente por el desgaste de los materiales y por el término de su tiempo de periodo de diseño que es cuando las solicitudes de tránsito rebasan a que aquellas para las que fue diseñada. Pero en nuestro país en vías de desarrollo se mezclan otras causas que afectan el desempeño del pavimento y generan fallas, Estas se enuncian a continuación:

- Diseño insuficiente de la superestructura.
- Inestabilidad de las obras de tierra,
- Deficiencias constructivas.
- Solicitaciones no previstas.
- Inadecuada mantención.

Para poder evaluar la condición de los pavimentos utilizaremos la metodología PCI que consiste en una guía de auscultación visual; que nos permitirá determinar las deficiencias funcionales presentes en la estructura de pavimento; así como también cuantificar cantidad, severidad y extensión de las deficiencias existentes en los pavimentos.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la siguiente tabla se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.



Tabla 7. Rangos de calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Manual de PCI

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. Para el levantamiento de información en lo concerniente a los daños y fallas nos auxiliaremos del catálogo centroamericano de daños a pavimentos viales; el cual se presenta en el anexo N° 1.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las tablas 8 y 10 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto.



Tabla 8. Ficha de evaluación de pavimentos (asfáltico)

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO			ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
<input type="text"/>		<input type="text"/>			
No.	Daño	No.	Daño		
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.		
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.		
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.		
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.		
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.		
6	Depresión.	16	Desplazamiento.		
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)		
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.		
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.		
10	Grietas long y transversal.				
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)
					Valor deducido

Fuente: PCI Vásquez Varela 2002

UNIDADES DE MUESTREO:

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- a. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m:

El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **230.0 ± 93.0 m²**.

En la tabla 9 presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.



Tabla 9. Definición unidades de muestreo

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: PCI Vásquez Varela 2002

Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **20 ± 8 losas**.

- b. Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

Tabla 10. Ficha de evaluación de pavimentos (concreto hidráulico)

INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO

ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		NÚMERO DE LOSAS	
INSPECCIONADA POR				FECHA	

No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parcheo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parcheo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					...
					o o o o o
					1 2 3 4

Fuente: PCI Vásquez Varela 2002



DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA EVALUACIÓN:

En la “**Evaluación De Una Red**” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo, para nuestros fines de estudio se realizará la evaluación en todas las unidades de muestreo.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN:

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a) Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Catálogo centroamericano de daños a pavimentos viales con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b) Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u **“hoja de información de exploración de la condición”** para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.



- c. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “*Valores Deducidos*” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

CÁLCULO PARA CARRETERAS CON CAPA DE RODADURA ASFÁLTICA:

Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

1. a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.

1. b. Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

1. c. Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “*Valor Deducido del Daño*” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

Etapas 2. Cálculo del *Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)*

2. a. Si ninguno ó tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la *Etapas 4*. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.



2. b. Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
2. c. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m),

Utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.0 + \frac{9}{98} (100 - HDV)$$

Dónde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

HDV_i : El *mayor valor deducido individual* para la unidad de muestreo i .

2. d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapas 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

3. a. Determine el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.
3. b. Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
3. c. Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
3. d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.
3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.



Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

CÁLCULO PARA PAVIMENTOS CON CAPA DE RODADURA EN CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos.

1. a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.

1. b. Divida el número de LOSAS contabilizado en 1.a. entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.

1. c. Determine los VALORES DEDUCIDOS para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de **“Valor Deducido de Daño”** apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

Etapa 2. Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos (m)

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se describió anteriormente.

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto.

Etapa 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO.

Sección de Pavimento: Es un área dentro del pavimento que presenta una construcción uniforme y continua, mantenimiento, historial de uso y condiciones uniformes. Una sección también debe tener el mismo volumen de tránsito e intensidad de carga.



Consideraciones para definir las secciones de pavimento propias de esta investigación.

- i. Capas de rodadura: dividiendo el área de estudio según los tipos de capa de rodadura que en nuestro caso pueden ser; mezcla Asfáltica, Concreto Hidráulico, Adoquín.
- ii. Base: por lo general son bases granular y base cementada; pero en el área de estudio un elevado porcentaje de la red vial presenta sobre carpeta así que también se puede dividir en bases de adoquín y base de piedra.
- iii. Uniformidad y continuidad de construcción: se hace referencia a pavimentos con el mismo espesor y que no son cortados con diferentes secciones.
- iv. Volumen de tránsito: son aquellas secciones que presenta cantidades de tráfico similares.
- v. Condiciones geométricas: nos referimos al ancho y pendiente; pero debido a lo variable que son anchos y el uso de la red vial como estacionamiento, definimos anchos estándar ; que serán afectados por el sentido y el uso de estacionamiento de la vía.

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

SECCIONES DE PAVIMENTO

Siguiendo con la metodología PCI se divide el área de estudio en secciones que fueron estudiadas de forma individual. A continuación presentamos una tabla 16, en la que se muestra la división del área de estudio.



Tabla 11. Secciones de pavimento

Sección	Nombre de Calle y Avenidas	Longitud	Tipo de Pavimento	Código
1	3ª Calle Poniente y 3ª Calle Oriente	350	Asfalto	S1
2	3ª Calle Poniente y 3ª Calle Oriente	255	Asfalto	S2
3	2ª Calle Poniente y 2ª Calle Oriente	540	Asfalto	S3
4	4ª Calle Poniente y 4ª Calle Oriente	530	Asfalto	S4
5	6ta calle poniente y 6ta calle oriente	80	Asfalto	S5
6	6ta calle poniente y 6ta calle oriente	455	Asfalto	S6
7	5ª Av. Sur y 5ª Av. Norte	65	Concreto Hidráulico	S7
8	5ª Av. Sur y 5ª Av. Norte	50	Asfalto	S8
9	5ª Av. Sur y 5ª Av. Norte	63	Asfalto	S9
10	5ª Av. Sur y 5ª Av. Norte	78	Concreto Hidráulico	S10
11	3ª Av. Sur y 3ª Av. Norte	67	Asfalto	S11
12	3ª Av. Sur y 3ª Av. Norte	55	Asfalto	S12
13	3ª Av. Sur y 3ª Av. Norte	59	Asfalto	S13
14	3ª Av. Sur y 3ª Av. Norte	76	Asfalto	S14
15	3ª Av. Sur y 3ª Av. Norte	70	Asfalto	S15
16	1ª Av. Sur y 1a Av. Norte	67	Asfalto	S16
17	1ª Av. Sur y 1a Av. Norte	62	Asfalto	S17
18	1ª Av. Sur y 1a Av. Norte	60	Asfalto	S18
19	1ª Av. Sur y 1a Av. Norte	76	Asfalto	S19
20	Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	58	Asfalto	S20



21	Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	70	Asfalto	S21
22	Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	61	Asfalto	S22
23	Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	71	Asfalto	S23
24	Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	67	Asfalto	S24
25	2ª Av. Sur y 2ª Av. Norte	50	Asfalto	S25
26	2ª Av. Sur y 2ª Av. Norte	82	Asfalto	S26
27	2ª Av. Sur y 2ª Av. Norte	82	Asfalto	S27
28	2ª Av. Sur y 2ª Av. Norte	66	Asfalto	S28
29	2ª Av. Sur y 2ª Av. Norte	63	Asfalto	S29
30	4ª Av. Sur y 4ª Av. Norte	39	Asfalto	S30
31	4ª Av. Sur y 4ª Av. Norte	83	Asfalto	S31
32	4ª Av. Sur y 4ª Av. Norte	106	Asfalto	S32
33	4ª Av. Sur y 4ª Av. Norte	65	Asfalto	S33
34	4ª Av. Sur y 4ª Av. Norte	57	Asfalto	S34
35	6ª Av. Sur y 6ª Av. Norte	26	Asfalto	S35
36	6ª Av. Sur y 6ª Av. Norte	79	Asfalto	S36
37	6ª Av. Sur y 6ª Av. Norte	123	Asfalto	S37
38	6ª Av. Sur y 6ª Av. Norte	63	Asfalto	S38

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

En lo correspondiente las Calle Dr. Federico Penado, Calle Grimaldi, 1a Calle Poniente y 1a Calle Oriente; son vías responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas. Estas vías presentan buenas condiciones aunque sean ejes donde circulan grandes cantidades de vehículos. Las calles antes mencionadas forman parte de un corredor internacional; denominado Carretera Litoral con Código CA-2; por lo cual fueron diseñadas para resistir grandes cargas. Pero al ser entregada la obra del Bypass de Usulután en el año 2012; todas las cargas que recibían estas



vías fueron súbitamente removidas dejando las calles sobre dimensionadas. Por esta razón las calles presentan buenas condiciones y por ello no se les realizara el estudio de Índice de Condición de Pavimento; pero quedaran representadas como las secciones 39 y 40.

En el área de estudio se presentan cuatro tramos que su pavimento es Adoquín; debido a que en el estudio de Índice de Condición de Pavimento, su metodología no abarca pavimento de adoquín; no se estudiara la condición de pavimento de estos tramos pero quedaran representados con el Código de AD.

En el Siguiete Plano se detallan la información sobre las Secciones, sus calles y avenidas



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL	PROYECTO DE GRADUACION: "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA EVALUCION VISUAL A NIVEL DE RED EN EL CENTRO DE USULUTAN"		FECHA: NOVIEMBRE 2017	
	DOCENTE DIRECTOR: ING.ROGIBERTO LOPEZ	CONTENIDO:DIVISION DE SECCIONES PARA INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO	INTEGRANTES: GARCIA AREVALO, MARVIN ILARIO HERNANDEZ NAVARRO, NESTOR ULISES MARTINEZ TORRES, SALVADOR REYNALDO VASQUEZ SANCHEZ, HERSON ASDRUBAL	ESCALA: 2500 HOJA: 1/1



3.6.1. CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES LA RED VIAL EN ESTUDIO.

La siguiente tabla resume las principales características para cada sección subdividiendo en unidades de muestra. Cada unidad de muestra tiene un largo variable y un ancho variable que coincide con el del carril. El deterioro principal es aquel que tiene un valor deducido mayor al resto de los presentes en la unidad de muestra, por lo tanto, es el que más afecta al pavimento, reduciendo el PCI de la unidad de muestra.

Tabla 12. PCI de secciones.

SECCION	PCI	CLASIFICACION	SECCION	PCI	CLASIFICACION
1	95	EXCELENTE	20	84	MUY BUENO
2	57	BUENO	21	46	REGULAR
3	72	MUY BUENO	22	100	EXCELENTE
4	39	MALO	23	17	MUY MALO
5	5	FALLADO	24	19	MUY MALO
6	80	MUY BUENO	25	68	BUENO
7	57	BUENO	26	0	FALLADO
8	57	BUENO	27	65	BUENO
9	46	REGULAR	28	76	MUY BUENO
10	63	BUENO	29	67	BUENO
11	45	REGULAR	30	97	EXCELENTE
12	90	EXCELENTE	31	65	BUENO
13	22	MUY MALO	32	30	MALO
14	45	REGULAR	33	46	REGULAR
15	96	EXCELENTE	34	57	BUENO
16	84	MUY BUENO	35	80	MUY BUENO
17	100	EXCELENTE	36	30	MALO
18	37	MALO	37	41	REGULAR
19	97	EXCELENTE	38	36	MALO

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



Tabla 13. Inicio de índice de condición de pavimento en calles y avenidas

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO EN CALLES												
Calle	ESTACIÓN	LONGITUD(m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
3a Calle Poniente y 3a Calle Oriente	0+000 - 0+43.75	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica	1	1	11	M	0.5	99.5	95.3125
							9	3	M	19.5	79.5	
	0+43.75- 0+87.5	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica		2	-	-	0	100	
							10	-	-	0	100	
	0+87.5- 0+131.25	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica		3	-	-	0	100	
							11	-	-	0	100	
	0+131.25 - 0+175	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica		4	-	-	0	100	
							12	-	-	0	100	
	0+175- 0+218.75	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica		5	11	B	1	99	
							13	13	B	20	77	
	0+218.75 - 0+262.5	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica		6	-	-	0	100	
							14	-	-	0	100	
	0+262.5 - 0+306.25	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica		7	13	H	29	71	
							15	13	M	1	99	
	0+306.25 - 0+350	43.75	262.5	7.0	Mezcla asfáltica		8	-	-	0	100	
							16	-	-	0	100	
0+350 - 0+384.5	34.5	247.8	7.2	Mezcla asfáltica	2	1	3	M	37	63	56.97142857	
0+384.5 - 0+419	34.5	247.8	7.2	Mezcla asfáltica		2	10	M	15	85		
0+419 - 0+453.5	34.5	247.8	7.2	Mezcla asfáltica		3	10	B	0.2	99.8		
0+453.5 - 0+488	34.5	247.8	7.2	Mezcla asfáltica		4	11	M	15	83		
0+488 - 0+522.5	34.5	240.72	6.8	Mezcla asfáltica		5	1	H	82	18		
0+522.5 - 0+557	34.5	240.72	6.8	Mezcla asfáltica		6	1	H	90	10		
0+557 - 604.0	47	282.88	6.8	Mezcla asfáltica		7	1	M	60	40		
TOTAL		604	3855.52									



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD (m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
2a Calle Poniente y 2a Calle Oriente	0+000 - 0+031.6	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica	3	1	11	M	45	49	71.88235294
	0+031.6 - 0+063.2	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		2	11	M	49	47	
	0+063.2 - 0+094.8	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		3	11	M	20	80	
	0+094.8 - 0+126.4	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		4	19	H	49	48	
	0+126.4 - 0+158	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		5	19	H	49	35	
	0+158 - 0+189.6	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		6	19	M	18	72	
	0+189.6 - 0+221.2	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		7	19	M	31	69	
	0+221.2 - 0+252.8	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		8	19	M	31	55	
	0+252.8 - 0+284.4	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		9	11	M	60	38	
	0+284.4 - 0+316	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		10	3	M	5	88	
	0+316 - 0+347.6	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		11	-	-	0	100	
	0+347.6 - 0+379.2	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		12	-	-	0	100	
	0+379.2 - 0+410.8	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		13	13	B	31	57	
	0+410.8 - 0+442.4	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		14	-	-	0	100	
	0+442.4 - 0+474	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		15	-	-	0	100	
	0+474 - 0+505.6	31.6	221.2	7.0	Mezcla asfáltica		16	11	M	11	84	
	0+505.6 - 0+540	34.4	240.8	7.0	Mezcla asfáltica		17	-	-	0	100	
TOTAL		540	3780									
4ta Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+000 - 0+32.75	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		1	11	M	38	56	
	0+32.75 - 0+65.5	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		2	11	H	49	51	
	0+65.5 - 0+98.25	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		3	11	M	30	70	
	0+98.25 - 0+131	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		4	1	H	71	21	
	0+131 - 0+163.75	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		5	1	M	56	42	
	0+163.75 - 0+196.5	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		6	1	M	70	23	
	0+196.5 - 0+229.25	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		7	3	H	40	60	
	0+229.25 - 0+262	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		8	19	H	69	15	
	0+262 - 0+294.75	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		9	19	H	69	15	
	0+294.75 - 0+327.5	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		410	19	H	65	15	
	0+327.5 - 0+360.25	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		11	19	H	60	25	



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD(m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
4ta Calle Poniente y 4a Calle Oriente	0+360.25 - 0+393	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica	4	12	13	M	35	63	39.5
	0+393 - 0+425.75	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		13	19	H	49	40	
	0+425.75 - 0+458.5	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		14	19	H	50	47	
	0+458.5 - 0+491.25	32.75	229.25	7.0	Mezcla asfáltica		15	11	M	40	40	
	0+491.25 - 0+530	38.75	271.25	7.0	Mezcla asfáltica		16	13	M	51	49	
TOTAL		530	3710									
6ta calle poniente y 6ta calle oriente	0+000 - 0+010	10	70	7.0	Adoquín	CONDICIONES DE 6TA AVENIDA NORTE						
	0+010 - 0+43	35	245	7.0	Mezcla asfáltica	5	1	19	H	71	5	5.5
	0+43 - 0+80	35	245	7.0	Mezcla asfáltica		2	19	H	78	6	
	0+80 - 0+112.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		1	1	M	29	71	
	0+112.5 - 0+145	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica	6	2	-	-	0	100	80.5
	0+145 - 0+177.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		3	-	-	0	100	
	0+177.5 - 0+210	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		4	11	M	5	76	
	0+210 - 0+242.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		5	3	M	3	97	
	0+242.5 - 0+275	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		6	11	M	9	91	
	0+275 - 0+307.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		7	7	H	38	62	
	0+307.5 - 0+340	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		8	3	M	8	92	
	0+340 - 0+372.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		9	1	M	40	60	
	0+372.5 - 0+405	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		10	3	M	10	90	
	0+405 - 0+437.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		11	3	M	22	69	
	0+437.5 - 0+470	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		12	13	B	21	79	
	0+470 - 0+502.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		13	11	M	30	70	
	0+502.5 - 0+535	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		14	11	B	10	70	
	TOTAL		535	3745								



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO EN AVENIDAS												
Calle	ESTACIÓN	LONGITUD(m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
5a Av. Sur y 5a Av. Norte	0+000 - 0+010	10	70	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 3A CALLE PONIENTE						
	0+010 - 0+075	65	520	8.0	Concreto Hidráulico	7	1	34	H	50	50	57.5
					Concreto Hidráulico		2	26	B	35	65	
	0+075 - 0+85	10	70	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 1A CALLE PONIENTE						
	0+085 - 0+110	25	182.5	7.3	Mezcla asfáltica	8	1	11	M	55	45	57.0
	0+110 - 0+135	25	182.5	7.3	Mezcla asfáltica		2	11	M	31	69	
	0+135 - 0+142	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE CALLE DOCTOR FEDERICO PENADO						
	0+142 - 0+173.5	31.5	204.75	6.5	Mezcla asfáltica	9	1	3	M	22	46	46.0
	0+173.5 - 0+205	31.5	204.75	6.5	Mezcla asfáltica		2	3	M	20	46	
	0+205 - 0+212	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 2A CALLE PONIENTE						
	0+212 - 0+251	39	265.2	6.8	Concreto Hidráulico	10	1	26	M	40	60	63.0
	0+251 - 0+290	39	265.2	6.8	Concreto Hidráulico		2	26	M	18	66	
	0+290 - 0+297	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 4A CALLE PONIENTE						
0+297 - 0+380	83	581	7.0	Adoquín	VIA DE ADOQUIN							
TOTAL		380	2692.9									
3a Av. Sur y 3Av. Norte	0+000 - 0+010	10	70	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 3A CALLE PONIENTE						
	0+010 - 0+043.5	33.5	201	6.0	Mezcla asfáltica	11	1	11	M	40	55	45.0
	0+043.5 - 0+077	33.5	201	6.0	Mezcla asfáltica		2	11	H	65	35	
	0+077 - 0+085	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 1A CALLE PONIENTE						
	0+085 - 0+112.5	27.5	192.5	7.0	Mezcla asfáltica	12	1	-	-	0	100	90.5
	0+112.5 - 0+140	27.5	192.5	7.0	Mezcla asfáltica		2	11	B	16	81	
	0+140 - 0+148	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE CALLE DOCTOR FEDERICO PENADO						
	0+148 - 0+177.5	29.5	191.75	6.5	Mezcla asfáltica	13	1	1	H	80	18	22.0
	0+177.5 - 0+207	29.5	191.75	6.5	Mezcla asfáltica		2	1	H	77	26	
0+207 - 0+214	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 2A CALLE PONIENTE							



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD(m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
3a Av. Sur y 3Av. Norte	0+214 - 0+252	38	266	7.0	Mezcla asfáltica	14	1	1	M	30	40	45.5
	0+252 - 0+290	38	266	7.0	Mezcla asfáltica		2	1	M	49	51	
	0+290 - 0+300	10	70	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 4A CALLE PONIENTE						
	0+300 - 0+335	35	245	7.0	Mezcla asfáltica	15	1	13	B	8	92	96.0
	0+335 - 0+370	35	245	7.0	Mezcla asfáltica		2	-	-	0	100	
	0+370 - 0+380	10	70	7.0	Mezcla asfáltica		CONDICIONES DE 6A CALLE PONIENTE					
TOTAL		380	2493.5									
1a Av. Sur y 1a Av. Norte	0+000 - 0+012	12	84	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 3A CALLE PONIENTE						
	0+012 - 0+45.5	33.5	234.5	7.0	Mezcla asfáltica	16	1	11	B	9	89	84.5
	0+45.5 - 0+79	33.5	234.5	7.0	Mezcla asfáltica		2	11	B	20	80	
	0+79 - 0+85	6	42	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 1A CALLE PONIENTE						
	0+85 - 0+116	31	201.5	6.5	Mezcla asfáltica	17	1	-	-	0	100	100.0
	0+116 - 0+147	31	201.5	6.5	Mezcla asfáltica		2	-	-	0	100	
	0+147 - 0+155	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE CALLE DOCTOR FEDERICO PENADO						
	0+155 - 0+185	30	150	5.0	Mezcla asfáltica	18	1	11	H	70	30	37.5
	0+185 - 0+215	30	150	5.0	Mezcla asfáltica		2	11	M	29	45	
	0+215 - 0+222	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 2A CALLE PONIENTE						
	0+222 - 0+260	38	247	6.5	Mezcla asfáltica	19	1	1	B	6	94	97.0
	0+260 - 0+298	38	247	6.5	Mezcla asfáltica		2	-	-	0	100	
	0+298 - 0+305	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 4A CALLE PONIENTE						
	0+305- 0+375	70	490	7.0	Adoquín	VIA DE ADOQUIN						
0+375- 0+385	10	70	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 6A CALLE PONIENTE							
TOTAL		385	2506									



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD(m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
Av. Gregorio Melara y Av. Guandique	0+000 - 0+015	15	105	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 3A CALLE PONIENTE						
	0+015 - 0+44	29	203	7.0	Mezcla asfáltica	20	1	-	-	0	100	84.0
	0+44 - 0+73	29	203	7.0	Mezcla asfáltica		2	7	M	28	68	
	0+73 - 0+82	9	63	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 1A CALLE PONIENTE						
	0+82 - 0+117	35	245	7.0	Mezcla asfáltica	21	1	3	M	20	62	46.5
	0+117 - 0+152	35	245	7.0	Mezcla asfáltica		2	12	H	69	31	
	0+152 - 0+165	13	91	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE CALLE DOCTOR FEDERICO PENADO						
	0+165 - 0+196	31	217	7.0	Mezcla asfáltica	22	1	-	-	0	100	100.0
	0+196 - 0+227	31	217	7.0	Mezcla asfáltica		2	-	-	0	100	
	0+227 - 0+236	9	63	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 2A CALLE PONIENTE						
	0+236 - 0+271.5	35.5	230.75	6.5	Mezcla asfáltica	23	1	3	B	15	20	17.0
	0+271.5 - 0+307	35.5	230.75	6.5	Mezcla asfáltica		2	12	M	18	14	
	0+307 - 0+315	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 4A CALLE PONIENTE						
	0+315 - 0+348.5	33.5	201	6.0	Mezcla asfáltica	24	1	12	H	35	39	19.5
	0+348.5 - 0+382	33.5	201	6.0	Mezcla asfáltica		2	1	H	80	0	
0+382 - 0+388	6	42	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 6A CALLE ORIENTE							
TOTAL		388	2613.5									
2a Av. Sur y 2a Av. Norte	0+000 - 0+012	12	84	7.0	Mezcla asfáltica							
	0+015 - 0+44	25	175	7.0	Mezcla asfáltica	25	1	1	B	23	77	
	0+44 - 0+73	25	175	7.0	Mezcla asfáltica		2	1	H	38	60	
	0+73 - 0+82	6	42	7.0	Mezcla asfáltica							
	0+82 - 0+117	41	225.5	5.5	Mezcla asfáltica	26	1	11	H	100	0	0.0
	0+117 - 0+152	41	225.5	5.5	Mezcla asfáltica		2	19	H	70	0	
	0+152 - 0+165	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE CALLE GRIMALDI						
	0+165 - 0+196	41	287	7.0	Mezcla asfáltica	27	1	12	H	27	73	65.0
	0+196 - 0+227	41	287	7.0	Mezcla asfáltica		2	1	H	32	57	
	0+227 - 0+236	9	63	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 2A CALLE ORIENTE						
0+236 - 0+271.5	33	231	7.0	Mezcla asfáltica	28	1	12	M	19	77	76.5	
0+271.5 - 0+307	33	231	7.0	Mezcla asfáltica		2	12	M	14	76		



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

Calle	ESTACIÓN	LONGITUD(m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
2a Av. Sur y 2a Av. Norte	0+307 - 0+315	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 4A CALLE ORIENTE						
	0+315 - 0+348.5	31.5	189	6.0	Mezcla asfáltica	29	1	12	M	30	70	67.0
	0+348.5 - 0+382	31.5	189	6.0	Mezcla asfáltica		2	11	M	36	64	
	0+382 - 0+388	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 6A CALLE ORIENTE						
TOTAL		393	2565									
4a Av. Sur y 4a Av. Norte	0+000 - 0+008	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 3A CALLE ORIENTE						
	0+008 - 0+27.5	19.5	136.5	7.0	Mezcla asfáltica	30	1	11	B	5	95	97.5
	0+27.5 - 0+47	19.5	136.5	7.0	Mezcla asfáltica		2	-	-	0	100	
	0+47 - 0+55	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 1A CALLE ORIENTE						
	0+55 - 0+96.5	41.5	290.5	7.0	Mezcla asfáltica	31	1	13	H	35	59	65.0
	0+96.5 - 0+138	41.5	290.5	7.0	Mezcla asfáltica		2	11	H	27	71	
	0+138 - 0+146	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE CALLE GRIMALDI						
	0+146 - 0+199	53	318	6.0	Mezcla asfáltica	32	1	13	H	34	51	30.0
	0+199 - 0+252	53	318	6.0	Mezcla asfáltica		2	19	H	62	9	
	0+252 - 0+260	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 2A CALLE ORIENTE						
	0+260 - 0+292.5	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica	33	1	4	H	72	26	46.0
	0+292.5 - 0+325	32.5	227.5	7.0	Mezcla asfáltica		2	13	B	34	66	
	0+325 - 0+332	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 4A CALLE ORIENTE						
	0+332 - 0+360.5	28.5	171	6.0	Mezcla asfáltica	34	1	11	H	82	14	57.0
	0+360.5 - 0+389	28.5	171	6.0	Mezcla asfáltica		2	-	-	0	100	
0+389 - 0+396	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 6A CALLE ORIENTE							
TOTAL		396	2609									



Calle	ESTACIÓN	LONGITUD(m)	AREA (m2)	ANCHO (m)	TIPO DE PAVIMENTO	SECCION	UNIDAD	DAÑO PRINCIPAL	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	PCI POR UNIDAD	PCI
6a Av. Sur y 6a Av. Norte	0+000 - 0+021	21	147	7.0	Adoquín	VIA DE ADOQUIN						
	0+021 - 0+47	26	182	7.0	Mezcla asfáltica	35	1	7	M	20	80	80.0
	0+47 - 0+57	10	70	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 1A CALLE ORIENTE						
	0+57 - 0+83.33	26.33	171.145	6.5	Mezcla asfáltica	36	1	1	M	50	46	29.7
	0+83.33 - 0+109.66	26.33	171.145	6.5	Mezcla asfáltica		2	1	M	45	43	
	0+109.4 - 0+136	26.34	171.21	6.5	Mezcla asfáltica		3	1	M	55	0	
	0+136 - 0+145	9	63	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE CALLE GRIMALDI						
	0+145 - 0+186	41	246	6.0	Mezcla asfáltica	37	1	13	M	90	10	41.3
	0+186 - 0+227	41	246	6.0	Mezcla asfáltica		2	19	M	40	53	
	0+227 - 0+268	41	246	6.0	Mezcla asfáltica		3	19	M	35	61	
	0+268 - 0+275	7	49	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 2A CALLE ORIENTE						
	0+275 - 0+306.5	31.5	220.5	7.0	Mezcla asfáltica	38	1	19	H	64	33	36.0
	0+306.5 - 0+338	31.5	220.5	7.0	Mezcla asfáltica		2	19	M	26	39	
	0+338 - 0+346	8	56	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 4A CALLE ORIENTE						
	0+346 - 0+400	54	324	6.0	Mezcla asfáltica	VIA DE ADOQUIN						
0+400 - 0+409	9	63	7.0	Mezcla asfáltica	CONDICIONES DE 6A CALLE ORIENTE							
TOTAL		409	2646.5									
Calle Dr. Federico Penado y Calle Grimaldi	0+000 - 0+098	98	9.6	39	Mezcla asfáltica							
	0+098 + 0+146	48	7.6		Mezcla asfáltica							
	0+146 - 0+253	107	11.5		Mezcla asfáltica							
	0+253 - 0+350	97	9.8		Mezcla asfáltica							
	0+350 - 0+468	118	6.8		Mezcla asfáltica							
	0+468 - 0+576	108	7.2		Mezcla asfáltica							
TOTAL		576										
1a Calle Poniente y 1a Calle Oriente	0+000 - 0+159	73	8.6	40	Mezcla asfáltica							
	0+159-0+354	82	8.9		Mezcla asfáltica							
	0+354 - 0+600	95	11.5		Mezcla asfáltica							
	TOTAL		600									

Tabla 14...Fin de índice de condición de pavimento en calles y avenidas.

