

Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”

Facultad de Ciencias Técnicas

Departamento de construcciones



Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Civil

**Propuesta de solución conceptual para la rehabilitación y conservación
a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas**

Autor: Heidy González Paradela

Tutor(es): M. Sc. Ing. Manuel Pedroso Martínez

Lic. Arnaldo Batista

Matanzas, 2020

PENSAMIENTO

“El propósito de la educación es mostrar a la gente como aprender por si misma. El otro concepto de educación es adroctinamiento”

Noam Chomsky

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente yo Heidy González Paradela declaro que soy la única autora de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

DEDICATORIA

A toda mi familia porque sin su apoyo y su confianza no hubiese sido posible llegar hasta donde estoy.....

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por siempre creer en mí y apoyarme para no abandonar este camino en ningún momento y en especial a mi mamá que me ha apoyado en todo momento con mi bebé para poder culminar mis estudios satisfactoriamente.

A mi adorada hermana que siempre ha estado ahí para apoyarme en todo, aconsejándome siempre para poder lograr un mejor futuro y a mis sobrinos bellos.

A mi esposo por estar a mi lado complaciéndome y apoyándome en todo.

A mis tíos y primos, en especial a mi tía Magdalena por estar siempre ahí para cualquier duda que tenía y por su apoyo en el desarrollo de este proyecto final.

A mi suegra por estar pendiente y apoyarme.

A todos mis compañeros de estudios que siempre han estado ahí para mí tanto los que estuvieron conmigo en el diurno como ahora los del curso por encuentro.

A todos mis profesores que compartieron conmigo sus conocimientos y me enseñaron a superarme cada día más para poder ser una gran profesional.

Al Lic. Arnaldo por brindarme la información necesaria para el desarrollo del proyecto y por aclarar mis dudas siempre que lo necesité.

A mi tutor Manuel por confiar en mí y brindarme su apoyo siempre que lo necesité.

A todos muchas gracias por estar ahí para mí y acompañarme en toda esta travesía.

RESUMEN

La presente investigación está encaminada a contribuir al desarrollo del Plan Bicentenario de la Fundación de San Juan de Dios de Cárdenas, el cual forma parte del trabajo de la Filial de la Ciudad de Cárdenas y la Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas para llevar a cabo una restauración del casco histórico de la ciudad. El objeto de estudio a investigar es la carretera que va desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas perteneciente a la Zona Priorizada de Conservación de la ciudad la cual tiene como objetivo elaborar una propuesta de solución conceptual para su rehabilitación y conservación y así lograr la accesibilidad y movilidad hacia la misma, para mejorar el desarrollo económico y cultural en el sector turístico, y así potenciar al Polo de Varadero. Se presentan algunos elementos conceptuales en cuanto a la rehabilitación y conservación de carreteras. A través de la inspección visual se hará un análisis detallado de los deterioros existentes en el objeto de estudio que utiliza el Catálogo de Deterioros Cubano en el que se propondrán actividades correspondientes a realizar para darle solución a éstos.

Palabras claves: accesibilidad; conservación; deterioros; movilidad; rehabilitación; restauración.

ABSTRACT

This research is aimed at contributing to the Bicentennial Plan of the San Juan de Dios de Cárdenas Foundation, which is part of the Cárdenas City Branch and the Office of the Conservator of the City of Matanzas to carry out a restoration of the historic center of the city. The object of study to be investigated is the road that goes from Real y Pinillo to the Cardenas Maritime Terminal belonging to the Priority Conservation Zone of the city which aims to elaborate a proposal for a conceptual solution of rehabilitation and thus achieve accessibility and mobility to it, for a better economic and cultural development in the tourist sector and thus empower the Varadero Pole. Some conceptual elements will be presented regarding the rehabilitation and conservation of roads. Through the visual inspection, a detailed analysis of the existing deteriorations will be made based on the Cuban Deterioration Catalog and later each of the corresponding activities to be carried out will be proposed to solve these deterioration.

Key words: accessibility; conservation; impairments; mobility; rehabilitation; restoration.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1 Estado del arte. Fundamentos conceptuales de rehabilitación y conservación de carreteras | 9 |
| 1.1 Evolución de los caminos. Conceptos, objetivos e importancia de la conservación.9 | |
| 1.1.1 Deterioros..... | 15 |
| 1.1.2 Evaluación de carreteras..... | 17 |
| 1.1.3 Métodos de evaluación de carreteras..... | 18 |
| 1.2 Técnica de rehabilitación y mejoras..... | 23 |
| 1.3 Impacto ambiental..... | 28 |
| 1.4 Maquinaria utilizada para la rehabilitación de carreteras..... | 32 |
| Conclusiones parciales | 37 |
| Capítulo 2 Propuesta de solución conceptual para el enfrentamiento de los deterioros detectados en la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas.38 | |
| 2.1 Parámetros de diseño en la conservación de carreteras | 38 |
| 2.1.1 Pavimento..... | 39 |
| 2.1.2 Paseos..... | 41 |
| 2.1.3 Cunetas | 43 |
| 2.1.4 Defensas | 44 |
| 2.1.5 Señalización vertical y horizontal..... | 45 |
| 2.1.6 Alcantarillas..... | 46 |
| 2.1.7 Talud y contratalud..... | 48 |
| 2.2 Catálogo de deterioros..... | 50 |
| 2.3 Caracterización de los principales deterioros existentes en la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas basándose en el Catálogo d Deterioros Cubano..... | 51 |
| 2.4 Organización básica de los trabajos..... | 56 |
| 2.5 Plan de Prevención de Riesgos Laborales..... | 57 |
| 2.6 Efectos económicos derivados de los deterioros del pavimento..... | 61 |
| 2.7 Actividades a desarrollar para la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas..... | 62 |
| Conclusiones parciales..... | 66 |
| Conclusiones..... | 67 |
| Recomendaciones..... | 68 |
| Anexos | |

INTRODUCCIÓN

En 1964 se firma la “ Carta de Venecia ” denominada también como Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios, la cual constituyó el primer paso en la historia contemporánea para aplicar principios normativos coherentes, referentes a teoría y práctica del rescate, conservación y puesta en valor de la preservación del patrimonio cultural.

Al adoptarse la Convención del Patrimonio Mundial en 1972, además de reunirse en un mismo documento al patrimonio cultural y natural, la categoría de “sitios”, incluida en el primero, hace referencia, entre otros aspectos, a la “obra conjunta entre el ser humano y la naturaleza”, anticipa la incorporación de nuevos tipos, como los paisajes culturales a principios de la década de 1990. Con la noción de paisaje cultural, el patrimonio alcanzó una escala territorial a la vez que la inclusión de componentes de naturaleza diversa, para así conjugar lo natural y lo cultural, lo material y lo inmaterial.

Se cree apropiado iniciar este apartado ofreciendo unas breves consideraciones, desde la perspectiva geográfica, respecto al complejo y atractivo concepto de paisaje, así como la accesibilidad y movilidad en la vía.

Este concepto, de creciente éxito académico y científico, compendia la imagen real y también simbólica de un área o territorio determinado, ya sea rural, urbano, acuático, forestal, etc. Es, en último extremo, el resultado de la acción combinada de los múltiples componentes físico-naturales y antrópicos que participan en su composición y evolución. En todo paisaje se hallan elementos tangibles que se pueden percibir a través de los sentidos; y también existen otros elementos o procesos menos perceptibles o incluso ocultos a nuestras percepciones. Es el paisaje la función de realidades y procesos fenológicos y también de elementos y procesos criptológicos (González Bernáldez, 1981).

Y en todos esos cambios, elementos, relaciones y símbolos del paisaje urbano no se puede excluir la importancia del pavimento de la vía pública, más aún cuando facilita o condiciona la transitabilidad y la accesibilidad de la ciudad; contribuye en la

configuración estructural de la urbe; y cuando, por lo general, es uno de los componentes urbanos más perceptibles a la hora de construir la imagen de una ciudad y sus atractivos.

La accesibilidad es un concepto y elemento básico en la planificación territorial y el mismo está estrechamente ligado al de distancia que separa a las personas del lugar al que necesita acceder por diferentes motivos. Desde esta arista, la accesibilidad se constituye en una función de la cercanía o proximidad de las personas a un determinado lugar en el que se encuentra su trabajo o cualquier equipamiento o servicio que requiera para satisfacer sus intereses (Ramírez, 2006).

Según De Las Rivas Sanz (2008) la accesibilidad es un término frecuentemente empleado para designar el grado, la facilidad de acceso a un punto, en términos de distancia, tiempo o costo. Específicamente, el término también se refiere al número de posibles elecciones de recorridos para una suma determinada de costos de viaje. La accesibilidad es definida como la “calidad del acceso de las personas y las empresas al sistema de movilidad urbana, consiste tanto en la infraestructura como en los servicios”

El estudio de la accesibilidad es una herramienta esencial para el análisis territorial en tanto que permite considerar los tiempos de desplazamiento en vehículo a motor entre todos los núcleos de población, de acuerdo con las condiciones técnicas de cada tramo de la red de carreteras y las características físicas del territorio por el que éstas transcurren, que posibilite así la delimitación de áreas de influencia competitiva entre los centros nodales del sistema de asentamientos (Benabent Fernández de Córdoba, 2017).

La accesibilidad para Jara, (2018) es entendida como la potencialidad de un entorno determinado para permitir la interacción entre el individuo y lo que quiere realizar, lo que está de acuerdo con otras definiciones existentes en la literatura.

Las universidades como instituciones rectoras de la investigación científica han detectado las pautas de movilidad insustentables, donde el automóvil ha llegado a ser el protagonista del paisaje urbano en perjuicio de otras formas de movilidad más sustentable y de menor consumo energético. Por tanto, han empezado proyectos dentro de sus campus para revertir este problema, que potencialice el uso de otros modos de transporte

más sustentables. Tal es el caso de la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad Nacional Autónoma de México que han implementado diversos programas y proyectos para mejorar la movilidad y promover planes en sus campus (Peresbarbosa Garza, 2013).

Entre los condicionantes básicos de las necesidades de movilidad de una ciudad se hallan las propias dimensiones de la misma, siendo el tamaño de la población un sencillo indicador para categorizar y discriminar núcleos urbanos. El condicionamiento de los desplazamientos no solo vendrá impuesto por los límites del municipio estrictamente hablando, sino además por la configuración regional y sus infraestructuras (Zarca Díaz de la Espina, 2015).

González García (2017) define como movilidad el grado de facilidad para desplazarse. Está muy ligada al estado de la vía, las velocidades de operación, composición y distribución del tráfico y existencia de dispositivos de control.

En Cuba, la tarea de desarrollar una política de rescate y protección de su patrimonio, constituye una tarea primordial. A través de las instituciones especializadas, teniendo como máximo exponente al Consejo Nacional de Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura; y de los distintos profesionales que se ocupan de la preservación y difusión del patrimonio. Entre las personalidades que más destaca por su incansable labor, se encuentra (Leal Spengler, Dr. Eusebio) reconocido historiador de la ciudad de La Habana, el cual ha dirigido durante años la coordinación de programas mediante los centros Provinciales de Patrimonio Cultural.

Como parte del trabajo conjunto entre la Filial de la Ciudad de Cárdenas y la Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas surge el Plan Bicentenario de la Fundación de San Juan de Dios de Cárdenas, con vistas a la celebración el próximo 8 de marzo del 2028, centrándose principalmente en el casco histórico de la ciudad.

El Plan de Ordenamiento Urbano de Cárdenas responde, en correspondencia con las líneas estratégicas de desarrollo económicas, a las decisiones e indicaciones de la máxima dirección del país, en el mismo se proponen soluciones integrales a la problemática

existente, por lo que constituye un instrumento en la toma de decisiones del gobierno local, a la vez que permite la gestión urbana, el rescate del orden, la disciplina y el control en la ciudad, respaldado por el Plan Integral de Enfrentamiento a las Ilegalidades (Ver anexo 1.1).

La carretera que conduce a la Terminal Marítima de Cárdenas integra el objeto de estudio de investigación (Ver anexo imagen 1) perteneciente a la Zona Priorizada de Conservación de la ciudad de Cárdenas.

Las oficinas de la Terminal Marítima fueron concebidas a comienzos del siglo XX, construidas por la Standard Dredging Corporation of New York y la Compañía de Construcciones Marítimas. Se encuentra ubicada sobre un terraplén de 750 metros de largo por 80 metros de ancho. Cercana a la misma, se halla una amplia nave industrial hecha de asbesto y acero construida por la American Steel Corporation que, junto a las oficinas, desempeñó un papel determinante en el desarrollo económico de la ciudad.

Actualmente se encuentra fuera de uso la Terminal Marítima a pesar de que está en proceso de rehabilitación ya que constituye un ejemplo de patrimonio cardenense, por sus indiscutibles valores arquitectónicos, históricos, socio-económicos, y por su futura contribución al turismo de la ciudad después de su rehabilitación.

Por lo expuesto anteriormente la autora plantea que la carretera está en mal estado, hay presencia de arbustos que imposibilitan el tránsito, desechos tóxicos y basura abandonada por parte de la sociedad y acumulación de aguas residuales que provocan enfermedades. Deterioros en el pavimento por la edad del mismo y la falta de rehabilitación con el paso de los años.

Por lo anteriormente planteado se llega a la siguiente **Situación Problemática:** La necesidad de rehabilitar y conservar el tramo de carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas la cual tiene 440m de pavimento hasta la cerca perimetral y 750m de terraplén en adelante, debido a la presencia de aguas residuales, a la acumulación de desechos de la ciudad, los problemas en el drenaje pluvial y los deterioros existentes en el pavimento, para así erradicar las dificultades y poder contribuir

al desarrollo del turismo en la Ciudad de Cárdenas, de ahí se propone cómo **Problema Científico:** ¿Cómo rehabilitar y conservar la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas para lograr la accesibilidad y movilidad a la misma?

Siendo así se analiza como **Objeto de estudio:** La rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas para lograr una adecuada accesibilidad y movilidad en el tramo de vía.

Campo de acción: Rehabilitación y conservación de un tramo de vía.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se tiene la siguiente **hipótesis:** Si se rehabilita y se conserva la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas se logrará la accesibilidad y movilidad hacia la misma para un mejor desarrollo económico y cultural en el sector turístico y así potenciar al Polo de Varadero.

Siendo entonces el **objetivo general:** Elaborar una propuesta de solución conceptual para la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas para lograr la accesibilidad y movilidad hacia la misma para un mejor desarrollo económico y cultural en el sector turístico y así potenciar al Polo de Varadero.