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



Tabla 15. Inicio de secciones y valores PCI

SECCIONES	UNIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DED. ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
Sección 1	unidad 1	0.5	0.5	99.5	95.3125
	unidad 2	0	0	100	
	unidad 3	0	0	100	
	unidad 4	0	0	100	
	unidad 5	1	1	99	
	unidad 6	0	0	100	
	unidad 7	29	29	71	
	unidad 8	0	0	100	
	unidad 9	19.5	19.5	79.5	
		1	1		
	unidad 10	0	0	100	
	unidad 11	0	0	100	
	unidad 12	0	0	100	
	unidad 13	12	20	77	
		20	12		
	unidad 14	0	0	100	
unidad 15	1	1	99		
unidad 16	0	0	100		
Sección 2	unidad 1	37	37	63	56.97142857
	unidad 2	15	15	85	
	unidad 3	0.2	0.2	99.8	
	unidad 4	15	15	83	
		1	6		
		6	1		
	unidad 5	82	82	18	
unidad 6	90	90	10		
unidad 7	60	60	40		
Sección 3	unidad 1	45	45	49	
		6	11		
		9	9		
		11	6		
	unidad 2	49	49	47	
		18	18		
		14	14		
	unidad 3	20	20	80	71.88235294
	unidad 4	22	49	48	
		49	22		
	unidad 5	42	49	35	
		49	42		
	unidad 6	18	20	72	
20		18			
unidad 7	31	31	69		



SECCIONES	UNIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DED. ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
Sección 3	unidad 8	30	31	55	71.88235294
		31	30		
	unidad 9	18	60	38	
		60	18		
	unidad 10	8	8	88	
		5	7		
		7	5		
	unidad 11	0	0	100	
	unidad 12	0	0	100	
	unidad 13	21	31	57	
		31	21		
		15	15		
	unidad 14	0	0	100	
unidad 15	0	0	100		
unidad 16	11	11	84		
	11	11			
unidad 17	0	0	100		
Sección 4	unidad 1	8	38	56	39.5
		20	20		
		38	8		
	unidad 2	49	49	51	
	unidad 3	30	30	70	
	unidad 4	71	71	21	
		39	39		
		20	20		
	unidad 5	5	56	42	
		56	5		
	unidad 6	39	70	23	
		8	39		
		70	8		
	unidad 7	40	40	60	
	unidad 8	69	69	15	
		58	58		
	unidad 9	69	69	15	
		58	58		
	unidad 10	65	65	15	
		50	50		
9		25			
25		9			
unidad 11	14	60	25		
	38	38			
	60	18			
	5	14			
	18	5			
unidad 12	35	35	63		
	5	5			



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

SECCIONES	UNIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
Sección 4	unidad 13	34	49	40	39.5
		49	34		
		2	2		
	unidad 14	21	50	47	
		50	21		
	unidad 15	40	40	40	
		8	40		
		40	8		
unidad 16	51	51	49		
Sección 5	unidad 1	71	80	5	5.5
		80	71		
	unidad 2	71	78	6	
		78	71		
Sección 6	unidad 1	29	29	71	80.5
	unidad 2	0	0	100	
	unidad 3	0	0	100	
	unidad 4	22	22	76	
		5	5		
	unidad 5	2	3	97	
		3	2		
	unidad 6	2	9	91	
		9	2		
	unidad 7	38	38	62	
		1	1		
	unidad 8	8	8	92	
	unidad 9	40	40	60	
	unidad 10	10	10	90	
	unidad 11	22	22	69	
		20	20		
	unidad 12	21	21	79	
	unidad 13	30	30	70	
unidad 14	28	28	70		
	10	10			



SECCIONES	UNIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DED. ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
sección 7	unidad 1	50	50	50	57.5
	unidad 2	35	35	65	
sección 8	unidad 1	55	55	45	57
	unidad 2	31	31	69	
sección 9	unidad 1	20	50	46	46
		50	20		
		5	5		
		1	1		
	unidad 2	22	35	46	
		28	28		
35		22			
sección 10	unidad 1	40	40	60	63
	unidad 2	18	25	66	
		25	18		
sección 11	unidad 1	40	40	55	45
		20.5	20.5		
	unidad 2	65	65	35	
sección 12	unidad 1	0	0	100	90.5
	unidad 2	10	16	81	
		16	10		
sección 13	unidad 1	80	80	18	22
		23	23		
	unidad 2	77	77	26	
		8	20		
sección 14	unidad 1	20	8	40	45.5
		4	34		
		34	30		
		30	28		
	unidad 2	28	4	51	
		5	49		
49	15				
15	5				
sección 15	unidad 1	8	8	92	96
	unidad 2	0	0	100	
sección 16	unidad 1	9	9	89	84.5
		2	2		
	unidad 2	20	20	80	
sección 17	unidad 1	0	0	100	100
	unidad 2	0	0	100	
sección 18	unidad 1	70	70	30	37.5
	unidad 2	29	45	45	
		1	29		
		45	10		
10	1				



SECCIONES	UNIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DED. ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
sección 19	unidad 1	6	6	94	97
	unidad 2	0	0	100	
sección 20	unidad 1	0	0	100	84
	unidad 2	15	28	68	
		28	15		
sección 21	unidad 1	15	24	62	46.5
		24	20		
		20	15		
	unidad 2	22	69	31	
		69	22		
		2	2		
sección 22	unidad 1	0	0	100	100
	unidad 2	0	0	100	
sección 23	unidad 1	15	58	20	17
		58	48		
		48	23		
		23	15		
	unidad 2	10	86	14	
		31	31		
		86	18		
sección 24	unidad 1	35	50	39	19.5
		50	35		
	unidad 2	80	80	0	
		75	75		
		41	54		
		54	41		
20	20				
sección 25	unidad 1	23	23	77	68.5
	unidad 2	4	38	60	
		38	4		
sección 26	unidad 1	100	100	0	0
		79	79		
	unidad 2	70	70	0	
		52	58		
		58	52		
sección 27	unidad 1	27	27	73	65
	unidad 2	30	32	57	
		5	30		
		32	5		
sección 28	unidad 1	19	19	77	76.5
		11	11		
		5	5		
	unidad 2	14	16	76	
		16	14		
		10	10		



SECCIONES	UNIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
sección 29	unidad 1	10	30	70	67
		30	10		
		8	8		
	unidad 2	36	36	64	
sección 30	unidad 1	5	5	95	97.5
	unidad 2	0	0	100	
sección 31	unidad 1	35	35	59	65
		20	20		
	unidad 2	4	27	71	
		27	4		
sección 32	unidad 1	34	34	51	30
		33	33		
	unidad 2	37	62	9	
		62	57		
		57	37		
sección 33	unidad 1	72	72	26	46
		10	10		
	unidad 2	34	34	66	
sección 34	unidad 1	7	82	14	57
		13	13		
		82	7		
	unidad 2	0	0	100	
sección 35	unidad 1	20	20	80	80
sección 36	unidad 1	13	50	46	29.66666667
		20	20		
		50	13		
	unidad 2	45	45	43	
		34	34		
	unidad 3	98	98	0	
55		55			
sección 37	unidad 1	48	90	10	41.33333333
		90	48		
		0	0		
	unidad 2	19	40	53	
		40	19		
		9	9		
		5	5		
	unidad 3	8	35	61	
		35	15		
		15	8		
sección 38	unidad 1	30	64	33	36
		64	30		
	unidad 2	51	51	39	
		18	26		
		26	18		

Tabla 16. Fin de secciones y valores PCI.

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



3.7. PRESENTACIÓN DE DATOS PARA LA GESTIÓN DE PAVIMENTOS.

3.7.1. PRESENTACIÓN DE DATOS.

Se recolecta una gran cantidad de datos correspondientes al inventario, condición de pavimento y condiciones de tránsito. Estos datos son organizados, tabulados y graficados para presentarlos de una forma ordenada; pero algunos datos no se pueden mostrar de forma clara en una tabla o en una gráfica. Con los avances en software se crearon nuevas herramientas de presentación de datos, como lo son los sistemas de información geográficos, que sirven presentar datos y dar sentido. El programa que se utilizó fue el QuantumGIS un programa de información Geográfica, de código libre y de licencia gratuita.

BASE DE DATOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Por medio del programa QuantumGIS se realizó una base de datos donde se incluye la información recopilada en el inventario y el estudio de auscultación para contar con un mapa de la red vial que permita al gestor vial tener la ubicación y la información de las carreteras seleccionadas.

La información levantada con estación Total del inventario se pasó a archivos shape (.shp), transformados al sistema de coordenadas geográficas de El Salvador que se encuentran bajo el sistema de referencia de coordenadas, guardado bajo el nombre de Ocoatepeque 1935/ El Salvador Lambert Identificado como EPSG: 5460. Posteriormente, se crearon capas de polígonos que representando las calles y avenidas; a cada polígono contiene campos, en los cuales se le ingresan información.

Cada una de las capas creadas tiene su tabla de atributos en la cual se encuentra la información. Entre las características se incluyen el nombre de la calle, tipo de pavimento, condición de pavimento PCI, etc.

Todo lo anterior se ejecuta con el fin de formar una herramienta integral de lo inventariado, con datos superpuestos sobre capas donde se tengan ubicadas y



caracterizadas las carreteras con la información del levantamiento y la evaluación de las mismas

La implementación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ayuda a visualizar mejor toda la información de las rutas que comprenden la red vial. El SIG permite localizar elementos fácilmente y manejar los datos de la red.

En este proyecto se utiliza el programa QuantumGIS para crear una base de datos con la información obtenida del inventario de elementos existentes en las rutas.

QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS)

es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. Era uno de los primeros ocho proyectos de la Fundación OSGeo y en 2008 oficialmente graduó de la fase de incubación. Permite manejar formatos raster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como bases de datos, Algunas de sus características son:

- Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS.
- Manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, Mapinfo, GRASS GIS, etc.
- Soporte para un importante número de tipos de archivos raster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.)

Una de sus mayores ventajas es la posibilidad de usar Quantum GIS como GUI del SIG GRASS, utilizando toda la potencia de análisis de este último en un entorno de trabajo más amigable. QGIS está desarrollado en C++, usando la biblioteca Qt para su Interfaz gráfica de usuario(Wikipedia).

El Qgis es un programa para el desarrollo de Sistemas de Información Geográficas, haciendo uso de capas Vectoriales y Raster; a su vez las capas se le agregan tablas de atributos de cada capa.

En la Presente investigación, se ha creado un Sistema de Información Geográfica, para el Sistema de Gestión de Pavimento el cual contiene el inventario (tipo de



pavimento, nombre de calles, ancho de vía, señalización, postes, drenajes etc.); así también como la condición de pavimento asociada a sus secciones específicas según la metodología del PCI y la cargas vehiculares.

Para la creación del Sistema de Información Geográfica, se siguen pasos lógicos, apoyados de la información levantada y proporcionada por municipalidad.

Información necesaria antes de comenzar el uso de Qgis

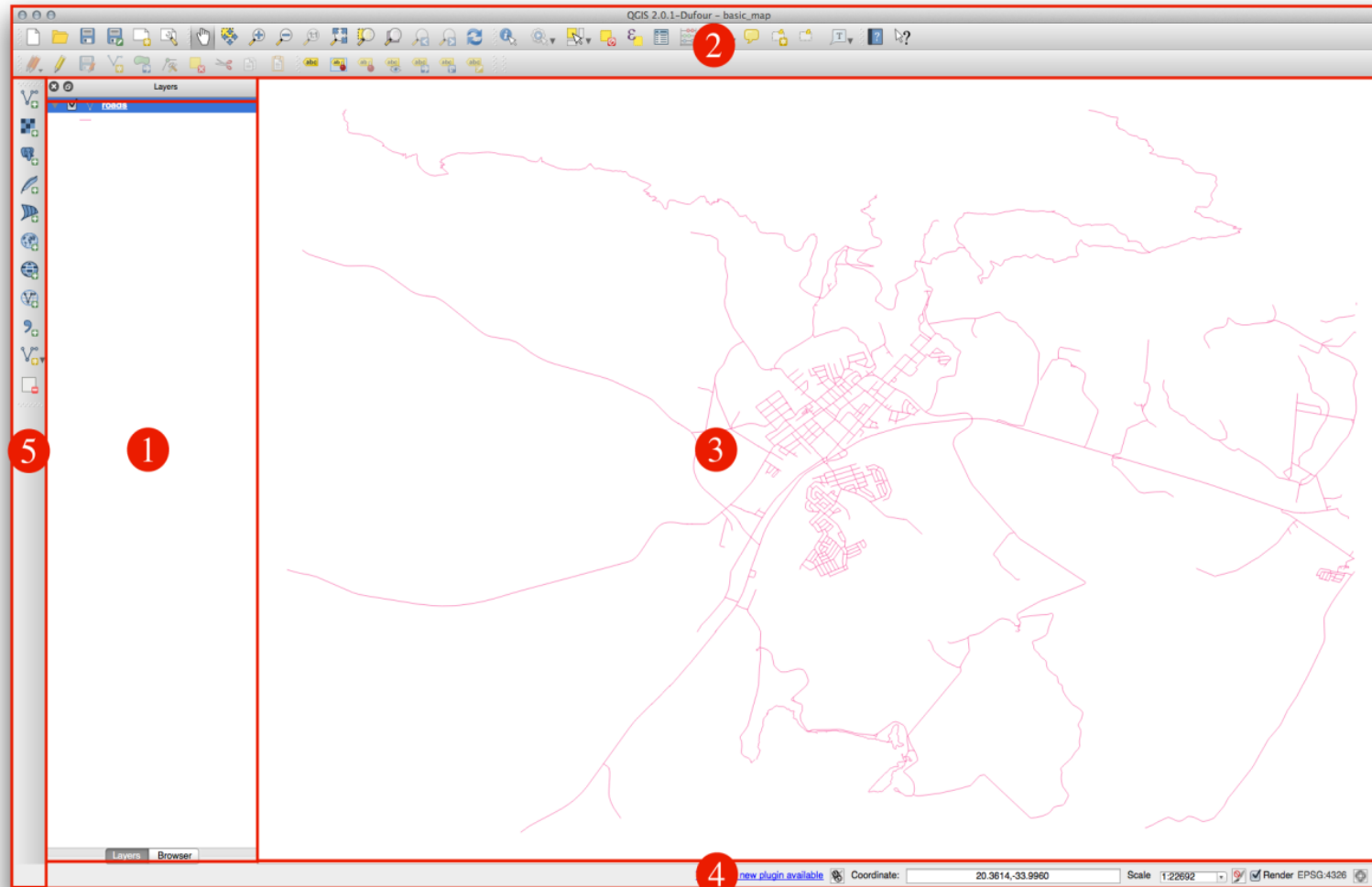
- 1) Archivo .dxf con puntos y vista en planta del área en estudio; también puede ser ortofotografía del área en estudio.
- 2) Base de datos con información concernientes al inventario, condición de pavimento y cargas vehiculares; ordenadas en tablas en un archivo .csv.
- 3) Puntos de señales, postes y tragantes en archivo .csv.

Interfaz de QGis:

1. Lista de capas / Panel de exploración
2. Barras de herramientas
3. Lienzo del mapa
4. Barra de estado
5. Barra de herramientas lateral



Figura 27. Interfaz QGis



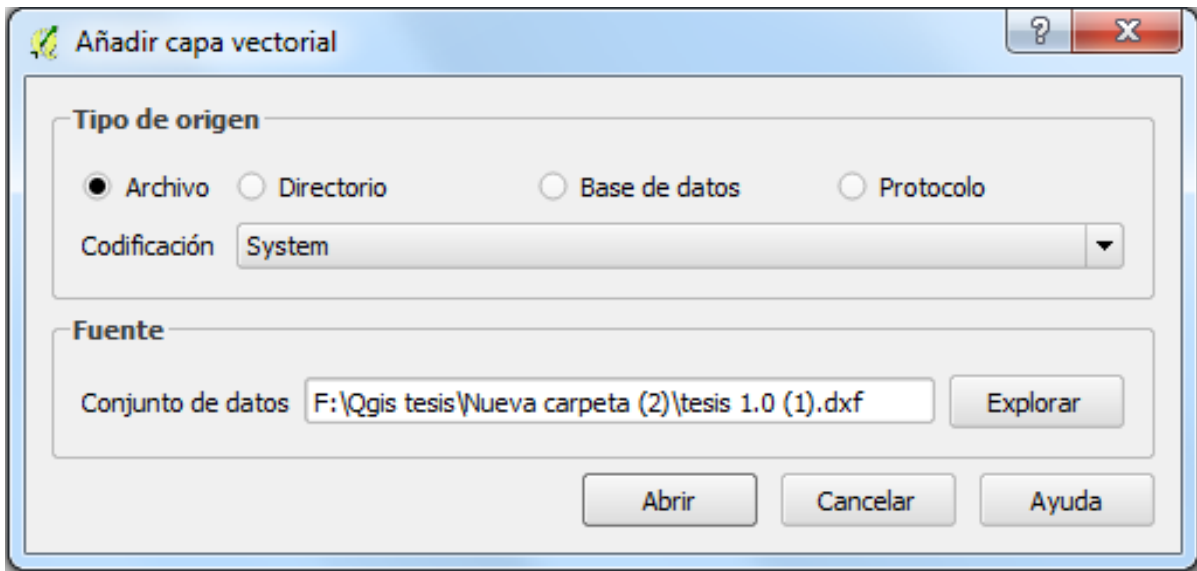
Fuente: Programa QGis



1. Lo primero que se hace es crear una capa de la vista en planta del área en estudio, de la siguiente manera.

a) Vamos a la opción capa, añadir capa, añadir capa vectorial.

Figura 28. Captura 1 QGis



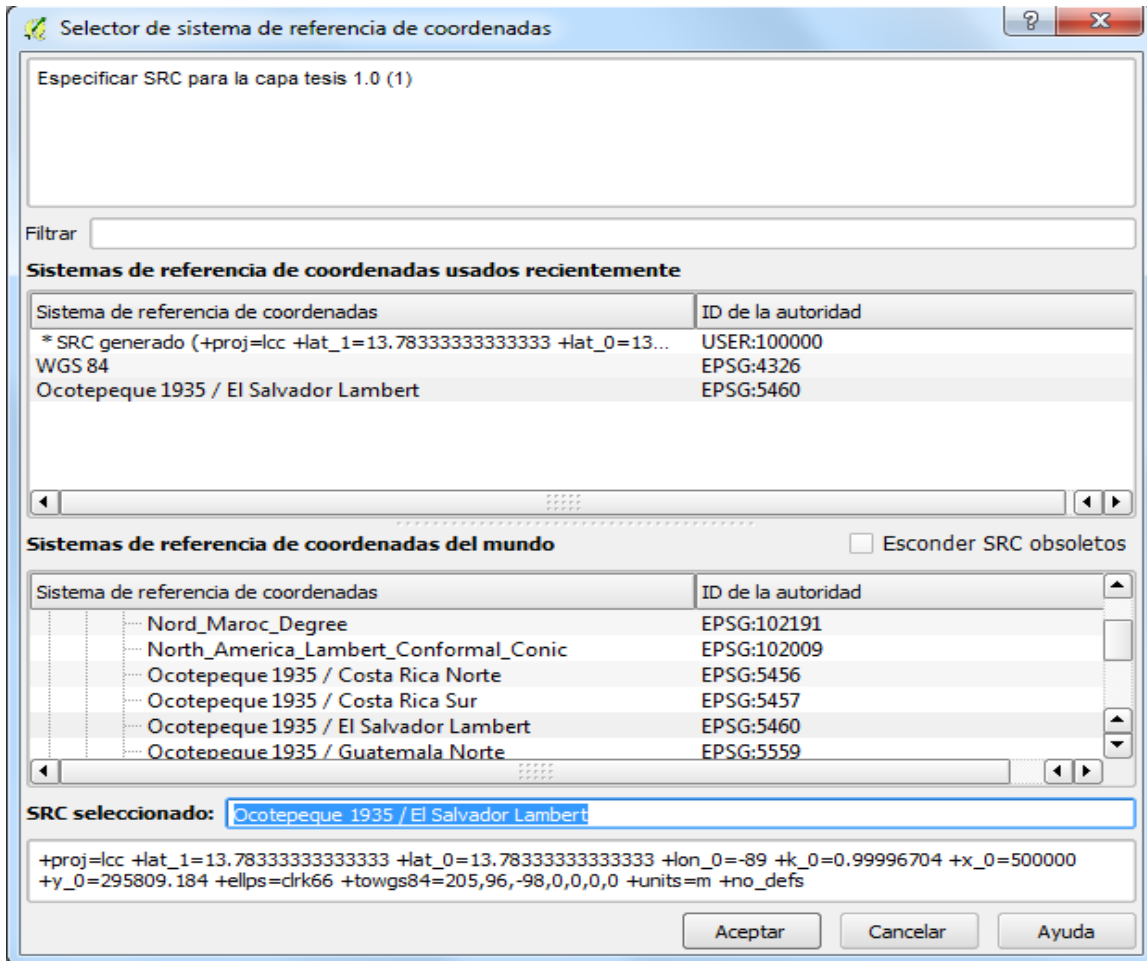
Fuente: Programa QGis

b) En la opción explorar buscamos el archivo .dxf donde está la vista en planta del área en estudio y luego abrir.

c) Se despliega la siguiente ventana en la que se elige el sistema de referencia de coordenadas; donde se elige Ocatepeque 1935 / El Salvador Lambert y pulsas aceptar.



Figura 29. Captura 2 QGis

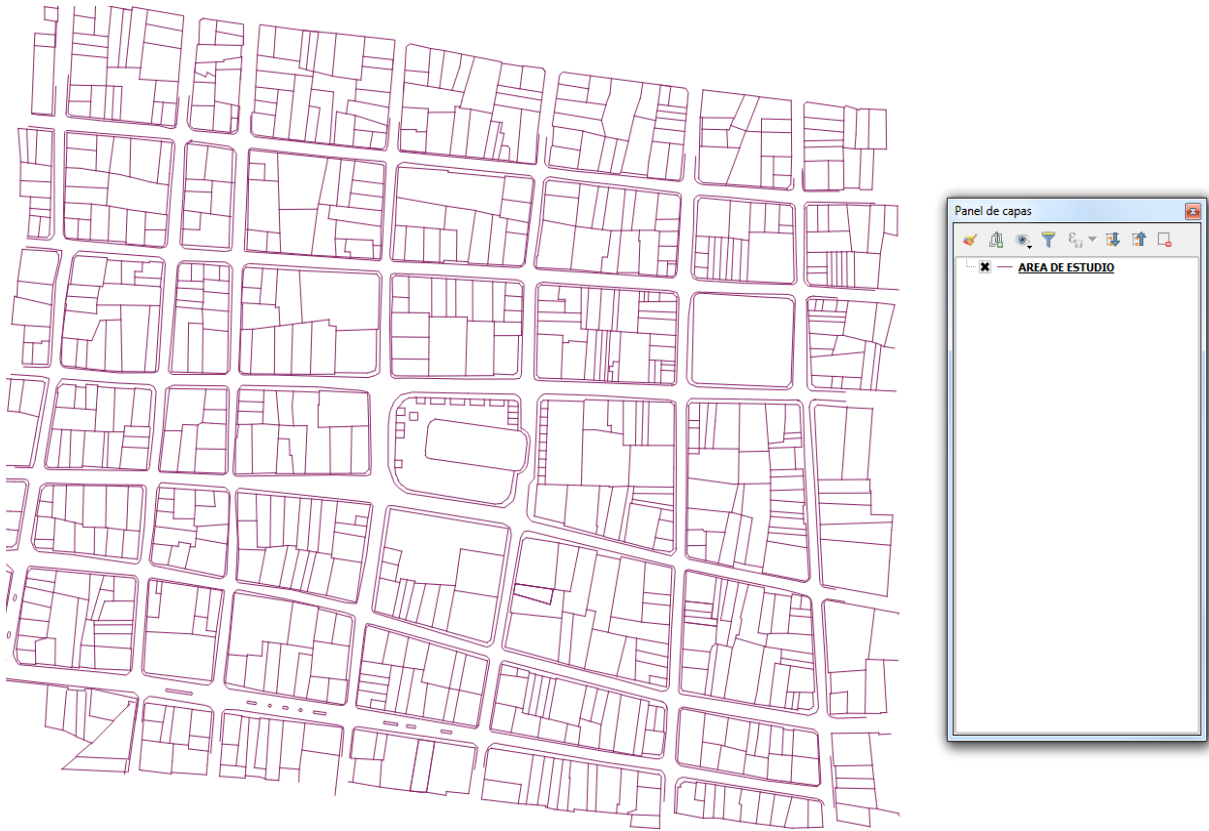


Fuente: Programa QGis

- d) En la siguiente ventana se elige las capas vectoriales a crearse, que pueden ser puntos o líneas, en este caso se elige las líneas.
- e) Nuevamente se elige el sistema de referencia de coordenadas a usar o sea Ocatepeque 1935 / El Salvador Lambert.
- f) Y así se carga la capa tipo línea del área de estudio.



Figura 30. Captura 3 QGis

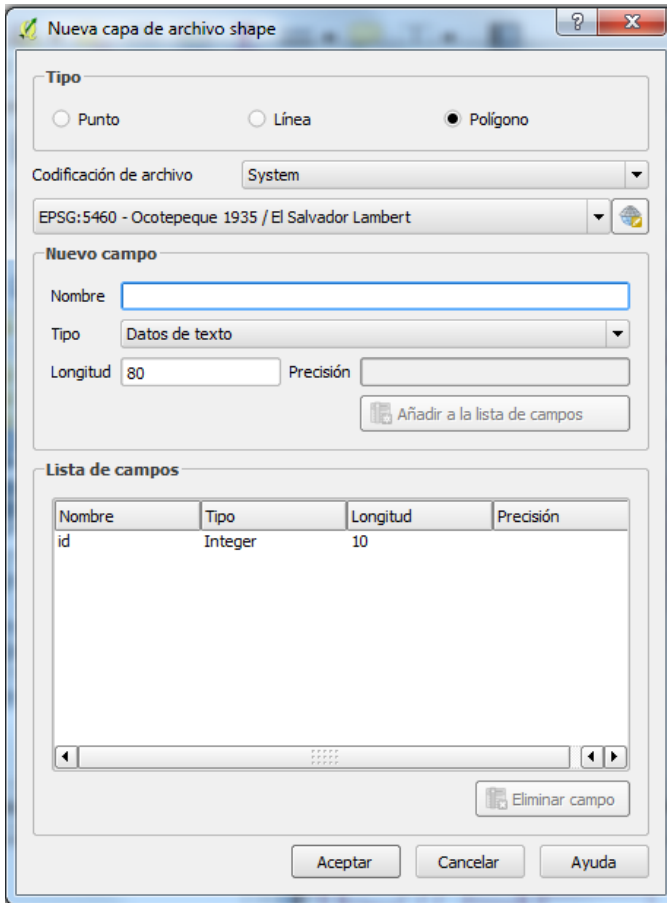


Fuente: Programa QGis

2. Como siguiente paso se creara la capa correspondiente a las secciones de estudios.
 - a) Vamos a capa, crear capa, nueva capa de archivo shape.
 - b) En la ventana que se despliega con nombre nueva capa de archivo shape
 - c) se elige; Tipo: Polígono; Codificación de archivo: System; el SRC: Ocatepeque 1935 / El Salvador Lambert.
 - d) En la opción de campo se agrega un campo con el nombre de Id; de tipo: Integer y longitud de 10. Luego aceptar



Figura 31. Captura 4 QGis



Fuente: Programa QGis

- e) Nos despliega una ventana como la anterior en la cual guardamos el archivo de la capa y le colocamos nombre. Y así se crea la capa secciones.

3. Añadir objetos espaciales.

Para añadir objeto espacia a la capa secciones se debe tener seccionada la capa e ir al botón conmutar edición.

- Luego se pulsa añadir objeto espacial; esta opción nos permite dibujar el objeto espacial deseado que debe ser un polígono.
- Al dibujar el objeto espacial pulsar doble clip y luego aparecerá una ventana en la cual se le colocara el atributo dependiendo de los campos creados; en este caso solo se debe colocar el Id (que será el numero previamente asociado a la base de datos)

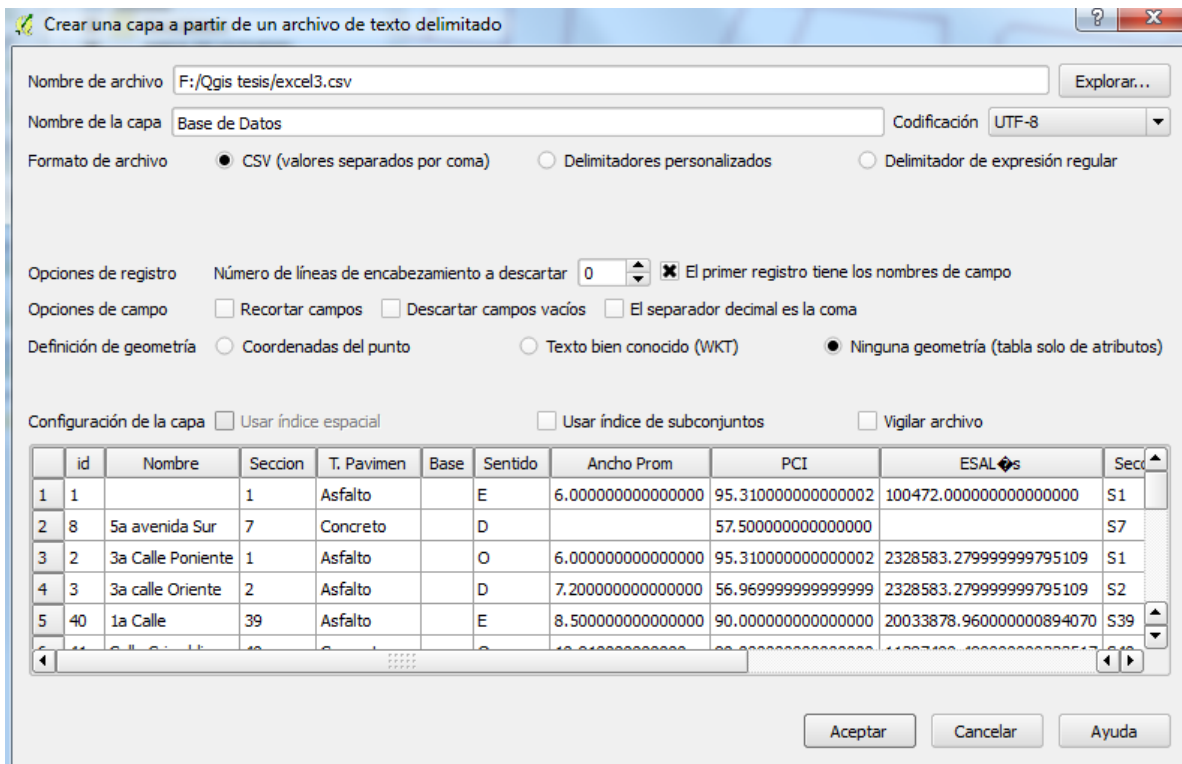


- Y así para todos los Id de objetos espaciales a crear.

4. Agregar la base de datos y unirlo a los objetos espaciales correspondientes.

- Se comienza agregando la base de datos que está en una extensión .csv Y para ello se usa la herramienta añadir capa de texto delimitado.
- Se despliega la ventana en la cual en el explorador buscamos nuestro archivo de la base de datos con extensión .csv; se pulsa aceptar y se creara la capa de base de datos

Figura 32. Captura 5 QGis

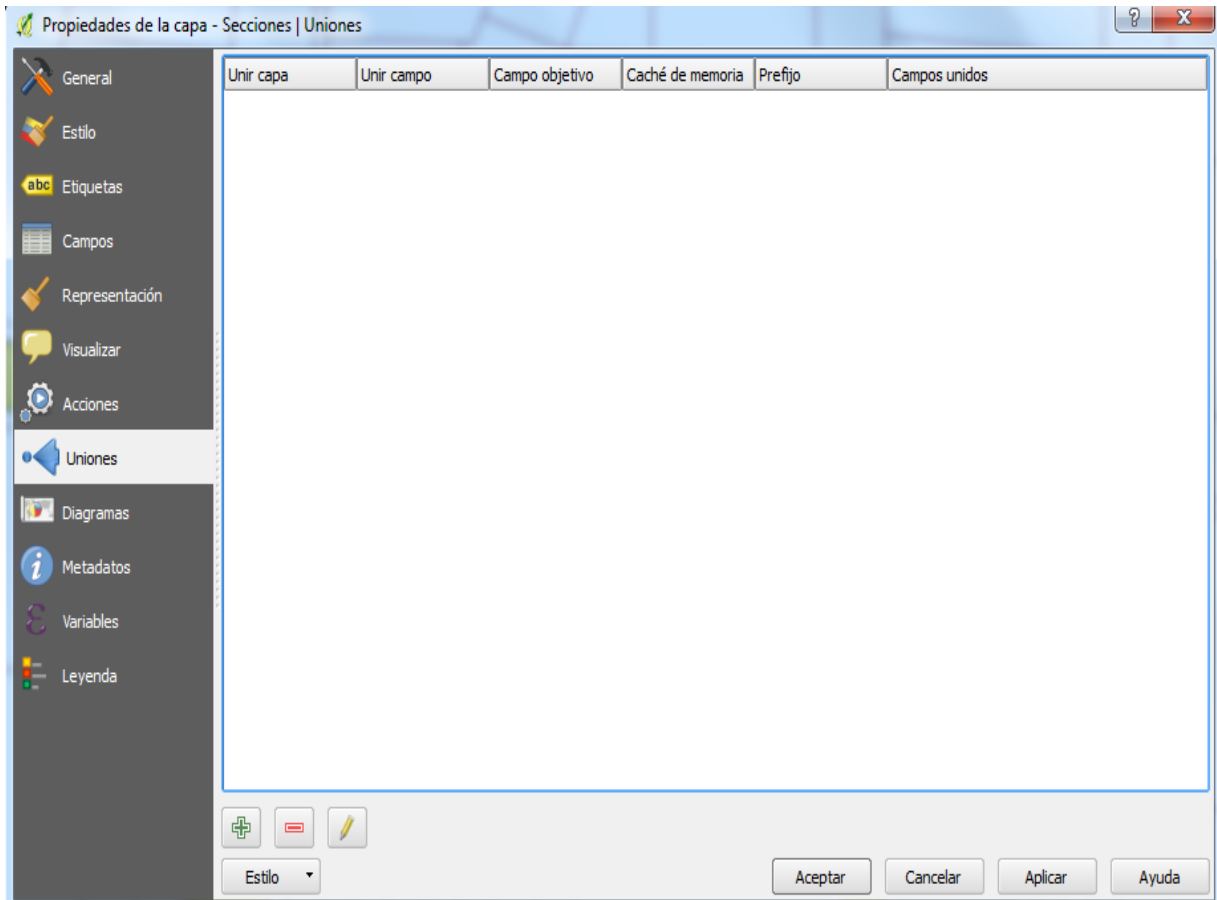


Fuente: Programa QGis

- Luego se une la capa de Secciones y la capa de base de datos; esto se hace abriendo las propiedades de la capa Secciones, pulsando la pestaña uniones.