El cual será desarrollado por los siguientes **objetivos específicos:**

- Fundamentar el estado del arte referente a la rehabilitación y conservación de carreteras
- Caracterizar los parámetros de diseño en la rehabilitación y conservación de carreteras y deterioros detectados
- Elaborar la propuesta de la solución conceptual para la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas

Para la realización de la investigación se realizará varios métodos científicos:

Métodos de nivel teórico:

- **Análisis-síntesis:** Se transitó de lo abstracto a lo concreto, luego de definir el objetivo general que sigue la investigación. Fueron recopiladas diversas bibliografías que permitieron extraer la información sobre la rehabilitación y conservación de carreteras, se realizó el fichaje para su posterior procesamiento que tuvo como fin caracterizar los elementos en la búsqueda y se logró la concatenación entre ellos lo cual posibilitó el logro del objetivo general de la investigación
- **Histórico – lógico:** Se logró abordar el tema, se hizo la descripción del objeto de estudio y luego de la descripción bibliográfica fue posible crear un resumen de los antecedentes referentes a la rehabilitación y conservación de carreteras desde sus inicios hasta la actualidad haciendo énfasis en el objeto de estudio
- **Indiccción – deducción:** Se tomó como referente los resultados de investigación basada en el procesamiento de datos a partir de bibliografía general y especializada consultada relacionada con la rehabilitación y conservación de carreteras
- **Análisis documental:** Se realizó el análisis de normativas, documentos oficiales, y resoluciones acerca de la rehabilitación y conservación de carreteras

Métodos de nivel empírico:

- **Observación directa:** Se permitió la realización del estudio científico del problema, fue muy importante el reconocimiento del terreno con el fin de obtener una visión más real de los parámetros geométricos que caracterizaron la vía y las condiciones topográficas de la zona de estudio y así se logró una mejor concepción de diseño geométrico y estético de la solución vial y para ello se desarrollaron inspecciones visuales al objeto de estudio para obtener información exacta de la situación existente

- **Revisión de documentos:** Se profundizó en parámetros fundamentales de diseño del tramo de carretera

Estructura de la investigación

- Resumen/Abstract
- Introducción

Donde se caracterizará la situación problemática y se formalizará el protocolo de la investigación a desarrollar.

- **Capítulo 1.** Se presentarán los fundamentos conceptuales relacionados a la rehabilitación y conservación de carretera. Se analizan los diversos tipos de deterioros y la evaluación de carreteras. Además las técnicas de rehabilitación, el impacto ambiental y maquinaria utilizada
- **Capítulo 2.** Se explican las características de los parámetros de diseño en la rehabilitación y conservación del objeto de estudio especificándose cada una de ellas y sus principales deterioros detectados basándose en el Catálogo de Deterioros Cubano con su descripción, causas probables y evaluación de los mismos. Además se presentará un plan de rehabilitación y conservación acorde a las deficiencias detectadas durante el estudio a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas
- **Conclusiones y Recomendaciones**
- **Bibliografía**
- **Anexos**

Los **valores** que se destacan en la investigación son los siguientes:

Valor **práctico** ya que se dispondrá de una solución conceptual para la rehabilitación y conservación al diseño actual del tramo de carretera, adecuada a las normativas actuales

para el diseño de carreteras y de esta forma se queda plasmado un diseño que podrá ser aplicado en cualquier sección de carretera que lo requiera.

El valor **económico** estará en función de detener y enfrentar el deterioro del tramo de carretera, el plan ayudará a la racionalización de presupuestos y gastos determinándose las acciones concretas constructivas y materiales necesarios.

El valor **social** se manifestará en el impacto positivo que aporta esta investigación debido a la importancia cultural presente en las cercanías del objeto de estudio y el Polo de Varadero para un mayor desarrollo turístico y a la creación de conciencia de la utilización de planes de rehabilitación y conservación para la recuperación del tramo de carretera.

CAPÍTULO 1.

ESTADO DEL ARTE. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES DE REHABILITACIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS.

Este capítulo aborda los fundamentos generales en cuanto a la rehabilitación y conservación. Luego se analizan los diversos tipos de deterioro y los criterios de evaluación de carreteras. Se abordan además las técnicas de rehabilitación, el impacto ambiental y los distintos tipos de maquinarias utilizados para la rehabilitación.

1.1 Evolución de los caminos. Conceptos, objetivos e importancia de la conservación.

Desde la época primitiva ha existido el interés de los hombres de acercarse y comunicarse. La necesidad de trasladarse de un lugar a otro los llevó a crear espacios para conectar diferentes lugares, los cuales, con el transcurso de los años, se convirtieron en caminos que se usaban para trasladarse a pie o mediante la ayuda de animales. Con el paso del tiempo el desarrollo de las relaciones sociales y el incremento del comercio condujeron a una mayor utilización de los caminos y a una preocupación constante por mejorarlos para que sirvieran en todas las épocas del año.

La preocupación humana por facilitar las idas y venidas a los lugares de mayor interés dio nacimiento al camino, vía de comunicación que en su origen no era más que una faja de terreno acondicionada de algún modo para facilitar el paso de personas y bestias (Morales, Idiel 2008).

Cuba fue colonizada por los españoles en 1492, los caminos que existían eran trillos dentro de la tupida vegetación. Las primeras Villas se establecieron en el litoral o cerca de este. El desarrollo de los caminos y las comunicaciones estuvo aparejado al desarrollo de la industria azucarera. La llegada del ferrocarril en 1838, provocó un gran avance para el desarrollo económico y social de la Isla, siendo el primero de América del Sur. En 1860 los ferrocarriles cubanos tenían una longitud de 1282 Km. superior a Australia,

África y a toda América del Sur. En Cuba se remonta el surgimiento de las carreteras a poco más de 100 años y la técnica empleada para su construcción fue similar a la utilizada por los romanos.

Al instalarse en Cuba la neocolonia en 1902 la red vial de occidente estaba más ordenada que en el Oriente. Los caminos clasificados como de primer y segundo orden (256 Km.) (35 Km.), respectivamente, se localizaban en el Occidente. La última categoría estaba dada por caminos principales (1200 Km.), no afirmados convenientemente y esclavos de la topografía. Entre ellos se destacan: El camino Real Habana, Santa Clara, Ciego de Ávila, Bayamo, Palma Soriano, Santiago y Guantánamo (Morales, Idiel 2008).

El primer intento de incrementar el espesor del afirmado fue la utilización de adoquines de granito exportados de Suecia y Estados Unidos y a partir de este momento comienza el auge constructivo vial. La primera obra de importancia fue la carretera central inaugurada el 24 de febrero de 1931 con 1139 Km. y considerada una de las 7 maravillas de la Ingeniería Civil en Cuba con tiempo de ejecución de 3 años y 9 meses.

Las carreteras juegan un papel determinante en el desarrollo económico y social de un país, al constituir la principal forma de comunicación. Los caminos y carreteras propician la creación de cadenas productivas generadas por el tráfico de mercancías e impulsa el comercio y la producción industrial. Por tales motivos, resulta importante llevar a cabo una correcta planeación en la rehabilitación y conservación de la carretera que lleva a la Terminal Marítima de Cárdenas para un mejor desarrollo económico y cultural en el sector turístico y así potenciar al Polo de Varadero.

Aparejado al desarrollo económico de la Isla en cada período histórico analizado, se evidenció cierto adelanto en relación a la tecnología empleada y la magnitud de las construcciones viales. La conservación de carreteras es un tema de suma importancia para el mantenimiento y reparación de dichas infraestructuras. Dada su importancia a continuación se analizará el concepto de conservación de carreteras (Morales, Idiel 2008).

Tal como establece la Ley 60, del código de viabilidad y tránsito en el artículo 29, " Las obras de conservación se realizan para subsanar los deterioros progresivos y normales originados por la explotación de la vía, la acción de la naturaleza o el hombre ". Tienen como objetivo mantener la vía en el mismo estado en que fue construida, sin modificar de forma extensa o generalizada el diseño original de la obra. Por su complejidad se divide en obras de reparación y de mantenimiento.

La reparación es la obra de conservación que tiene como objetivo subsanar todas las destrucciones ocurridas en la vía durante el proceso de explotación, mientras el mantenimiento es la obra de conservación que tiene como objetivo el cuidado sistemático y preventivo de todas las estructuras viales para evitar su deterioro prematuro o sea durante su ejecución el pavimento no sufre modificación alguna como estructura vial.

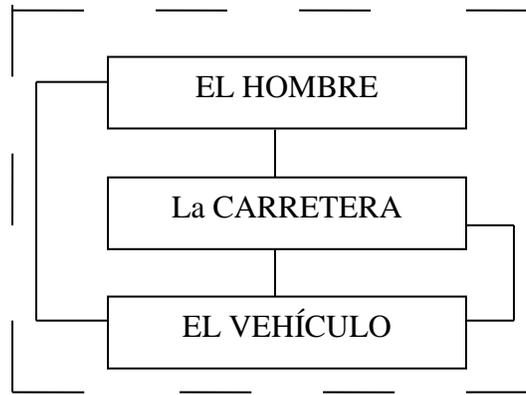
Según NC 959 [2013] la conservación es una actividad dirigida a mantener y prolongar la vida útil de una construcción, sin alterar los valores que representan, garantiza su integridad y funcionalidad.

La conservación es el conjunto de trabajos que se ejecutan para obtener la durabilidad, seguridad y eficiencia máxima y mantener las características estéticas de la construcción [Babé 2006].

Finalmente se puede decir que la conservación de carreteras garantiza una circulación segura, cómoda y fluida.

Por todo lo expuesto anteriormente la autora arriba a la conclusión de que la principal función de las carreteras es servir al tráfico. Las cuales están estrechamente relacionadas entre sí a través de cuatro elementos que son: la carretera, el hombre, el vehículo y el medio ambiente.

Figura 1.1 Esquema de la relación de los elementos que intervienen en la explotación y conservación de las carreteras y las vías urbanas.



Fuente: Machado, R.1981. Mantenimiento y explotación de carreteras.

El hombre; influye sobre los otros elementos y a la vez es a quien sirve la carretera y para el cual se desea que las características de la vía sean las mejores. Si se observan los objetivos de la conservación casi todos tributan a las condiciones que debe tener la vía para que el usuario esté satisfecho con su utilización. En este elemento aparece el usuario de la vía, el personal de mantenimiento que realiza las operaciones de conservación, el de vigilancia, peatones y planificadores de la conservación.

Los trabajadores que planifican y reparan las vías, tienen que tener presentes las características de esta y principalmente que su trabajo se encamine a cumplir los objetivos trazados en la conservación, para satisfacer las necesidades del usuario a un mínimo costo. Debe también prestar especial atención al cuidado del medio ambiente en la realización de sus actividades.

En el conductor están presentes factores internos y externos. Los internos son consecuencia de sus rasgos físicos y psicológicos, y es necesario tenerlos en cuenta, pues influyen en el estado de opinión y en la posibilidad de ocurrencia de accidentes. Los

factores externos tienen que ver con las condiciones climáticas, las características circundantes y de tránsito en la vía.

La carretera; es el elemento en el cual los trabajadores de la conservación deben poner todo su empeño, porque el estado técnico de ella condiciona de una manera especial el modo de conducir. Una carretera con ancho de calzada y paseos amplios, diseño geométrico adecuado, con superficie rugosa y lisa, buena señalización e iluminación inspira en el conductor una actitud correcta y de respeto a sus obligaciones.

La relación con los otros elementos está definida por el mantenimiento y reparación que hace el personal de la conservación, la servidumbre a los conductores de vehículos, la influencia de ella en el deterioro de los vehículos, las dimensiones y peso que debe tener el vehículo para circular por las vías, y la zona en que está ubicada la carretera.

En la vía uno de los elementos que contribuye a la seguridad, eficacia, comodidad y estética de la circulación en la vía son las señales del tránsito, que por sus características informan, orientan, alertan, guían y regulan la circulación vial.

Los vehículos; pueden ser muy diferentes, pues actualmente circulan tipos muy variados. Los criterios de clasificación pueden variar según la finalidad perseguida. Así, es posible diferenciarlos atendiendo al sistema de propulsión, a la finalidad del transporte realizado, a su tamaño, peso y movilidad, etc.

El peso y la dimensión de los vehículos son datos fundamentales para el proyecto y la conservación de carreteras. Determinadas características geométricas de la carretera, tales como ancho de la calzada, gálibos, etc. y de sus instalaciones auxiliares como los estacionamientos, condicionan las dimensiones de los vehículos que pueden utilizarlas. Recíprocamente estas dimensiones hacen necesarias unas características geométricas mínimas en las vías. Por otro lado, los pesos totales de los vehículos y el reparto entre sus ejes afectan a los pavimentos y estructuras de las carreteras; su conocimiento es preciso para un mantenimiento correcto.

El medio ambiente; como plantea la definición desde el punto de vista administrativo-operativo, es la más afín a nuestro perfil como un sistema constituido por múltiples

factores que se relacionan e inciden directa e indirectamente en las obras viales. Dada la repercusión que tiene el medio ambiente en las mismas, se considera oportuno incluirlo en el análisis dentro de los elementos que intervienen en la conservación de carreteras. Además el hombre juega un papel determinante en el proceso de explotación y conservación de carreteras, o sea participa activamente como factor medioambiental en las obras constructivas, en su interrelación con la carretera y los vehículos.

Entre los factores naturales se encuentran, el agua, la flora, la fauna, el clima. La acción del agua tiene un efecto negativo en la vía, por lo que evitar su incidencia es uno de los objetivos del personal que interviene en la conservación. La importancia del drenaje superficial y soterrado es vital para que la carretera perdure en el tiempo. El efecto del clima en nuestro país, tropical, donde prevalecen las altas temperaturas, resulta sumamente agresivo para las mezclas asfálticas, esto influye en la estabilidad de las mismas aumentando las exudaciones y deformaciones de las capas superficiales. La acción de la flora, está dada por la incidencia desfavorable de las plantas en las vías, por movimientos de tierras, levantamiento de viales, obstrucción de cunetas y taludes. Por otra parte dentro de los factores químicos, se destaca la acción causada por el hombre al verter sustancias químicas que perjudican el pavimento, entre ellas el petróleo y el aceite de los vehículos (Sedenko V. M. 1976).

De esta forma queda explicada la estrecha relación existente entre estos elementos que intervienen en la explotación y conservación de la carretera que son de suma importancia ya que cada uno depende del otro, por lo que hay que tenerlos presente en todo momento ya sea durante la ejecución, mantenimiento y puesta en práctica de la carretera.

La rehabilitación no es más que la reparación selectiva y el refuerzo del pavimento o la calzada, la previa demolición parcial de la estructura existente, con el objetivo de restablecer la solidez estructural y la calidad de ruedo originales. Además, por una sola vez en cada caso, podrá incluir la construcción o reconstrucción del sistema de drenaje que no implique construir puentes o alcantarillas mayores. Antes de cualquier actividad de rehabilitación en la superficie de ruedo, deberá verificarse que el sistema de drenaje funcione bien. La rehabilitación de puentes se refiere a reparaciones mayores, tales como

el cambio de elementos o componentes estructurales principales o el cambio de la losa del piso.

La rehabilitación, se entiende como: las acciones arquitectónicas, urbanísticas y sociales que permiten mejorar la calidad de vida de los habitantes y la capacidad de reutilización de esta arquitectura y de estos espacios dentro de niveles de habitabilidad, salubridad y confort convenientes. Esto se logra dotándolos de los equipamientos y las infraestructuras suficientes, pero siempre dentro de los parámetros que permiten la identificación de los habitantes con su medio y su patrimonio, es decir se respeta su memoria y su identidad [Carta de Lisboa 1995].

1.1.1 Deterioros

Según el Manual de Mantenimiento para la Conservación Vial (2004) el deterioro es el proceso de desgaste, de aparición de fallos puntuales o degradación superficial que deviene poco a poco en la disminución de la capacidad funcional y estructural de pavimento.

Según los catálogos de deterioros consultados (Catálogo de deterioro del Banco Mundial, Catálogo de deterioro español y el Catálogo de desperfectos en pavimentos, este último con una propuesta que contiene una reorganización de los deterioros que mayor incidencia tiene en los pavimentos cubanos), es tendencia internacional agrupar los deterioros de las carreteras de acuerdo a los distintos elementos de la vía donde aparecen: calzada, paseos, obras de drenaje longitudinal, plataforma, señalización, defensa y alcantarillas. En Cuba se agrupan y se tratan igualmente los deterioros teniendo en cuenta los elementos de la vía donde aparecen y se clasifican en distintas familias como lo hace el Catálogo Español. A continuación se expondrá brevemente el catálogo sobre deterioros definidos en España y Cuba, que agrupan distintas familias de deterioros.