Figura 33. Captura 6 QGis

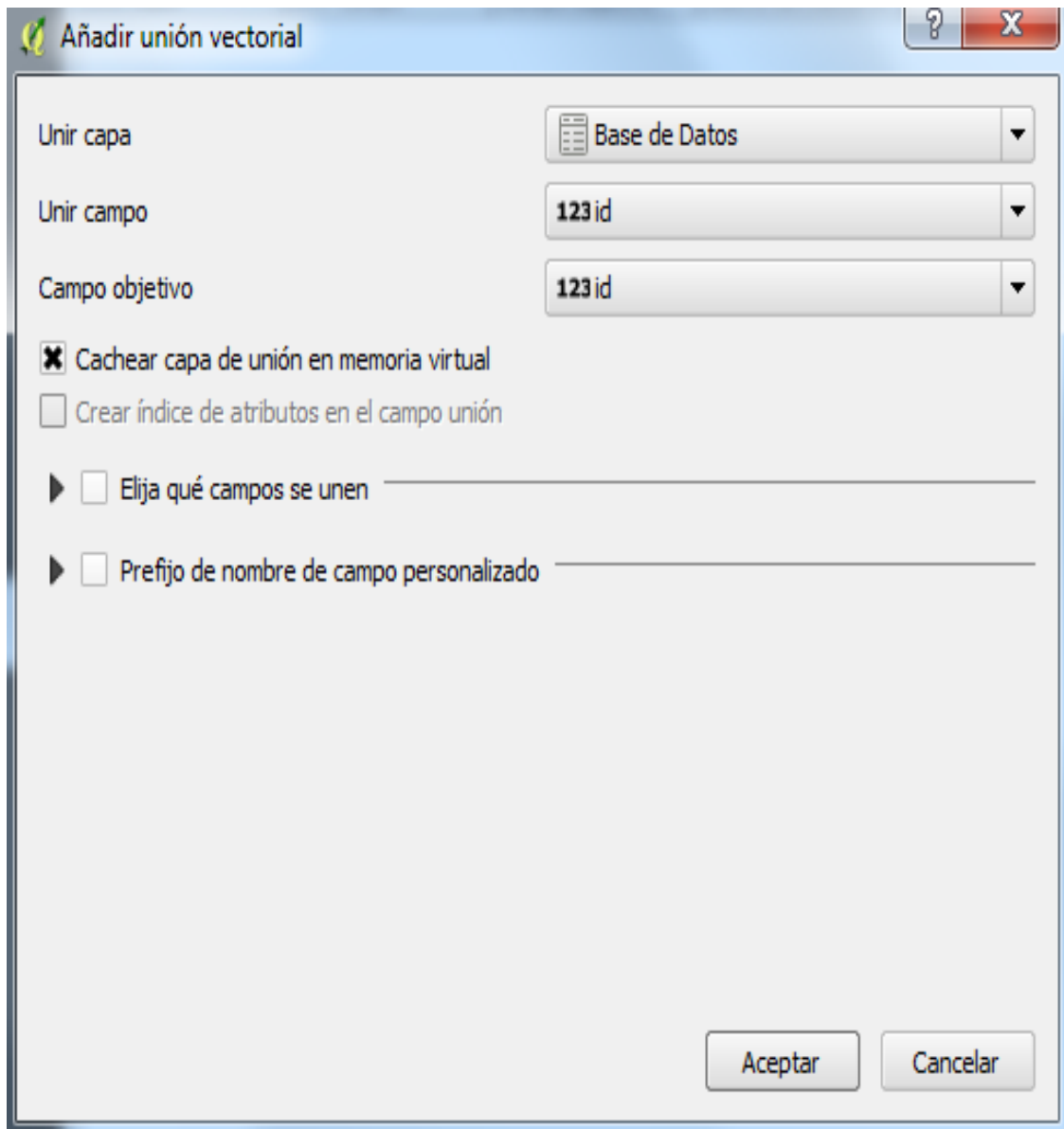


Fuente: Programa QGis

- Se pulsa el botón de simbología más, se despliega una ventana; en la pestaña unir se coloca el nombre de la base de datos, en la siguiente pestaña se define el campo Id de que es el igual para ambas capas, y por último en el campo objetivo se coloca el campo Id de la capa secciones que es igual al campo de la base de datos; le pulsamos aceptar y en la siguiente ventana aplicar.



Figura 34. Captura 7 QGis



➤ **Fuente: Programa QGis**

➤ Al revisar en la tabla de atributos se conserva como se han agregados todos los atributos a cada objeto espacial de la capa Secciones.



Figura 35. Captura 8 QGis

Secciones :: Objetos totales: 47, filtrados: 47, seleccionados: 0

	id	Nombre	Seccion	T. Pavimen	Base	Sentido	Ancho Prom	PCI	ESAL	Secciones
1	1		1	Asfalto		E	6	95.31	100472	S1
2	2	3a Calle Poniente	1	Asfalto		O	6	95.31	2328583.28	S1
3	3	3a calle Oriente	2	Asfalto		D	7.2	56.97	2328583.28	S2
4	4	2a calle	3	Asfalto	Piedra	E	7	71.88	NULL	S3
5	5	4a Calle	4	Asfalto	Piedra	O	7	39.5	11825589.48	S4
6	6	6a calle poniente	5	Asfalto	Piedra	D	7	5.5	5336198.28	S5
7	7	6a calle	6	Asfalto	Piedra	D	7	80.5	5336198.28	S6
8	8	5a avenida Sur	7	Concreto		D	NULL	57.5	NULL	S7
9	9	5a avenida sur	8	Asfalto	piedra	D	7.3	57	NULL	S8
10	10	5a avenida norte	9	Asfalto	piedra	D	6.5	46	NULL	S9
11	11	5a avenida norte	10	Concreto		D	NULL	63	NULL	S10
12	12	3a avenida sur	11	Asfalto	Piedra	D	6	45	NULL	S11
13	13	3a avenida sur	12	Asfalto	Adoquin	D	6.2	90.5	NULL	S12
14	14	3a avenida norte	13	Asfalto	Adoquin	D	6.5	22	NULL	S13
15	15	3a avenida norte	14	Asfalto	Piedra	D	7	45.5	NULL	S14
16	16	3a avenida norte	15	Asfalto	adoquin	D	7	96	NULL	s15

Mostrar todos los objetos espaciales

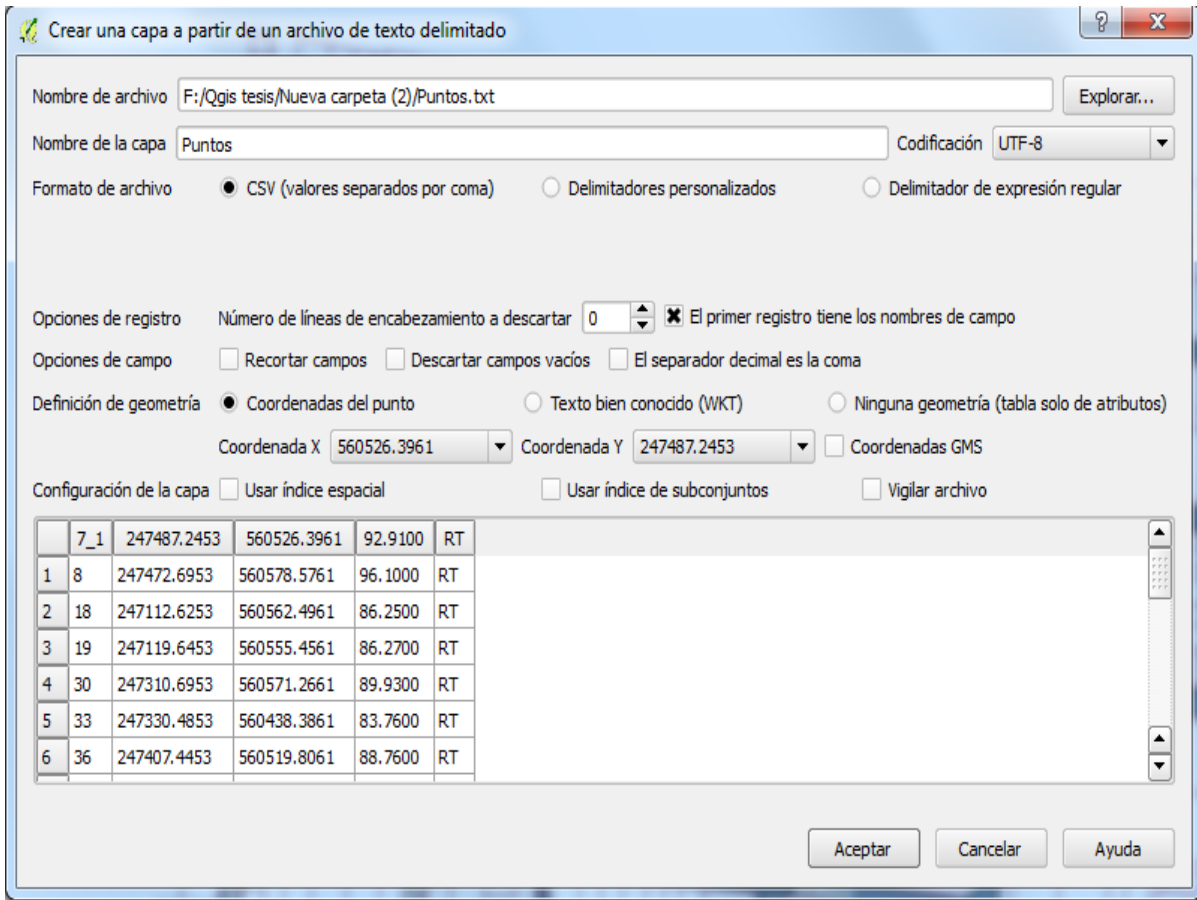
Fuente: Programa QGis

Agregar puntos de señales, posos y postes

- Con base a un archivo .csv o de texto delimitado por comas y con el uso de la herramienta añadir capa de texto delimitado por comas.
- En el explorador se busca el archivo, al cargarse se eligen las coordenadas correspondiente al eje “X” y al eje “Y”; y se pulsa aceptar.



Figura 36. Captura 9 QGis



Fuente: Programa QGis

➤ Se elige el SRC para este caso Ocatepeque 1935 / El Salvador Lambert. Hasta este punto se han creado capas de polígonos y de puntos que juntos forman el sistema de información geográfica. Ahora realizaremos consultas a la base de datos.

- Primero se realizará una consulta a la capa punto en la cual se buscara todos aquellos puntos que sean señales.
- Para ello se pulsa click derecho sobre la capa, se abre la capa de atributos.



Figura 37. Captura 10 QGis

Puntos :: Objetos totales: 472, filtrados: 472, seleccionados: 0

	7_1	247487.2453	560526.3961	92.9100	RT
1	8	247472.6953	560578.5761	96.1	RT
2	18	247112.6253	560562.4961	86.25	RT
3	19	247119.6453	560555.4561	86.27	RT
4	30	247310.6953	560571.2661	89.93	RT
5	33	247330.4853	560438.3861	83.76	RT
6	36	247407.4453	560519.8061	88.76	RT
7	39	247481.5353	560530.3661	92.91	PZ
8	53	247477.1453	560574.5961	96.03	PZ
9	54	247478.3153	560575.3961	96.08	PZ
10	55	247063.9053	560867.9261	89.35	RT
11	135	247313.7753	560669.6761	96.98	PZ
12	137	247312.4653	560674.4361	97.05	PZ
13	165	247244.3153	560673.8461	95.27	PZ
14	333	247324.3853	560443.5661	83.75	PZ
15	334	247322.2353	560440.9261	83.79	PZ
16	387	247440.3853	560967.5961	108.17	PZ
17	513	247181.4553	560564.9261	87.26	PZ
18	609	247445.5153	560891.0961	108.55	PZ
19	638	247308.1053	560881.0361	100.88	PZ

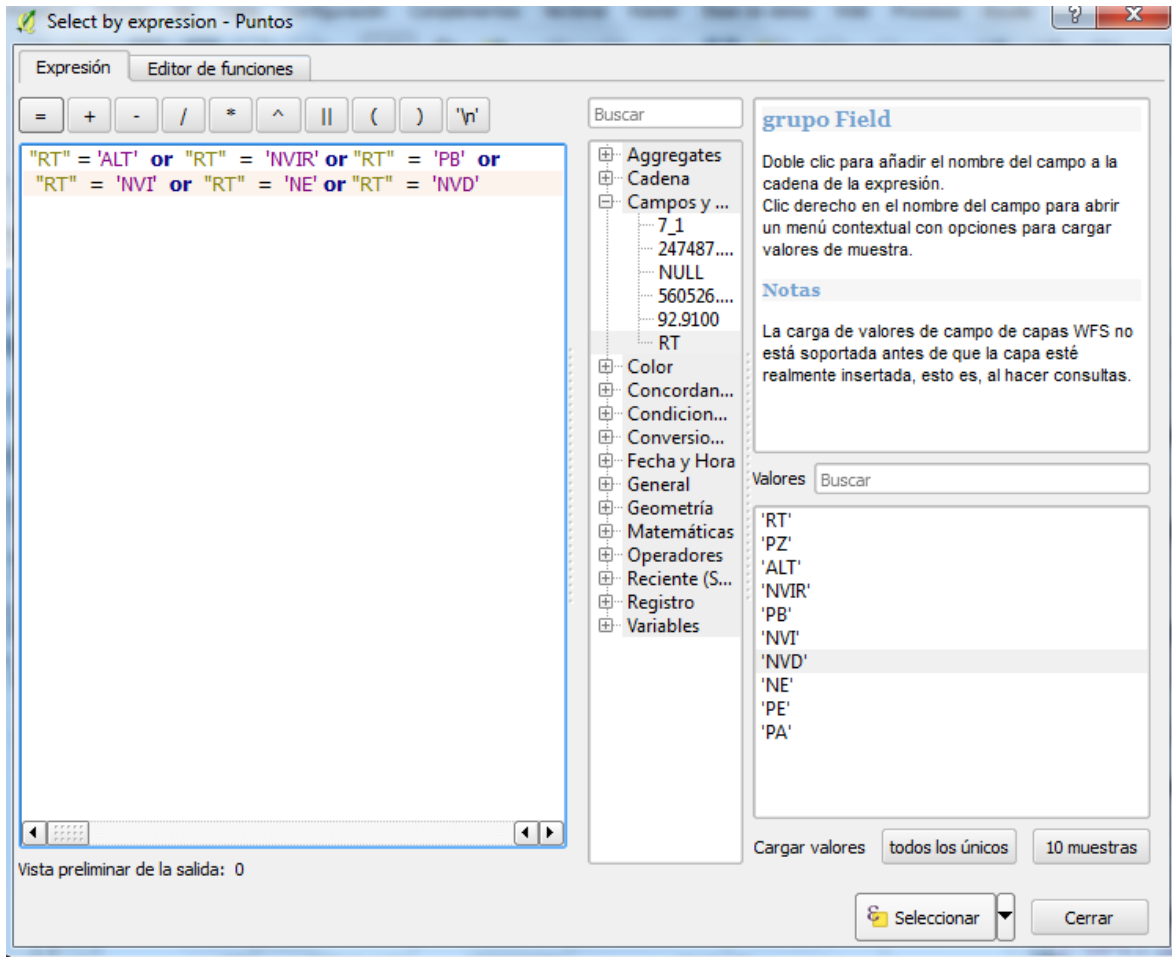
Mostrar todos los objetos espaciales

Fuente: Programa QGis

- Pulsamos seleccionar objetos espaciales usando una expresión; ahí se escribe la expresión en la que el campo con la descripción sea igual a un atributo en específico que busquemos. Para seleccionar más de un tipo de atributo se utiliza el operador Or que nos permite seleccionar más de un tipo de atributos.



Figura 38. Captura 11 QGis

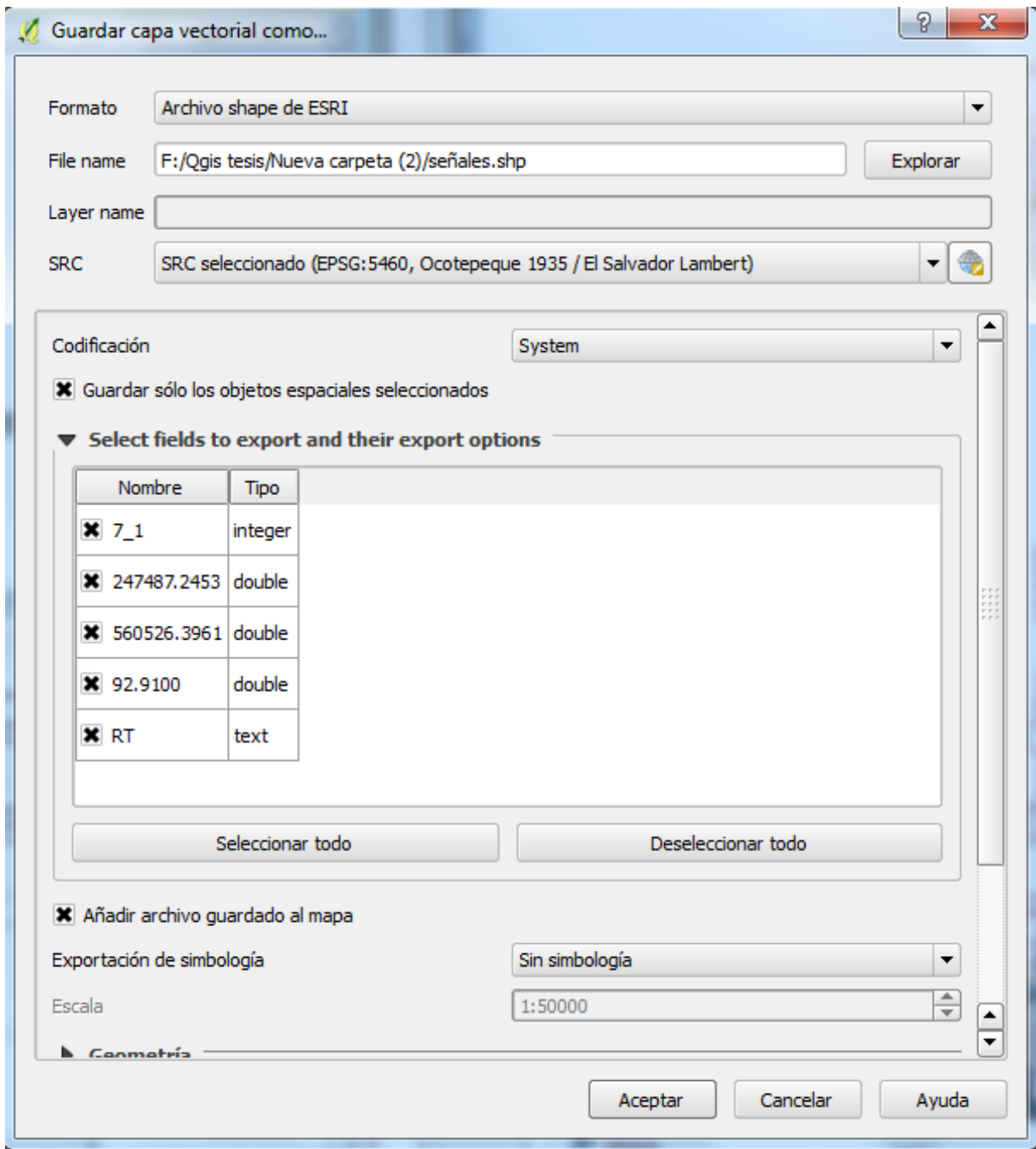


Fuente: Programa QGis

- Luego se pulsa clip derecho sobre la capa puntos, y se elige guardar como.
- En la ventana que se despliega, se coloca el nombre y la ubicación de guardado, el sistema SRC, pulsar y chequear sobre guardar solo objetos espaciales seleccionados y luego aceptar.
- Y así se crea una capa de señales



Figura 39. Captura 12 QGis



Fuente: Programa QGis

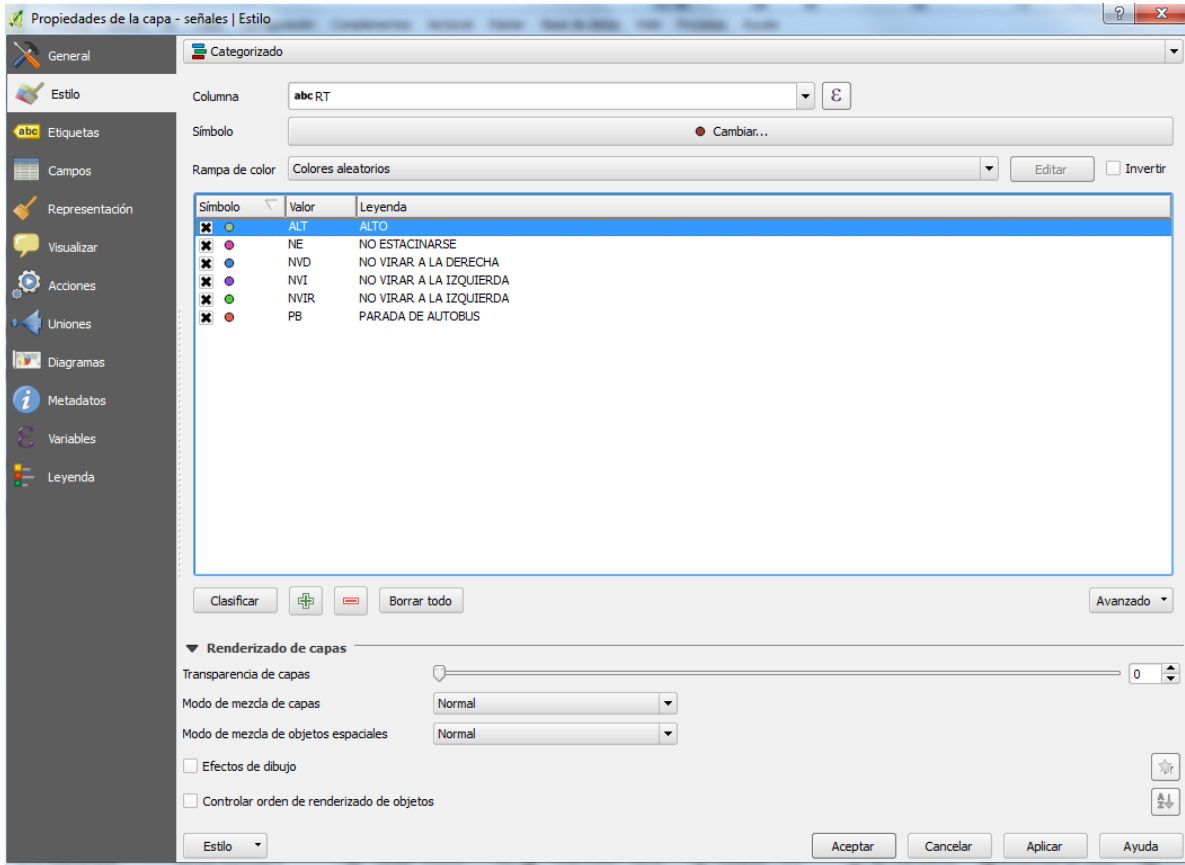
Ahora se definirá un símbolo y color a cada tipo de señal.

- Clip derecho sobre la capa señales, propiedades, pestaña estilo
- En la pestaña de símbolo se selecciona categorizado



- En la pestaña columna se selecciona el campo que contiene el descriptor del punto, y se pulsa categorizar.
- Así se dividen en categorías y luego se pulsa aceptar.

Figura 40. Captura 13 QGis



Fuente: Programa QGis

De el mismo modo se puede crear capas que contengas información concerniente a capas de polígonos en este caso la capa secciones, y se pueden categorizar y cambiar sus colores y etiquetas.



3.8 INTERVENCIÓN Y COSTO

3.8.1. INTERVENCIÓN

Luego del levantamiento y procesado de datos se logra obtener la información correspondiente a la condición de pavimento, para conocer las vías que están en buenas condiciones y vías en condiciones muy malas. Aquellas vías con buenas condiciones presentan pocos daños y por ende necesita pocos tratamientos; caso contrario se da en las vías con malas condiciones que presentan muchos deterioros y necesitan muchos tratamientos.

La metodología para definir los tratamientos se basa en observar que tipo de daño está presente en la sesión de estudio y por cada tipo de daño asignarle su respectivo tratamiento; según manual de PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras (Vásquez Varela). Además de ellos el tratamiento estarán condicionadas por factores como: experiencia del técnico analista y capacidad de inversión

Del conjunto de tratamientos que pueden existir por cada tipo de daño y severidad; para fines de este estudio se define uno tratamiento para cada tipo de daño y grado de severidad; que es el que se aplicara para la corrección de daños del pavimento.



Tabla 17. Inicio de fallas y su tratamiento.

N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TRATAMIENTOS	TRATAMIENTO APLICADO
1	PIEL DE COCODRILO	L	SELLO SUPERFICIAL/SOBRECARPETA	SELLO SUPERFICIAL
		M	PARCHEO/SOBRECARPETA/RECONSTRUCCION	PARCHE
		H	PARCHEO/SOBRECARPETA/RECONSTRUCCION	RECONSTRUCCION
2	EXUDACION	L	NO SE HACE ANDA	NO SE HACE NADA
		M	SE APLICA ARENA/ AGREGADOS Y CILINDRADO	SE APLICA ARENA AGREGADOS Y CILINDRADO
		H	SE APLICA ARENA/ AGREGADOS Y CILINDRADO	SE APLICA ARENA AGREGADOS Y CILINDRADO
3	AGRIETAMIENTO O EN BLOQUE	L	SELLADO DE GRIETA/ RIEGO DE SELLO	SELLADO DE GRIETA
		M	SELLADO DE GRIETA/ RECICLADO SUPERFICIAL/ SOBRECARPETA	PARCHE
		H	SELLADO DE GRIETA/ RECICLADO SUPERFICIAL/ SOBRECARPETA	SOBRECARPETA
4	ABULTAMIENTO OY HUNDIMIENTO	L	NO SE HACE NADA	NO SE HACE NADA
		M	FRESADO/PARCHE	PARCHE
		H	FRESADO/PARCHE/SOBRECARPETA	PARCHE
5	CORRUGACION	L	NO SE HACE NADA	NO SE HACE NADA
		M	RECONSTRUCCION	RECONSTRUCCION
		H	RECONSTRUCCION	RECONSTRUCCION
6	DEPRESION	L	NO SE HACE NADA	NO SE HACE NADA
		M	PARCHE	PARCHE
		H	PARCHE	PARCHE
7	GRIETA DE BORDE	L	SELLADO DE GRIETA	SELLADO DE GRIETA
		M	SELLADO DE GRIETA/PARCHEO	SELLADO DE GRIETA
		H	PARCHEO	PARCHE
8	GRIETA DE REFLEXION DE JUNTA	L	SELLADO DE GRIETA	SELLADO DE GRIETA
		M	SELLADO DE GRIETA/PARCHEO	PARCHE
		H	PARCHEO/RECONSTRUCCION DE JUNTA	RECONSTRUCCION DE JUNTA



N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TRATAMIENTOS	TRATAMIENTO APLICADO
9	DESNIVEL CARRIL/ BERMA	L	RENIVELACION DE BERMAS	RENIVELACION DE BERMAS
		M	RENIVELACION DE BERMAS	RENIVELACION DE BERMAS
		H	RENIVELACION DE BERMAS	RENIVELACION DE BERMAS
10	GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	L	SELLADO DE GRIETAS	SELLADO DE GRIETA
		M	SELLADO DE GRIETAS	SELLADO DE GRIETA
		H	SELLADO DE GRITEAS/ PARCHE	PARCHE
11	PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PUBLICOS	L	NO SE HACE NADA	NO SE HACE NADA
		M	PARCHE	PARCHE
		H	PARCHE	PARCHE
12	PULIMENTO DE AGREGADOS	L	TRATAMIENTO SUPERFICIAL/SOBRECARPETA/FRESADO Y SOBRECARPETA	SELLO SUPERFICIAL
		M	TRATAMIENTO SUPERFICIAL/SOBRECARPETA/FRESADO Y SOBRECARPETA	SOBRECARPETA
		H	TRATAMIENTO SUPERFICIAL/SOBRECARPETA/FRESADO Y SOBRECARPETA	SOBRECARPETA
13	HUECO	L	PARCHE	PARCHE
		M	PARCHE	PARCHE
		H	PARCHE	PARCHE
14	CRUCE DE VIA FERREA	L	NO SE HACE NADA	NO SE HACE NADA
		M	PARCHEO/RECONSTRUCCION DEL CRUCE	PARCHE
		H	PARCHEO/RECONSTRUCCION DEL CRUCE	PARCHE
15	AHUELLAMIENTO	L	FRESADO Y SOBRECARPETA	PARCHE
		M	PARCHE/ FRESADO Y SOBRECARPETA	SOBRECARPETA
		H	PARCHE/ FRESADO Y SOBRECARPETA	SOBRECARPETA
16	DESPLAZAMIENTO	L	FRESADO	PARCHE
		M	FRESADO/PARCHE	PARCHE
		H	FRESADO/PARCHE	PARCHE



N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TRATAMIENTOS	TRATAMIENTO APLICADO
17	GRIETAS PARABOLICAS	L	PARCHE	PARCHE
		M	PARCHE	PARCHE
		H	PARCHE	PARCHE
18	HINCHAMIENTO	L	NO SE HACE NADA	NO SE HACE NADA
		M	RECONSTRUCCION	RECONSTRUCCION
		H	RECONSTRUCCION	RECONSTRUCCION
19	METEORIZACION/ DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	L	SELLO SUPERFICIAL/ TRATAMIENTO SUPERFICIAL	SELLO SUPERFICIAL
		M	SELLO SUPERFICIAL/ TRATAMIENTO SUPERFICIAL/ SOBRECARPETA	SOBRECARPETA
		H	SELLO SUPERFICIAL/ TRATAMIENTO SUPERFICIAL/ SOBRECARPETA	SOBRECARPETA

Tabla 18. Fin de fallas y su tratamiento

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis, en base a manual de PCI.



3.8.2. COSTO DE MANTENIMIENTO

Cada intervención que se realice está asociada a un costo que depende del tipo de falla, magnitud, precios de materiales, maquinaria y mano de obra necesarios para realizar la intervención. Estos costos están afectados por condiciones económicas como el precio del petróleo; así como también condiciones geográficas debido a factores como la cercanía de maquinaria y materia prima al lugar de ejecución de la obra.

En la siguiente tabla se muestra el precio para la aplicación de cada tratamiento; esos precios unitarios comprenden el todas las actividades necesarias para aplicación correcta del tratamiento desde la removido del material de rechazo hasta el compactado y terminado de la aplicación del tratamiento; además se le suma el costo indirecto.

Tabla 19. Precios unitarios de intervención por tipo de falla

TRATAMIENTO	PRECIO	UNIDAD
PARCHE	\$ 31.00	M2
SELLADO DE GRIETA	\$ 3.25	ML
SOBRECARPETA	\$ 27.95	M2
SELLO SUPERFICIAL	\$ 3.25	M2
SE APLICA ARENA	\$ 2.00	M2
RECONSTRUCCION	\$ 45.00	M2
NO SE HACE NADA	\$ -	M2

Fuente: Precios unitarios proporcionados por la empresa constructora Construequipos SA de C.V

Estos costos unitarios se multiplican por la magnitud total de un tipo de falla y severidad específica, si esta existe en la sección en estudio. Se calcula el costo por la reparación de todas las secciones en estudio, y al sumarlas se obtiene el costo total de reparación de toda la vía en estudio.



Tabla 20. Costos de intervención por sección.

SECCION	LONGITUD	AREA (m2)	PORCENTAJE	CLASIFICACION	COSTO
1	350	2100	8.03%	EXCELENTE	\$ 1,173.35
2	254	1755.52	5.83%	BUENO	\$ 22,467.68
3	540	3780	12.39%	MUY BUENO	\$ 20,949.48
4	530	3710	12.16%	MALO	\$ 40,056.20
5	70	490	1.61%	FALLADO	\$ 10,034.59
6	455	3185	10.44%	MUY BUENO	\$ 4,283.11
7	65	520	1.49%	BUENO	
8	50	365	1.15%	BUENO	\$ 5,085.55
9	63	409.5	1.45%	REGULAR	\$ 3,185.40
10	78	530.4	1.79%	BUENO	
11	67	402	1.54%	REGULAR	\$ 4,535.30
12	55	385	1.26%	EXCELENTE	\$ 124.00
13	59	383.5	1.35%	MUY MALO	\$ 7,528.38
14	76	532	1.74%	REGULAR	\$ 1,512.80
15	70	490	1.61%	EXCELENTE	\$ 26.04
16	67	469	1.54%	MUY BUENO	\$ 26.00
17	62	403	1.42%	EXCELENTE	\$ -
18	60	300	1.38%	MALO	\$ 3,826.56
19	76	494	1.74%	EXCELENTE	\$ 7.31
20	58	406	1.33%	MUY BUENO	\$ 379.44
21	70	490	1.61%	REGULAR	\$ 4,789.15
22	62	434	1.42%	EXCELENTE	\$ -
23	71	461.5	1.63%	MUY MALO	\$ 2,539.48
24	67	402	1.54%	MUY MALO	\$ 8,695.20
25	50	350	1.15%	BUENO	\$ 245.73
26	82	451	1.88%	FALLADO	\$ 13,488.60
27	82	574	1.88%	BUENO	\$ 2,260.75
28	66	462	1.51%	MUY BUENO	\$ 5,021.86
29	63	378	1.45%	BUENO	\$ 3,672.29
30	39	273	0.89%	EXCELENTE	\$ -
31	83	581	1.90%	BUENO	\$ 305.25
32	106	636	2.43%	MALO	\$ 2,181.48
33	65	455	1.49%	REGULAR	\$ 962.60
34	57	342	1.31%	BUENO	\$ 340.30
35	26	182	0.60%	MUY BUENO	\$ 126.75
36	79	513.5	1.81%	MALO	\$ 4,137.88
37	123	738	2.82%	REGULAR	\$ 11,789.00
38	63	441	1.45%	MALO	\$ 4,813.92
TOTAL	4359	29273.9	100%		\$ 190,571.42

**Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.**

Con información tomada del inventario se puede obtener el porcentaje de vías en las diferentes condiciones existentes en el Índice de Condición de Pavimentos (PCI). Con los porcentajes y los costos podemos obtener la cantidad de dinero necesario por cada metro cuadrado para cada una de los tipos de condiciones contempladas en el Índice de Condición de Pavimentos (PCI). Para las categorías “MUY MALO” se fija el precio de 27.95 dólares por metro cuadrado y para la categoría “FALLADO” el precio de 45.00 dólares por metros cuadrados; esto debido a que sus reparaciones son sobrecarpeta y Reconstrucción respectivamente y debe realizarse a toda la sección; la aunque la decisión se basara en la experiencia del técnico encargado.