En la calzada, para relacionar las degradaciones con un tipo de estructura conviene clasificar los pavimentos en dos grandes grupos: Pavimentos flexibles y Pavimentos rígidos aunque pueden aparecer deterioros característicos de otros tipos de pavimentos como los adoquines y terraplenes.

Según el catálogo español en los pavimentos flexibles y semirrígidos los distintos tipos de fallos vienen agrupados en cinco familia: 1) deformación, 2) roturas, 3) desprendimientos, 4) exudaciones y 5) otros, mientras que los deterioros en los pavimentos rígidos se agrupan en cuatro familias: 1) deformaciones, 2) roturas, 3) fluencias y 4) otros.

El catálogo cubano clasifica igualmente los deterioros en varias familias. Tanto para pavimentos flexibles como rígidos los deterioros se agrupan en cuatro familias: 1) deformaciones, 2) fisuras, 3) segregaciones y 4) otros.

La diferencia existente entre las clasificaciones de las familias entre ambos países se debe al tipo de tráfico, muy diferente en cuanto a número de vehículos, tipos, cargas, la incomodidad o inseguridad que producen en el usuario de la carretera: visual, sonora, vibratoria, de conducción, deslizamiento, luminancia o características reflectantes.

Las características climatológicas también influyen para que existan diferencias en cuanto a las familias de deterioro, en España por ejemplo en el invierno hay temperaturas por debajo de cero grado y en verano temperaturas muy altas, en cambio en Cuba casi todo el año predominan las altas temperaturas. Por consiguiente, en cada uno de estos países se producen en los pavimentos tipos de fallos diferentes característicos de su propio modo de comportamiento estructural, relacionados con el distinto proceso evolutivo a lo largo de su vida útil hasta llegar al agotamiento.

1) Las deformaciones en pavimentos flexibles son provocadas por la acción de fuerzas sobre el pavimento, determinando los siguientes deterioros: rodera, depresión, blandón, desniveles, mientras en pavimentos rígidos por desniveles y pandeos.

2) Las fisuras son fracturas longitudinales o transversales en la superficie del pavimento, en los flexibles están dadas por: red de grietas, piel de cocodrilo, fisura longitudinal, fisura transversal y fisuras finas, mientras que en pavimento rígido aparecen: fisura longitudinal, fisura transversal, fisura diagonal o de esquina, piel de cocodrilo, fractura, defecto de juntas, junta longitudinal abierta y surgencia.

3) Las segregaciones no es más que la separación o pérdida del agregado, provocando en los pavimentos flexibles los siguientes deterioros: pérdida de ligante, disgregación, deterioro de borde, peladura, bache cazuela y furnia, mientras que en pavimentos rígidos pueden ser: peladura, bache cazuela y furnia.

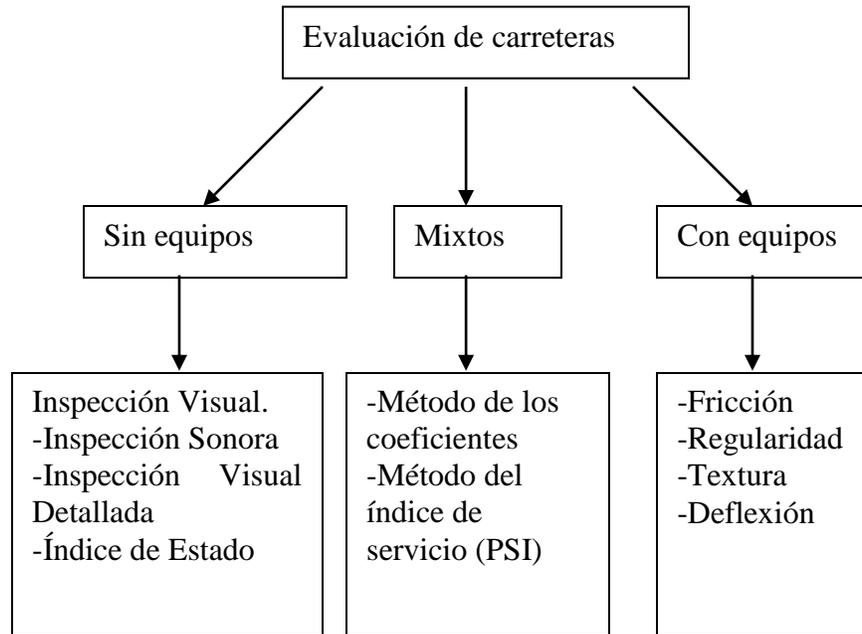
4) La familia de otros deterioros, está constituida en pavimentos flexibles por: exudación, áridos pulidos y deterioro por mal ejecución de construcciones y/o reparaciones, mientras que en pavimentos rígidos los conforman: deterioros de reparaciones puntuales, falta de textura superficial.

Por consiguiente la autora afirma que es muy importante detectar los deterioros existentes en la carretera específicamente basándose en el catálogo de deterioros cubano y una vez tratado los diferentes tipos de deterioros, según los pavimentos (flexibles o rígidos) y los elementos en la vía donde aparecen, se hace necesario abordar a continuación los métodos comúnmente utilizados para evaluar el estado de la carretera.

1.1.2. Evaluación de carreteras

Para evaluar el estado de las carreteras han existido gran cantidad de métodos durante muchos años. Son varias las características que se deben medir, con el fin de valorar el estado de la superficie de la calzada, el pavimento y la vía en general. En estos aspectos se diferencian los métodos de evaluación.

FIGURA 1.2 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE CARRETERAS



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Las evaluaciones de las carreteras tienen como objetivos medir las condiciones generales de las vías o de los elementos que la componen; miden condiciones globales de la vía. [Inspección Somera (IS), Inspección Visual Detallada (IVD), Índice de estado (IE), Método de los coeficientes de explotación y método del índice de servicio (PSI)], la evaluación del estado del pavimento; Índice de estado (IE), las características superficiales del pavimento (Fricción, regularidad y textura) y la resistencia del pavimento (Deflexión).

Por lo planteado anteriormente se puede afirmar que una vez evaluada la carretera se hace necesario llevar a cabo una serie de métodos de evaluación controlando así el estado de evolución de la misma en el tiempo y sirve de apoyo para la toma de decisiones de los trabajos a realizar para mejorar las condiciones del tramo.

1.1.3. Métodos de evaluación de carreteras

Inspección Visual

La inspección visual se realiza utilizando medidas sencillas de todos los elementos de la vía, de los cuales se obtiene una evaluación y en la segunda parte evalúa detalladamente las características de la calzada. Los procedimientos de inspección propuestos, necesitan la identificación y la cuantificación precisa de los principales defectos encontrados.

1) **Inspección Somera:** Este método debe realizarse preferentemente una vez al año y a un ritmo más frecuente en las carreteras más importantes. La frecuencia puede ser menor en carreteras menos importantes y en función de la cadencia de los procedimientos de conservación empleados. Si se dispone de un programa de conservación preestablecido o si se va a poner en práctica, es suficiente hacer una vez la inspección somera. En este tipo de inspección los parámetros a evaluar se reparten en cuatro grupos relativos a:

- La calzada

- Los elementos laterales

- La señalización y defensa

- Las obras de fábrica: alcantarillas, puentes, pequeñas obras como muros de contención, etc

Este método fue desarrollado por el Banco Mundial y evalúa el estado de la vía de forma general al tener en cuenta todos los elementos componentes de esta y se recomienda usarlo cuando es necesario determinar el estado de la vía en su totalidad, en carreteras importantes para mantener su funcionalidad (Catálogo de Deterioro del Banco Mundial).

2) **Inspección Visual Detallada:** Se realiza generalmente caminando a lo largo del subtramo a inspeccionar. El inspector utiliza el catálogo de degradaciones y el manual de inspección para enjuiciar los distintos parámetros.

Se llevarán a cabo donde haga falta las mediciones con el equipo idóneo: cinta, regla, u otro material disponible. Es necesario a menudo tomar notas para efectuar una evaluación realista del conjunto del subtramo. El inspector completará el informe del subtramo una

vez inspeccionado, llevando a los modelos establecidos la información obtenida para ser procesada en el gabinete.

La inspección visual detallada es un método creado también por el Banco Mundial, y evalúa los distintos elementos de la vía de forma particular, se realiza cuando es necesaria la inspección de elementos específicos de la vía como calzada, elementos laterales. Es importante que los equipos de inspección estén perfectamente familiarizados con los datos descritos en el Catálogo de deterioro. El estado del pavimento flexible se evalúa a partir de la amplitud de la degradación, expresada por el porcentaje de la superficie dañada, la gravedad de la degradación la cual se puede considerar de tres niveles (ligera, moderada, grave) (Catálogo de Deterioro del Banco Mundial).

3) **Índice de Estado:** El método aplicado en Cuba adaptado a las condiciones del país por el Centro Nacional de Viabilidad (CNV), es el índice de estado, el cual se ajusta a lo establecido por el Consejo de Carretera de Iberoamérica. Este método fue desarrollado por el Banco Mundial y adaptado a nuestras condiciones es el que más se aplica en nuestro país.

El método de calificación al tramo de la carretera es a partir de los deterioros que en la misma se encuentran y su respectiva severidad, en función del área con que aparecen estos dentro de la muestra.

Mixtos

1) **Método de los coeficientes de explotación (K):** Otro de los métodos utilizados para evaluar la calzada de la vía es el método basado en los coeficientes, que miden algunos parámetros importantes en el comportamiento del pavimento como la velocidad, la lisura, la rugosidad, el desgaste, la deflexión y el tránsito, todos comparándolo con los límites en cada caso. Se obtienen así los coeficientes K1, K2, K3, K4, K5, K6 respectivamente; con estos coeficientes se determina en tablas el tipo de reparación a realizar.

Todas las propiedades superficiales de un pavimento deben mantenerse en condiciones aceptables durante la vida de la carretera. El deterioro de estas características es a veces independiente de la ruina del pavimento por lo que las estrategias de conservación

pueden ser diferentes. De esta manera hay que prever acciones sobre una carretera tendientes únicamente al mantenimiento de las características de superficie, lo que se le puede llamar "renovación superficial" (DEPESTRE, R.G 2008).

2) **Método del Índice de Servicio (PSI):** Aparte de las deformaciones superficiales antes indicadas, hay una serie de factores a tener en cuenta como son las fisuras, las grietas importantes, las zonas con fallos localizados reparadas o no reparadas, etc. El índice más conocido que relaciona las características antes mencionadas es el PSI obtenido en el ensayo del Instituto del Asfalto que establece una correlación entre distintos parámetros de superficie sin olvidar una valoración de los mismos por los usuarios de la carretera.

Con equipos

1) Fricción

Este elemento está estrechamente ligado a la seguridad en el frenado de los vehículos, teniendo en cuenta que al patinar o perder la fricción entre el neumático y la superficie de la vía el conductor pierde el control del vehículo.

La fricción en tanto, es la acción combinada entre la resistencia al deslizamiento y de la textura. En Cuba una de las técnicas para determinar el valor de la fricción sobre la superficie mojada de capas de rodaduras de pavimentos recién construidos o en explotación, muestras de hormigón asfáltico, emulsiones asfálticas o baldosas ensayadas en laboratorio es el coeficiente de fricción DIVA (CFD) (Anteproyecto de norma. “Ensayo del coeficiente de fricción DIVA”).

El coeficiente de fricción DIVA (CFD) es el valor del coeficiente dinámico entre el tacón de goma lisa del péndulo portátil DIVA cuando roza sobre una superficie de ensayo mojada en la longitud normada.

Este equipo da una indicación indirecta del grado de rugosidad que proporciona la microtextura del pavimento. En países desarrollados para medir la fricción directamente se tiende a utilizar, equipos de mayor rendimiento, acoplados a un vehículo o remolcado.

2) Regularidad

El grado con que la superficie de un pavimento se aproxima a la teórica de proyecto se conoce como regularidad superficial (Ignacio Sánchez Salinero. Regularidad superficial de pavimentos).

Diferentes investigaciones realizadas al respecto revelan que los costos de operación de los vehículos dependen de la magnitud de las irregularidades superficiales del pavimento. Es importante mencionar que dichas irregularidades, provocan efectos dinámicos nocivos en el pavimento, modificando el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía (Unidad de investigación y desarrollo vial, El Salvador 2005).

Uno de los parámetros utilizados para la evaluación de la regularidad de los pavimentos, es el Índice de Regularidad Internacional (IRI), el cual refleja el nivel de comodidad y seguridad al transitar.

En Cuba, tradicionalmente el método empleado para evaluar la calidad de la terminación de un pavimento, ha sido mediante reglas de diferente longitud, normalmente de tres metros. Se apoya la regla sobre la superficie y se mide el desnivel vertical entre la superficie del pavimento y la de la regla, y según los investigadores del Instituto Mexicano del Transporte IMT, es posible también, después de realizar el procesamiento estadístico de las mediciones, determinar el resultado del índice de rugosidad superficial, IRI, en m/Km.

También existen medios de medición o técnicas más avanzadas, con dispositivos de láser o de ultrasonido, que acoplados con medios de cómputo digital, determinan el IRI por cada huella de circulación y carril a velocidades máximas que pueden estar en el orden de los 80 km/h.

3) Textura

La textura superficial del pavimento es el conjunto de irregularidades de la capa de rodadura del pavimento que dependen de la aspereza superficial de los áridos y de sus irregularidades geométricas.

Estudios realizados han demostrado que, para interpretar mejor los fenómenos que suceden en el contacto neumático-pavimento, es conveniente subdividir la textura en dos clases: macrotextura y microtextura.

Existen numerosos aparatos algunos de ellos costosos y complejos para medir la textura. Sin embargo, de manera indirecta puede determinarse la textura mediante ensayos tan sencillos como el de la mancha de arena, utilizando el rectángulo portátil.

El ensayo de Altura de Arena para la textura es el utilizado en Cuba y consiste en regar una cantidad de arena de granulometría determinada por un volumen conocido, en la superficie de la vía logrando una figura conocida (rectángulo ó círculo) a la cual se le calcula el área. (Ensayo textura superficial del pavimento. Anteproyecto de norma)

4) Deflexión

En el caso de la resistencia del pavimento uno de los métodos más utilizados y que tiene mucha relación con el dimensionamiento del refuerzo es el cálculo de la deflexión elástica de los pavimentos.

La deflexión, como se sabe, es la deformación vertical puntual de una superficie bajo la acción de una carga. Esta definición corresponde a la llamada deflexión total. Cuando la carga deja de actuar, si el pavimento y la explanada fueran perfectamente elásticos, se volvería a la posición inicial, pero no ocurre así, quedando una parte de la deformación que se llama deflexión remanente. La diferencia entre la deflexión total y remanente se llama deflexión elástica recuperada.

De esta forma queda especificado en que consiste cada método de evaluación de la carretera y para que se utilizan. Los cuales son de gran importancia para un buen desarrollo del mantenimiento de la carretera.

1.2. Técnicas de rehabilitación y mejoras

Teniendo en cuenta las características que en general tienen las distintas redes locales españolas y las tecnologías habitualmente disponibles, se consideran las técnicas de

rehabilitación y mejora de firmes (para renovación superficial o rehabilitación estructural, según corresponda) que se incluyen en la siguiente lista.

- Riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)
- Lechada bituminosa (microaglomerado en frío)
- Mezcla bituminosa abierta en frío (espesor de capa de 4-5 cm)
- Mezcla bituminosa en caliente tipo asphalt concrete (espesor de capa de 5-7 cm)
- Zahorra artificial (espesor de 20-30 cm)
- Gravaemulsión (espesor de 6-10 cm)
- Reciclado in situ en frío (espesor de 6-10 cm)
- Reciclado in situ con cemento (espesor de 20-22 cm)
- Fresado (espesor de 4-8 cm)

En lo que se refiere a los riegos con gravilla es cierto que también podrían considerarse los monocapa (simple tratamiento superficial) y los tricapa (triple tratamiento superficial). El argumento para esa consideración sería que los primeros serían una opción especialmente económica, mientras que los últimos constituirían una solución más duradera. La experiencia muestra que la durabilidad de los bicapa es notablemente superior a la de los monocapa con solamente un pequeño incremento de los costos, mientras que, por otra parte, si los bicapa se aplican utilizando materiales de suficiente calidad y con una ejecución cuidadosa es innecesario recurrir a los tricapa (Del Val, M.A. Madrid, 2005).

En cuanto a los tratamientos superficiales mediante lechadas son los recogidos en el artículo 540 del PG-3 bajo la denominación de microaglomerados en frío. Estas prescripciones requieren determinadas particularizaciones para su aplicación en las redes locales. Cabe señalar, por ejemplo, la no necesidad en general de recurrir a emulsiones de

betún modificado, la no necesidad del apisonado, salvo que se emplease la granulometría MICROF 11, y la posibilidad de emplear la granulometría MICROF 5 en capa única (especialmente en el caso de ser aplicadas para sellar las mezclas abiertas en frío) (Del Val, M.A. Madrid, 2005).

En relación con las mezclas abiertas en frío hay que volver a hacer referencia a la inexistencia de prescripciones en el PG-3 desde 2004, como en el caso de los riegos con gravilla. Pero también en este caso están disponibles las prescripciones técnicas generales elaboradas en 2005 por ATEB , cuya particularización requiere en primer lugar, como en el caso de los riegos, el cambio de las denominaciones de las emulsiones bituminosas y, por otro lado, la adaptación de las especificaciones de los áridos a lo que impone su mercado CE. En otro orden de cosas, en el hipotético caso en que se quisiesen colocar las mezclas abiertas en frío en espesores relativamente importantes (8-10 cm) habría que extenderlas en dos capas, reservando lógicamente el sellado a la capa superior.

De las mezclas bituminosas en caliente del tipo asphalt concrete hay que subrayar, por encima de cualquier otra consideración, que su uso en las redes locales debería reservarse, al contrario de lo que ha sido lo habitual en las últimas tres décadas, a unas aplicaciones muy precisas, como por ejemplo su disposición sobre un soporte suficientemente rígido, como el que se obtiene mediante un reciclado in situ con cemento.

En las mezclas en caliente del tipo asphalt concrete deben tenerse presentes dos opciones técnicas, que podrían incluso utilizarse conjuntamente (es lo deseable): la fabricación a temperatura inferior a la habitual (se hablaría entonces con más propiedad de mezclas semicalientes) y la incorporación en la central de fabricación de material de fresado (RAP, Reclaimed Asphalt Pavement) en tasas que se situarían en principio entre el 15 y el 25 %.

En las vías locales debe seguir considerándose en ocasiones, cómo no, la opción tradicional de rehabilitar un firme formado por capas granulares y un tratamiento superficial (que puede ser incluso una capa de mezcla de espesor reducido) mediante un escarificado de los centímetros superiores (eliminando totalmente por consiguiente dicho

tratamiento superficial), previo a la extensión de una nueva capa granular, posteriormente revestida con un riego con gravilla.

El éxito de estas rehabilitaciones no está tanto en el espesor (que debe estar, casi sin excepciones, entre los 20 y los 30 cm) como en una granulometría cuidada y en unos áridos especialmente limpios. Ciertamente allí donde se siguiese utilizando la aún más tradicional técnica del macadam se podría emplear en los mismos espesores indicados, con la ventaja adicional, entre otras, de poderse garantizar más fácilmente el agarre del riego con gravilla a su soporte.

Hay que seguir insistiendo, como ya se ha hecho en el pasado en tantísimas ocasiones, en la idoneidad de recurrir en las vías locales a la grava emulsión, tanto para construcción nueva como para determinadas actuaciones de rehabilitación estructural. Los inconvenientes de la técnica (entre los cuales uno no menor es el de su coste de construcción, en general poco competitivo) quedan ampliamente compensados por ventajas tales como la versatilidad de todo tipo en la aplicación, la protección de la infraestructura frente a la acción del agua, la capacidad de autorreparación, etc. Una vez más hay que volver a hacer referencia a la ausencia de un artículo en el PG-3, pero a la posibilidad de utilizar el pliego de ATEB, con las obligadas particularizaciones a las que ya se ha aludido en los casos de los riegos con gravilla y de las mezclas abiertas en frío (Del Val, M.A. Madrid, 2005).

El reciclado in situ en frío con emulsión será una opción a considerar siempre que, de entrada, haya una importante superficie para rehabilitar estructuralmente. La efectividad del resultado es comparable en todo al conseguido mediante la extensión de una gravaemulsión, pero en absoluto es concurrente ni con los reciclados in situ con cemento ni con las soluciones basadas en el empleo de mezclas en caliente del tipo asphalt concrete, dado que sus campos de aplicación son totalmente diferentes. El principal problema es que las especificaciones oficiales existentes (las contenidas en el artículo 20 del PG-4) están obsoletas en buena medida, si bien esto queda compensado con la gran experiencia que ya hay acumulada en España en la aplicación de esta tecnología.

No hay que olvidar que, como en el caso de la gravaemulsión, el resultado dependerá siempre de las condiciones ambientales con las que se ejecute el reciclado (mejor cuanto más caluroso y seco sea el tiempo que hace durante la obra) y que ha de colocarse siempre encima (tanto del reciclado como de la gravemulsión) un tratamiento superficial con el que hacer frente a los esfuerzos horizontales que se puedan producir, pero una vez que se haya producido la maduración completa de la capa. Debe considerarse que la maduración se acelera notablemente si se recurre a una técnica de reciclado templado (Del Val, M.A. Madrid, 2005).

Por su parte, el reciclado in situ con cemento debe considerarse como una forma de llegar a tener una especie de suelo cemento a partir de los materiales preexistentes; por tanto, el firme final debe diseñarse bajo los principios de diseño de los firmes semirrígidos. Los espesores a considerar estarán normalmente en torno a los 20-22 cm, pudiéndose así hacer frente a tráfico pesados relativamente intensos. Análogamente a lo que ocurre con los reciclados con emulsión las especificaciones oficiales (las contenidas en este caso en el artículo 21 del PG-4) están obsoletas.

Finalmente, en ocasiones hay que considerar el fresado como técnica complementaria para la rehabilitación y mejora, especialmente cuando hay un claro deterioro en la parte superior del firme (más aún si se aprecia el despegue de la capa de rodadura) y no se aplica una técnica de reciclado in situ. En cuanto al material que se obtiene (RAP), debe valorarse su eventual reciclado en central.

Se explicaron las técnicas de rehabilitación y mejoras de forma general y para dar respuestas a lo antes mencionado vamos a resumir en la siguiente tabla varias propuestas de estrategias de rehabilitación.

Tabla 1.1 Propuesta de estrategias de rehabilitación.

| Importancia de la vía | 35 < PCI < 60 | PCI ≤ 35 | PCI ≥ 60 y CRT _k < 0,45 |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Alta | EE2, EE5 (5) | EE1, EE3, EE4 (4) | ES1, ES2 (1) |
| Media | EE5, EE6, EE7, EE9, EE10 (6) | EE4, EE5, EE6, EE9, EE10 (5) | ES2, ES3 (2) |
| Baja | EE6, EE10 (7) | EE6, EE10 (6) | ES3 (3) |

Fuente: Pérez Cembranos, D, 2016

Cada una de las estrategias detalladas en la tabla anterior debe adaptarse a cada red local en concreto. En cada casilla se ha incluido un número que indicaría un posible orden de importancia de la actuación entre las consideradas para el conjunto de la red. Es una mera propuesta que debe tomarse únicamente como una primera aproximación. (Ver anexo detalle de las estrategias de rehabilitación estructural (EE) y estrategias de rehabilitación superficial (ES) y escala de valoración del PCI) (Ver anexo 1.2).

1.3. Impacto ambiental.

El enfrentamiento al cambio climático resulta de suma importancia para Cuba. En la mayoría de los documentos que rigen las políticas del desarrollo nacional se encuentran reflejadas, de una forma u otra, la imperiosa necesidad de realizar acciones de adaptación y mitigación, para reducir las vulnerabilidades del país al cambio climático.

La primera Estrategia Nacional Ambiental (EAN) en Cuba fue aprobada en 1997 para el período 1997-2005, la misma contribuyó a introducir la dimensión ambiental en todos los ámbitos, profundizar la interrelación economía-sociedad-medio ambiente, establecer los principios en los que se basa el quehacer ambiental nacional y caracterizar los principales problemas ambientales del país en esa etapa, lo cual permitió determinar las vías e instrumentos para la prevención, solución o minimización de dichos problemas, ... en

aras de alcanzar las metas de desarrollo económico y social sostenible [Gaceta Oficial 2007].

La recién aprobada Tarea Vida, al constituir un Plan de Estado, apunta hacia la construcción de una estrategia nacional sobre Cambio Climático, sobre todo porque la misma estuvo acompañada de la aprobación de otras directivas y leyes como la Ley de Aguas Terrestres que, sin dudas, la complementa y permite enfocar el tema de manera sistémica. Téngase en cuenta, que la Ley de Aguas Terrestres es un documento clave para normar la gestión integrada y sostenible del agua, que constituye un recurso natural vital que debe protegerse en interés de la sociedad, la economía, la salud y el medio ambiente. De modo que pudiera afirmarse que la estrategia nacional de Cambio Climático está en construcción.

La Tarea Vida contempla 5 acciones estratégicas y 11 tareas dirigidas a contrarrestar las afectaciones en las zonas vulnerables, las mismas fueron aprobadas en abril de 2017 por el Consejo de Ministros y constituyen una prioridad para la política ambientalista del país. Dado que su implementación requerirá de un programa de inversiones progresivas que se ejecutarán a corto (año 2020), mediano (2030), largo (2050) y muy largo (2100) plazos (Folleto Tarea Vida).

En los últimos años se ha profundizado en las investigaciones para conocer la magnitud de las afectaciones en los territorios costeros del país por el ascenso del nivel medio del mar. Por las disímiles características de las costas cubanas, el impacto y las afectaciones esperadas en éstas difieren de un territorio a otro, y en consecuencia difiere el nivel de intervención en ellas y hace necesario precisar con antelación las políticas de ordenamiento territorial y de otro tipo.

El riesgo climático es el resultado del cambio climático y afecta a los sistemas humanos y regiones naturales. En el curso del aumento de la temperatura mundial y fenómenos meteorológicos extremos, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha sido fundado por el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP), y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para comprender mejor el cambio climático y satisfacer las preocupaciones de estas observaciones. Su

objetivo principal es evaluar los riesgos climáticos y explorar estrategias para la prevención de estos riesgos.

El alto grado de intervención, con infraestructuras y edificaciones en zonas no siempre estables geológicamente, cerca de la costa, genera riesgos de erosión y deslizamiento de los terrenos. Todos estos fenómenos tienen a su vez una incidencia directa en la calidad de los paisajes costeros, ya que cada uno de ellos afecta de distinta manera a las cualidades del paisaje. A saber:

1. Ocupación urbanística: la ocupación urbanística masiva modifica completamente el paisaje, provoca la pérdida de sus características naturales y su singularidad costera, para conformar un paisaje urbano y antropizadas.

2. Alteración de la dinámica litoral: las infraestructuras en la línea costera provocan, además de una interrupción en el transporte litoral, una interrupción en la continuidad paisajística de la costa.

3. La reducción de la calidad de las masas de agua: en términos de paisaje los efectos de esta reducción se pueden percibir bien en la disminución de la superficie de agua en zonas inter-mareales y lagunas costeras, o bien por una brusca alteración en las cualidades visuales de la misma.

4. La degradación de los ecosistemas y el hábitat: este fenómeno, que es a su vez consecuencia de los antes mencionados, conlleva una disminución en la riqueza visual de las zonas costeras, al disminuir la diversidad y singularidad de algunos de sus elementos principales.

CONSUMO DE RECURSOS NATURALES.

Cualquier trabajo lleva asociado un determinado gasto de recursos naturales en mayor o menor medida. En el caso de las labores de mantenimiento de carreteras no se hace un uso excesivo de agua y energía, los dos principales bienes naturales utilizados; sin embargo es necesario tomar las medidas oportunas para reducir su consumo.

Algunas de las acciones que se pueden tomar para disminuir su gasto son: el uso de aguas de menor calidad para la limpieza de la maquinaria, planificar un recorrido eficiente que minimice los kilómetros recorridos en la vigilancia de los tramos de una carretera o utilizar equipos de bajo consumo.

GENERACIÓN DE RESIDUOS.

Está considerado el impacto ambiental más importante en el mantenimiento de carreteras debido a que se producen residuos prácticamente en todos los trabajos que se realizan, ya sean originados por las propias labores de conservación (embalajes, cambios de aceites, etc) o generados por el tráfico (limpieza márgenes de carretera).

Por ello, es imprescindible que en el centro de conservación haya un parque de residuos con zonas específicas que separen los diferentes tipos de residuos para su posterior reciclado.

CONTAMINACIÓN POR VERTIDOS.

El vertido de productos químicos como aceites, gasóleos o metales pesados al suelo, que posteriormente se filtran al subsuelo y contaminan las aguas subterráneas, es uno de los impactos más graves que pueden darse en el mantenimiento de carreteras.

Siendo así, muy necesario prevenir los vertidos y tomar precauciones como evitar el uso de herbicidas en días de viento o lluvia, eludir el repostaje de los vehículos sobre suelo natural o realizar un buen mantenimiento de los equipos para evitar fugas.

ALTERACIÓN DE ECOSISTEMAS NATURALES.

Aunque las acciones que se llevan a cabo en el mantenimiento de carreteras no generan un importante deterioro de los ecosistemas naturales de la zona, siempre es conveniente tomar medidas preventivas.

Este tipo de impacto ambiental se produce casi exclusivamente por el vertido de productos, como por ejemplo la propagación accidental de herbicidas sobre zonas vegetales o cultivos próximos a las carreteras.

En definitiva, a la hora de realizar un proyecto de conservación de carreteras es necesario tener en cuenta los impactos ambientales que se van a producir para reducirlos todo lo posible. Por lo tanto la autora define que el impacto ambiental es una de los principales aspectos a tener en cuenta en cualquier tipo de construcción, ya sea por el daño que el ser humano le provoca como las afectaciones que recibe la sociedad por consecuencias de los cambios climáticos.

1.4. Maquinaria utilizada para la rehabilitación de carreteras

1. Recicladora (estabilizadora)

La función de la recicladora en firmes bituminosos es la realización del reciclado in situ o en frío, ya sea para renovar la base o la capa de rodadura. Se trata del fresado de las capas superficiales más deterioradas de los firmes asfálticos, la inyección del cemento o de la emulsión con los aditivos proyectados en cada firme, el mezclado y en algunos casos, el extendido con una compactación previa.