Tabla 21. Costos unitarios de acuerdo a condición PCI

CLASIFICACION	PORCENTAJE	COSTO	AREA (m2)	\$/m2
EXCELENTE	15.64%	\$ 1,330.70	4579	\$ 0.29
MUY BUENO	28.98%	\$ 30,786.64	8484	\$ 3.63
BUENO	18.43%	\$ 34,377.54	5395.92	\$ 6.37
REGULAR	10.34%	\$ 26,774.25	3026.5	\$ 8.85
MALO	19.13%	\$ 55,016.04	5600.5	\$ 9.82
MUY MALO	4.26%	\$ 34,853.65	1247	\$ 27.95
FALLADO	3.21%	\$ 42,345.00	941	\$ 45.00
TOTAL	100.00%	\$ 225,483.82	29273.92	

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



3.9. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PAVIMENTOS

Para planificar el mantenimiento se requiere proyectar el futuro comportamiento de los pavimentos, utilizando modelos de deterioro se puede proyectar el comportamiento de las la vías en estudio. Existen diferentes tipos de modelo de deterioros, que se diferencian por la clase y cantidad de datos utilizados. Se propone la creación de modelos propios por jurisdicción partiendo de cuatro condiciones:

- a) Un punto de partida con condiciones de deterioro desconocidos para la localidad
- b) Un momento en el mediano plazo donde se pueden aplicar métodos empíricos de predicción de modelos de deterioro
- c) Un momento en el largo plazo donde, con información de campo y de laboratorio, se puedan aplicar métodos mecanísticos-empíricos, calibrados para las condiciones regionales y locales del país
- d) Una condición a futuro donde puedan aplicarse condiciones puramente mecanísticas.

Debido a la falta de datos históricos que presenta la alcaldía debemos partir de un punto de condiciones de deterioro desconocidos. Por esto debemos partir de un punto donde el sistema de gestión de pavimento debe enfocarse en condiciones de deterioro asumido y/o similares a otras realidades.

En la literatura existen modelos de estimación probabilística que resultan factibles para aplicar la Gestión de Pavimentos en su mejor magnitud. Estos modelos pueden calcular, en base a una información combinada, un índice de condición en un punto determinado del tiempo. Uno de los modelos o métodos a utilizarse en esta ponencia es el Método Estocástico y la Hipótesis de Markov o Markoviano para la aplicación del SGP.



Método Estocástico. Un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para caracterizar una sucesión de variables aleatorias o estocásticas que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y, entre ellas, pueden estar correlacionadas o no. Para este SGP, la variable a evaluar contra el tiempo sería el valor del PCI.

Hipótesis de Markov. El proceso de condición de transición del PCI es incierto, ya que se deben tomar datos reales durante un determinado periodo para verificar el factor de deterioro. Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, aún no se tienen estos datos disponibles.

La hipótesis de Markov es una probabilidad de cambio del PCI en un determinado momento en el tiempo. Indica el comportamiento del estado del pavimento en condiciones normales. Es por eso que, la hipótesis del Markov o el markoviano se utiliza para representar un patrón de transición incierta de condición (PCI) del pavimento en un periodo de tiempo. Es así que la hipótesis de Markov es utilizada para predecir el deterioro progresivo del pavimento en relación a la información de inspecciones periódicas.

Para la aplicación del modelo de deterioro el Markoviano inicial utilizará valores fijados en base a otras experiencias y/o adaptaciones de las mismas. Usaremos el Markoviano de deterioro aplicado en Delhi Township, Ohio.



Tabla 22. Markoviano de deterioro

ACTUAL	FUTURO	
CONDICION	CONDICIÓN	PORCENTAJE
A	A	0.95
	B	0.05
B	B	0.8
	C	0.2
C	C	0.8
	D	0.2
D	D	0.5
	E	0.5
E	E	0.85
	F	0.15
F	F	1

Fuente: Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR

En la tabla se puede observar:

- Del 100% de la condición A el 5% para a condición B
- Del 100% de la condición B el 20% para a condición C
- Del 100% de la condición C el 20% para a condición D
- Del 100% de la condición Del 50% para a condición E
- Del 100% de la condición E el 50% para a condición F
- Del 100% de la condición F continúa el 100% en condición F.

Para la aplicación del modelo de deterioro de Delhi Township, Ohio; se hará la consideración que las condiciones muy malo más fallado representarían la condición F en el modelo y esa condición tendría un costo de \$35.28 dólares por metro cuadrado. Además se hará uso de la información recolectada llámese Área, porcentaje de cada condición y precio por metro cuadrado de cada condición. Así aplicando el modelo de deterioro para 6 años si ningún tipo de inversión; se encontrarán los porcentajes de condiciones para los siguientes años, con esos porcentajes calculamos un PCI promedio el cual será la medida de condición de



total la red vial. También se calcula el costo de reparar en su totalidad la red en estudio para cada año.

Tabla 23. Modelo de deterioro y costos sin intervención

TIEMPO	A	B	C	D	E	F	PCI prom	COSTO
PCI	92.5	77.5	62.5	47.5	32.5	12.5		
0	15.64	28.98	18.43	10.34	19.13	7.47	60.51	\$225,477.81
1	14.86	23.97	20.54	8.86	21.43	10.34	57.62	\$256,378.08
2	14.12	19.92	21.23	8.54	22.64	13.55	54.87	\$289,150.57
3	13.41	16.64	20.96	8.51	23.52	16.95	52.21	\$322,646.42
4	12.74	13.98	20.10	8.45	24.24	20.48	49.63	\$356,514.44
5	12.10	11.82	18.87	8.24	24.83	24.11	47.15	\$390,603.71
6	11.50	10.06	17.46	7.90	25.23	27.84	44.78	\$424,765.73

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis en base a Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR

CON INTERVENCIÓN

Para mejorar las condiciones del pavimento se debe invertir; en la alcaldía municipal hace poca o nula inversión; para la aplicación del Sistema de gestión de pavimento fijaremos una inversión anual de \$25,000; que sería la inversión estimada para nuestra área de estudio según años anteriores.

Para calcular el efecto de la inversión se dividirá el dinero invertido entre costo por metro cuadrado; eso nos dará como resultado la cantidad de metros cuadrados en los que se estaría invirtiendo. Luego dividimos esta cantidad entre el área total y los multiplicamos por 100 así se obtiene el porcentaje de esa condición; que pasaría de una condición mala a una condición excelente.

Luego con las condiciones recolectadas, le sumamos el porcentaje de pavimento intervenido que pasaría a la condición de excelente y resta a la condición mala el porcentaje que fue atendido.



Esta intervención se basara en una inversión reactiva o pensamiento clásico en el cual; todo el dinero se usa para reparar las condiciones los pavimentos peores condiciones ósea condiciones en categoría “F” y si se acaban los pavimento en condición “F” se invertiría en pavimento en condición “E”.

Tabla 24. Modelo de deterioro y costos con intervención

TIEMPO	A	B	C	D	E	F	PCI prom	COSTO
PCI	92.5	77.5	62.5	47.5	32.5	12.5		
0	15.64	28.98	18.43	10.34	19.13	7.47	60.51	\$225,477.81
1	17.16	24.09	20.54	8.86	21.43	7.92	59.54	\$231,702.29
2	18.60	20.25	21.25	8.54	22.64	8.71	58.68	\$239,930.77
3	19.97	17.25	21.05	8.52	23.52	9.69	57.90	\$249,026.88
4	21.27	14.92	20.29	8.47	24.25	10.80	57.17	\$258,650.94
5	22.51	13.12	19.22	8.29	24.84	12.01	56.51	\$268,665.09
6	23.68	11.74	18.00	7.99	25.26	13.32	55.92	\$278,937.58

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis en base a Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR

INVERSIÓN PREVENTIVA O PENSAMIENTO MODERNO.

Este es un nuevo enfoque en el cual se invierte en mantener el pavimento en buenas condiciones.

La cantidad de dinero invertido será de \$25,000 anual justo como en la opción anterior, pero la forma de inversión cambiara del siguiente modo:

- En vez de invertir todo el dinero en la condición “F”; se invertirá la mitad en los pavimento en condición “B”.
- La otra mitad se invertirá para arreglar los pavimentos de condición “F”.
- Si se llegara a l punto que no hay pavimentos en condición “B” o se dispone de más fondos en el nivel “B” que los que necesita, se procede a mejorar los pavimentos en condición “D”.



d) Si los fondos sobraran después de arreglar “B” y/o “D”, entonces se aumentaría la inversión en los pavimentos con condición “F”.

Tabla 25. Modelo de deterioro y costos mediante un sistema de gestión de pavimento

TIEMPO	A	B	C	D	E	F		
PCI	92.5	77.5	62.5	47.5	32.5	12.5	PCI prom	COSTO
0	15.64	28.98	18.43	10.34	19.13	7.47	60.51	\$ 225,477.810
1	27.41	15.29	18.21	8.86	21.43	8.80	60.85	\$ 227,968.018
2	38.36	4.84	15.27	8.07	22.64	10.80	61.32	\$ 234,471.666
3	44.89	2.36	12.22	5.67	21.86	12.99	62.41	\$ 240,809.545
4	49.71	2.62	9.77	3.35	19.49	15.06	63.92	\$ 245,464.516
5	54.13	2.85	7.82	1.95	16.56	16.67	65.56	\$ 261,749.203
6	59.13	3.11	5.00	1.25	11.97	19.52	67.16	\$ 256,965.893

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis en base a Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR



CAPITULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.



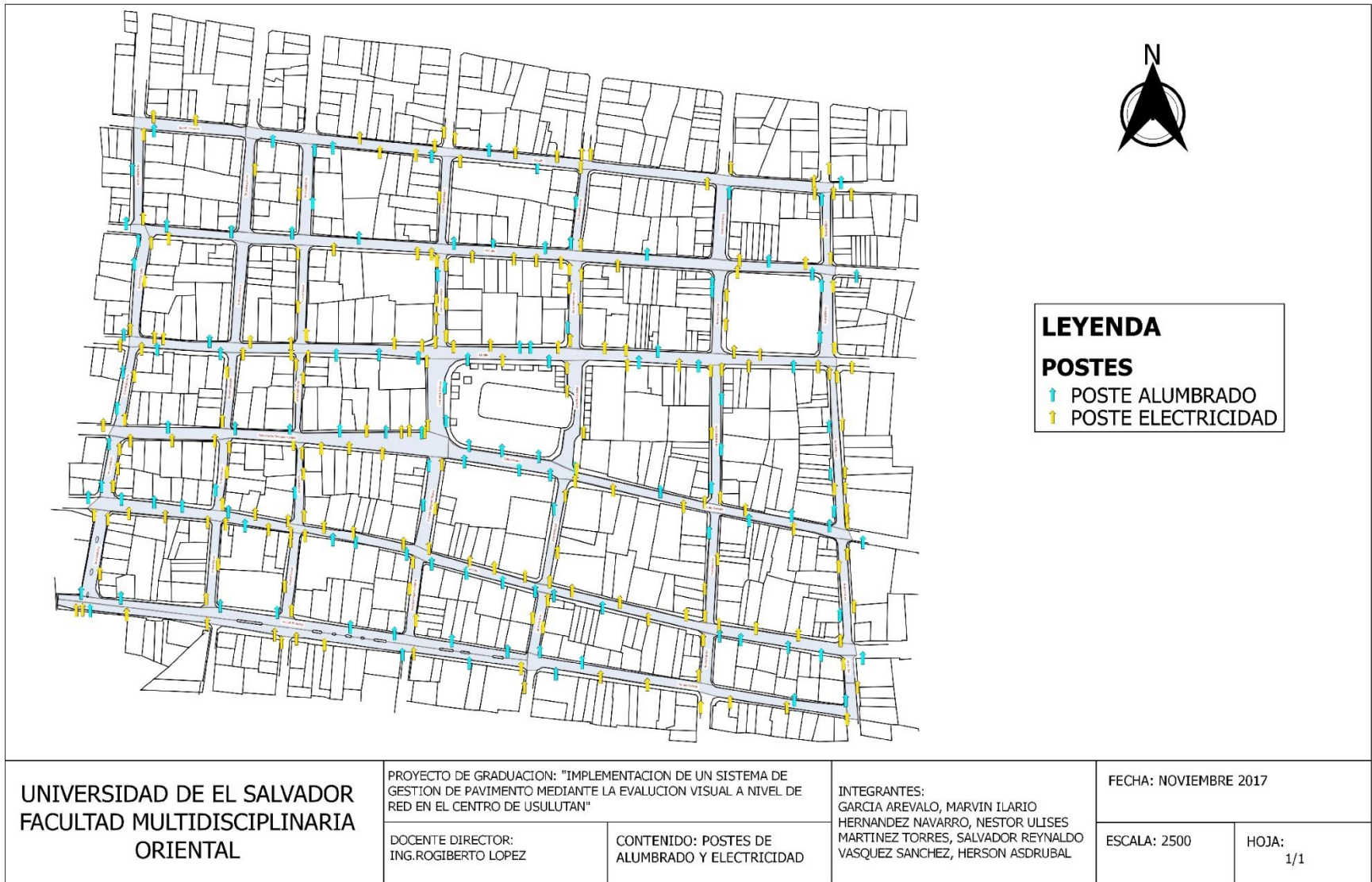
4.1. ANÁLISIS DE INVENTARIO

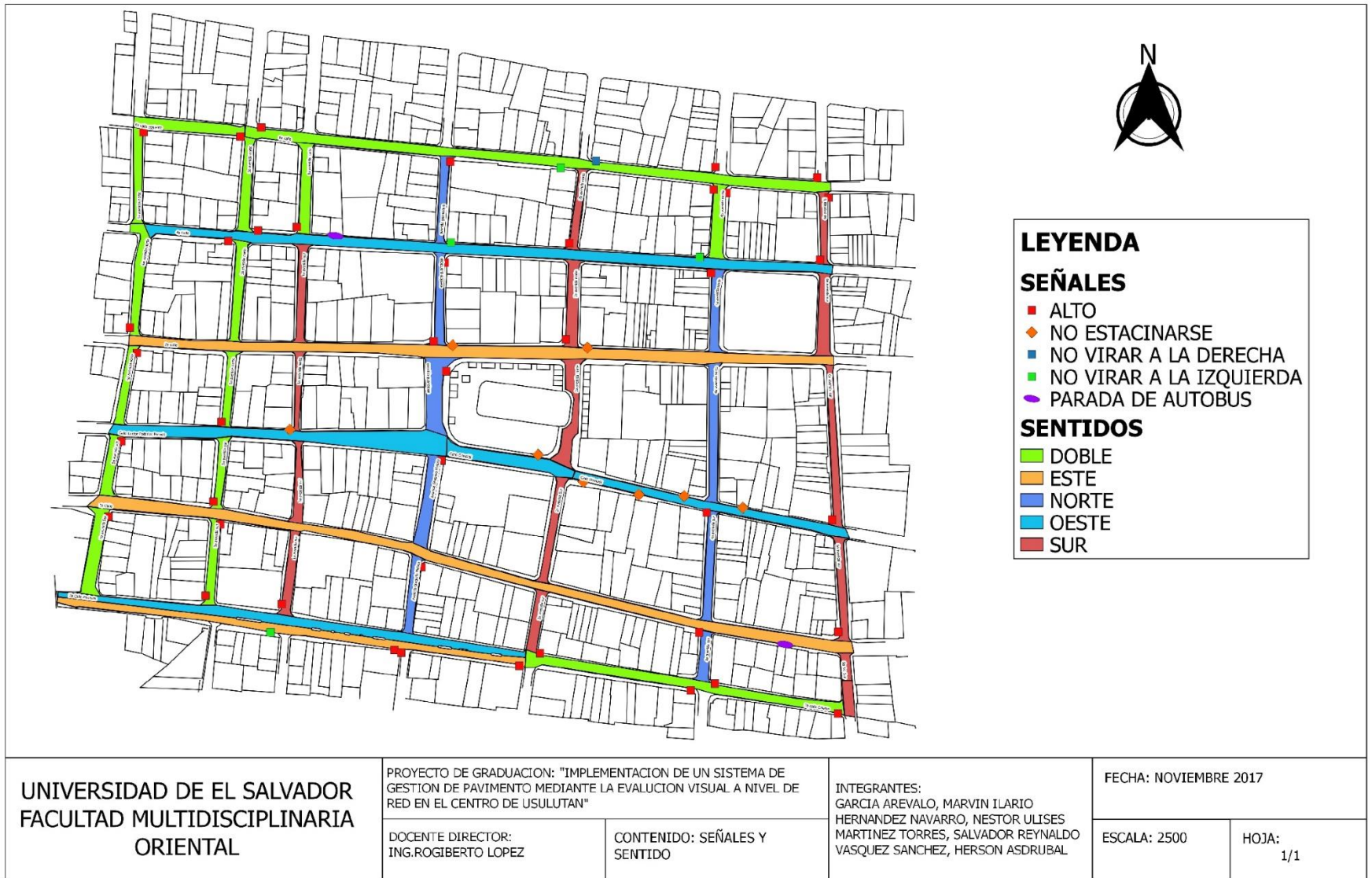
Se realizó un inventario de los elementos existentes en la red vial, anotando la condición y la ubicación en que se encuentran. En éste se incluyen: longitudes, pendientes, anchos de calzada y cuneta, postes de energía, postes de alumbrado, postes telefónicos, señales verticales, tragantes, pozos de aguas negras y lluvias, cámaras de video vigilancia y espesores de pavimento en su caso. En la siguiente tabla se muestra con más detalle.

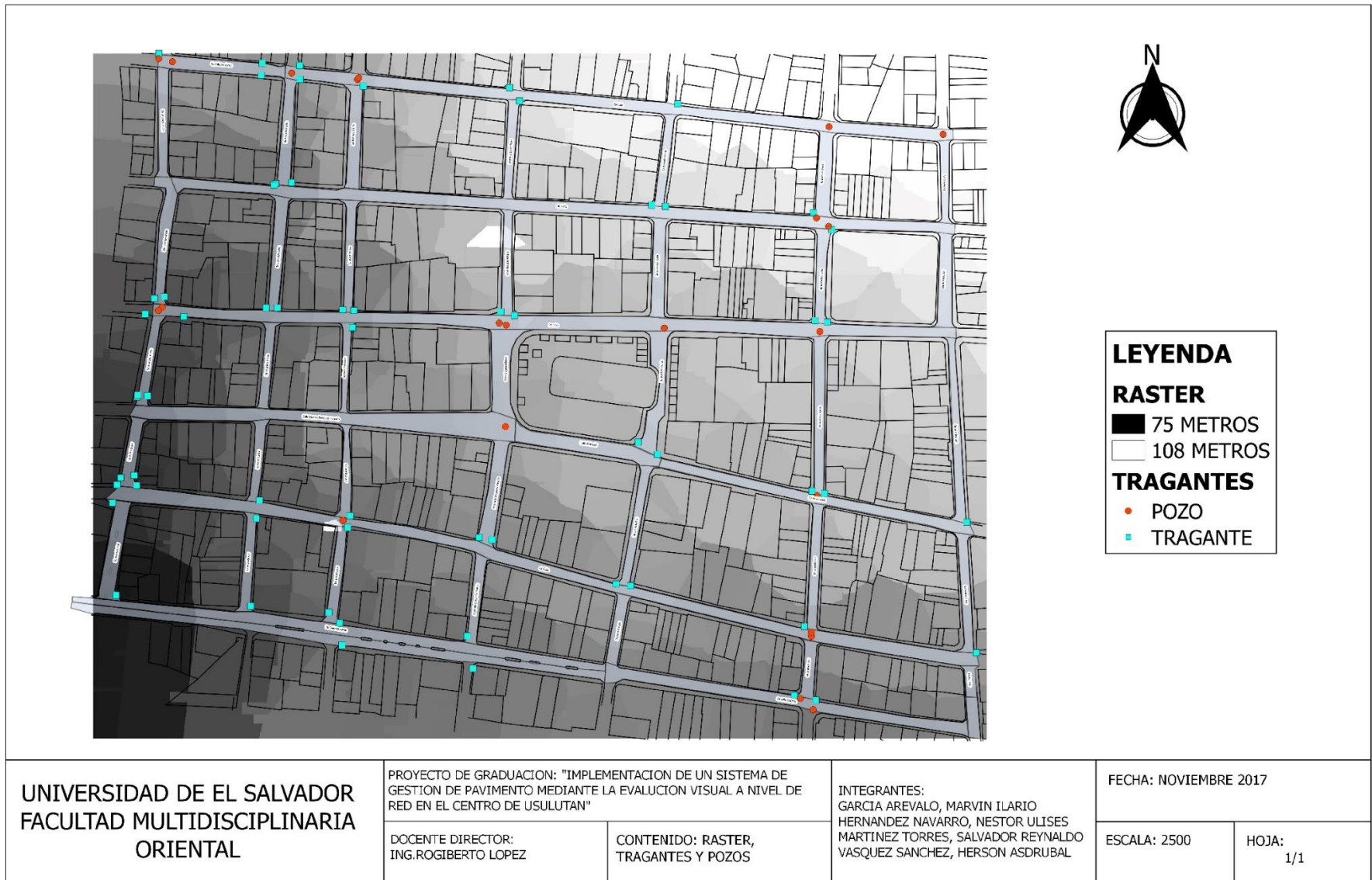
Tabla 26. Inventario total de la red vial en estudio.

DATOS GENERALES DE LA RED EN ESTUDIO		
Descripción	Unidad	Cantidad
Área de incidencia de estudio	Hectáreas	21.03
ancho promedio de acera en calles	m	2.10
ancho promedio de acera en avenidas	m	1.80
ancho promedio de calles	m	8.32
ancho promedio de avenidas	m	7.60
ancho promedio de derecho de vía en calles	m	12.20
Ancho promedio de derecho de vía en ave.	m	11.10
longitud de carretera de asfalto	Km	5.55
longitud de carretera de adoquín	Km	0.20
longitud de carretera de concreto	Km	0.39
Total de postes de energía	unidad	172
Total de postes de alumbrado	unidad	136
Total de postes de Telefónico	unidad	118
total de pozos de aguas negras	unidad	79
total de pozos de aguas lluvias	unidad	78
total tragantes	unidad	64
señal de parada de buses	unidad	3
señal de no estacionar	unidad	8
señal de no virar	unidad	5
señal de alto	unidad	40
señal de zona de carga y descarga	unidad	1
Cámaras de video vigilancia	unidad	3

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.







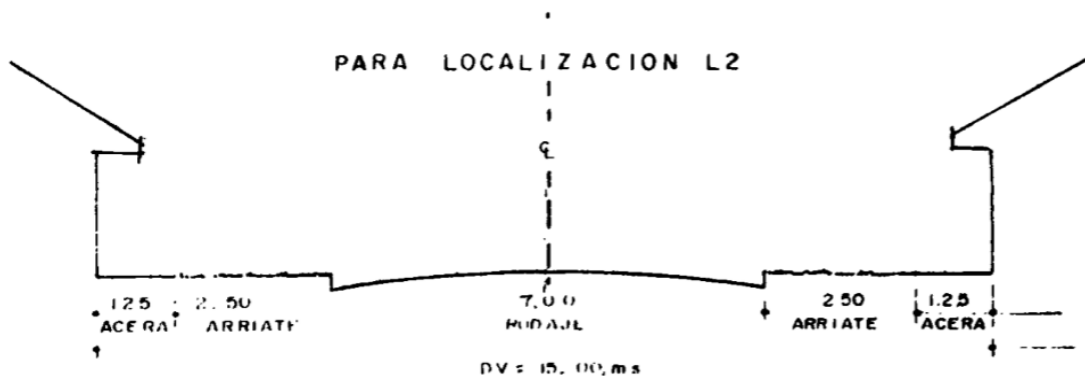


4.1.1. COMPARACIÓN DEL DERECHO DE VIA EXISTENTE CON EL REGLAMENTO DE URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN

El centro de Usulután presenta un serio problema con respecto a los derechos de vía estipulados el reglamento de urbanismo, encontrándose que es difícil poder establecer un derecho de vía uniforme ya que la mayoría de las construcciones antiguas existentes, se ejecutaron de manera desordenada y esto se puede apreciar al comparar las nuevas construcciones que se rigen por la línea de construcción establecidas por la alcaldía municipal cada vez que se presenta un nuevo proyecto de construcción dentro de las áreas urbanas.

Según el reglamento de urbanismo y construcción la red vial en estudio está constituida por una vía de distribución y la mayoría de calles y avenidas son de reparto; así mismo la localización del área en estudio es L2 ya que la población de Usulután es menor a 50000 habitantes, por lo tanto de asume un derecho de vía siguiente:

Figura 41. Sección tipo de carretera para localización 2



Fuente: anexo #3 reglamento de urbanismo y construcción

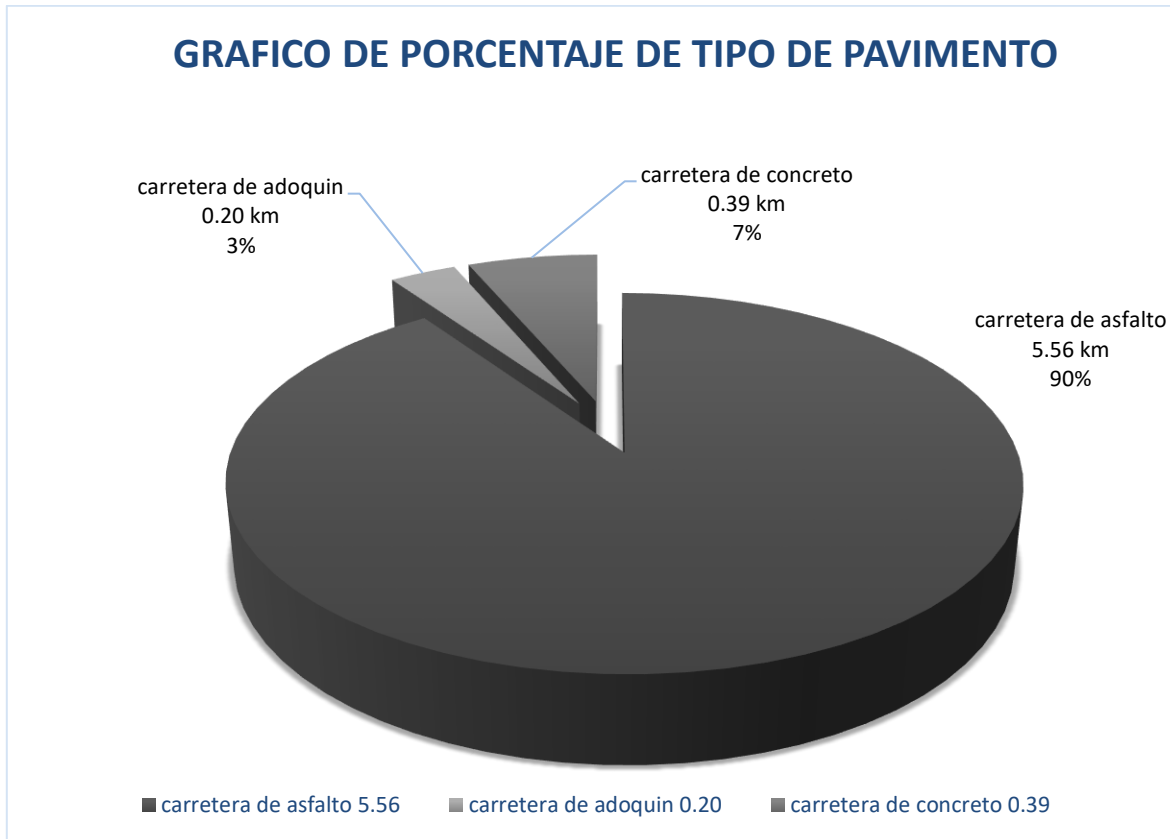
Según esta investigación el ancho promedio de la calzada es de 7m de ancho por tanto se puede decir que si cumple con el reglamento, pero en cuanto a arriate y acera es caso contrario porque debido al crecimiento desordenado de la ciudad n muchos lugares no se ha respetado y es difícil poder transitar para los peatones.



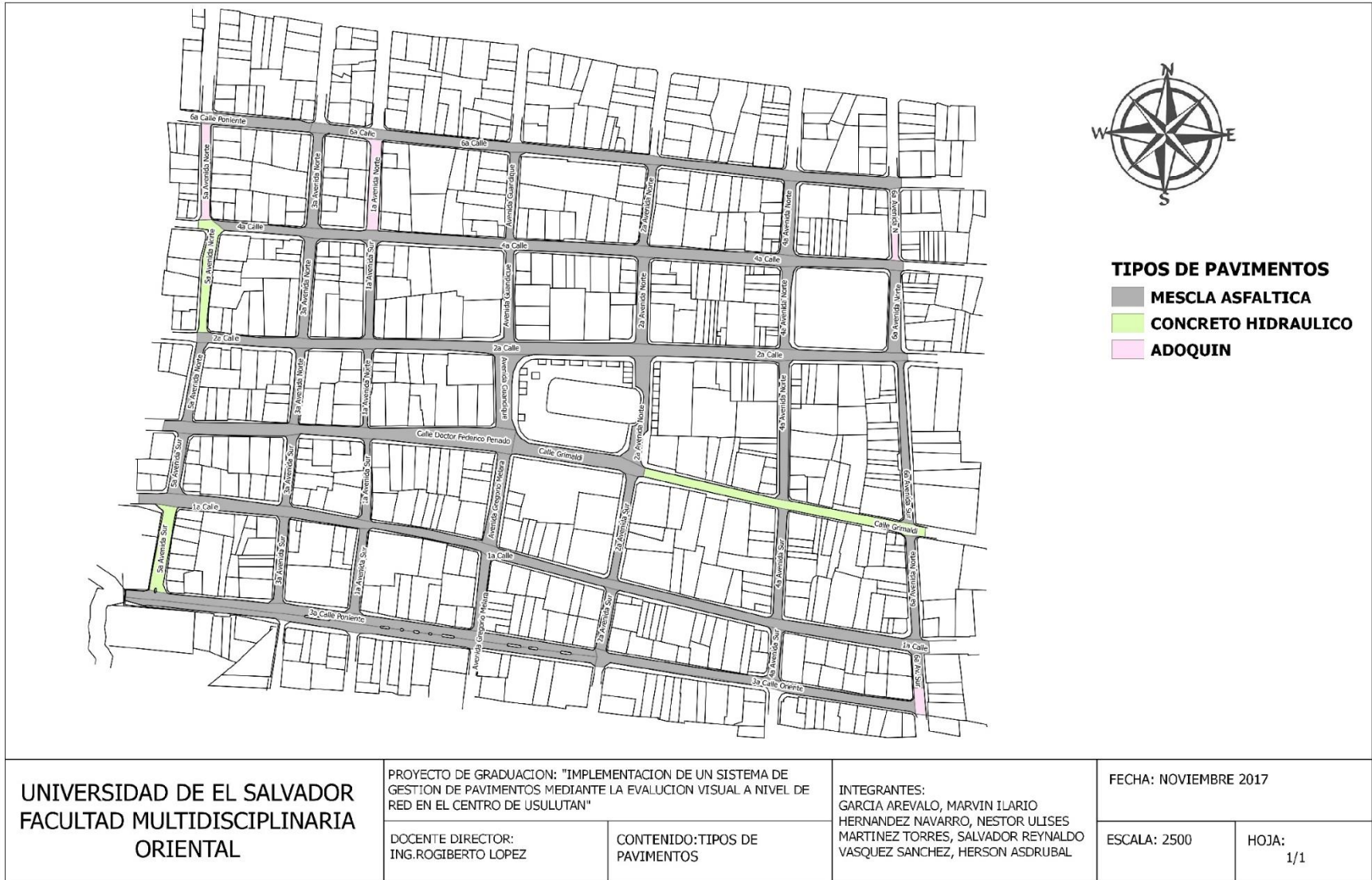
4.1.2. TIPOS DE PAVIMENTOS Y SU PORCENTAJE EN LA RED

Los tres tipos de pavimentos que se encuentran en la red vial en estudio son básicamente adoquín, concreto hidráulico y pavimento asfáltico, siendo este último el predominante en un 90%. El siguiente gráfico lo ilustra de una mejor manera.

Figura 42. Gráfico de porcentaje de tipo de pavimento en la red en estudio.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.





4.1.3. ESTADO DE SEÑALIZACIÓN

Según el levantamiento de señalización realizado la red vial del centro de Usulután únicamente posee cinco tipos de señales verticales las cuales son:

- Parade de buses
- Altos
- No virar a la derecha
- No virar a la izquierda
- Zona de carga
- No estacionar

Determinando que en algunas de las intercepciones carece de señales de altos y los usuarios realizan el procedimiento por rutina pero se considera que para usuarios que desconocen las vías resulta todo un problema, sobre todo en las calles y avenidas de la zona sur específicamente sobre la 3ra calle poniente- oriente, en donde los altos se hacen de oriente a poniente. Además se encuentran señales que por los sentidos de circulación actuales de las avenidas se consideran incoherentes ya que están indicando todo lo contrario de lo que significan y por lo tanto no son funcionales pero si se podrían remover para otras zonas donde sí se requieren.

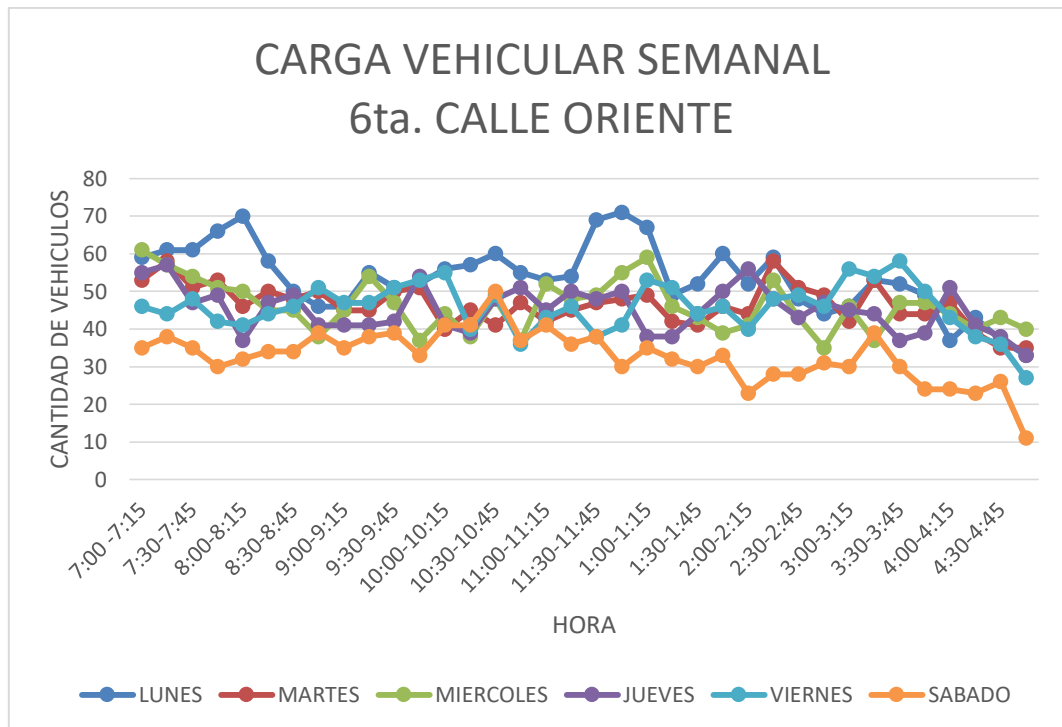
4.2. ANÁLISIS DE TRANSITO

Es importante determinar la cantidad de vehículos que transitan en cada una de calles y avenidas; Para ello, se realiza un conteo vehicular de 7:00 am a 5:00 pm, durante seis días en siete puntos estratégicos representativos de la red en estudio. Los vehículos se separan en auto, pick-up, microbús mediano, bus y C-2. Las motocicletas no se toman en cuenta para el cálculo del tránsito promedio diario (TPD). En las Figuras de la 43 a la 49 se muestra la cantidad de vehículos promedio que pasan por las calles aforadas durante el período de observación.



El grafico de La Figura 43 muestra el flujo vehicular promedio que pasan por la 6ta. Calle oriente durante el período de observación, sobre la cual transitan las rutas del transporte colectivo y particular así como los comerciantes que llegan de la zona norte y poniente de Usulután; teniendo los picos más altos el día lunes representado por la línea de color azul fluctuando de la siguiente manera la carga vehicular crece a partir de las 7:30 am hasta las 8:00 am esto debido a las actividades escolares y entrada de empleados del sector público y privado, luego cae hasta las 9:30 am seguidamente se incrementa hasta las 10:00 am debido al retorno de los comerciantes que visitan el municipio, pero luego cae otra vez y se vuelve a incrementar a la hora del almuerzo luego empieza a caer y se vuelve a incrementar a la hora de las 4:00 pm pero con menor intensidad por la razón que a esa hora es la salida de los empleados pero ya no converge con mucha presencia de comerciantes externos.

Figura 43. Carga vehicular 6ta calle oriente.

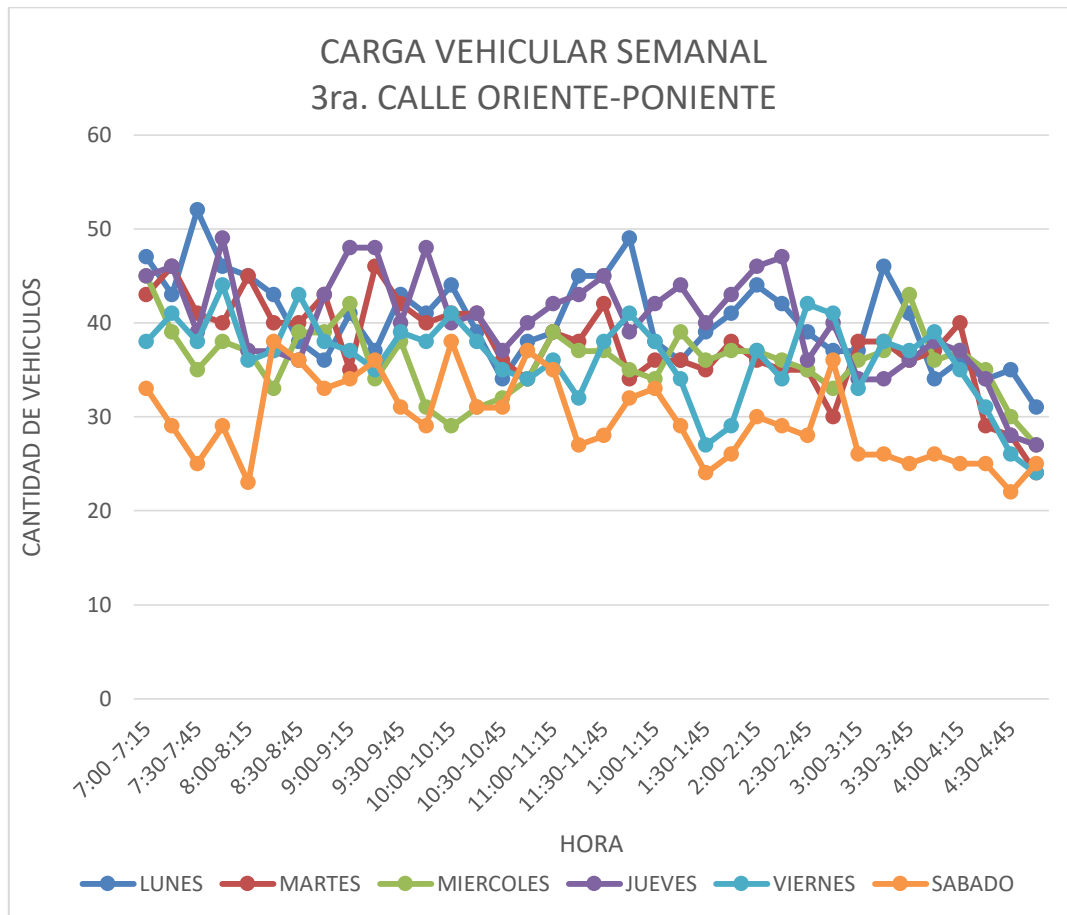


Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El grafico de La Figura 44 muestra el flujo vehicular promedio que pasan por la 3ra. Calle durante el período de observación, sobre la cual transitan vehículos particulares convirtiéndose en una opción para transitar fuera de lo zona comercial del centro de Usulután; teniendo los picos más altos el día lunes representado por la línea de color azul fluctuando de la siguiente manera la carga vehicular crece a partir de las 7:30 am hasta las 8:00 am esto debido a las actividades escolares y entrada de empleados del sector público y privado, luego cae y se incrementa a la hora del almuerzo luego empieza a caer y se vuelve a incrementar a la hora de las 3:15 pm pero con menor intensidad por la razón que a esa hora es la salida de los empleados pero ya no converge con mucha presencia de comerciantes externos.

Figura 44. Carga vehicular 3ra. CALLE ORIENTE-PONIENTE

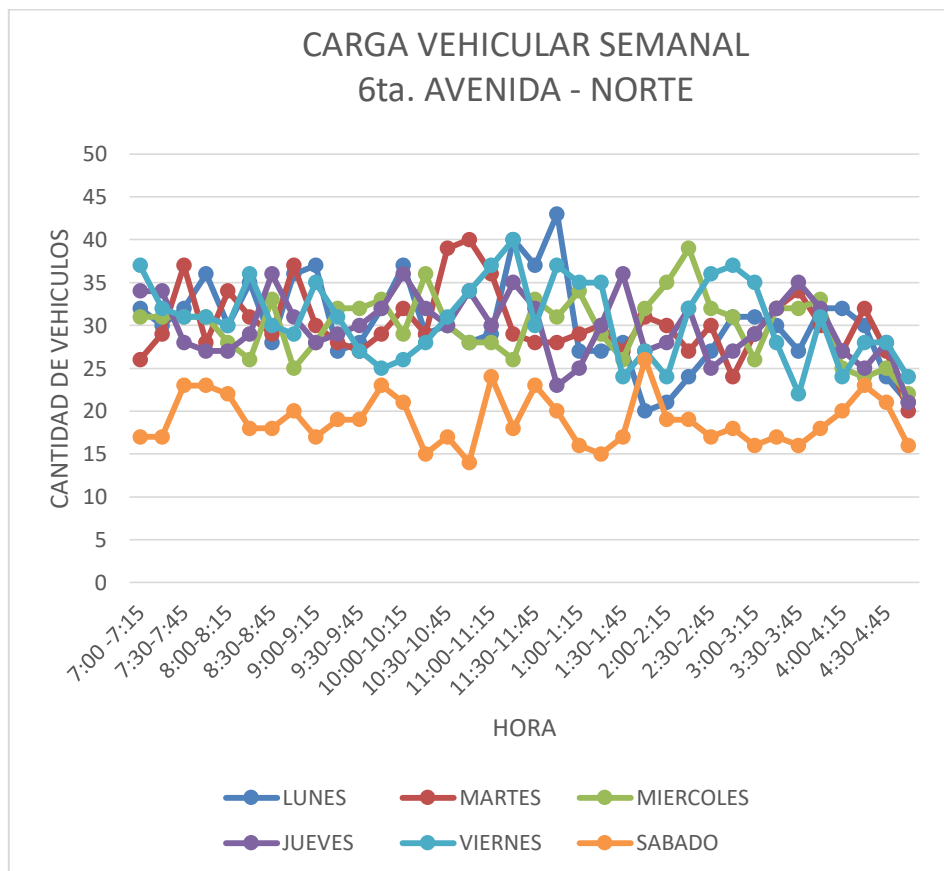


Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El grafico de La Figura 45 muestra el flujo vehicular promedio que pasan por la 6ta. avenida durante el período de observación, sobre la cual transitan vehículos particulares y rutas de transporte público, pasando dentro de la zona comercial del centro de Usulután; teniendo los picos más altos el día lunes representado por la línea de color azul fluctuando de la siguiente manera la carga vehicular crece levemente a partir de las 7:30 am hasta las 8:00 am esto debido a las actividades escolares y entrada de empleados del sector público y privado, luego cae y se incrementa a la hora del almuerzo luego empieza a caer y se vuelve a incrementar a la hora de las 3:15 pm pero con menor intensidad por la razón que a esa hora es la salida de los empleados pero ya no converge con mucha presencia de comerciantes externos.

Figura 45. Carga vehicular 6ta. AVENIDA - NORTE

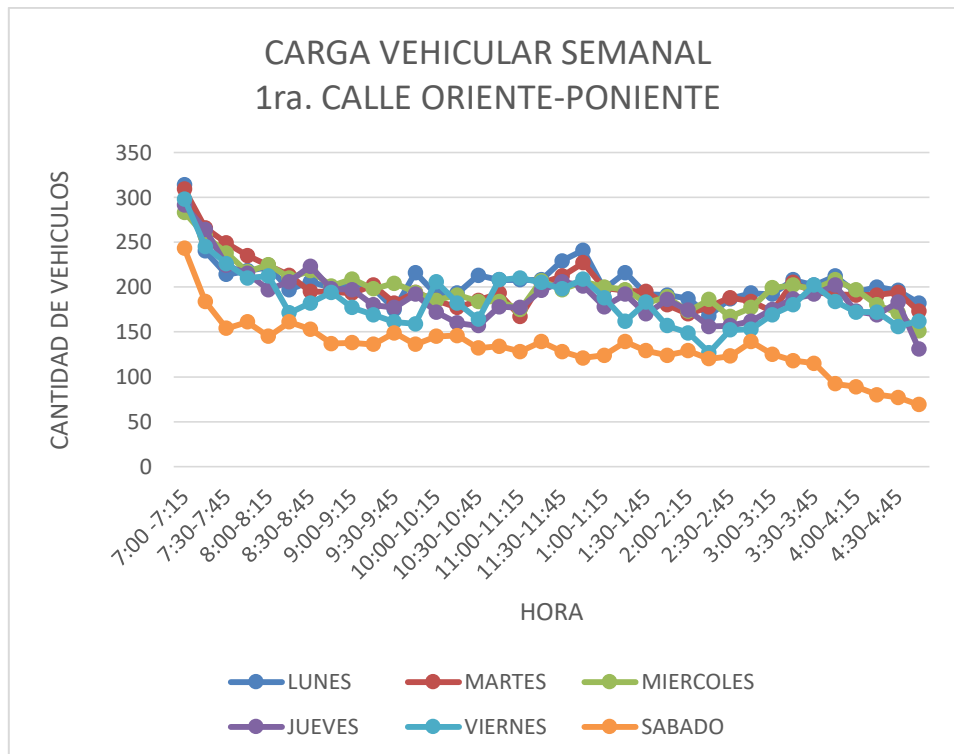


Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El grafico de La Figura 46 muestra el flujo vehicular promedio que pasan por la 1ra. Calle durante el período de observación, sobre la cual transitan vehículos particulares y rutas de transporte público siendo una calle importante dentro del litoral salvadoreño que conecta con san miguel, pasando dentro de la zona comercial del centro de Usulután; teniendo los picos más altos el día lunes representado por la línea de color azul fluctuando de la siguiente manera la carga vehicular crece con gran intensidad a partir de las 6:00 am hasta las 7:15 am esto debido a las actividades escolares y desplazamiento de empleados del sector público y privado hacia el departamento de San Miguel, luego cae y se incrementa a la hora del almuerzo luego empieza a caer y se vuelve a incrementar a la hora de las 3:15 pm pero con menor intensidad por la razón que a esa hora es la salida de los empleados pero ya no converge con mucha presencia de comerciantes externos.

Figura 46. Carga vehicular 1ra. CALLE ORIENTE-PONIENTE

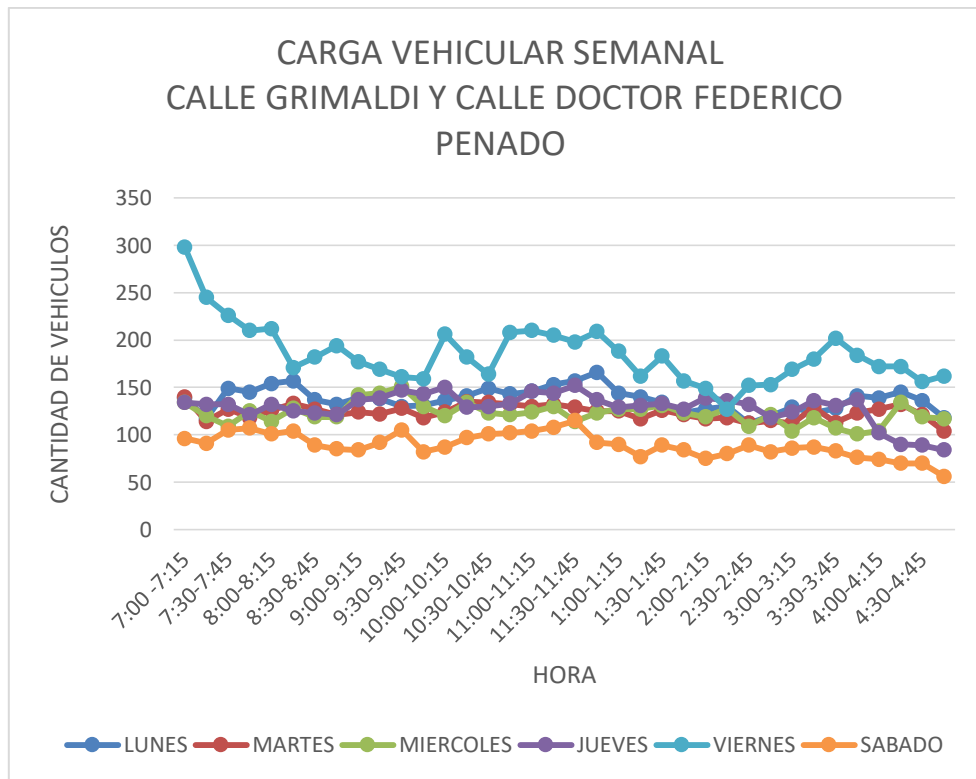


Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El grafico de La Figura 47 muestra el flujo vehicular promedio que pasan por la Calle Grimaldi y calle doctor Federico Penado durante el período de observación, sobre la cual transitan vehículos particulares y rutas de transporte público siendo una calle importante dentro del litoral salvadoreño que conduce hacia ciudad capital, pasando dentro de la zona comercial del centro de Usulután; teniendo los picos más altos el día viernes representado por la línea de color celeste fluctuando de la siguiente manera: la carga vehicular crece con gran intensidad a partir de las 6:00 am hasta las 7:15 am esto debido a las actividades escolares y desplazamiento de empleados del sector público y privado hacia la zona central y occidental del país, luego cae y se incrementa levemente a la hora del almuerzo luego empieza a caer y se vuelve a incrementar a la hora de las 3:15 pm pero con menor intensidad por la razón que a esa hora es la salida de los empleados pero ya no converge con mucha presencia de comerciantes externos.

Figura 47. Carga vehicular CALLE GRIMALDI Y CALLE DOCTOR FEDERICO PENADO

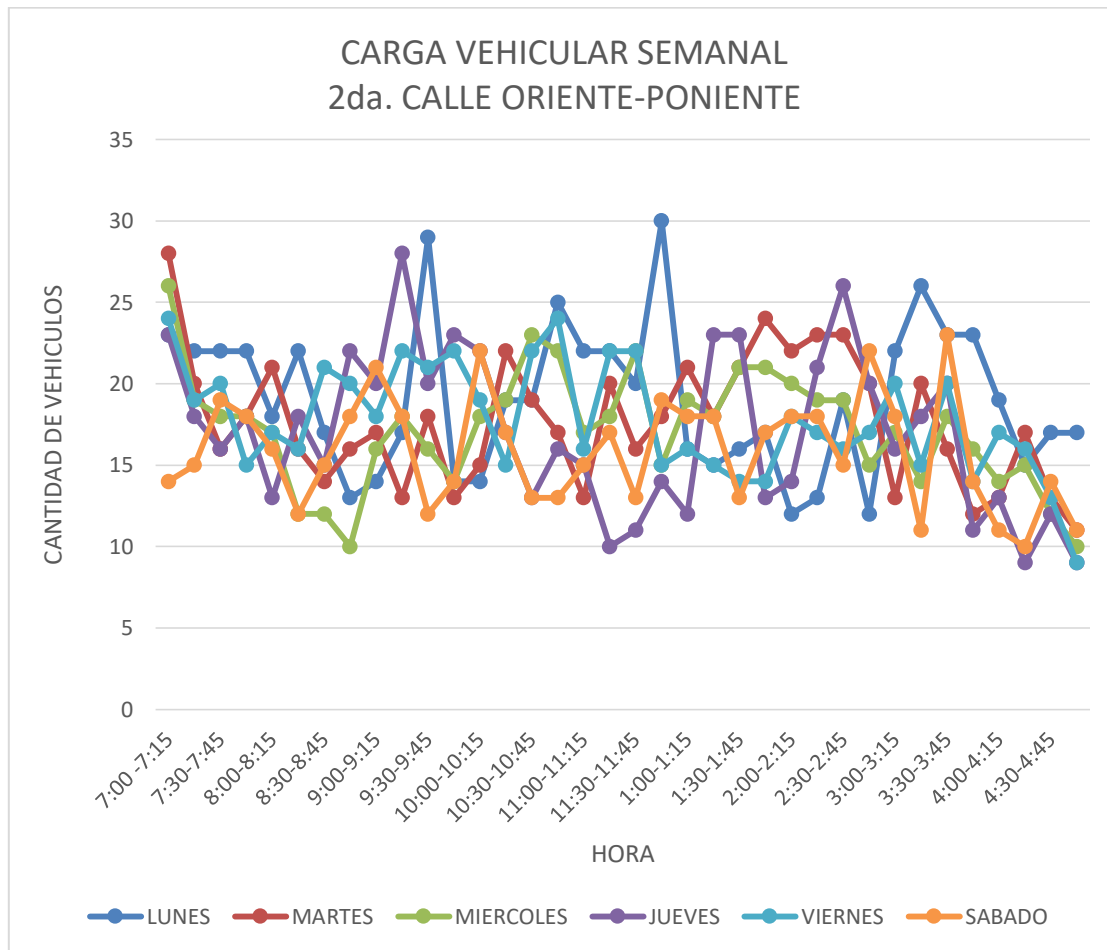


Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El grafico de La Figura 48 muestra el flujo vehicular promedio que pasan por la 2da. durante el período de observación, sobre la cual transitan vehículos particulares siendo una calle que pasa dentro de la zona comercial del centro de Usulután; teniendo los picos más altos el día Martes representado por la línea de color Azul fluctuando de la siguiente manera: la carga vehicular crece con gran intensidad a partir de las 9:15 am hasta las 10:00 am esto debido a las actividades comerciales, luego cae y se incrementa levemente a la hora del almuerzo luego empieza a caer y se vuelve a incrementar a la hora de las 3:15 pm pero con menor intensidad por la razón que a esa hora es la salida de los empleados pero ya no converge con mucha presencia de comerciantes externos.

Figura 48. Carga vehicular 2da. CALLE ORIENTE-PONIENTE

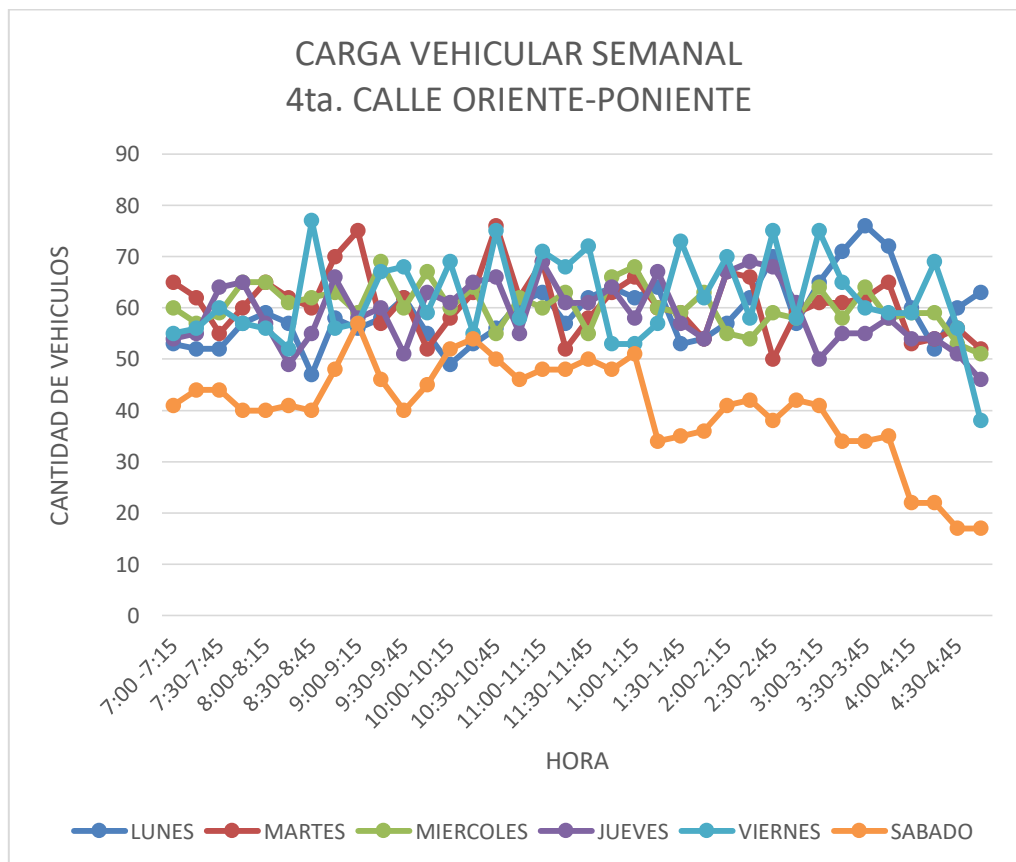


Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El grafico de La Figura 49 muestra el flujo vehicular promedio que pasan por la 4ta. Calle durante el período de observación, sobre la cual transitan vehículos particulares y rutas del transporte público siendo una calle que pasa dentro de la zona comercial del centro de Usulután; teniendo los picos más altos el día viernes representado por la línea de color celeste fluctuando de la siguiente manera: la carga vehicular crece con gran intensidad a partir de las 8:15 am hasta las 9:00 am esto debido a las actividades comerciales, luego cae y se incrementa levemente a la hora del almuerzo luego empieza a caer y se vuelve a incrementar a la hora de las 3:15 pm pero con menor intensidad por la razón que a esa hora es la salida de los empleados pero ya no converge con mucha presencia de comerciantes externos.

Figura 49. Carga vehicular 4ta. CALLE ORIENTE-PONIENTE



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



ANÁLISIS TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE CALLES Y AVENIDAS AFORADAS.

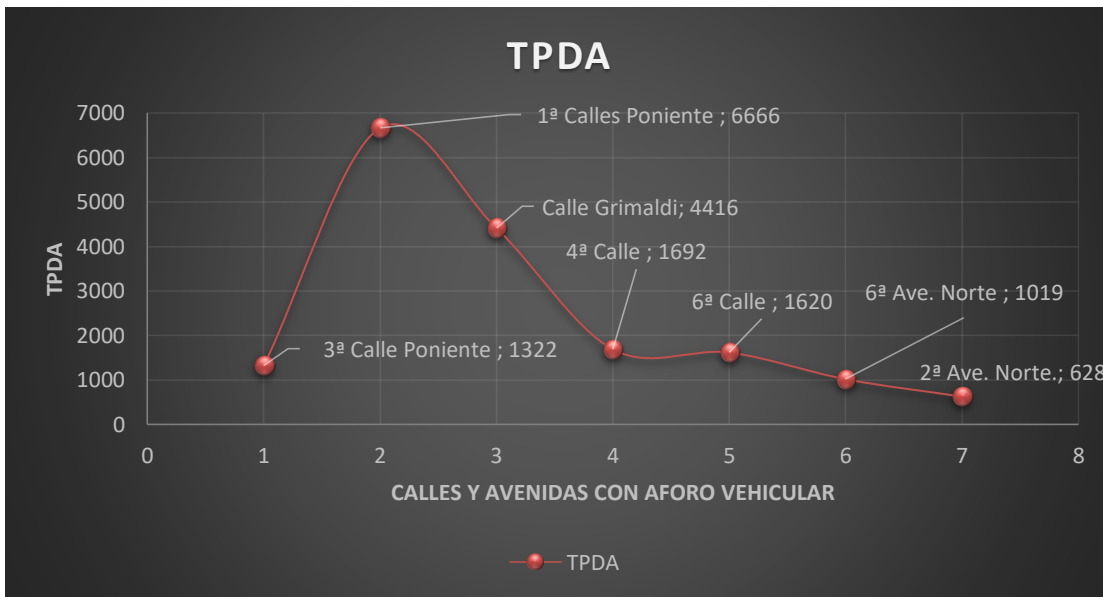
Según la gráfica de aforo vehicular de la figura 50, la 1ra calle poniente es la de mayor TPDA esto se debe a que ahí circula en transporte colectivo, los que se transportan de san salvador entre otros; Mientras q la 2da Ave. Norte es una vía de acceso secundaria por esta razón el TPDA es menor.

Tabla 27. Calles y avenidas con aforo vehicular

calles y avenidas con aforo vehicular	TPDA
3ª Calle Poniente	1322
1ª Calles Poniente	6666
Calle Grimaldi	4416
4ª Calle	1692
6ª Calle	1620
6ª Ave. Norte	1019
2ª Ave. Norte.	628

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

Figura 50. Gráfico de calles y avenidas con aforo vehicular.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



4.2.1. COMPOSICIÓN VEHICULAR

La composición vehicular depende del tipo de usuario que se moviliza y si es parte de una ruta de transporte público. En las Figuras de la 51 hasta la 57 se muestra la distribución del flujo según el tipo de vehículo por calle y avenida aforada, no se consideran camiones de tres, cuatro y cinco ejes, ni tractores porque tienden a ser cero debido a que existe el llamado “bay pass” Usulután por donde transitan los vehículos de carga pesada.