La recicladora o estabilizadora es una máquina consistente en un bastidor rígido automotriz, donde se integran motor, accionamientos, controles y el tambor de fresado. Algunos modelos de máquina pueden montar una amasadora, incluso una criba y un molino de trituración, y también una regla de extendido de firmes. Otros modelos más sencillos, con tracción de ruedas, disponen de un sistema de inyección de agua con cemento o emulsión bituminosa en el tambor de fresado con el fin de mezclarlo con el material fresado aprovechando la inercia del rotor (Ver anexo imagen 2).

2. Dosificadora y distribuidora de ligantes

Los equipos de dosificado y distribución de ligantes intervienen en el reciclado in situ. Pueden ser distribuidores de agua y cemento, para el reciclado in situ con cemento, o bien, distribuidores de emulsión bituminosa cuando se trate del reciclado in situ con emulsión.

El equipo de dosificación, tanto para el cemento y el agua, en el primer caso, como para la emulsión bituminosa, el agua y los aditivos, en el segundo, se compone de depósitos,

bombas de caudal variable y difusores convenientemente dispuestos, con control automático programable de la dosificación, para realizar las dosificaciones en función de la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y la anchura del material fresado y que se vaya a reciclar, y según la velocidad de avance de la recicladora (Ver anexo imagen 3).

3. Fresadora

La función de la fresadora es arrancar y disgregar las capas de material existente en el firme objeto de renovación. Lo hace por medio de la rotación del tambor de fresado, que es un cilindro dispuesto en la parte inferior de la máquina horizontalmente, con el eje de giro ortogonal al sentido de avance. El tambor está dotado de picas con las que penetra en la capa de material arrancándolo y disgregándolo, dejando en el firme un surco ausente de masa.

La fresadora es una máquina compuesta por un bastidor rígido automotriz, donde se integran motor, accionamientos, controles, el tambor de fresado y la cinta colectora, cuando la monte. Las fresadoras pueden ser de ruedas, aptas para fresados de poca anchura o precisados de una gran movilidad (zonas urbanas), o bien de cadenas, capaces de aportar una mayor anchura de trabajo e idóneas para obras en línea con mayores producciones.

Una vez disgregado, el material puede ser depositado sobre la superficie fresada o en las máquinas que dispongan de cinta, recogido por una cinta transportadora y elevado para ser descargado sobre un medio de transporte que retire el material al punto de reciclaje o a un vertedero (Ver anexo imagen 4).

4. Tren de reciclado in situ

El reciclado in situ con emulsión bituminosa se puede realizar con un tren de reciclado in situ. Consiste en una serie de vehículos conectados entre sí con tracción propia o remolcados, dotados de cintas transportadoras, cribas, un molino de trituración, depósitos, difusores y una amasadora.

Una vez fresado el material deteriorado, éste se recibe, presumiblemente desde la cinta de vertido de una fresadora, en una tolva de recepción con una cinta transportadora que lo conduce a una criba. El material que tamiza la criba para al siguiente proceso, mientras que el rechazo es conducido a un molino de trituración, que disgrega el material fresado que aún se mantiene ligado en pedazos. El resultante del molino vuelve a pasar por la criba. Una vez se ha alcanzado el tamaño apropiado de disgregación se conduce a una amasadora de flujo continuo donde se mezcla con la emulsión, y se vierte sobre una cinta que conduce al material a una extendedora, que se encarga de ubicar el material en la capa deseada y preparada para su posterior compactación (Ver anexo imagen 5).

5. Central de fabricación

Las plantas de fabricación utilizadas con fines de reciclado disponen de un sistema de adición del material fresado. Para ello el material debe estar debidamente disgregado para facilitar su mezclado con el material de nueva aportación y generar un producto final con la calidad necesaria. Las plantas recogen el material resultante del fresado y la trituración (si fuese necesaria) y lo calientan hasta que el ligante (betún) se funde, permitiendo de esta manera mezclarse con áridos secos, filler y betún de nueva aportación con los que conseguir la fórmula del proyecto (Ver anexo imagen 6).

6. Medios de transporte

Serán camiones articulados o rígidos, dotados de caja basculante lisa y estanca que se tratará con un producto específico para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera a ella. La forma y altura de los mismos, deberá ser tal que, durante el vertido de la mezcla bituminosa en la extendedora, el camión, solo toque a ésta a través de los rodillos previstos para tal efecto. Los mismos deberán de tener una lona o cobertor adecuado para proteger la mezcla bituminosa en caliente durante su transporte.

La misión específica de los medios de transporte de mezclas bituminosas calientes es trasladar el producto al lugar de trabajo sin que pierda sus propiedades. Esto implica que debe llegar con una temperatura lo suficientemente alta como para que no se produzcan segregaciones por enfriado de la mezcla (Ver anexo imagen 7).

7. Cisterna de riego

En la labor de extendido de capas asfálticas, el primer paso que se realiza es un riego de una emulsión bituminosa sobre la superficie donde se vaya a realizar el extendido. Esta emulsión se encarga de que haya una adhesión correcta de la capa que se va a extender a la capa ya existente. La emulsión debe estar en contacto con las dos superficies a adherir, por lo que debe tener el mismo ancho.

Las cisternas de riego de emulsiones asfálticas, comúnmente llamadas camiones bituminadores, consisten en una serie de equipos que van montadas sobre el chasis de un camión propiamente dicho. Constan de un depósito calorifugado y calefactado, una bomba de impulsión de la emulsión, una rampa de riego de ancho variable dotada de inyectores y un sistema de control que dosifica la capa esparcida (Ver anexo imagen 8).

8. Equipos de extendido

El extendido de las capas de base (capa base y capa intermedia) se realiza mediante extendedoras de aglomerado. Son autopropulsadas y están dotadas de los dispositivos necesarios para extender la mezcla bituminosa en caliente con la geometría y producción necesaria y un mínimo de compactación. La capacidad de la tolva y la potencia, serán las adecuadas para el espesor y el ancho de la capa que deban ejecutar, teniendo en cuenta las pendientes.

Cabe destacar que estas extendedoras suelen estar dotadas de un dispositivo automático de nivelación y de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal (Ver anexo imagen 9).

9. Equipos de compactación

Para realizar la labor de compactación se utilizan compactadores de rodillos metálicos vibrantes, compactadores de neumáticos o compactadores mixtos, que es una mezcla de los dos anteriores. La composición mínima será de un rodillo compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixtos y un rodillo compactador de neumáticos.

Todos los rodillos compactadores deben ser autopropulsados, tener inversores de sentido de marcha de acción suave, y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas ó neumáticos durante la compactación y para mantenerlo húmedos en el caso de ser necesario (Ver anexo imagen 10) (<https://blog.structuralia.com/9-maquinas-empleadas-en-la-rehabilitacion-de-firmes>).

CONCLUSIONES PARCIALES

1- Se fundamenta que dentro de los componentes que intervienen en la conservación hay que tratar al medio ambiente como uno más del conjunto debido al impacto que tienen en él las acciones constructivas.

2- La rehabilitación y conservación de las carreteras conllevan a mejoras de las características geométricas de la vía y de los atributos como la accesibilidad y movilidad en la ciudad.

3- Se muestran varias técnicas de estrategias para mejoras en la rehabilitación de carretera.

4- Se define la maquinaria a utilizar en la rehabilitación de carreteras.

CAPÍTULO 2.

PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONCEPTUAL PARA EL ENFRENTAMIENTO DE LOS DETERIOROS DETECTADOS A LA CARRETERA DESDE REAL Y PINILLO HASTA LA TERMINAL MARÍTIMA DE CÁRDENAS.

Las carreteras son un patrimonio nacional enorme y requieren conservación para mantenerlas en condiciones satisfactorias y ofrecer circulación segura y con bajo costo al usuario, con velocidad apropiada. En este capítulo se darán a conocer todas las características de los parámetros de diseño en la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas, se explicarán detalladamente cada uno de ellos; así como los principales deterioros detectados según el Catálogo de Deterioros Cubano con sus respectivas causas probables, su descripción y evaluación. Además se presentará la solución conceptual de los deterioros detectados a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas.

2.1 Parámetros de diseño en la conservación de carretera

Una conservación tardía o insuficiente tendría como consecuencias aumentar el costo final de reparación, elevar los costos de funcionamiento para el usuario, aumentar molestias y reducir seguridad.

Se puede decir que la conservación de carreteras es un factor importante a la hora de su construcción, ya que si no se proponen diferentes trabajos que se ejecuten durante el proceso de explotación de las vías puede que ocurran desperfectos en las mismas, los cuales pueden que sean graves, medios o leves, por lo que se recomienda que se debe preservar el patrimonio vial de forma eficiente y asegurar la circulación lo más segura, cómoda y fluida posible.

La principal función del Mantenimiento Vial es la de garantizar en la carretera o red de vías la fiabilidad, rapidez de transportación, seguridad, comodidad y economía.

Según (Agudelo, 2002) explica que los parámetros que caracterizan las vías son: topografía, estudio de tránsito, aspectos hidrológicos e hidráulicos, planos en planta y perfil, además secciones transversales.

(Agosta & Papazian, 2006) plantean que los parámetros que caracterizan las vías son la sección transversal de la vía, las curvas horizontales y verticales, los peraltes, desagües y drenajes.

Según (AASHTO, 2011) en el Policy on Geometric Design of Highways and Streets los parámetros de diseño que caracterizan las vías son la distancia de visibilidad, la súper elevación, su sección transversal, la alineación horizontal y vertical.

Según el criterio de los autores anteriores la autora define como parámetros que caracterizan a la vía en su inspección los siguientes:

1. Pavimento
2. Paseos
3. Cunetas
4. Defensas
5. Señalización
6. Alcantarillas
7. Talud y contratalud

Para ello posteriormente se le va a dar una explicación detallada de cada uno de estos parámetros.

2.1.1 PAVIMENTO

Se le llama Pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estados en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Debe poseer anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos. Debe constar además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas.

El pavimento debe presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores. Los materiales de menor calidad se deben colocar en las terracerías. Estos últimos son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

Esta evaluación se realizará empleando el Catálogo de Desperfectos en Pavimentos, para poder emitir un criterio rápido y verás del estado técnico que presentan las carreteras. En el análisis y teniendo en cuenta la experiencia se considera de forma general que una carretera donde menos del 20% del área evaluada está deteriorada es una carretera en buen estado, sin embargo si el área deteriorada está entre el 20% y el 50% ya puede considerarse una carretera en estado regular y por último, si la vía evaluada tiene más del 50% de su pavimento deteriorado su estado es malo.

El criterio a seguir para clasificar el estado de conservación del pavimento flexible es el siguiente:

Tabla 2.1

| PUNTOS | CLASIFICACION |
|---------------|----------------------|
| 0 – 19 | Bueno |
| 20 – 50 | Regular |
| 51 - 100 | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Según estos parámetros de clasificación la autora define que el pavimento de la carretera estudiada es regular puesto que presenta varios problemas de deterioro en cuanto al

estado técnico constructivo tanto de la carretera pavimentada como el terraplén debido a la edad del pavimento y la falta de rehabilitación con el paso del tiempo.

2.1.2 PASEOS

Los paseos son carriles auxiliares de las carreteras, además son elementos de transición entre el borde y el drenaje y en muchos casos son utilizados como espacios de emergencia.

Luego de finalizada la vía, uno de los factores más importantes es el mantenimiento rutinario, y dentro de esto mantener los paseos en óptimas condiciones es primordial. La durabilidad del pavimento depende en gran parte de un buen sistema de drenaje. Cuando este no funciona adecuadamente el deterioro del pavimento es causado por defectos de la subrasante.

El drenaje de la superficie vial debe estar localizado lo más distantes posible del borde del pavimento, por lo que el ancho del paseo debe mantenerse limpio. El mantenimiento en una carretera inicia en el pase, ya que es la única forma de evitar que el agua se infiltre hacia la subrasante, por lo que se debe tener un sistema constante de control de malezas, limpieza de cunetas en sentido general, tanto las longitudinales como las transversales, ya que muchas veces solo se limpian las centrales porque son las que mas se ven. Esto no es un problema mediático. Es un gran problema tener los paseos con cunetas llenas de desperdicios que impiden que las aguas puedan drenar con facilidad y así evitar los baches u hoyos en las carreteras (Tejada, 31de enero 2009).

La inspección de los paseos se realiza de forma visual. En los últimos tiempos es común ver en las principales carreteras el deterioro de los paseos, que se encuentran llenos de malezas y en algunos casos han desaparecido por falta de mantenimiento.

Los criterios para evaluar los paseos serán los siguientes:

Tabla 2.2

| Tipo | Bueno | Regular | Malo |
|-----------------------------|--|--|--|
| Paseos pavimentados | Se encuentran pavimentados en lo concebido y no presentan deterioro o el nivel de deterioro que presentan no impide el aparcamiento y las operaciones de emergencia. | Se encuentra pavimentado en lo concebido y el nivel de deterioro impide de forma parcial el aparcamiento y las operaciones de urgencia. | Se encuentra pavimentado en lo concebido y el nivel de deterioro impide el aparcamiento y las operaciones de urgencia. |
| Paseos estabilizados | Se encuentran estabilizados en lo concebido y en buen estado ó el nivel de deterioro no impide el aparcamiento y las operaciones de urgencias. | Se encuentran estabilizados en lo concebido y el nivel de deterioro impide de forma parcial el aparcamiento y las operaciones de urgencia. | Se encuentran estabilizados en lo concebido y el nivel de deterioro impide el aparcamiento y las operaciones de urgencia. Los desniveles y el deterioro que presentan impiden cualquier tipo de operación vehicular. |
| Paseos de tierra | Se encuentra cubierto de césped (h=2cm) y la pendiente concebida, ó el deterioro que pueda existir no impide el aparcamiento, ni las operaciones de urgencia. | El césped sobrepasa los 2cm y el deterioro impide de forma parcial el aparcamiento y las operaciones de urgencias. | El césped sobrepasa los 2cm y el deterioro impide el aparcamiento y las operaciones de urgencia. Los desniveles y el deterioro que presentan impiden cualquier tipo de operación vehicular. |

Fuente: Elaboración propia.

La autora define en la inspección visual que la carretera contiene paseos pavimentados en mal estado ya que presenta un gran nivel de deterioro, existen desniveles y tienen presencia de enyerbamiento.

2.1.3. CUNETAS

La cuneta es una zanja o canal que se abre a los lados de las vías terrestres de comunicación (caminos, carreteras, autovías...) y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones.

Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte. Podemos decir que en las carreteras hay cunetas porque es fundamental que haya un drenaje de agua, con esto se evitan accidentes.

Las cunetas deben ubicarse a los costados de las vías terrestres para contrarrestar en parte el impacto que éstas generan en el medio ambiente. Entre dichas obras se encuentran las carreteras, los caminos, las vías férreas y las autovías (también llamadas autopistas), además de los puentes y túneles que sirven para conectarlas entre ellas.

Los orígenes de las cunetas se encuentran en las fortificaciones de la antigüedad, donde se creaban en fosos como método de desagüe. Con el tiempo, las cunetas comenzaron a construirse en distintos tipos de caminos. Al presentar un menor nivel que el resto de la calzada, el agua de la lluvia se acumula en la cuneta. Además, por su diseño, la cuneta permite direccional dicha agua a un sitio seguro. De no existir las cunetas las calles se inundarían ya que el agua no podría escurrirse (<https://es.m.wikipedia.org>).

Si bien las vías terrestres de comunicación se construyen con el objetivo de facilitar el desplazamiento de los habitantes de punto a otro, principalmente para llevar a cabo sus actividades laborales y contribuir con el crecimiento económico de las ciudades, estos potenciales beneficios tienen un precio inicial, que es precisamente el impacto ambiental, y por eso deben crearse las cunetas, entre otros elementos que apuntan a recuperar parcialmente el equilibrio existente ante las obras.

Puede decirse que la cuneta es el ángulo que se forma por la diferencia de nivel entre la acera y la calzada. Esa diferencia hace que el agua de las precipitaciones se acumule allí, y no sobre la calzada que utilizan los vehículos para circular.

La cuneta debe permanecer limpia para que pueda cumplir con su función. Si en la cuneta se acumula basura, el agua no puede escurrir. Otra posibilidad es que los residuos terminen siendo arrastrados por el agua y tapen los desagües. Las obras de mantenimiento de la vía pública son muy costosas pero deben llevarse a cabo con absoluta prioridad y una frecuencia ininterrumpida; cuando no se atienden estas obligaciones, los problemas se acumulan de forma exponencial y el estado de la ciudad decae considerablemente (Ver anexo imagen 11, 12, 13).

Por otra parte la estructura que se emplea para complementar el pavimento asfáltico es la parte del mismo que se encuentra inmediatamente junto a los cordones laterales los cuales se le pueden denominar cordón cuneta. Asimismo, este nombre puede aplicarse a las fajas que atraviesan las bocacalles. El cordón cuneta puede ser una opción ideal en las zonas más alejadas de los centros urbanos.

Para ello se desarrollarán los criterios de evaluación de las cunetas siguientes:

Tabla 2.3

| | Muy bueno | Regular | Malo |
|---------------|---|--|--|
| Cuneta | Están de acuerdo a su concepción y en excelente estado de funcionamiento, ó presentan pocas obstrucciones que no ejercen influencia en su funcionamiento. | Las obstrucciones que presentan causan problemas en su funcionamiento. | Las obstrucciones que presentan impiden su funcionamiento, o no existen. |

Fuente: Elaboración propia.

En la inspección visual realizada la autora constató que las cunetas presentan un estado regular debido a la presencia de residuos que provocan obstrucciones en el drenaje de la misma para un adecuado funcionamiento.

2.1.4. DEFENSAS

Las defensas metálicas, son estructuras de seguridad vial en acero galvanizado, formadas por postes, terminales, trapecoides reflectivos y el juego de tornillos correspondiente, colocadas a los lados de la carretera; como separador de vías en carreteras de dos sentidos

con cuatro o más carriles, en el arriate central, con el fin de prevenir accidentes ya sea reencausando los automotores descontrolados o bien amortiguando la energía del impacto y así minimizar la gravedad de los accidentes (Ver anexo imagen 14).

Para lo cual se seguirán los criterios de evaluación siguientes:

Tabla 2.4

| | Bueno | Regular | Malo |
|-----------------|--|---|--|
| Defensas | Se encuentran ubicadas en aquellos lugares donde son necesarias y en correcto estado de colocación y conservación, ó presentan pequeños problemas. | Presenta lugares donde no existen defensas y éstas son necesarias, además las existentes tienen problemas de colocación y conservación. | No existen defensas en lugares necesarios y el estado de las existentes es malo. |

Fuente: Elaboración propia.

La autora plantea que en la inspección visual realizada se determinó que no existen defensas en la carretera estudiada debido a que según las velocidades e intensidades del tráfico no se considera que sean necesarias la colocación de las mismas.

2.1.5 SEÑALIZACION VERTICAL Y HORIZONTAL

La Señalización Vial cobra relevancia debido a la necesidad de mantener informado al conductor del vehículo acerca de las características de las vías por la que conduce. Las funciones que cumple son las de: advertir, informar y orientar.

Es importante resaltar que este tipo de señales también contribuyen al menor uso de semaforización, lo cual haría aún más pausado el tránsito. Con el uso de este tipo de señal, solo se debe reducir la velocidad. También se ha hecho habitual la demanda de señales con flechas adicionales apuntando al firmamento. De ese modo, se busca que el conductor identifique el paso o cruce peatonal (Ver anexo imagen 15 y 16).

Por otro lado están las señales o carteles informativos que detallan un área específica o punto para peatones. Estamos a favor de que existan más caminos para peatones. Que

estos estén señalizados contribuye a peatones y a ciclistas a una mejor orientación y referencia del lugar en el que estén. También pueden ser usadas para educación vial. Las señalizaciones se fabrican de acuerdo a la necesidad del área de tránsito o flujo de peatones.

Se realizará la evaluación de la señalización de forma visual según los criterios siguientes:

Tabla 2.5

| | Bueno | Regular | Malo |
|---------------------|---|--|---|
| Señalización | Existen todas y en perfecto estado de conservación, ó presentan problemas de retroreflexión u opacidad. | Existen todas, pero presentan deterioros en su conservación. | Faltan señales y las existentes presentan deterioros. |

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la señalización horizontal y vertical la autora determinó a través de la inspección visual que no existe ningún tipo de señalización en el tramo estudiado.

2.1.6 ALCANTARILLAS

En el trazado de una vía se presentan con relativa frecuencia corrientes de aguas cuyos niveles y caudales son pequeños, y generalmente en tiempo de sequía pueden llegar a esviaje cero. Por otra parte, al costado de las vías se mueven aguas producto del drenaje natural del terreno, las que dada la topografía general es conveniente escurrir, lográndose en muchas ocasiones su evacuación a través de conductos que atraviesan la vía tanto perpendicularmente como formando un ángulo de esviaje determinado, para estos casos de escurrimiento suelen utilizarse las alcantarillas aunque su aplicación no sólo está determinada al paso de pequeños caudales sino también a algunos de valores considerables.

Una alcantarilla o cloaca es un acueducto subterráneo destinado a evacuar las aguas residuales domésticas u otro tipo de aguas usadas. Forma parte de los sistemas de

saneamiento urbano. El conjunto de alcantarillas de una población o de un barrio se llama alcantarillado (Ver anexo imagen 17).

El tipo de alcantarilla tenía efectivamente forma de puentecito: sobre dos muros de ladrillo, se sujetaba una bóveda de cañón también de ladrillo. En la parte inferior se formaba un canal que, cuando la alcantarilla era de tamaño pequeño, iba de pared a pared y cuando era de mayor tamaño, dejaba unos pasos en uno o en los dos lados del canal. En cualquier caso el tamaño de la alcantarilla, permitía el paso de una persona, aunque fuera necesario adoptar posturas incómodas para trabajar (Valdés, “Puentes” Cuba 1987 Tomo II).

Cuando en vez de una bóveda se cubría con una losa de piedra o de hormigón (generalmente en tamaños pequeños) tomaba el nombre de atarjea, nombre que actualmente se da también a otros tipos de conducciones.

Ahora se hacen generalmente con conductos prefabricados de hormigón, con diferentes tipos de sección transversal:

1. Sección circular, para pequeños caudales.
2. Sección ovoide, para caudales medianos.

Para caudales grandes pueden utilizarse secciones con la forma de la vieja alcantarilla, aunque a veces en vez de abovedada, tienen la parte superior adintelada. En su parte inferior, tiene un canal semejante al descrito anteriormente.

Las alcantarillas forman una red, el alcantarillado, que va reuniendo las aguas usadas mediante ramales, hacia grandes conducciones que se llaman colectores.

Para lograr un diseño racional y económico de una alcantarilla, se deben analizar con detenimiento los factores que influyen en su proyecto y construcción, tales como: el lugar de emplazamiento, su forma la hidrología e hidráulica, las cargas actuantes, tipo de material, método de diseño y construcción. Además de la construcción de una obra de fábrica menor se deben de tener en cuenta los factores que pueden influir en el reemplazo de la misma, antes de su vida útil esperada.

La evaluación será visual y los criterios a seguir son los siguientes:

Tabla 2.6

| | Bueno | Regular | Malo |
|---------------------|--|--|--|
| Alcantarilla | Cuando presentan buen estado estructural, sin obstrucción, arrastres ni sedimentos. Además no existe socavación, ó los sedimentos u obstrucciones que presenta no causan problemas a su funcionamiento. La socavación es leve. | Cuando presentan buen estado estructural con problemas de obstrucciones y sedimentación que impiden su buen funcionamiento. La socavación es moderada. | Presenta problemas estructurales y se encuentra parcialmente obstruida. La socavación es profunda. |

Fuente: Elaboración propia.

La autora plantea que en el tramo estudiado no hay presencia de alcantarillas.

2.1.7 TALUD Y CONTRATALUD

Se le conoce al talud tanto en la ingeniería como en la arquitectura a la diferencia que existe entre el grosor del sector inferior del muro y el grosor del sector superior, creando una pendiente. Esto permite que el muro pueda resistir la presión que ejerce la tierra detrás de él (Ver anexo imagen 18).

Analizar la estabilidad del talud es indispensable para el desarrollo de un proyecto arquitectónico o de ingeniería civil. Un desnivel y la naturaleza de los materiales pueden amenazar dicha estabilidad.

Para proteger un talud pueden emplearse diversas técnicas de acuerdo al tipo de obra. El recubrimiento con piedra o concreto y la plantación de ciertas plantas son algunas de las posibles medidas.

El campo de la estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica-

geotécnica. La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones:

- Razones geológicas: laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización
- Variación del nivel freático: situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre
- Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que están compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de rocas o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

Para ello se estudiará el talud del terreno a través de los criterios de evaluación siguientes:

Tabla 2.7

| Tipo | Bueno | Regular | Malo |
|----------------------|---|---|--|
| No revestidos | Cuando están cubiertos con césped o yerba sin erosiones ni señales de deslizamiento, ó que tenga áreas donde no exista el mismo sin erosiones ni deslizamiento. | Cuando se encuentran parcialmente cubiertos, con erosiones en los tramos descubiertos, sin señales de deslizamiento. | Cuando no se encuentran cubiertos con césped, están erosionados y existe posibilidad de deslizamiento. |
| Revestidos | El revestimiento se encuentra en buen estado sin erosiones ni señales de deslizamiento, ó presenta pequeños deterioros, sin erosiones ni deslizamiento. | El revestimiento presenta problemas y en las áreas descubiertas existen erosiones, pero sin señales de deslizamiento. | El revestimiento se encuentra en mal estado y existe erosión con posibilidad de deslizamiento. |

Fuente: Elaboración propia.

En la inspección visual realizada la autora determinó que no existen taludes en la carretera estudiada.

Tabla resumen de la carretera a la Terminal Marítima de Cárdenas

Tabla 2.8

| Elemento | Unidad | Total | Bueno | % | Regular | % | Malo | % |
|--------------------------------|----------------|--------------|--------------|----------|----------------|----------|-------------|----------|
| Pavimento | Km | 1.190 | - | - | 0.714 | 60 | 0.476 | 40 |
| Paseos | Km | 0.400 | - | - | 0.28 | 70 | 0.12 | 30 |
| Cunetas | Km | 0.440 | 0.22 | 50 | 0.22 | 50 | - | - |
| Defensas | Km | - | - | - | - | - | - | - |
| Señalización vertical | U | - | - | - | - | - | - | - |
| Señalización horizontal | U | - | - | - | - | - | - | - |
| Alcantarillas | U | - | - | - | - | - | - | - |
| Talud y contratalud | M ² | - | - | - | - | - | - | - |

Fuente: Elaboración propia.

En el resumen realizado en la tabla anterior la autora define claramente los aspectos existentes en cada parámetro de diseño del objeto de estudio y expone la situación actual en la que se encuentra la misma llegando a la conclusión de que la carretera esta un estado regular y que requiere de la presencia de señalizaciones para orientar al peatón y la necesidad de un sistema de alcantarillado debido a que se encuentra en una zona baja y muchos desechos de la ciudad van a parar a esta zona.

2.2 Catálogo de Deterioros

El Catálogo de Deterioros Cubano reúne los deterioros más comunes que encontramos en las redes viarias de nuestro país, con nuestras condiciones climáticas y de tránsito, atendiendo a los diferentes tipos de pavimentos con los cuales se ha realizado la construcción de las vías, es una propuesta que contiene una reorganización de los deterioros basándose en la experiencia adquirida con la aplicación del “Catálogo de Desperfectos en Pavimentos” de los ingenieros Silvio Horta Hernández y Cecilia Gil Payne el cual abarca tres tipos de pavimentos (flexible, rígido y de adoquines).

En el año 2000 se confecciona el Catálogo de Deterioro en Pavimentos Flexibles por los ingenieros Msc.Cecilia Gil Payne y Dr. Luis Serrano Rodríguez como resultado de la aplicación del anterior, realizándose modificaciones las cuales contribuyeron al perfeccionamiento de la evaluación visual como es la introducción de la severidad del deterioro con tres niveles: baja, media y alta.

Estos a su vez se han dividido por familias según el tipo de afectación encontrado. Este catálogo tiene como objetivo satisfacer y facilitar la toma de datos en campo así como el procesamiento de gabinete para llegar a dar una evaluación del tramo o vía evaluada.

Catálogo de deterioros: Son publicaciones oficiales que contienen:

- el nombre
- la descripción
- causas posibles de los fallos en los pavimentos
- una foto ilustrativa del mismo
- en ocasiones, la medida límite admisible del deterioro y forma de solucionarlo

Estos catálogos propician una clasificación común de los desperfectos, orientan la apreciación del técnico de conservación y permiten archivar de forma fácil, comprensible y explotable los datos de inspecciones visuales de los pavimentos.

2.3. Caracterización de los deterioros existentes en la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas basándose en el Catálogo de Deterioros Cubano.

Los defectos que presentan un pavimento y que disminuyen la comodidad del usuario o la vida de servicio de esa estructura, frecuentemente corresponden a defectos y difícilmente pueden clasificarse como deterioros.

1. Familia de las deformaciones

Tabla 2.9

| | |
|------------------|---|
| Deterioro | <u>Depresión.</u> |
| Descripción | Áreas bajas localizadas, de tamaño limitado, que pueden presentarse acompañadas o no de grietas. Se mide en m ² |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none"> • Desplome de cavidad subterránea • Nivel muy elevado del manto freático • Poca estabilidad de los materiales bituminosos • Ausencia de drenaje interno • Otras |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • El deterioro presenta un estado de severidad bajo debido a que la depresión es menor que 3cm |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.10

| | |
|------------------|--|
| Deterioro | <u>Sapo o Blandón</u> |
| Descripción | Zonas débiles en la superficie del pavimento con deformaciones elásticas al paso del tránsito. Se mide en m ² |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none"> • Degradación de capas en un punto sensible • Deficiente resistencia de la base • Falta de drenaje por rotura de redes técnicas • Otras |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • La deformación en este caso es menor de 2cm por lo que presenta una severidad baja |

Fuente: Elaboración propia.