Figura 51. Distribucion de flujo vehicular 6ta. calle

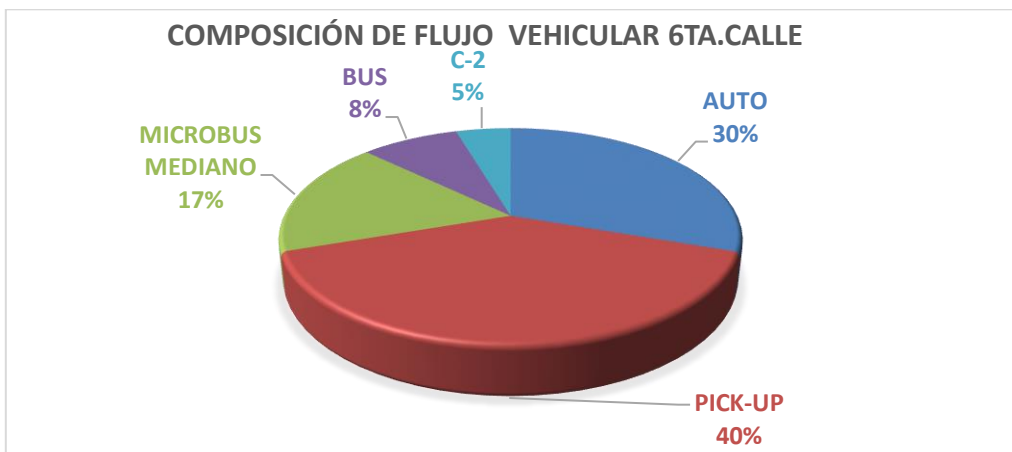


Figura 52. Distribucion de flujo vehicular 3ra. Calle





Figura 53. Distribucion de flujo vehicular 6ta. avenida

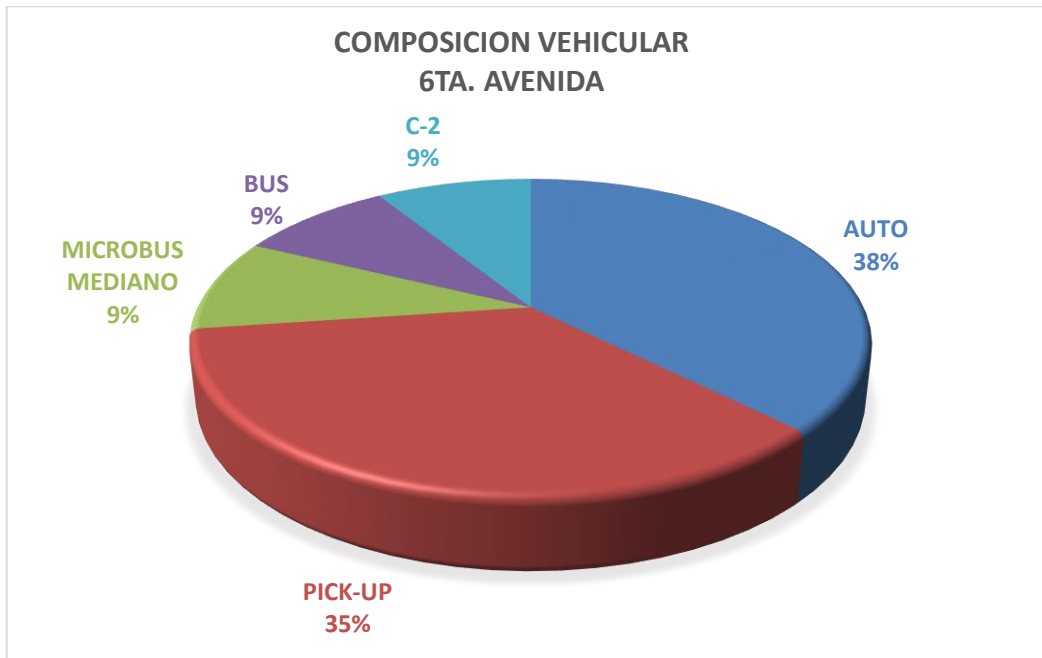


Figura 54. Distribucion de flujo vehicular 1ra. calle

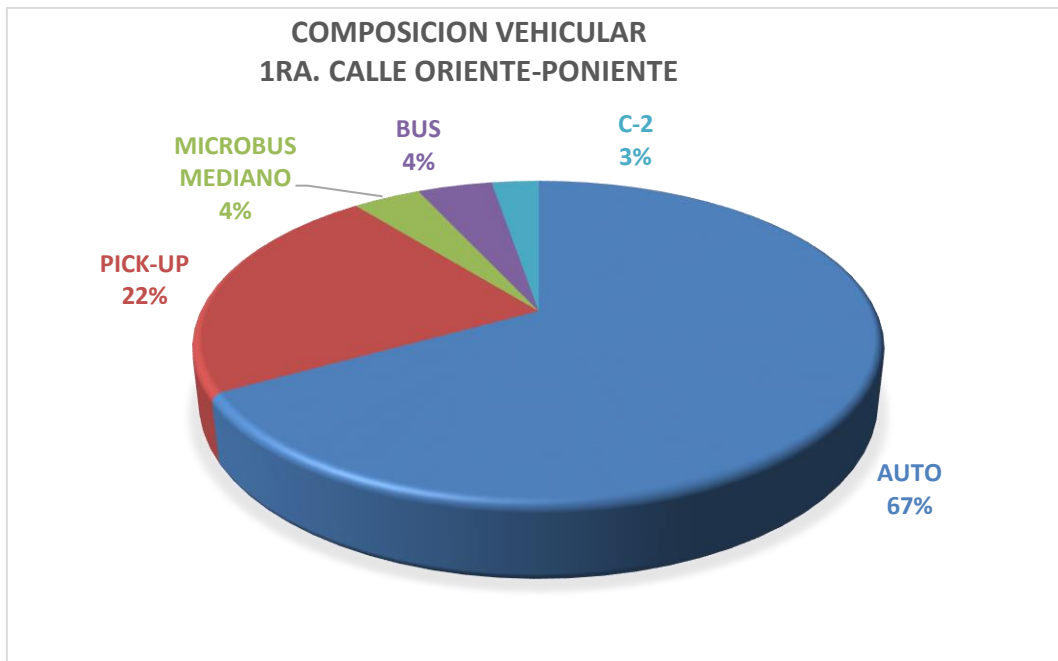




Figura 55. Distribucion de flujo vehicular calle Grimaldi y Doctor Federico Penado.

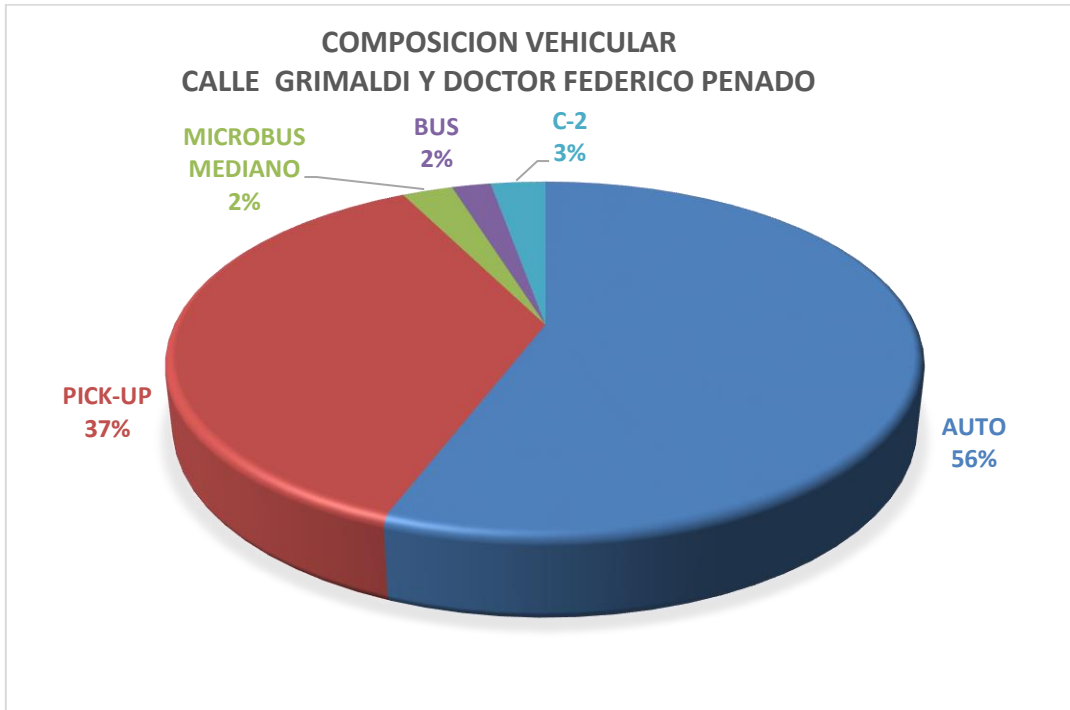


Figura 56. Distribucion de flujo vehicular 2da. calle

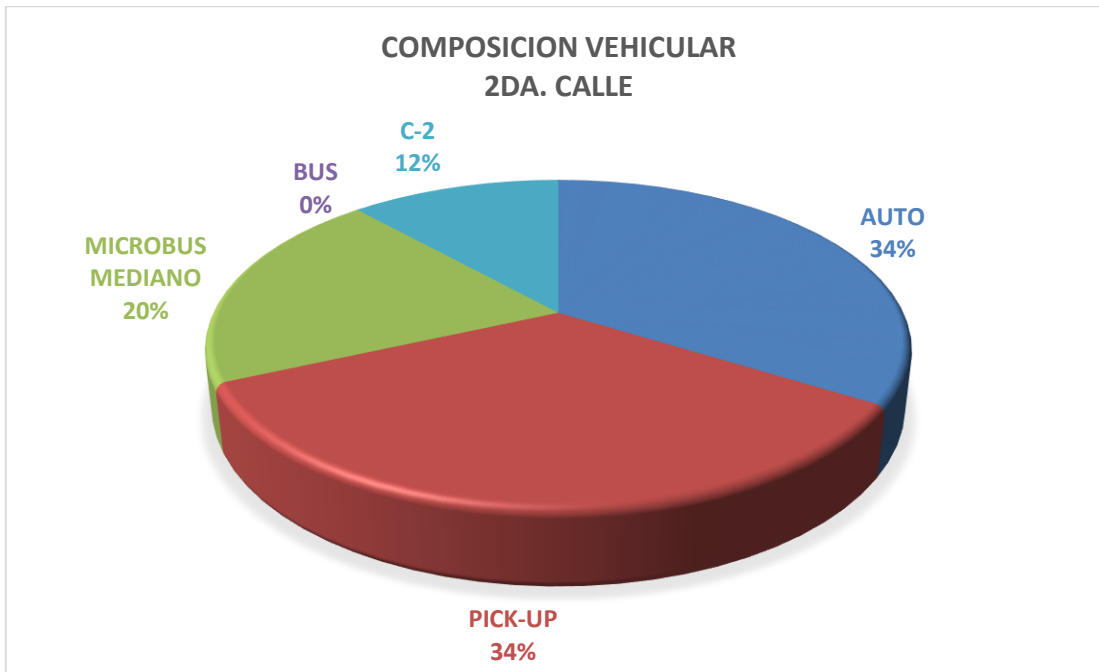
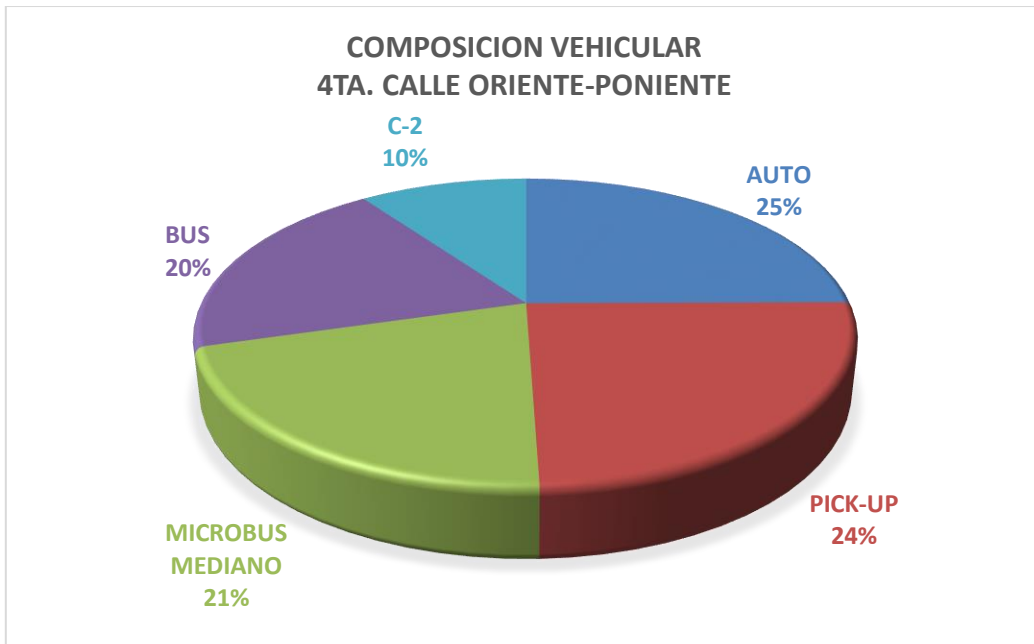
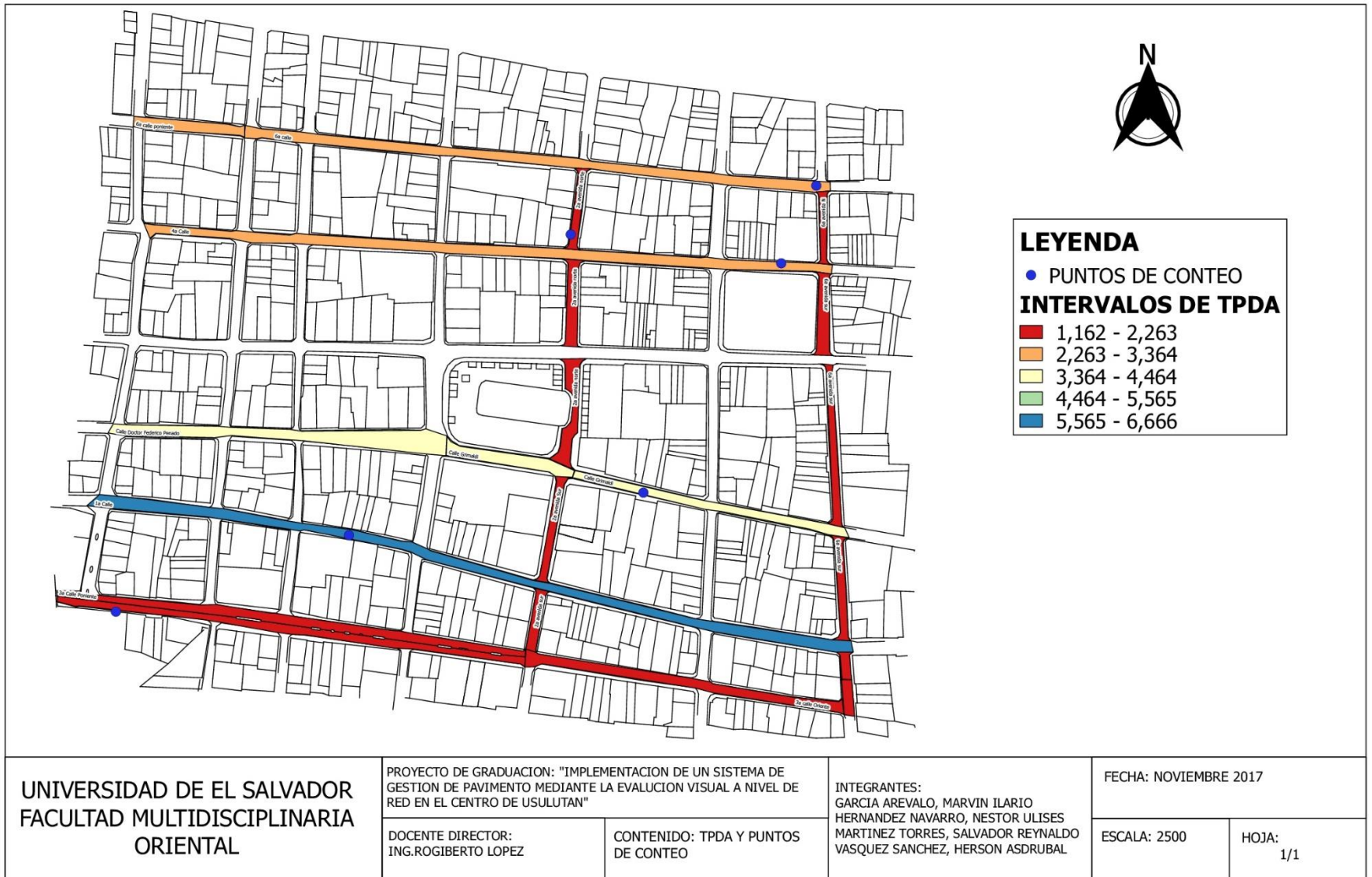




Figura 57. Distribucion de flujo vehicular 4ta. calle



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL	PROYECTO DE GRADUACION: "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTO MEDIANTE LA EVALUACION VISUAL A NIVEL DE RED EN EL CENTRO DE USULUTAN"		FECHA: NOVIEMBRE 2017	
	DOCENTE DIRECTOR: ING.ROGIBERTO LOPEZ	CONTENIDO: TPDA Y PUNTOS DE CONTEO	INTEGRANTES: GARCIA AREVALO, MARVIN ILARIO HERNANDEZ NAVARRO, NESTOR ULISES MARTINEZ TORRES, SALVADOR REYNALDO VASQUEZ SANCHEZ, HERSON ASDRUBAL	ESCALA: 2500



4.2.2. ANÁLISIS DE ZONAS DE PARQUEO

La red vial de Usulután carece de zonas de parqueo público y los escasos espacios de parqueo privado que existen, se encuentran en las afueras de la zona comercial, entonces los usuarios se ven obligados a irrespetar las pocas señales que prohíben estacionarse sobre las calles y avenidas provocando congestión y pérdidas de tiempo y con ello mayor gasto de combustible y agudizan aún más la situación al estacionarse en ambos costados en vías de doble circulación.

Figura 58. Ilustración de congestión vehicular por doble fila de parqueo.



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

ANÁLISIS DE TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

Usulután es caracterizado por tener altas temperaturas que varían desde los 33 hasta los 45 grados centígrados factor que incide mucho en los pavimentos; otro de los factores que deterioran los pavimentos son las lluvias y su drenaje en calles y avenidas el cual está determinado por la existencia de 64 tragantes pero cuando las precipitaciones sobrepasan los niveles normales, resultan insuficientes para



evacuar todas las aguas, teniendo como consecuencia la escorrentía superficial la cual causa inundación en el sector de la 5ta avenida sur en la intersección con la calle doctor Federico Penado y 1ra calle poniente , por lo tanto resultaría necesario la construcción de más cajas de registro para poder llevar las aguas lluvias hasta el río Juana que es el principal cuerpo receptor de todas las aguas lluvias de la red vial en estudio.

4.3. ANÁLISIS DE DETERIORO SUPERFICIAL

DEFICIENCIAS FUNCIONALES

Mediante un estudio de auscultación se determinan los deterioros presentes en el pavimento en cada una de las calles y avenidas y se anotan en la hoja de recolección de datos el tipo de deterioro, el nivel de severidad y la extensión por cada unidad de muestreo. En total, se dividió la red en 40 secciones y se inspeccionaron 138 unidades. Para no hacer extenso el informe, se incluye sólo una de las unidades de muestreo. En la tabla 28 se presentan los datos recolectados en la unidad de muestra número 1 de la sección 14 de la 3ra. Avenida Norte.

De los diecinueve posibles deterioros que puede sufrir un pavimento, se encontraron:

- Piel de Cocodrilo
- Grieta en Bloque
- Abultamiento
- Grietas Longitudinales y Transversales
- Parche
- Hueco
- Desprendimiento de Agregados
- Punzonamiento
- Daño de Sello de Junta
- Pulimiento de Agregados.



Las fotografías de las principales fallas de las unidades de muestra de las rutas se encuentran en el anexo 2.

4.3.1. INTERPRETACIÓN DE VALORES DE PCI

Cada unidad de muestra presenta un deterioro más denso que otros, pero no necesariamente este deterioro es el que más afecta a la estructura, por lo que en los siguientes tablas se presenta el deterioro y valor deducido en cada unidad de muestra.

Tabla 28. Valores de evaluación de pavimento mediante metodología PCI

PCI 01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFALTICA.						
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
SECCION	ABSCISA INICIAL	NOMBRE DE VIA				
14	0+214	3a Ave Norte				
UNIDAD DE MUESTREO	ABSCISA FINAL	AREA DE MUESTREO (M2)				
1	0+252	191.75				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
		01-jun-17				
N	DAÑO	N	DAÑO			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo			
2	Exudación	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de via ferrea			
5	Corrugacion	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabolica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	anchamiento.			
9	Desnivel de carril/berma	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y tralversal.					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES		TOTAL	DENSIDAD(%)	VALOR DEDUCIDO
13	B	0.4		0.4	0.20860495	4
13	M	2	0.56	2.56	1.33507171	34
1	M	5.4		5.4	2.81616688	30
11	M	16		16	8.34419817	28

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



Tabla 29. Tablas de deterioro y valor deducido

SECCIONES	UNIDAD	DAÑO	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
Seccion 1	unidad 1	11	M	0.5	0.5	99.5	95.3125
	unidad 2	-	-	0	0	100	
	unidad 3	-	-	0	0	100	
	unidad 4	-	-	0	0	100	
	unidad 5	11	B	1	1	99	
	unidad 6	-	-	0	0	100	
	unidad 7	13	H	29	29	71	
	unidad 8	-	-	0	0	100	
	unidad 9	3	M	19.5	19.5	79.5	
		11	B	1	1		
	unidad 10	-	-	0	0	100	
	unidad 11	-	-	0	0	100	
	unidad 12	-	-	0	0	100	
	unidad 13	11	H	12	20	77	
		13	B	20	12		
	unidad 14	-	-	0	0	100	
unidad 15	13	M	1	1	99		
unidad 16	-	-	0	0	100		
Seccion 2	unidad 1	3	M	37	37	63	56.97143
	unidad 2	10	M	15	15	85	
	unidad 3	10	B	0.2	0.2	99.8	
	unidad 4	11	M	15	15	83	
		10	B	1	6		
		13	M	6	1		
	unidad 5	1	H	82	82	18	
	unidad 6	1	H	90	90	10	
unidad 7	1	M	60	60	40		
Seccion 3	unidad 1	11	M	45	45	49	
		3	M	6	11		
		13	B	9	9		
		19	M	11	6		
	unidad 2	11	M	49	49	47	
		19	M	18	18		
		3	M	14	14		
	unidad 3	11	M	20	20	80	
	unidad 4	11	M	22	49	48	
		19	H	49	22		
	unidad 5	11	M	42	49	35	
		19	H	49	42		
	unidad 6	19	M	18	20	72	
		3	M	20	18		
unidad 7	19	M	31	31	69		



Implementación de Sistema de Gestión de Pavimento en Usulután

SECCIONES	UNIDAD	DAÑO	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
Seccion 3	unidad 8	13	M	30	31	55	71.88235
		19	M	31	30		
	unidad 9	19	M	18	60	38	
		11	M	60	18		
	unidad 10	11	M	8	8	88	
		3	M	5	7		
		13	M	7	5		
	unidad 11	-	-	0	0	100	
	unidad 12	-	-	0	0	100	
	unidad 13	13	H	21	31	57	
		13	B	31	21		
		11	M	15	15		
	unidad 14	-	-	0	0	100	
	unidad 15	-	-	0	0	100	
unidad 16	11	M	11	11	84		
	13	B	11	11			
unidad 17	-	-	0	0	100		
Seccion 4	unidad 1	13	M	8	38	56	39.5
		3	M	20	20		
		11	M	38	8		
	unidad 2	21	H	49	49	51	
	unidad 3	11	M	30	30	70	
	unidad 4	1	H	71	71	21	
		11	M	39	39		
		3	M	20	20		
	unidad 5	13	B	5	56	42	
		1	M	56	5		
	unidad 6	13	H	39	70	23	
		13	M	8	39		
		1	M	70	8		
	unidad 7	3	H	40	40	60	
	unidad 8	19	H	69	69	15	
		11	M	58	58		
	unidad 9	19	H	69	69	15	
		11	M	58	58		
	unidad 10	19	H	65	65	15	
		11	M	50	50		
		13	M	9	25		
		4	M	25	9		
	unidad 11	3	M	14	60	25	
		11	M	38	38		
		19	H	60	18		
		13	M	5	14		
		4	M	18	5		
unidad 12	13	M	35	35	63		
	4	M	5	5			



SECCIONES	UNIDAD	DAÑO	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES
Seccion 4	unidad 13	11	M	34	49	40
		19	H	49	34	
		13	B	2	2	
	unidad 14	13	B	21	50	47
		19	H	50	21	
	unidad 15	11	M	40	40	40
		13	M	8	40	
1		M	40	8		
unidad 16	13	M	51	51	49	
Seccion 5	unidad 1	19	H	71	80	5
		13	M	80	71	
	unidad 2	13	M	71	78	6
		19	H	78	71	
Seccion 6	unidad 1	1	M	29	29	71
	unidad 2	-	-	0	0	100
	unidad 3	-	-	0	0	100
	unidad 4	13	H	22	22	76
		11	M	5	5	
	unidad 5	13	B	2	3	97
		3	M	3	2	
	unidad 6	13	B	2	9	91
		11	M	9	2	
	unidad 7	7	H	38	38	62
		3	B	1	1	
	unidad 8	3	M	8	8	92
	unidad 9	1	M	40	40	60
	unidad 10	3	M	10	10	90
	unidad 11	3	M	22	22	69
		11	M	20	20	
	unidad 12	13	B	21	21	79
unidad 13	11	M	30	30	70	
unidad 14	13	M	28	28	70	
	11	B	10	10		



SECCIONES	UNIDAD	DAÑO	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
seccion 7	unidad 1	34	H	50	50	50	57.5
	unidad 2	26	B	35	35	65	
seccion 8	unidad 1	11	M	55	55	45	57
	unidad 2	11	M	31	31	69	
seccion 9	unidad 1	3	M	20	50	46	46
		13	M	50	20		
		13	H	5	5		
	19	B	1	1	46		
	unidad 2	3	M	22		35	
		11	M	28		28	
13		H	35	22			
seccion 10	unidad 1	26	M	40	40	60	63
	unidad 2	26	M	18	25	66	
34		H	25	18			
seccion 11	unidad 1	11	M	40	40	55	45
		3	M	20.5	20.5		
	unidad 2	11	H	65	65	35	
seccion 12	unidad 1	-	-	0	0	100	90.5
	unidad 2	1	M	10	16	81	
		11	B	16	10		
seccion 13	unidad 1	1	H	80	80	18	22
		13	B	23	23		
	unidad 2	1	H	77	77	26	
		13	B	8	20		
		11	M	20	8		
seccion 14	unidad 1	13	B	4	34	40	45.5
		13	M	34	30		
		1	M	30	28		
		11	M	28	4		
	unidad 2	11	B	5	49	51	
		1	M	49	15		
13	M	15	5				
seccion 15	unidad 1	13	B	8	8	92	96
	unidad 2	-	-	0	0	100	
seccion 16	unidad 1	11	B	9	9	89	84.5
		3	B	2	2		
	unidad 2	11	B	20	20	80	
seccion 17	unidad 1	-	-	0	0	100	100
	unidad 2	-	-	0	0	100	
seccion 18	unidad 1	11	H	70	70	30	37.5
	unidad 2	11	M	29	45	45	
		13	B	1	29		
		13	H	45	10		
		12	M	10	1		



SECCIONES	UNIDAD	DAÑO	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
seccion 19	unidad 1	1	B	6	6	94	97
	unidad 2	-	-	0	0	100	
seccion 20	unidad 1	-	-	0	0	100	84
	unidad 2	11	M	15	28	68	
seccion 21	unidad 1	11	M	15	24	62	46.5
		12	H	24	20		
		3	M	20	15		
	unidad 2	11	M	22	69	31	
		12	H	69	22		
		10	B	2	2		
seccion 22	unidad 1	-	-	0	0	100	100
	unidad 2	-	-	0	0	100	
seccion 23	unidad 1	3	B	15	58	20	17
		13	H	58	48		
		11	M	48	23		
		12	M	23	15		
	unidad 2	11	M	10	86	14	
		1	H	31	31		
		13	H	86	18		
		12	M	18	10		
seccion 24	unidad 1	12	H	35	50	39	19.5
		13	H	50	35		
	unidad 2	1	H	80	80	0	
		11	H	75	75		
		13	H	41	54		
		12	H	54	41		
seccion 25	unidad 1	1	B	23	23	77	68.5
	unidad 2	3	M	4	38	60	
		1	H	38	4		
seccion 26	unidad 1	11	H	100	100	0	0
		1	H	79	79		
	unidad 2	19	H	70	70	0	
		1	H	52	58		
seccion 27	unidad 1	11	h	58	52	73	65
		12	H	27	27		
	unidad 2	13	H	30	32	57	
		11	B	5	30		
seccion 28	unidad 1	1	H	32	5	77	76.5
		12	M	19	19		
		13	M	11	11		
	unidad 2	13	B	5	5	76	
		12	M	14	16		
		11	B	16	14		
		13	B	10	10		



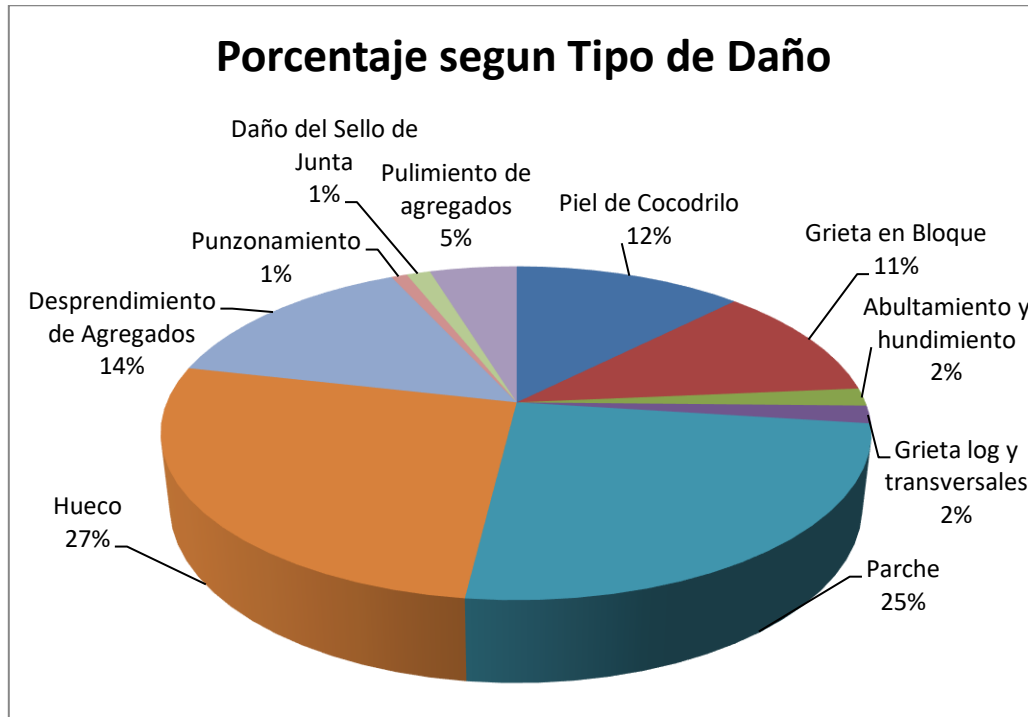
SECCIONES	UNIDAD	DAÑO	SEVERIDAD	VALOR DEDUCIDO	VALOR DEDUCIDO ORDENADO	PCI DE UNIDADES	PCI
seccion 29	unidad 1	11	M	10	30	70	67
		12	M	30	10		
		13	M	8	8		
	unidad 2	11	M	36	36	64	
seccion 30	unidad 1	11	B	5	5	95	97.5
	unidad 2	-	-	0	0	100	
seccion 31	unidad 1	13	H	35	35	59	65
		13	B	20	20		
	unidad 2	3	H	4	27	71	
		11	H	27	4		
seccion 32	unidad 1	13	H	34	34	51	30
		13	B	33	33		
	unidad 2	1	M	37	62	9	
		19	H	62	57		
		13	H	57	37		
seccion 33	unidad 1	4	H	72	72	26	46
		1	B	10	10		
	unidad 2	13	B	34	34	66	
seccion 34	unidad 1	13	B	7	82	14	57
		1	B	13	13		
		11	H	82	7		
	unidad 2	-	-	0	0	100	
seccion 35	unidad 1	7	M	20	20	80	80
seccion 36	unidad 1	11	M	13	50	46	29.667
		13	H	20	20		
		1	M	50	13		
	unidad 2	1	M	45	45	43	
		13	M	34	34		
	unidad 3	13	M	98	98	0	
seccion 37	unidad 1	1	M	48	90	10	41.333
		13	M	90	48		
		-	-	0	0		
	unidad 2	3	M	19	40	53	
		19	M	40	19		
		11	M	9	9		
		13	M	5	5		
	unidad 3	13	M	8	35	61	
		19	M	35	15		
3		M	15	8			
seccion 38	unidad 1	13	B	30	64	33	36
		19	H	64	30		
	unidad 2	13	M	51	51	39	
		3	M	18	26		
		19	M	26	18		

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El área de estudio presenta muchos daños, algunos con mayor densidad que otras. En el siguiente gráfico se presenta las fallas de la red en estudio y su porcentaje, respecto al total de fallas presentes.

Figura 59. PORCENTAJE DE TIPOS DE DAÑOS ENCONTRADOS



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

Como se observa en el gráfico, el daño que más está presente en las diferentes vial del área en estudio es el Hueco o Bache representando el 27% de las fallas; seguido del 25% correspondiente a los parches, juntos representados más del 50% de los daños. Cabe destacar que los huecos o baches son el peor daño que pueden presentar un pavimento, ya que se ponen en exposición las capas inferiores, dejándolas vulnerables a los factores climáticos y de carga que pueden empeorar su situación.