2. Familia de las fisuras

Tabla 2.11

| | |
|------------------|--|
| Deterioro | <u>Red de grietas</u> |
| Descripción | Conjunto de fisuras que forman una malla con diagonales superiores a 0.20m de longitud. Se mide en m ² |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none"> • Mala calidad de algunas capas del pavimento • Falta de capacidad portante del pavimento • Falta de espesor o fatiga de las capas del pavimento • Cargas repetidas que exceden la capacidad del pavimento • Deficiente subdrenaje |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • El pavimento presenta un estado de severidad medio en tramos de profundidad respecto al total debido a que posee un área afectada entre el 10% y el 50% |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.12

| | |
|------------------|---|
| Deterioro | <u>Piel de cocodrilo</u> |
| Descripción | Conjunto de fisuras que forman una malla semejante a la piel de cocodrilo o tela metálica de gallinero, con diagonales menores de 0.20 m de longitud. Se mide en m ² |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none"> • Mala calidad de algunas capas del pavimento • Soporte inestable generalmente por base o subrasante granular saturada • Fatiga excesiva y envejecimiento del pavimento • Deflexión excesiva de la superficie • Deficiente subdrenaje |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • En tramos de 100m respecto al área total se encuentra afectada entre un 10% y un 50% por lo que hay presencia de un grado de deterioro medio |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.13

| | |
|------------------|---|
| Deterioro | <u>Fisura longitudinal</u> |
| Descripción | Fisura o grieta a lo largo de la vía. Se mide en mm. |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none"> • Subdimensionamiento de una o varias capas de hormigón asfáltico • Reflejo de grieta longitudinal de la capa de base • Disminución de la resistencia del suelo de sustentación • Discontinuidad de estructura de pavimento • Fatiga excesiva de la vía • Deficiente drenaje subterráneo • Baja calidad de los materiales |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • La fisura es de severidad media ya que posee un ancho entre 1cm y 7cm |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.14

| | |
|------------------|---|
| Deterioro | <u>Fisura transversal</u> |
| Descripción | Línea de rotura transversal o perpendicular al eje de vía que comprende todo o parte del ancho del pavimento de la calzada. Se mide en mm. |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none"> • Retracción térmica de las capas subyacentes tratadas con hormigón hidráulico • Retracción térmica de la capa de rotura • Espesor insuficiente de la capa de rodadura • Reflejo de fisuras o juntas de las capas inferiores (losas de hormigón o bases estabilizadas) • Baja calidad de los materiales |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • La fisura es de severidad media ya que posee un ancho entre 1cm y 7cm |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.15

| | |
|------------------|--|
| Deterioro | <u>Fisuras finas</u> |
| Descripción | Pequeñas y finas fisuras muy próximas, tanto en forma longitudinal, transversal como curva. Se mide en mm. |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none">• Mala dosificación del ligante• Base inestable durante la compactación• Compactación de la mezcla asfáltica muy caliente• Exceso de compactación• Exceso e finos en la superficie• Terraplenes con taludes inestables• Asentamiento de la capa base |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none">• El deterioro representa una severidad medio puesto que en un tramo de 100m la zona está entre un 10% y un 50% del área total |

Fuente: Elaboración propia.

3. Familia de las segregaciones

Tabla 2.16

| | |
|------------------|--|
| Deterioro | <u>Bache de cazuela</u> |
| Descripción | Cavidad localizada en el pavimento, generalmente de forma redondeada, en zonas con grietas, deformaciones o pérdidas de áridos. Se mide en m ² . |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none">• Evolución de la peladura u otro deterioro, con desintegración y desprendimiento de los materiales provocados por el tránsito• Mala calidad de los materiales que componen el hormigón asfáltico |

| | |
|------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Mala ejecución de la obra • Drenaje vial deficiente • Disminución de la resistencia del pavimento • Espesor insuficiente de la capa de rodadura |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • En tramo de 100m la proporción del área afectada esta entre un 1% y un 10% por lo que es una severidad media |

Fuente: Elaboración propia.

4. Familia de otros deterioros

Tabla 2.17

| | |
|------------------|--|
| Deterioro | <u>Exudación</u> |
| Descripción | Subida de ligante a la superficie de rodadura. Se mide en m ² . |
| Imagen |  |
| Causas probables | <ul style="list-style-type: none"> • Sobredosificación del ligante en la mezcla de hormigón asfáltico • Riego de adherencia excesivo • Asfalto de muy baja viscosidad • Sobrecompactación por tránsito excesivo y pesado • Derrame del solvente |
| Evaluación | <ul style="list-style-type: none"> • En tramos de 100m hay una severidad alta ya que la proporción afectada es mayor que el 50% respecto al área total |

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Organización básica de los trabajos

El procedimiento general para cualquier acción de reparación de deterioros en los pavimentos debe cumplimentar los siguientes pasos:

1. Protección del área y regulación- desvío del tránsito.
2. Marcado del área de trabajo 30cm, más allá de los bordes del deterioro, cuadrándola.

3. Limpieza del área (por barrido, soplado, otros).
4. Demolición y extracción del producto de ello. Cortado verticalmente, aunque pueda estar escalonado.
5. Barrido y limpieza del área demolida.
6. Riego de imprimación o adherencia. Después del riego se puede dejar curar el mismo según especificaciones técnicas del producto empleado hasta un máximo de 48 horas.
7. Aplicación de la solución técnica seleccionada.
8. Compactación del material o materiales de ser requerido tecnológicamente. Debe efectuarse desde los bordes hacia el centro del área.
9. Barrido final y sellado de superficie si es requerido.
10. Control de uniformidad y de los requisitos técnicos finales del trabajo.
11. Retiro de la protección del área y apertura al tránsito.

En cuanto a la señalización debe disponerse de dos señales de "hombres trabajando" dos de "fin de prohibición" y de 4-10 conos de tráfico, barreras y otras. Debe cumplirse las disposiciones de la PNR.

No olvidar las medidas y medios de protección del personal.

2.5 Plan de Prevención de Riesgos Laborales

El primer paso que se debe dar para desarrollar un Plan de Prevención de Riesgos Laborales en la conservación de carreteras es la elección de la modalidad a través de la cual se desarrollará la actividad preventiva. Con ello se identificarán los posibles riesgos y los medios de protección que se emplearán para evitarlos.

En el caso de la conservación de carreteras, nos encontraremos principalmente las siguientes acciones: **conservación de firmes y pavimentos, conservación del entorno**

de la carretera, conservación ambiental, elementos complementarios, conservación y mantenimiento de equipos e instalaciones eléctricas.

Los riesgos y medios de protección de cada una de estas actividades se enumeran a continuación.

- 1. Conservación de firmes y pavimentos:** bacheo, parcheo, reparación de mordientes con mezclas asfálticas, reconstrucción de pavimentos, tratamiento superficial, fresado, colocación de microaglomeramiento en frío o en caliente, aglomerado drenante en capa superficial y aglomerado en capas de refuerzo, sellado de grietas, sellado de juntas de tableros de puentes.

Posibles riesgos: atropellos y colisiones con vehículos, golpes y cortes, exposición a sustancias tóxicas y peligrosas, incendio, explosión y quemaduras, proyección de partículas, exposición a ruido y vibraciones.

Medios de protección: ropa de alta visibilidad, botas, guantes, mascarillas con filtro químico, guantes y botas específicas para materiales calientes, extintor de incendios, casco, protección auditiva, faja elástica y muñequera para reducir la vibraciones.

2. Conservación del entorno de la carretera.

- Obras de tierra: Colocación o reparación de la malla de protección, retirada de desprendimientos al pie de desmontes, reperfilado de taludes en tierra, colocación y reposición de escollera y gaviones

Posibles riesgos: Vibraciones, sobreesfuerzo, atrapamiento y golpes con maquinaria, caída de objetos, desprendimiento por derrumbes, exposición a ruidos.

Medios de protección: Faja lumbar, casco, guantes, botas, resguardo y carcasas, cables, eslingas y ganchos y protección auditiva.

- Obras de fábrica: comprende la reposición o reparación de barandillas, reparación de paramentos y alzados defectuosos de obras de fábrica, reconstrucción o construcción de soleras, recalces, etc

Posibles riesgos: atropello y colisiones con vehículos, caída a distinto nivel, exposición a sustancias tóxicas y peligrosas, vibraciones, sobreesfuerzos, golpes, cortes con herramientas y exposición al ruido.

Medios de protección: ropa de alta visibilidad, arnés anticaída con línea de vida, redes, guantes, gafas, mascarilla con filtro específico, faja lumbar, botas, protección auditiva, resguardo y carcasas, y guantes.

- Obras de drenaje: limpieza, reparación y revestimiento de cunetas, limpieza y reparación de caños, tajeas, alcantarillas, reposición de bordillos, limpieza y reposición de drenaje subterráneo y colectores y limpieza, reparación y construcción de bajantes, arquetas y pozos

Posibles riesgos: Atropellos, colisiones de vehículos, caída a distinto nivel, exposición a sustancias tóxicas, peligrosas y riesgos biológicos, vibraciones, sobreesfuerzos, golpes, caída de objetos, atrapamiento y cortes con máquinas, exposición a ruido.

Medios de protección: Ropa de alta visibilidad, arnés anticaída con línea de vida, redes contra caídas, guantes, botas, gafas, mascarilla, cremas, higiene personal, faja lumbar, casco, calzado de seguridad, cables, eslingas, ganchos, resguardo y carcasas, protección auditiva.

3. Conservación ambiental.

- Segado, poda y riego

Posibles riesgos: proyección de partículas y objetos, vibraciones, sobreesfuerzos, golpes, caída a distinto nivel, exposición a ruido.

Medios de protección: casco con pantalla o rejilla, botas, guantes, petos de seguridad, faja lumbar, arnés anticaída, protección auditiva.

- Tratamientos con fitosanitarios

Posibles riesgos: exposición a sustancias tóxicas y peligrosas.

Medios de protección: ropa, botas, guantes y mascarillas con filtro específico.

4. Elementos complementarios

- Señalización horizontal

Posibles riesgos: atropello y colisiones con vehículos, proyección con partículas, atrapamiento por vuelco o caída de maquinaria, exposición a sustancias tóxicas y peligrosas, vibraciones, sobreesfuerzos y golpes

Medios de protección: ropa de alta visibilidad, gafas antiimpacto, resguardo y carcasas, guantes, calzado de seguridad, faja lumbar, guantes químicos, mascarillas con filtros.

- Señalización vertical y balizamiento

Posibles riesgos: atropello y colisiones con vehículos, atrapamiento con maquinaria, proyección con partículas, caídas a distinto nivel, vibraciones, sobreesfuerzos, golpes, cortes, explosiones, incendios y quemaduras, exposición a ruidos, caída de objetos y contactos eléctricos.

Medios de protección: ropa de alta visibilidad, guantes y botas, resguardos y carcasas, pantallas o gafas antiimpacto, arnés antiácidas, casco, barandilla, rodapié, faja lumbar, polainas, manguitos y extintor de incendios, protección auditiva, cables, eslingas, ganchos, dobles aislamientos, pórticos de seguridad.

- Barreras de seguridad

Posibles riesgos: atropello y colisiones con vehículos, atrapamiento con maquinaria, caída de objetos, caída a distinto nivel, exposición a ruido, vibraciones, sobreesfuerzos, golpes, cortes, exposiciones, incendios y quemaduras, riesgos con contactos eléctricos.

Medios de protección: ropa de alta visibilidad, guantes, botas, casco, cables eslingas y ganchos, arnés anticaída con líneas de vida, redes, protección auditiva, pantallas (gafas), guantes mandil polainas y manguitos, extintor de incendios.

- 5. Conservación y mantenimiento de equipos e instalaciones eléctricas:** Revisión y reparación de centros distribución y transformación de energía eléctrica, grupos electrógenos, líneas de distribución de energía y alumbrado, reposición de lámparas, elementos complementarios y soportes, limpieza de luminarias, mantenimientos o reparación de instalación semafórica y señales variables, revisión o reparación de bombas de drenaje.

Posibles riesgos: atropello y colisiones con vehículos, golpes y cortes con objetos o herramientas, caídas de personas a distinto nivel, incendio, explosión y quemaduras.

Medios de protección: ropa de alta visibilidad, botas, guantes, arnés, herramientas y material eléctrico, extintores de incendio, casco y pantalla facial resistente, guantes y manoplas aislantes para trabajos eléctricos, pértiga aislante, herramientas, banqueta de maniobra o alfombras aislantes.

2.6 Efectos económicos derivados del deterioro del pavimento

El efecto combinado de los factores climáticos y el tráfico ocasionan el deterioro progresivo del pavimento produciéndose, entre los más importantes y que influyen en los costos sociales de explotación y conservación, las irregularidades, la pérdida de resistencia al deslizamiento y la pérdida de capacidad portante. Esta última no tiene incidencia directa en los costos de tracción pero sí en los de reparación, en caso, sobre todo, de inadecuada conservación.

Entre los efectos económicos que produce el deterioro están:

- reducción de la velocidad de circulación para evitar sensaciones desagradables por un excesivo de vaivén vertical-horizontal, lo que a su vez produce aumento de los tiempos de recorrido, disminución de las unidades transportadas durante el año, aumento del consumo de combustible
- aumento de la resistencia al avance de los vehículos producto de las vibraciones verticales, lo que incrementa el consumo de combustible, a la vez que se acorta la vida de los componentes mecánicos del vehículo
- aumento de la resistencia a la rodadura, con mayor desgaste de los neumáticos

- menor resistencia al deslizamiento por áridos y textura inadecuados lo que provoca mayores riesgos de accidente

2.7 Actividades a desarrollar para la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas

Evaluación del estado del pavimento:

Índice del estado técnico de la vía según Catálogo de Defectos Cubano.

Para dar elementos del estado general de la vía, a partir de la clasificación de los defectos según el Catálogo Cubano, puede utilizarse el índice IEC cuyas características se especifican en lo adelante.

Composición del índice IEC. La formulación del IEC, obtenida formalmente, se asemeja a la del PCI y es:

$$IEC = \sum_j \sum_s C_{j\max} \cdot NS_{sj} \cdot (AD_{sj}/AT)$$

donde:

IEC= Índice del estado superficial del pavimento de la unidad o carretera evaluada, con resultado entre 0 y 100 puntos. De acuerdo a éste se le puede asociar la calificación cualitativa estipulada por la Dirección Nacional de Vialidad.

$C_{j\max}$ = Valor máximo de calificación para la familia a la que pertenece el deterioro tipo j según lo establecido por la Dirección Nacional de Vialidad.

NS_{sj} = Factor correspondiente a un nivel de degradación s (bajo, medio, alto) del deterioro j a los que se llegó, para cada tipo de pavimento (rígido, flexible), mediante criterio experto.

AD_{sj} = Área afectada, dentro del área inspeccionada, por el deterioro tipo j con nivel de severidad s.

AT = Área total inspeccionada; que en el caso que se explica puede corresponder a toda la carretera o al área de cada unidad muestreada (200 m²).

Tabla: 2.18

| Márgenes de puntos | Clasificación |
|--------------------|---------------|
| 100 - 80 | Pésimo |
| 80 - 60 | Malo |
| 60 - 40 | Regular |
| 40 - 15 | Bueno |
| 15 - 0 | Muy Bueno |

| Familia de deterioro | Cjmax |
|----------------------|-------|
| Deformaciones | 25 |
| Roturas o Grietas | 10 |
| Segregaciones | 45 |
| Otros | 20 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla: 2.19

| Deterioro | Cjmxm | NS | ADsj(m ²) | AT(m ²) | IEc |
|----------------------|-------|------|-----------------------|---------------------|-------|
| Deformaciones | | | | | |
| Depresión | 0.25 | 0.03 | 10 | 200 | 0.375 |
| Sapo o Blandón | 0.25 | 0.02 | 50 | 200 | 0.125 |
| Fisuraciones | | | | | |
| Red de grietas | 0.10 | 0.4 | 80 | 200 | 0.016 |
| Piel de cocodrilo | 0.10 | 0.2 | 40 | 200 | 0.4 |
| Fisura longitudinal | 0.10 | 0.05 | 100 | 200 | 0.25 |

| | | | | | |
|-------------------------|------|------|-----|-----|--------|
| Fisura transversal | 0.10 | 0.07 | 10 | 200 | 0.035 |
| Fisuras finas | 0.10 | 0.25 | 50 | 200 | 0.625 |
| Segregaciones | | | | | |
| Bache cazuela | 0.45 | 0.05 | 10 | 200 | 0.1125 |
| Otros deterioros | | | | | |
| Exudación | 0.20 | 0.7 | 140 | 200 | 0.098 |

$$\Sigma=1.699$$

Fuente: elaboración propia

Según los cálculos el índice cubano es 1.699, por tanto, está en muy buen estado de acuerdo a la evaluación realizada, pero en la opinión personal de la autora la misma se encuentra en un estado de regular, casi bueno, puesto que en ciertos tramos se dificulta el cumplimiento de los requisitos básicos que debe cumplir un vial.