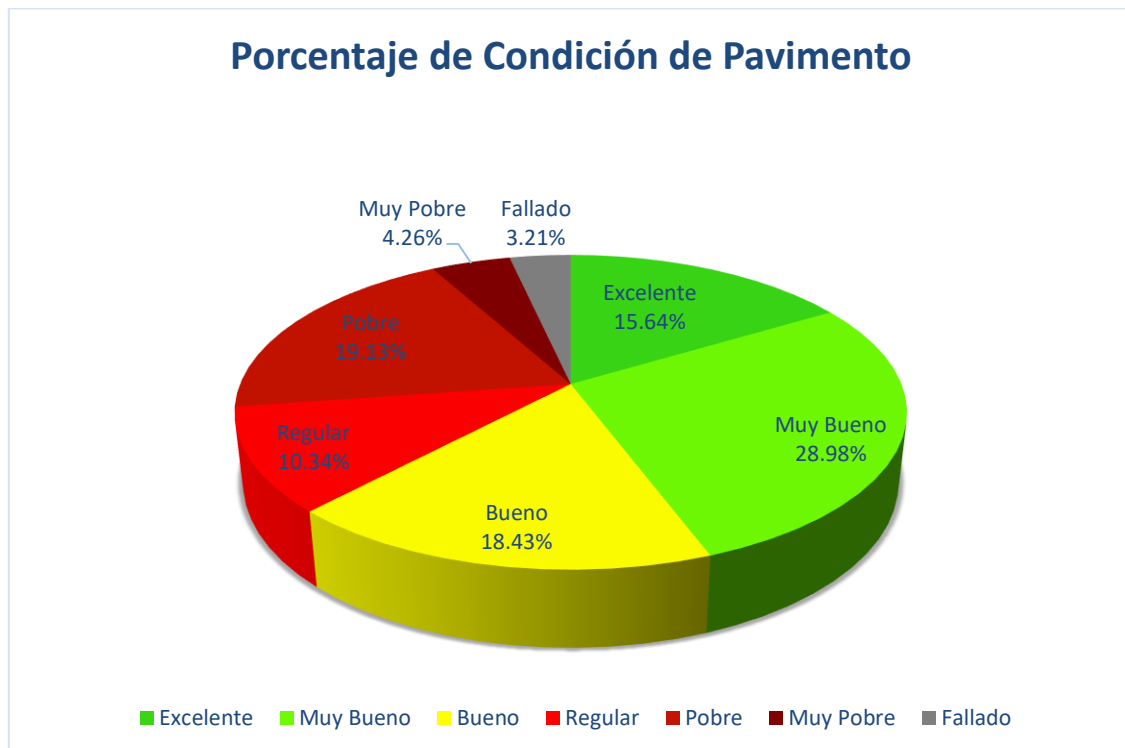


Luego en un segundo grupo están presentes con el 14% Desprendimiento de Agregados, 12% piel de cocodrilo, 5% pulimiento de agregados y 11% Grietas en bloque; representando más del 40%. Estos 4 tipos de daños son propensos a convertirse en hueco o bache.

En lo correspondiente al Punzonamiento y Daño de sello de juntas son juntas apenas el 2%, esto es porque ese tipo de fallas son correspondiente a pavimentos de concreto hidráulico, de los cuales representas apenas un 7% de todo el pavimento en estudio.

El índice de condición de pavimento es un método usado para obtener las condiciones del pavimento en forma superficial, que nos presenta datos reales con los que los usuarios de deben enfrentar cada día al transitar por la vial. En el siguiente grafico se presenta en porcentaje de las condiciones del pavimento.

Figura 60. Porcentaje de condición de pavimento



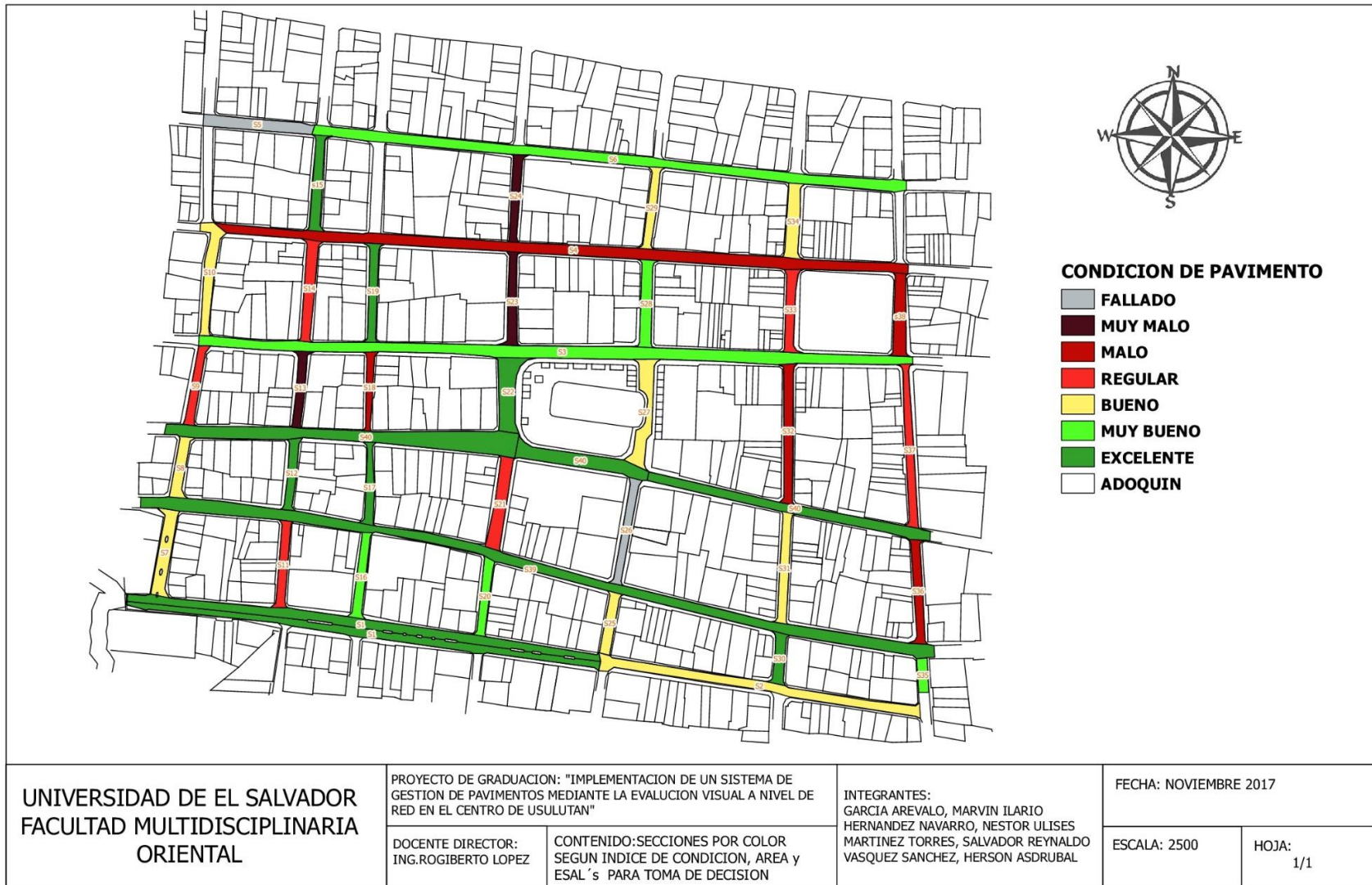
Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



Se puede observar como más del 40% de los pavimentos presenta condiciones excelente o muy buenas. Cerca del 30% de los pavimentos están en una zona intermedia donde sus condiciones son buenas o regulares pero que están propensas a caer a condiciones peores.

Alrededor del 27% de los pavimentos presentan condiciones pobres, muy pobres y falladas; estos pavimentos ocasionan pérdidas económicas, incremento del tiempo de viaje y bajo confort.

En el siguiente plano se detallan la información sobre el valor de PCI en las diferentes Secciones.

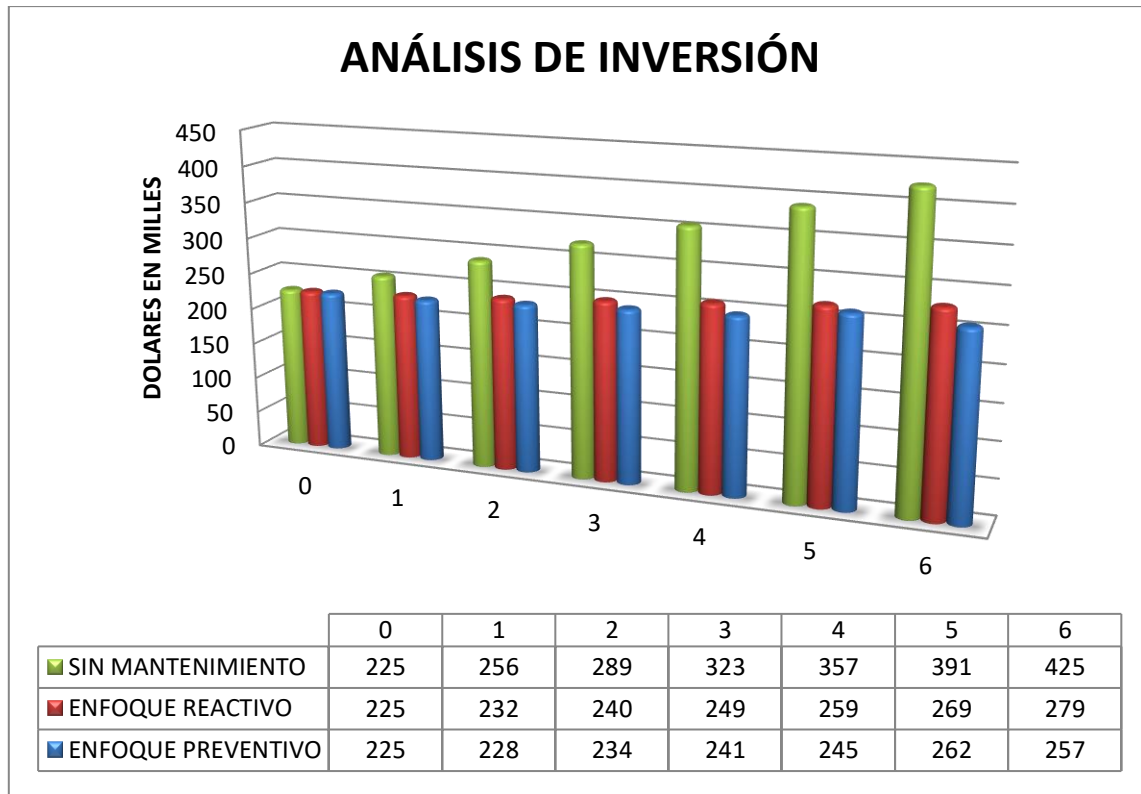




4.4. ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO E INVERSIÓN.

Los estudios de costo, aplicación de modelo e inversión, dan una información muy importante que permite anticipar y saber cuál es la mejor forma de invertir el poco dinero que se utiliza para mantenimiento de las vías en estudio.

Figura 61. Análisis de inversión



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

El costo de reparaciones en el año cero o año de levantamiento de información es de \$225 mil y al transcurrir seis años el valor aumenta hasta \$425 mil; al abandonar la vía y no hacerle ningún tipo de mantenimiento se genera un incremento de \$200 mil en el transcurso de seis años.

Al aplicar el mantenimiento valorado en \$25 mil anuales, los costos de reparación para el año seis son de \$279 mil no obteniendo una reducción del costo inicial de



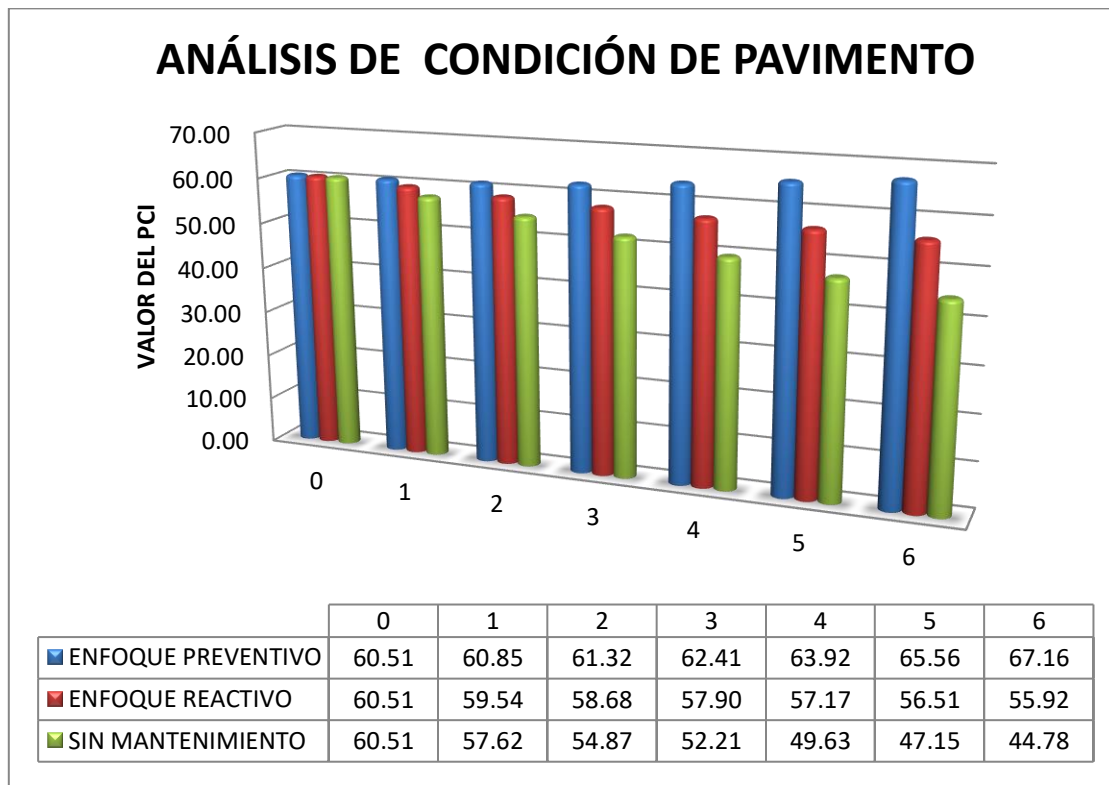
reparación pero si reduciendo en gran medida los costó que se generarían sino se realiza el mantenimiento.

Aplicando enfoque preventivo con la misma inversión que el enfoque reactivo se puede observar cómo se obtiene un costo por reparación en el años seis de \$257 mil, obteniendo un reducción de \$168 mil del costo generados por no darle mantenimiento a la calle.

Así al aplicar un enfoque preventivo se obtiene un ahorro de \$22 mil dólares en relación a enfoque reactivo.

Al aplicar el modelo también encuentra otra variable que se ve afectada por la inversión que es el Índice de Condición de Pavimentos (PCI). El PCI es el indicar de como los usuarios perciben las vías; mientras mayor sea el PCI en mejores condiciones se encontrara la vía.

Figura 62. Análisis de condición de pavimento



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



El valor del PCI para el año cero o año de levantamiento de información es de 60.21 colocando el PCI de red vial en estudio en una condición “Buena”; al transcurrir seis años el valor disminuye a 44.78 dejando la vía en un clasificación de regular; al abandonar la vía y no hacerle ningún tipo de mantenimiento se genera una disminución de 15.73 en el trascurso de seis años.

Al aplicar el mantenimiento valorado en \$25 mil anuales, la condición de PCI disminuye hasta llegar a un valor de 55.92 manteniendo la vía en la clasificación de “Buena” pero a decimas de pasar a categoría regular.

Aplicando enfoque preventivo con la misma inversión que el enfoque reactivo se puede analizar cómo se obtiene un valor de PCI de 67.16 manteniendo la categoría pero elevando el PCI de la condición inicial.

También se aprecia que invirtiendo con un enfoque preventivo no solo se reducen los costos de reparación, si no también elevan la condición de pavimento; aplicado siempre la misma cantidad de dinero.



CAPITULO 5: PROPUESTA



5.1. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA RED VIAL DE USULUTÁN.

La propuesta se ha concebido para la aplicación en la red vial en estudio del centro de Usulután, que tiene una longitud de 6.15 km, como un sistema de gestión de pavimentos y podrá ser implantada en vías, que tengan similares características.

El Sistema de Gestión de pavimentos, permitirá a los administradores viales, particulares o públicos, realizar inventarios, evaluaciones y mediciones de las características actuales de los distintos elementos constitutivos de la carretera, utilizando técnicas y equipos recomendados, para obtener una base de datos confiables y poder ejecutar planes de mantenimiento, para conservar la vía en óptimas condiciones.

La reducción en los costos operacionales de los vehículos y de mantenimiento vial se puede establecer mediante dos escenarios, el primero sin ninguna intervención realizada y el segundo aplicando la intervención programada, en el cual, se establecerá los beneficios de la aplicación del sistema de gestión de pavimentos.

Se va a realizar este ejemplo simplificado para mostrar la aplicabilidad del SGP propuesto y su potencialidad como método que mejore la condición de los pavimentos en la localidad y la optimización de los recursos disponibles.

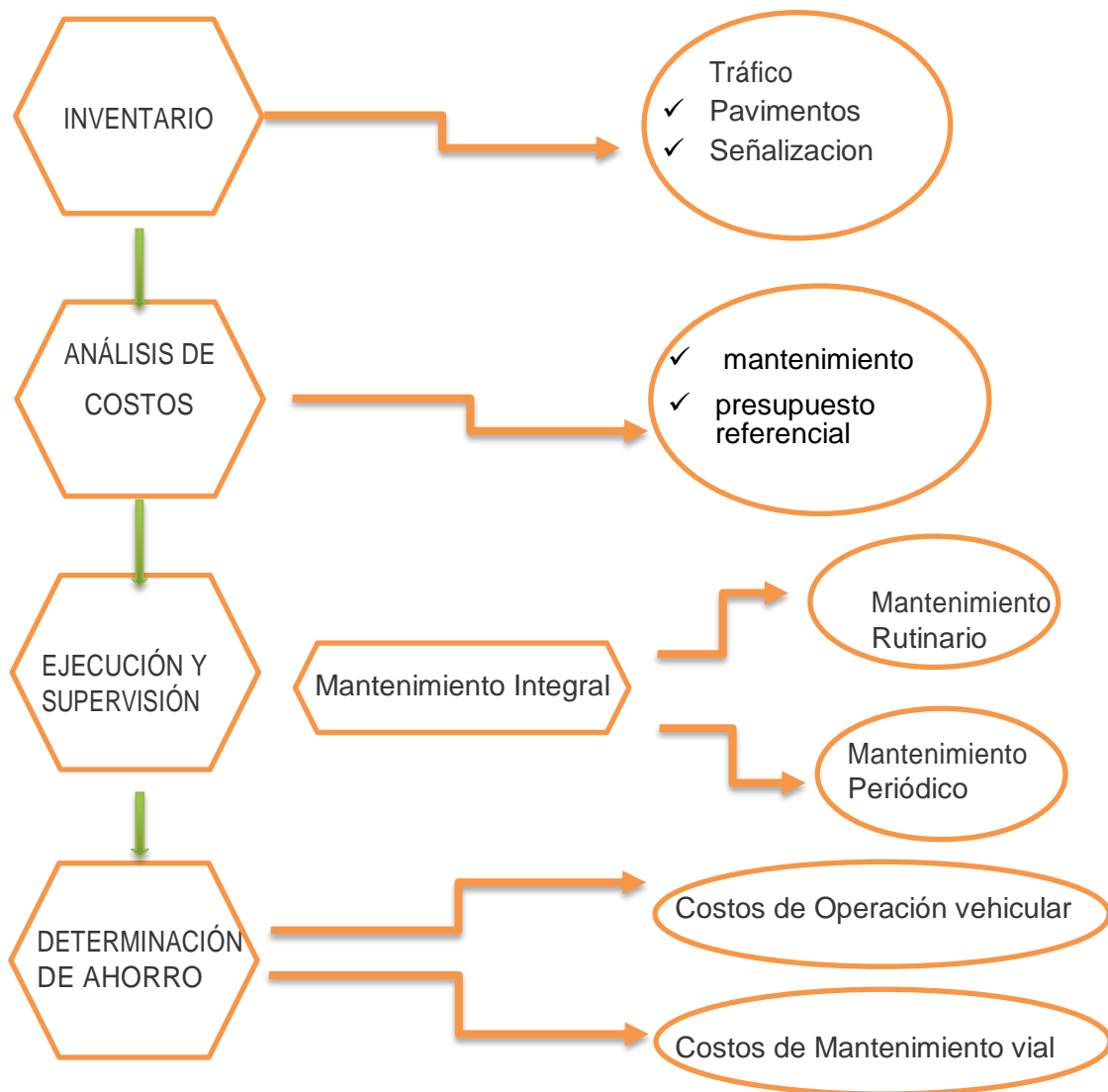


5.2. MAPA CONCEPTUAL PARA LA APLICACION DE LA PROPUESTA.

En esta parte de la propuesta indicaremos las fases que deberá seguir el Modelo de Gestión de pavimentos.

ESQUEMA DEL MODELO DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Figura 63. Modelo de sistema de gestión de pavimentos



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



5.3. INVENTARIO

Inventario Para mostrar un ejemplo simplificado se van a indicar las siguientes condiciones: Longitud y Ancho de vía. Se han encontrado pavimentos flexibles, rígidos, y compuestos, con diversas clasificaciones (arteriales, colectoras, locales), e internacionales. Para este análisis, se procederá a seccionar las calles y avenidas de acuerdo a condiciones de similitud.

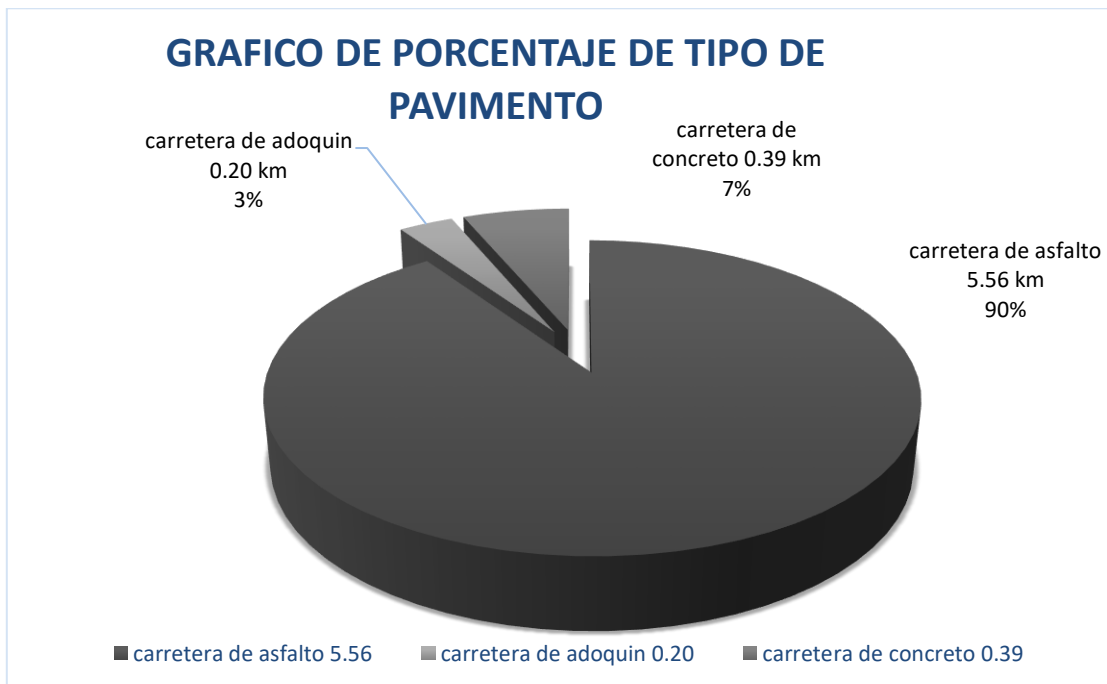
5.3.1. TIPOS DE PAVIMENTOS EXISTENTES

Tabla 30. Porcentaje de pavimento

porcentaje de tipos de pavimento	longitud (km)	%
carretera de asfalto	5.56	0.90
carretera de adoquín	0.20	0.03
carretera de concreto	0.39	0.06

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

Figura 64. Tipos de pavimentos existentes



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



5.3.2. CARACTERÍSTICAS Y ELEMENTOS QUE LA COMPONEN

Tabla 31. Características generales de la red vial.

DATOS GENERALES DE LA RED EN ESTUDIO			OBSERVACIONES
Descripción	Unidad	Cantidad	
Longitud total de carretera	Km	6.15	
Área de incidencia de estudio	Hectáreas	21.03	
ancho promedio de acera en calles	m	2.10	
ancho promedio de acera en avenidas	m	1.80	
ancho promedio de calles	m	8.32	
ancho promedio de avenidas	m	7.60	
ancho promedio de derecho de vía en calles	m	12.20	
Ancho promedio de derecho de vía en ave.	m	11.10	
longitud de carretera de asfalto	Km	5.55	
longitud de carretera de adoquín	Km	0.20	
longitud de carretera de concreto	Km	0.39	
Total de postes de energía	unidad	172	
Total de postes de alumbrado	unidad	136	
Total de postes de Telefónico	unidad	118	
total de pozos de aguas negras	unidad	79	
total de pozos de aguas lluvias	unidad	78	
total tragantes	unidad	64	
señal de parada de buses	unidad	3	
señal de no estacionar	unidad	8	
señal de no virar	unidad	5	
señal de alto	unidad	40	
señal de zona de carga y descarga	unidad	1	
Cámaras de video vigilancia	unidad	3	

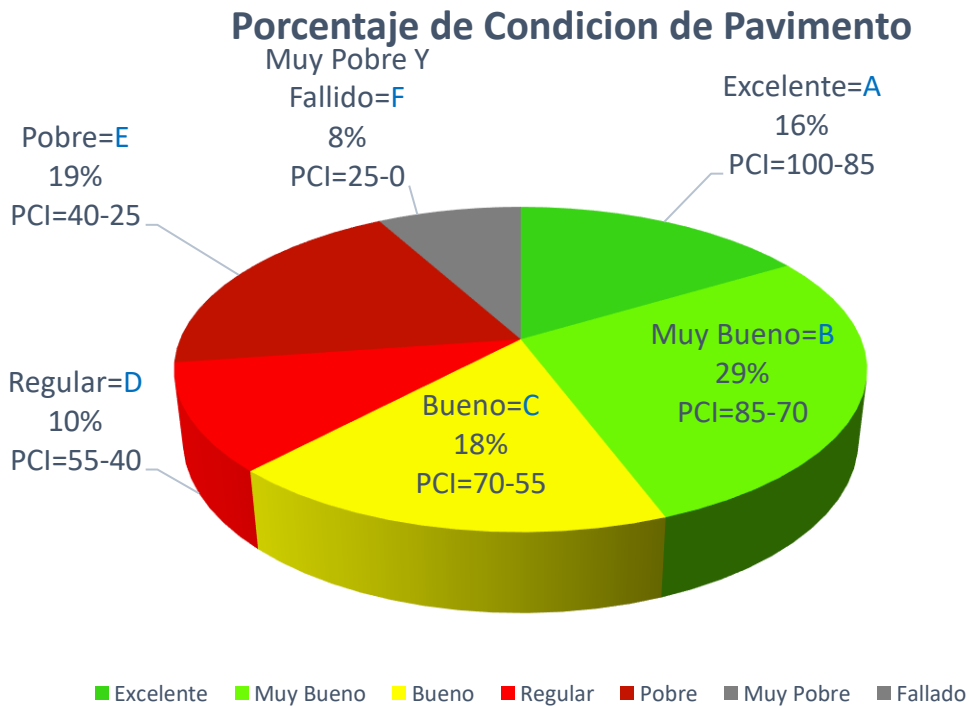
Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.



5.4. INSPECCIÓN

Se realizó un levamiento de toda la red definida siguiendo la metodología PCI expuesta en el capítulo 3. Esto se puede realizar al momento de decidir implementar el SGP con personal capacitado, ya sea de la misma municipalidad, subcontratado, o vía algún convenio con una universidad aledaña que otorgue carreras de ingeniería civil, y puede ser realizado por estudiantes de la carrera.

Figura 65. Condiciones de pavimentos



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

5.5. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA VIAL

Después de calculado el PCI se procede a clasificar la red vial siguiendo una escala como la Figura 17 presentada en el capítulo 2, o alguna adaptación. Para este ejemplo, se juntaron las clasificaciones “Muy Pobre” y “Colapsado” y colocados solamente como “Muy Pobre” y asignándoles las letras A hasta la F. Para realizar el ejercicio, se asume que el levamiento produjo los resultados de la Tabla 32 los cuales están redondeados y se muestran a continuación:



Tabla 32. Resumen de Condición de Pavimentos de centro de Usulután

Condición (PCI)	Porcentaje (%)
A	16.00%
B	29.00%
C	18.00%
D	10.00%
E	19.00%
F	8.00%

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis en base a Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR.

Se puede asumir o considerar que esa clase “E” es alta y que requieren intervenir. Estos resultados, para mejor toma de decisiones y visualización, pueden ser colocados en mapas o figuras, en especial usando software como GIS.

5.6. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO

Se va a seguir la Tabla 17, y las especificaciones de los trabajos se pueden encontrar en los diversos manuales tal como el manual centroamericano de mantenimiento de carreteras.

5.7. ESTIMACIÓN DE RECURSOS

Se necesita el precio unitario por metro cuadrado o metro lineal como sea el caso de cada una de las clasificaciones de condiciones de pavimento. Para encontrar este valor lo haremos de la siguiente manera:

- A) Costo por reparación de cada uno de los deterioros existentes en las vías: este valor puede ser estimado con ejecución por la alcaldía o por subcontrato. Para el presente se usaran costos unitarios para ser ejecutados por subcontrato con un 30% de costo indirecto.



Tabla 33. Precios unitarios por intervención de tipo de falla

TRATAMIENTO	PRECIO	UNIDAD
PARCHE	\$ 31.00	M2
SELLADO DE GRIETA	\$ 3.25	ML
SOBRECARPETA	\$ 27.95	M2
SELLO SUPERFICIAL	\$ 3.25	M2
SE APLICA ARENA	\$ 2.00	M2
RECONSTRUCCION	\$ 45.00	M2
NO SE HACE NADA	\$ -	M2

Fuente: Precios unitarios proporcionados por la empresa constructora Construequipos SA de C.V

- B) Se necesita el porcentaje de pavimento en las diferentes clasificaciones según su condición.
- C) La cantidad de dinero necesaria para la reparación por clasificación de condición de pavimento. Este valor lo obtenemos sumando cada reparación que se le realiza a las secciones con igual tipo de clasificación.
- D) El costo por reparación de cada tipo de clasificación por metro cuadrado lo obtenemos dividiendo el costo total de las reparaciones de esa clasificación entre el área correspondiente a esa clasificación.

Lo anterior se resume en la siguiente tabla; siendo la \$/m² la cantidad de dinero necesario para reparar las diferentes clasificaciones de pavimento.



Tabla 34. Precios unitarios para clasificación PCI

CLASIFICACION	PORCENTAJE	COSTO	AREA	\$/M2
EXCELENTE	15.64%	\$ 1,330.70	4579	\$ 0.29
MUY BUENO	28.98%	\$ 30,786.64	8484	\$ 3.63
BUENO	18.43%	\$ 34,377.54	5395.92	\$ 6.37
REGULAR	10.34%	\$ 26,774.25	3026.5	\$ 8.85
MALO	19.13%	\$ 55,016.04	5600.5	\$ 9.82
MUY MALO	4.26%	\$ 34,853.65	1247	\$ 27.95
FALLADO	3.21%	\$ 42,345.00	941	\$ 45
	100.00%	\$ 225,483.82	29273.92	

Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

5.8. PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PAVIMENTOS

Para el sistema se propone realizar una intervención de \$25,000 anuales; invertidos del siguiente modo:

- Se invertirá la mitad en los pavimento en condición "B".
- La otra mitad se invertirá para arreglar los pavimentos de condición "F".
- Si se llegara al punto que no hay pavimentos en condición "B" o se dispone de más fondos en el nivel "B" que los que necesita, se procede a mejorar los pavimentos en condición "D".
- Si los fondos sobran después de arreglar "B" y/o "D", entonces se aumentaría la inversión en los pavimentos con condición "F".

Para obtener el área que afectaría la inversión se divide la cantidad de dinero a invertir entre el costo por metro cuadrado de esa clasificación. Luego se suma el porcentaje que genera la inversión a los pavimento en condición excelente y resta



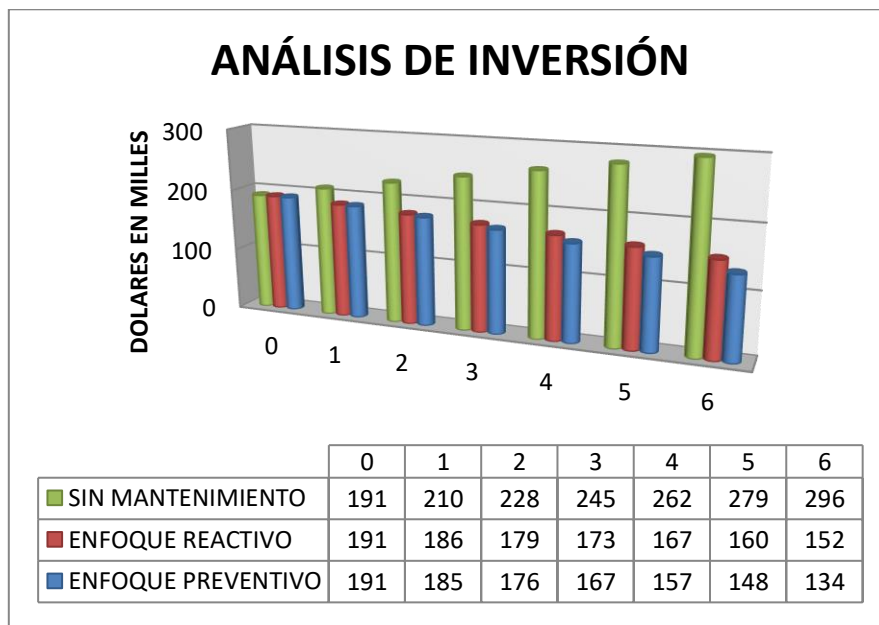
al clasificación de condición afectada; Entonces se vuelve a aplicar el markoviano. Y así sucesivo para los 6 años.

Esta metodología se usará para estimar con el markoviano, el deterioro que se generaría cada año; pero se debe de hacer el levantamiento de dato para PCI después de cada intervención.

Con esta metodología de inversión se obtendría un ahorro de de \$18 mil dólares en el trascurso de 6 años; y también se elevaría la condición de la red vial en estudio de “Buena” a “Muy Buena”.

En la siguiente grafica se puede notar como cada año el ahorro se va maximizando al usar un enfoque preventivo que un enfoque correctico. Pasando del año uno de un ahorro de mil dólares al años seis un ahorro de dieciocho mil dólares; notando un crecimiento del ahorro de alrededor de tres mil dólares anuales.

Figura 66. Análisis de inversión



Fuente: Elaboración propia de grupo de tesis.

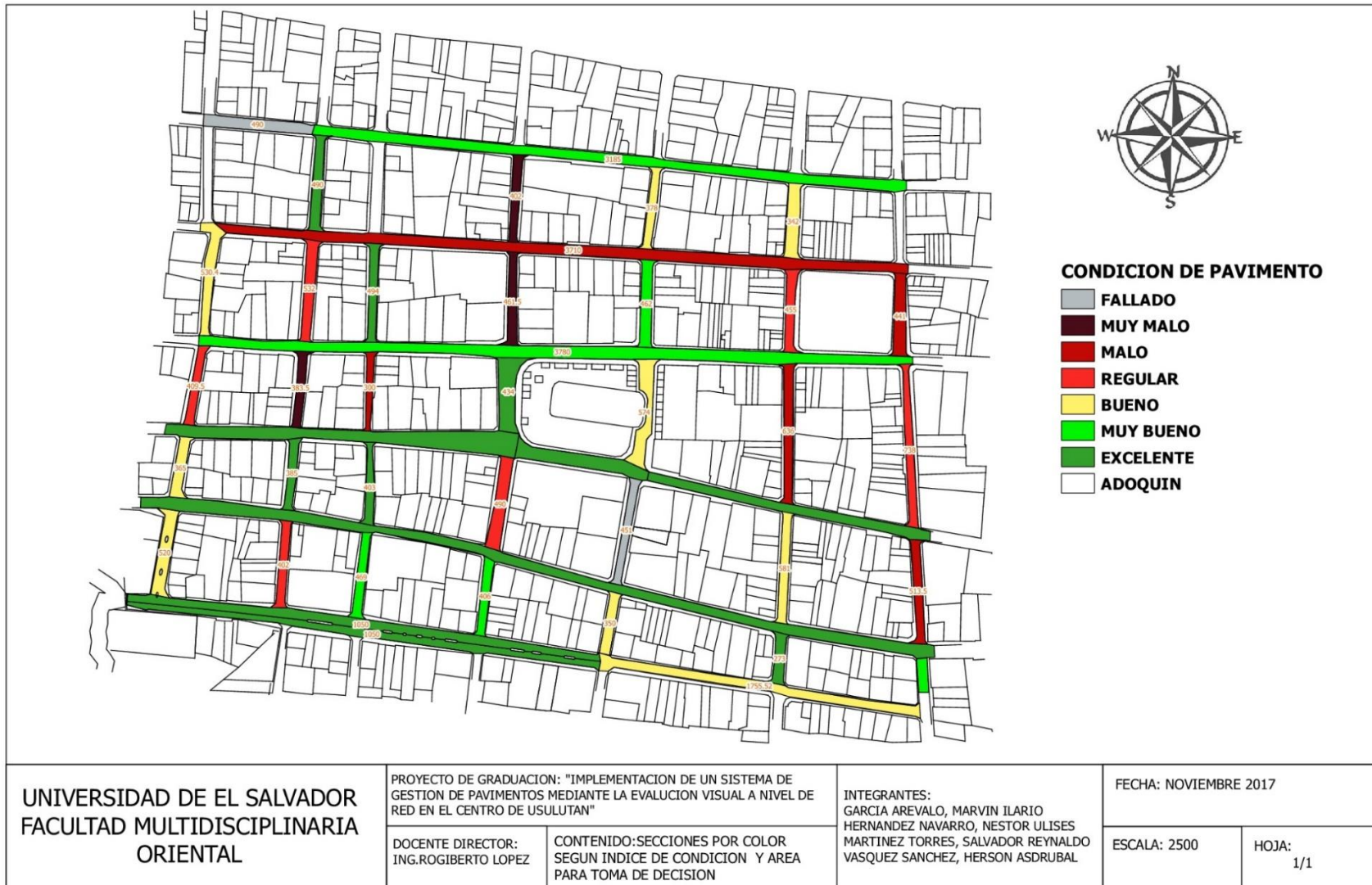
Estimación para el primer año se hará la inversión de \$25 mil y se dividirá entre pavimento en categoría “E” y “B”; o sea “12,500 para cada categoría.



Al realizar los cálculos obtenemos que para los pavimento en categoría “B” se intervendrán 3,415.62 metros cuadrados; y para la categoría “E” se intervendrá 451 metros cuadrados.

Haciendo uso del software Qgis podemos crear el siguiente plano con información que permitirá decidir que vías intervenir.

- a) Las vías a intervenir en categoría “B” será las correspondiente a las secciones 6 y 35
- b) En el caso de la intervención de la categoría “E” se invertirá en la sección 26. Por los diferentes tipos de daños que posee la sección se selecciona como reparación para esta sección el recarpeteo.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
ORIENTAL

PROYECTO DE GRADUACION: "IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS MEDIANTE LA EVALUCION VISUAL A NIVEL DE RED EN EL CENTRO DE USULUTAN"

DOCENTE DIRECTOR:
ING.ROGIBERTO LOPEZ

CONTENIDO:SECCIONES POR COLOR
SEGUN INDICE DE CONDICION Y AREA
PARA TOMA DE DECISION

INTEGRANTES:
GARCIA AREVALO, MARVIN ILARIO
HERNANDEZ NAVARRO, NESTOR ULISES
MARTINEZ TORRES, SALVADOR REYNALDO
VASQUEZ SANCHEZ, HERSON ASDRUBAL

FECHA: NOVIEMBRE 2017

ESCALA: 2500

HOJA:
1/1



5.9. PROGRAMA DE TRABAJO Y MEDICIÓN DEL COMPORTAMIENTO

Debido a que por la poca inversión no se puede tratar todas secciones que encuentren en condición “B” o “E” se priorizan aquellas que tengan mayores cargas vehiculares o sea aquellas vías de mayor importancia. Luego se definen los porcentajes de sectores a ser tratados con mantenimiento según sus daños y según la experiencia técnica; que pueden ser mantenimientos rutinarios, periódicos, rehabilitaciones o reconstrucciones.

Teniendo las necesidades definidas, y los presupuestos establecidos, se procede a realizar las carpetas para los proyectos específicos, según las normas de los manuales vigentes en el país. Luego se ejecutan los proyectos; con supervisión del departamento de ingeniería de la Alcaldía Municipal de Usulután.

Una vez que se termina el trabajo, se vuelve a medir el PCI y se registra la nueva condición del pavimento. Esta información recolectada nos servirá para validar los resultados y para con la información recolectada de 10 años se puede crear una curva maestra de PCI con datos locales.

5.10. MONITOREO

Se requiere de información sustentatoria para generar cambios en los modelos de deterioro y así crear una curva maestra de PCI. Por eso se determina el siguiente plan de monitoreo de las secciones, así, se recomienda:

Se debería monitorear al menos dos veces al año aquellas secciones que estén en categorías de BUENA, REGULAR Y MALA. Una antes al final de la época lluviosa y otra al final de ésta.

- Para pavimentos en categorías MUY MALO Y FALLADO, monitorearlos una vez cada dos años.

- Para pavimentos en niveles A1 o A, monitorear una vez al año.



5.11. SUPERVISIÓN

La supervisión y fiscalización la llevara a cabo al entidad contratante, para lo cual, puede realizar bajo los esquemas de administración directa, empleando el personal técnico propio de la Institución o a su vez, contratar fiscalización externa, en cualquiera de los casos, no se podrá abandonar la supervisión de los trabajos de mantenimiento integral y deberá durar el tiempo previsto para la ejecución de los trabajos de conservación.

Para el control, se presentaran informes mensuales conteniendo, planillas de trabajos, con su respectiva información de soporte, que consistirá:

Para el mantenimiento rutinario.

- Registro diario de trabajos.
- Registros mensuales de trabajos.
- Registro fotográfico de las actividades.
- Planilla mensual de mantenimiento rutinario.

Para el mantenimiento periódico.

- Planillas de ejecución de obra.
- Anexos de trabajos realizados
- Libro de obra
- Registro fotográfico



5.12. PREVISIÓN DE EVALUACIÓN

En la etapa de implementación y operación, se requerirá de evaluaciones permanentes y ajustes periódicos, por lo menos cada año, tanto en operaciones de campo como de oficina.

Con la base de que los diseños tienen cierto grado de confiabilidad, que el tráfico, se basa en proyecciones que están sujetas a variaciones temporales, y con las condicionantes climáticas, que tampoco se pueden predecir a ciencia cierta, el deterioro de la vía se hace también impredecible, lo que se realiza con los programas computacionales son supuesto de cómo podría deteriorarse, si la vía está sometida a los condicionantes indicados en el ingreso de datos, es por ello la necesidad de la verificación en campo, si las predicciones del deterioro se están cumpliendo, o de ser el caso realizar ajustes, cada año, con ello asegurar el modelo de las intervenciones de mantenimiento vial.



CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



6.1. CONCLUSIONES.

- Proponer un sistema de gestión de pavimentos significa, administrar los fondos destinados a esta área, de manera que las redes viales ofrezcan niveles de servicio óptimo, mejorando el tiempo de viaje, la seguridad y comodidad vial de los usuarios, permite que los costos de operación vehicular disminuyan en relación a los costos que se generen, al transitar en una red vial sin mantenimiento y en pésimas condiciones.
- Mantener en condiciones óptimas una red vial, representa para las Instituciones Administradoras, un ahorro significativo, comparándolo con vías a las cuales no se las ha proporcionado mantenimiento, dejándolas en abandono hasta el punto de deterioros severos, los cuales sólo se pueden corregir con la reconstrucción o rehabilitación integral de la vía
- Las administraciones municipales tienen un plazo de vigencia de tres años, razón por la cual el interés de éstas frente a la Gestión de los pavimentos, es netamente político en búsqueda del voto para el próximo periodo, les interesa más la construcción de una obra, que dar mantenimiento a una existente, sin considerar el daño social y económico que representa, es por ello, que se debe asesorar con criterios técnicos de conservación y rehabilitación, para orientar de mejor manera a las autoridades en la inversión de los recursos públicos.
- Una vía, tendrá un buen funcionamiento durante el periodo de diseño, si y solo si, los factores como son los estudios y diseños definitivos y a su vez la construcción, fue realizada correctamente. A su vez se complementa con un sistema de gestión de pavimentos, el cual deberá necesariamente aplicarse en el momento justo y con las acciones necesarias, el desfase de esta



situación, provocará, realizar actuaciones inferiores a las requeridas y por lo tanto a la destrucción de la vía, o por otra parte se puede realizar acciones prematuras, provocando inversiones innecesarias.

- Uno de los factores que determinará el éxito de la intervención de conservación, es el inventario vial, pues permitirá conocer exactamente las condiciones actuales, sus principales problemas, la manera de enfrentarlos, lo cual nos permite programar actuaciones y presentar presupuestos para lograr mantener nuestras vías.
- El tráfico es un factor determinante, pues si está mal concebido, puede darse el caso de que la vía se exponga a una mayor repetición de cargas de tráfico, provocando que la estructura se deteriore, por lo que se debe evaluar continuamente el tráfico presente en la vía y sobre todo sus cargas admisibles.
- Al no invertir en las vías aumenta su deterioro, los costos de reparación aumentan y la calidad de la condición de la vía baja mucho; siendo los más afectados la población que transita a diario por ellas. Las carreteras son las infraestructuras más importantes con las que cuenta un país; por dicha razón mantenerlas en buenas condiciones es suma importancia; al ser un país en vías de desarrollo es poca la inversión en mantenimiento de vías.
- Aplicando un sistema de gestión de pavimento, garantizamos que el poco dinero invertido en mantenimiento se use de forma eficiente; porque el mantenimiento no solo se trata de tapar baches; si no hacer la inversión oportuna en el momento adecuado, utilizando los pocos recursos tomando en cuenta factores técnicos y económicos.



- Al usar un enfoque preventivo alargamos la vida útil de los pavimentos; lo que nos lleva a menor inversión y mejora de la calidad de las vías; en relación a un enfoque correctivo que se basa en reparar las vías en mal estado y se olvida completamente de las vías que están en estados buenos y/o regular que al pasar el tiempo estas vías se convierten en vías en mal estado; y resulta mayor el costo de su reparación que al haberlo hecho cuando estaban en estados buenos y/o regulares.



6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda, hacer énfasis, en los beneficios económicos, sociales, técnicos, que se producen cuando se realizan actividades de conservación vial, principalmente a las Autoridades que lideran las Instituciones públicas, las cuales aprueben políticas integrales de la infraestructura vial.

- Se recomienda que las Instituciones inviertan en la complementación de un Sistema Gestión de pavimentos, el cual a más de los criterios vertidos en este documento sobre la Gestión de Conservación, complementen con modelos de Gestión de Rehabilitación y Construcción, y principalmente Gestión en Seguridad Vial.

- Las Instituciones deberán invertir en la capacitación y actualización de su personal técnico, lo cual, brindará un mayor panorama de actividades, con nuevas tecnologías, metodologías, que hagan de la conservación vial una política a implantar, en búsqueda de mejorar cada vez más nuestras redes viales.

- Se recomienda crear un expediente de las calles desde su año de construcción, las intervenciones efectuadas, con el fin de conocer y tener parámetros reales del comportamiento de los tratamientos realizados a dichas vías y así hacer una mejor programación de actividades que conlleve a ahorros en conservación.



- Se recomienda que las instituciones municipales hagan una inversión en herramientas necesarias para la recolección de datos de los pavimentos, dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes: equipo de medición de rugosidad, equipos de auscultación estructural, entre otros, las cuales servirán para darle seguimiento al Sistema de Gestión de Pavimentos propuesto.

- En el mejor de los casos, se aconseja llevar a cabo los mantenimientos preventivos en el menor tiempo posible.

- Para realizar una calibración de mayor precisión se deben de tomar en cuenta todos los aspectos que contribuyen en la generación de deterioros (tránsito, clima, estructura, etc.) en los pavimentos, para llevar a cabo una mejor categorización.



BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

LIBROS ELECTRÓNICOS:

- Montoya Goicochea, Jorge Eduardo. 2007. "Implementación Del Sistema de Gestión de Pavimentos Con Herramienta HDM-4 Para La Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho Pativilca." Universidad Ricardo Palma.
http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/137/1/montoya_je.pdf.
- Morales, Alberto. 2013. "Índice Internacional de Rugosidad (IRI)." Técnico 4.
<http://www.vialidad.ec/sites/default/files/archivos/tecnicos/gestionVialDescentralizada2/Evalvias/iri.html>. Orozco y Orozco, Juan Manuel, Rodolfo Téllez Gutiérrez, Ricardo Solorio Murillo, Alfonso Pérez Salazar, María Ariadna Sánchez Loo, and Sandra Torras Ortiz. 2004. "Sistema de Evaluación de Pavimentos." Sanfandila.
<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt245.pdf>.
- Osuna Ruiz, Rafael Eduardo. 2008. "PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIEMENTOS PARA LA RED VIAL DE LA CIUDAD DE MAZATLÁN, SIN." UNAM.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2547/osunar Ruiz.pdf?sequence=1>.
- Rodriguez Velasquez, Edgar Daniel. 2009. "CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO, DISTRITO DE CASTILLA." UNIVERSIDAD DE PIURA.
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf?sequence=1



- Vásquez, Ricardo. 2002. "Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos Y de Concreto En Carreteras." anizales.

<http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>.

- Steeven Xavier Peñaloza Guillén, Ginna Margoth Calle Palomeque. 2017. "SISTEMA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE PAVIMENTOS APLICADO A LAS VÍAS Y PARQUEADEROS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA"

- GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES AASHTO, AASHTO 1993

- RICARDO ERNESTO FLORES ESCOTO. 2008. "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS PARA EL MUNICIPIO DE SANTA TECLA"

http://ri.ues.edu.sv/2097/1/Desarrollo_de_un_sistema_de_gestion_de_pavimentos_para_el_municipio_de_Santa_Tecla.pdf

- MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional. Ing. Jorge Coronado Iturbide, Noviembre, 2002

- MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, TOMO 3; B) CATALOGO CENTROAMERICANO DE DAÑOS A PAVIMENTOS VIALES, Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). CONSULTOR ING. JORGE CORONADO I .2000



- INGENIERÍA DE TRÁNSITO: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas G. Editorial ALFAOMEGA, Tercera Edición
- PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS Publicado por el Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela Universidad Nacional de Colombia
- ESTUDIOS DE EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS BASADOS EN LA INTERPRETACION DE CURVAS DE DEFLEXIONES (ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS) Publicado por Mario S. Hoffman, Ph.D. & Pablo m. del Águila, B.Sc.



REFERENCIAS

1. Betanzo Quezada, E. y Zavala Pelayo, R. (2008). El mantenimiento de pavimentos en vialidades urbanas: El caso de la Zona Metropolitana de Querétaro (México). Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12-2, pp. 65-75, ISSN: 1665-529X
2. Revista Infraestructura Vial / LanammeUCR / ISSN: 2215-3705 / Volumen 16 / Número 28 / Octubre, 2014
3. Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, I Semestre 2011, vol. 20, No. 30
4. M. C. Jiménez Fonseca y J. R. Quintero González. Manual de estudios de ingeniería de tránsito y transporte. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja.

REFERENCIAS DE SOFTWARE UTILIZADOS EN LA INVESTIGACION.

- <http://docs.qgis.org/2.18/es/docs/index.html>
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- AutoCAD 2015
- Google Earth Pro





ANEXO 1

CATALOGO DE DAÑOS


Este catálogo está destinado a facilitar y armonizar los criterios y procedimientos para la identificación y recolección de información relacionada con las fallas encontradas en los pavimentos asfálticos, pavimentos de concreto hidráulicos, en las carreteras sin estructura de pavimento y carreteras de adoquines.

Es importante resaltar que el objetivo del mantenimiento vial, es el sostenimiento de las características físicas de los elementos que conforman una carretera, para brindar al usuario una conducción cómoda y segura, por lo que deben monitorearse las vías en busca de fallas iniciales que puedan ser atendidas con un programa de mantenimiento rutinario o periódico, y en la medida de lo posible, realizar las acciones para evitar que las estas ocurran al establecer un mantenimiento preventivo.

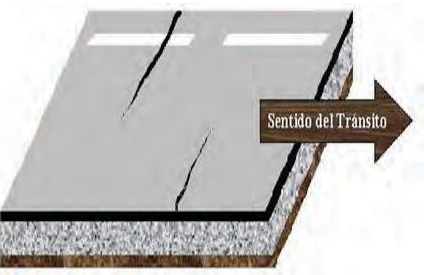

En la evaluación de las fallas a los pavimentos, el Análisis del Riesgo nos da los elementos causales para reducir las eventuales vulnerabilidades frente a amenazas y reducir el riesgo de colapso. A continuación se presentan las fallas encontradas durante la investigación en la red vial de Usulután.



DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
A. FISURAS Y GRIETAS	
A.1 Fisura Piel de Cocodrilo	
<p>1. DESCRIPCIÓN: serie de grietas interconectadas, formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con diámetros promedios de 30 cm, con longitudes variables que pueden cubrir la totalidad de la sección de rodadura.</p>	<p>2. POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fatiga por repetición de cargas • Fin de su vida útil • Envejecimiento del ligante • Perdida de flexibilidad
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD:</p> <p>B (Bajo) Fisuras muy finas, menores de 2 mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan despostillamiento.</p> <p>M (Mediano) Fisuras finas a moderadas, de ancho menor a 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos, que pueden presentar un moderado despostillamiento en correspondencia con las intersecciones.</p> <p>A (Alto) La red de fisuras ha progresado y constituye una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con despostillamientos de severidad moderada a alta, a lo largo de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimientos al ser sometidas al tránsito y/o pueden haber sido removidas por el mismo formando baches.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: se miden en metros cuadrados de superficie afectada. La mayor dificultad en la medición radica en que dos o hasta tres niveles de severidad pueden existir dentro de una misma área fallada. Si estas porciones pueden ser distinguidas fácilmente, una de otra, se miden y registran separadamente. Si los distintos niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.</p>	
<p>5. ESQUEMA</p> 	<p>6. FOTO</p> 





DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
A. FISURAS Y GRIETAS	
A.3 Fisuras en Arco	
1. DESCRIPCIÓN: son grietas en forma de media luna (o más precisamente de cuarto creciente) que pueden apuntar en ambas direcciones, derivadas de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento o de frenado sobre la misma.	2. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none">• Frenado o giro de vehículos de carga• Falta de ligante, exceso de riego o presencia de polvo durante proceso constructivo• Espesores de carpeta reducidos sobre superficies pulidas• Mezcla con mayores contenidos de arena o finos triturados
3. NIVELES DE SEVERIDAD: B (Bajo) Fisuras de ancho promedio inferiores a 3 mm M (Mediano) <ul style="list-style-type: none">• Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm.• Área alrededor de las fisuras se encuentran fracturadas, teniendo piezas bien ligadas y firmes. A (Alto) <ul style="list-style-type: none">• Fisuras sin sellar, de ancho promedio superior a 6 mm.• Área alrededor de las fisuras se encuentran fracturadas, con piezas fácilmente removibles o que han desaparecido por completo.	
4. MEDICIÓN: se miden en metros cuadrados de superficie afectada, calificándolo de acuerdo con el máximo nivel de severidad observado en dicha área. Se totalizan los metros cuadrados afectados en la sección o muestra, separadamente según el nivel de severidad.	
5. ESQUEMA 	6. FOTO





A.4 Fisuras Transversal	
1. DESCRIPCIÓN: serie de fisuras o grietas que se forman en sentido transversal a la rodadura de la carretera, generalmente aisladas y que pueden afectar todo el ancho de la sección de la misma.	2. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none">• Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad• Reflexión de grietas en la capa subyacente• Defectuosa ejecución de juntas transversales de construcción
3. NIVELES DE SEVERIDAD: B (Bajo) <ul style="list-style-type: none">• Fisuras sin sellar de ancho promedio inferiores a 3 mm, sin ramificaciones• Fisuras selladas de cualquier ancho, con sello satisfactorio M (Mediano) <ul style="list-style-type: none">• Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm.• Área de fisuras que evidencian ramificaciones o fisuras erráticas. A (Alto) <ul style="list-style-type: none">• Fisuras sin sellar, de ancho promedio superior a 6 mm.• Área alrededor con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencian un despostillamiento severo	
4. MEDICIÓN: Se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser registrada separadamente. Se totaliza el número de metros lineales observados en la sección o muestra.	
5. ESQUEMA 	6. FOTO 

DANOS A PAVIMENTOS ASFALTICOS	
B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES EN PAVIMENTOS ASFALTICOS	
B.1 Ahuellamiento	
<p>1. DESCRIPCION: deformación longitudinal continua a lo largo de la rodadura, pudiendo aparecer cordones laterales a cada lado.</p>	<p>2. POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capas estructurales pobremente compactadas. • Inestabilidad en bases y sub-bases granulares. • Mezcla asfáltica inestable • Falta de apoyo lateral por erosión del hombro. • Baja capacidad estructural del pavimento. • Técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad • Utilización de materiales no apropiados o de mala calidad. • Sobrecargas y altos volúmenes de tránsito no previstos en el diseño original. • Levantamientos adyacentes a los ahuellamientos, que indican fallas en las capas superiores del pavimento. • Estacionamiento prolongado de vehículos pesados. • Exceso de ligantes de riegos.
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: B (Bajo) Profundidad promedio menor de 10 milímetros M (Mediano) Profundidad promedio es entre 10 y 25 milímetros A (Alto) Profundidad promedio mayor a 25 milímetros</p>	
<p>4. MEDICIÓN: se miden en milímetros, siendo la profundidad máxima en la rodadura, a partir de una regla colocada transversalmente, midiendo cada 20 metros y sacando un promedio por tramo o sección de carretera.</p>	
<p>5. ESQUEMA</p> 	<p>6. FOTO</p> 

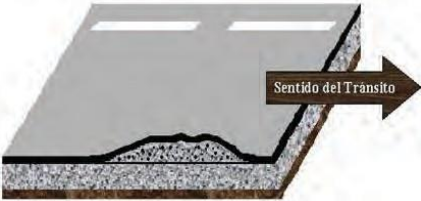





DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
B.4 Hinchamiento	
1. DESCRIPCIÓN: abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera.	2. POSIBLES CAUSAS: <ul style="list-style-type: none">• Expansión de los suelos de la subrasante, del tipo expansivo. En muchos casos puede estar acompañado de fisuramiento de la superficie.
3. NIVELES DE SEVERIDAD: B (Bajo) Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio. M (Mediano) Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación. A (Alto) Alta incidencia en la comodidad de manejo, condiciona la velocidad de circulación y produce una severa incomodidad con peligro para la circulación (el vehículo es proyectado por efecto del hinchamiento).	
4. MEDICIÓN: se miden en metros cuadrados, registrando separadamente, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.	
5. ESQUEMA 	6. FOTO 

DANOS A PAVIMENTOS ASFALTICOS	
B. DEFORMACIONES SUPERFICIALES EN PAVIMENTOS ASFALTICOS	
B.5 Hundimiento	
<p>1. DESCRIPCIÓN: depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada, sin tener definido un tamaño específico.</p>	<p>2. POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asentamientos de la fundación de las capas subyacentes • Deficiencias durante el proceso constructivo • Falta de mantenimiento de los drenajes y/o subdrenajes • Deficiencia en la reparación de la estructura del pavimento por la instalación de servicios públicos
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD:</p> <p>B (Bajo) Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.</p> <p>M (Mediano) Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.</p> <p>A (Alto) Alta incidencia en la comodidad de manejo, produciendo una severa incomodidad, requiriéndose reducir la velocidad por razones de seguridad.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: se miden en metros cuadrados, registrando separadamente, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.</p>	
<p>5. ESQUEMA</p> 	<p>6. FOTO</p> 

DANOS A PAVIMENTOS ASFALTICOS																					
C. DESINTEGRACION EN LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS																					
C.1 Bache																					
<p>1. DESCRIPCIÓN: desintegración total de la superficie de rodadura, que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares.</p>	<p>2. POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundaciones y capas inferiores inestables, • Espesores insuficientes, • Defectos constructivos, • Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas, • Acción del tránsito sobre áreas con fisuras tipo piel de cocodrilo, con nivel alto de severidad, causa desintegración y posterior remoción de la superficie del pavimento. 																				
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD: se definen en función del área afectada y de la profundidad del bache (B=Bajo, M=Mediano, A=Alto), de acuerdo a la siguiente tabla:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Profundidad máxima (cm)</th> <th colspan="3">Diámetro Promedio del Bache (cm)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Menor a 70</th> <th>70 - 100</th> <th>Mayor a 100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Menor de 2.5</td> <td>B</td> <td>B</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>De 2.5 - 5.0</td> <td>B</td> <td>M</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Mayor de 5.0</td> <td>M</td> <td>M</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>		Profundidad máxima (cm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)				Menor a 70	70 - 100	Mayor a 100	Menor de 2.5	B	B	M	De 2.5 - 5.0	B	M	A	Mayor de 5.0	M	M	A
Profundidad máxima (cm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)																				
	Menor a 70	70 - 100	Mayor a 100																		
Menor de 2.5	B	B	M																		
De 2.5 - 5.0	B	M	A																		
Mayor de 5.0	M	M	A																		
<p>4. MEDICIÓN: Pueden medirse alternativamente: a) Contando el número de baches con niveles de severidad baja, moderada y alta, registrando estos separadamente, y b) Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.</p>																					
<p>5. ESQUEMA</p>	<p>6. FOTO</p>																				



DAÑOS A PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
C. DESINTEGRACION EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	
C.2 Desintegración de Bordes	
<p>1. DESCRIPCIÓN: consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento, principalmente en carreteras que no cuentan con hombros o que no son pavimentados.</p>	<p>2. POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none">• Acción localizada del tránsito, sobre el extremo débil de la estructura del pavimento, donde hay menor confinamiento lateral, incluso deficiente compactación del borde, etc.
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD:</p> <p>B (Bajo) Se observan fisuras paralelas al borde, de severidad baja o moderada, sin signos de peladuras, desintegración y canales de erosión.</p> <p>M (Mediano) Se observan fisuras paralelas al borde, de severidad alta,* y/o peladuras de cualquier tipo, sin llegar a la rotura o desintegración total de los mismos.</p> <p>A (Alto) Se observa una considerable desintegración total de los bordes, con importantes sectores removidos por el tránsito; el borde resulta serpenteante, reduciendo el ancho de la calzada.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: se miden en metros cuadrados, totalizados separadamente, de acuerdo a su severidad, las longitudes dañadas en la muestra o sección.</p>	
<p>5. ESQUEMA</p> 	<p>6. FOTO</p> 

DANOS A PAVIMENTOS ASFALTICOS	
C. DESINTEGRACION EN LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS	
C.4 Desprendimiento de capa de rodadura	
<p>1. DESCRIPCIÓN: consiste en el desprendimiento de las últimas capas de agregados finos de las lechadas y/o tratamientos superficiales.</p>	<p>2. POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza insuficiente previa al tratamiento superficial. • Esparcido heterogéneo del ligante (asfalto). • Ligante inadecuado. • Dosificación árido (pétreo) – ligante (asfalto) inadecuada • Colocación con lluvia o exceso de agua en la capa de apoyo, que produce delaminación. • Compactación deficiente (si procede). • Fraguado incompleto después de apertura al tránsito. • Envejecimiento del ligante (asfalto).
<p>3. NIVELES DE SEVERIDAD:</p> <p>B (Bajo) Se observan agregados expuestos en áreas menores del 5% del total del tramo a evaluar.</p> <p>M (Mediano) Se observan agregados expuestos en áreas entre el 5% y el 30% del total del tramo a evaluar.</p> <p>A (Alto) Se observan agregados expuestos en áreas mayores del 30% del total del tramo a evaluar.</p>	
<p>4. MEDICIÓN: se miden en metros cuadrados, totalizados ya sea separadamente o en secciones continuas, de acuerdo a su severidad, las longitudes dañadas en la muestra o sección.</p>	
<p>5. ESQUEMA</p> 	<p>6. FOTO</p> 



ANEXO 2

MEMORIA FOTOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

En las siguientes fotografías tomadas durante la presente investigación se puede observar la composición estructural de los pavimentos predominante, ilustrada en la primer imagen; así como estado de deterioro de la red vial en estudio y los diferente problemas que los afectan;