Teniendo en cuenta los deterioros detectados en la inspección visual realizada a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas se hará necesaria la implementación de una serie de intervenciones para darle un mantenimiento requerido a la misma. Para ello la autora propone que se realicen las siguientes actividades.

1. Familia de las deformaciones

➤ Depresión

Siendo la profundidad menor que 3cm es necesario realizar una nivelación con hormigón asfáltico caliente.

➤ Sapo (Blandón)

Siendo la zona afectada menor de 2 m² se realizará un bacheo profundo.

2. Familia d las fisuraciones

➤ Red de grietas

Se realizará un bacheo superficial ya que solamente se encuentra afectada la capa de hormigón asfáltico.

➤ Piel de cocodrilo

Se propondrá la realización de un bacheo superficial debido a que solamente se encuentra afectada la capa de hormigón asfáltico y se ve desintegración en los bordes.

➤ Fisura longitudinal

Debido a que en este caso la grieta existente en la carretera es superficial se deberá realizar un sellado de fisura.

➤ Fisura transversal

Se propondrá la realización del bacheo superficial puesto que la grieta afecta la carpeta de hormigón asfáltico.

➤ Fisuras finas

Se debe realizar un bacheo superficial en la zona afectada.

3. Familia de las segregaciones

➤ Bache de cazuela

Se propondrá la realización de un bacheo profundo.

4. Familia de otros deterioros

➤ Exudación

Para ello se propone realizar un fresado de la superficie.

CONCLUSIONES PARCIALES

1. Se analizaron las características de cada uno de los parámetros de diseño y se planteó su estado actual en la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas.
2. Se realizó un resumen detallado de los parámetros de diseño presentes en la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas.
3. Se analizaron los deterioros detectados a través de la inspección visual a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas basándose en el Catálogo de Deterioros Cubano.
4. Se propusieron las actividades a desarrollar para la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron los fundamentos teóricos conceptuales relacionados a la rehabilitación y conservación de carreteras, así como los diversos tipos de deterioros y la evaluación de carreteras.
2. Se explicaron las características de los parámetros de diseño en la rehabilitación y conservación del objeto de estudio especificándose cada uno de ellos y sus principales deterioros detectados basándose en el Catálogo de Deterioros Cubano.
3. Se elaboró la propuesta de solución conceptual para la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas y así lograr una mejor accesibilidad y movilidad hacia la misma potenciando al Polo de Varadero.

RECOMENDACIONES

- Filial de la Ciudad de Cárdenas en conjunto con las Oficinas del Conservador de Matanzas y a las entidades pertinentes para su aprobación como una guía de proceder en función de preservar el patrimonio de la ciudad
- A la dirección del gobierno de la ciudad y la provincia tener en cuenta la propuesta de solución conceptual para la rehabilitación y conservación a la carretera desde Real y Pinillo hasta la Terminal Marítima de Cárdenas para detener el avanzado deterioro de la carretera

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENABENT FERNÁNDEZ DE CÓDOBA, M. 2017. El transporte público terrestre y la accesibilidad, instrumento para el análisis funcional del sistema de asentamientos: el caso de Ecuador.
- DE LAS RIVAS SANZ, J. L. S. Y. G., LUIS 2008. CIUDADES CON ATRIBUTOS: CONECTIVIDAD, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD.
- Del Val, M.A.: Pliego de gravaemulsión, ATEB, 20 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_GRAVA.pdf
- Del Val, M.A.: Pliego de mezclas bituminosas abiertas en frío, ATEB, 19 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_MEZCLAS.pdf
- Del Val, M.A.: Pliego de tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla, ATEB, 17 pág., Madrid, 2005. http://ateb.es/images/pdf/PLI_TRATAMIENT.pdf
- DEPESTRE, R. G. (2008) Introducción a la Conservación.
- DEPESTRE, R. G. (2008) Método de inspección visual. Índice de Estado.
- DEPESTRE, R. G. (2008) Metodología para la evaluación de tramos de carreteras a partir de la Inspección Visual.
- DIAS, E. E. Importancia del IRI en la determinación del Índice seguridad y confort en las carreteras
- DIAS, E. E. (Noviembre 2007) Importancia del IRI en la determinación del Índice de seguridad y confort en las carreteras
- El Salvador 2005, Unidad de investigación y desarrollo vial.
- Ensayo de coeficiente de fricción diva. Anteproyecto de norma.
- Ensayo textura superficial del pavimento. Anteproyecto de norma.

Folleto Tarea Vida, Enfrentamiento al Cambio Climático en la República de Cuba

GONZÁLEZ GARCÍA, C. 2017. Procedimiento para la planificación y control de flujos vehiculares en la Zona Priorizada para la Conservación del Centro Histórico de la Ciudad de Matanzas.

GORIS, H. Á. Catálogo de deterioro de vías urbanas.

HERNÁNDEZ, S. L. H. Catálogo de Desperfectos en Pavimentos

<https://blog.structulia.com/principales-impactos-ambientales-en-la-conservacion-de-carreteras>

<https://blog.structuralia.com/9-maquinas-empleadas-en-la-rehabilitacion-de-firmes>

JARA, M. C., JUAN ANTONIO 2018. Indicadores de Inclusión Social, Accesibilidad y Movilidad: Experiencias desde la Perspectiva del Sistema de Transporte

Ley 109 “Código de Seguridad Vial”, Asamblea Nacional del Poder Popular, 2010

MACHADO, R. (1981) Mantenimiento y explotación de carreteras.

MACHADO, R. P. (Marzo 1981) Mantenimiento y explotación de Carreteras

METODOLOGIA PARA LA INSPECCION DE LAS CARRETERAS La Habana, 22 de junio de 2011. República de Cuba Ministerio del Transporte Centro Nacional de Vialidad.

M.O.P.U. (Abril 1989) Catálogo de deterioros en firmes.

Morales, Idiel (2007-2008) “ Apuntes sobre conservación de carreteras” Trabajo de Diploma Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas

PERESBARBOSA GARZA, L. 2013. Diagnóstico de las prácticas de movilidad y accesibilidad en ciudad universitaria (uanl) para lograr una movilidad sustentable. maestría.

Pérez Cembranos, D.: Elaboración de estrategias de conservación de pavimentos en redes secundarias de carreteras. Aplicación al caso de la red provincial de Salamanca, 125 pág., Trabajo fin de Máster (Máster Universitario en Sistemas de Ingeniería Civil)

PIARC. Manual Internacional de Conservación de Carreteras España, 1994.

Sánchez Salinero, Ignacio. Regularidad superficial de pavimentos

RAMÍREZ, L. 2006. La accesibilidad y movilidad espacial. Posible tratamiento mediante Sistemas de Información Geográfica. Cuadernos de ideas, 2.

SEDENKO, U. M. (1976) Manual de Explotación de Carreteras.

ZARCA DÍAZ DE LA ESPINA, L. 2015. Accesibilidad en el transporte público colectivo urbano: una mejor compensación de la experiencia de discapacidad
Universidad de Málaga

ANEXOS

1.1. La Zona Priorizada de Conservación (ZPC) está prevista por un Sistema de Centros, se mantendrá la estructura como en los momentos actuales, el Centro Tradicional y 3 Subcentros: Zona Este del Reparto 13 de Marzo, Zona Oeste del Reparto Brisas del Mar y Zona Sur de la ciudad potenciándolos.

El Centro Tradicional mantendrá su centralidad y la categoría de polifuncional, con la concentración del mayor por ciento del equipamiento existente para el nivel de ciudad, estando representados las diferentes redes: comercio, gastronomía, servicios, cultura, así como las redes de salud, educación y una gran cantidad de instalaciones administrativas, pero continuándose hacia su integración con la propuesta turística prevista en la zona del puerto.

La zona1: Deja de ser industrial y se convierte en una zona turística donde se aprovechará al máximo las potencialidades de su bahía, el puerto y las instalaciones existentes que sean compatibles, así como los espacios públicos. Permanecerán algunas instalaciones industriales y solo se permitirán nuevas ampliaciones que se justifiquen por las características propias de la industria a ubicar, al estar en una zona que resulta vulnerable ante los cambios climáticos y a las afectaciones por eventos meteorológicos extremos, todo lo previsto se realizará con materiales de manera tal que no constituyan peligro. Esta zona compendia el objeto de estudio de investigación.

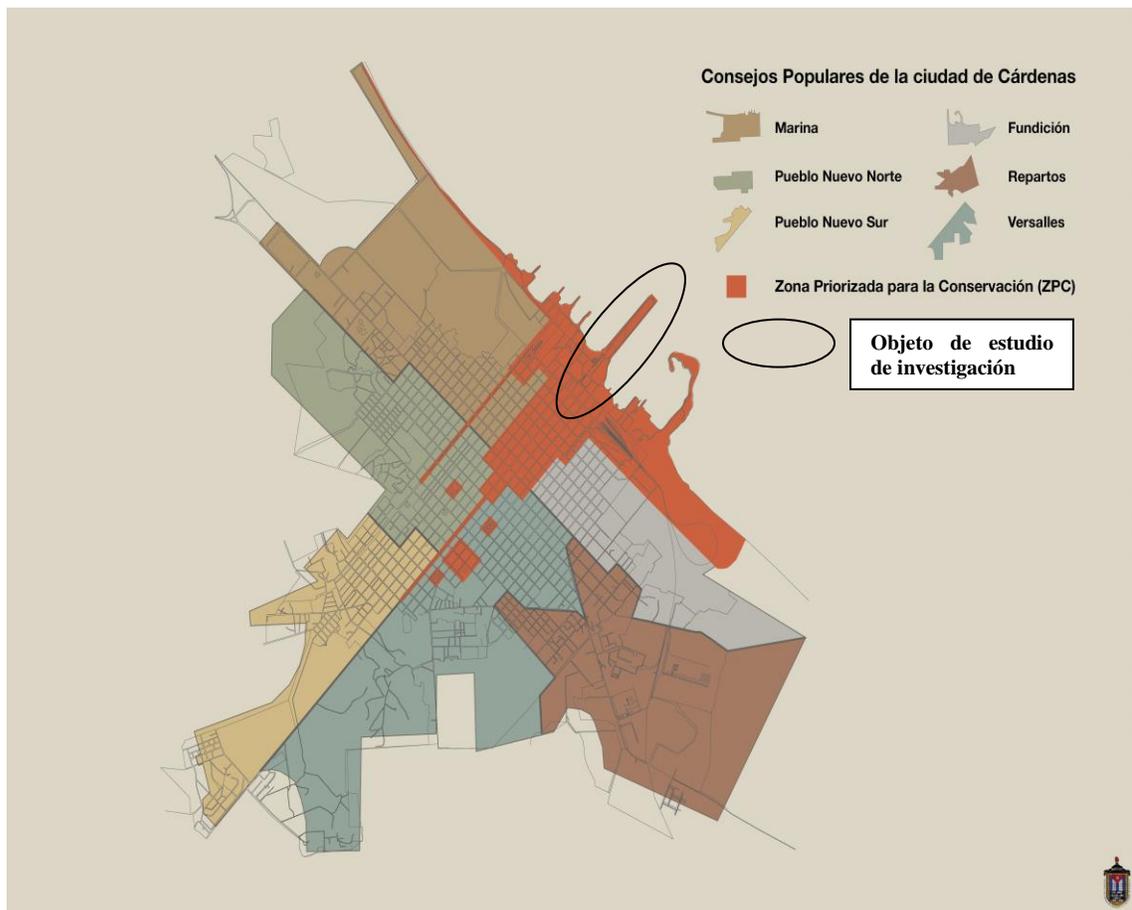
A partir de las potencialidades de recursos turísticos, ya sean naturales o por sus valores arquitectónicos, históricos, culturales y patrimoniales, que ofrece la ciudad para el desarrollo de la actividad turística, se continuará potenciando la misma, además de complementar el desarrollo del Polo de Varadero, al que se vincula muy estrechamente y que como parte de la propuesta debe lograr la integración.

Toda propuesta estará basada en el aprovechamiento de este espacio que incluye a Playa Larga y su litoral costero, para lo que se requiere en primera instancia del saneamiento de la bahía y la recuperación del puerto para la actividad turística-recreativa.

La accesibilidad será clara y definida, referida a la cantidad y calidad de rutas que llevan al espacio público y la posibilidad de recorrerlo. En este sentido se plantea la reanimación de las avenidas principales que conducen directamente al frente costero, con arbolado y servicios varios, o sea, las calles Concha, Céspedes y Sáez.

Igualmente, la propuesta incluye una terminal de cruceros para embarcaciones de pequeño formato, como una alternativa de atracción turística hacia la ciudad de Cárdenas, logrando un vínculo directo desde el cercano Polo de Varadero (Síntesis del Plan Bicentenario de la ZPC, octubre 2018).

Imagen 1



Fuente: Revista Gordejuela de Arrechabala

1.2. Las estrategias de rehabilitación estructural (EE) consideradas son las siguientes:

- EE1: Fresado y reposición (en espesores de 4 a 8 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores entre 5 y 12 cm). Se debe contemplar la posibilidad de que las capas de reposición y las inferiores del recrecimiento se fabriquen reciclando en central parte del material fresado (en tasas que estarían entre el 15 y el 25 %)
- EE2: Recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores de 6 a 10 cm)
- EE3: Reciclado in situ con cemento (en espesores de 20 a 22 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en caliente (en espesores de 8 a 12 cm)
- EE4: Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más recrecimiento con mezcla bituminosa en frío (en un espesor de 4 cm)
- EE5: Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de una lechada bituminosa (microaglomerado en frío)
- EE6: Reciclado in situ con emulsión bituminosa (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)
- EE7: Recrecimiento con mezcla bituminosa en frío (en espesores de 4 a 8 cm)
- EE8: Recrecimiento con zahorra artificial (en espesores de 20 a 30 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)
- EE9: Recrecimiento con gravaemulsión v (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de una lechada bituminosa (microaglomerado en frío)
- EE10: Recrecimiento con gravaemulsión (en espesores de 6 a 10 cm) más extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)

Por su parte, las estrategias de rehabilitación superficial (ES), para hacer frente a situaciones de deslizamiento cuando no hay insuficiencia estructural, serían las siguientes:

- ES1: Extensión de una mezcla bituminosa en frío en un espesor de 4 cm
- ES2: Extensión de una lechada bituminosa gruesa (microaglomerado en frío)
- ES3: Extensión de un riego con gravilla bicapa (doble tratamiento superficial)

Tabla No. 1

| Escala de valoración del PCI | |
|------------------------------|---------------------|
| PCI | Situación del firme |
| 0 – 10 | Ruina |
| 10 – 25 | Muy mala |
| 25 – 40 | Mala |
| 40 – 55 | Regular |
| 55 – 70 | Aceptable |
| 70 – 85 | Satisfactoria |
| 85 - 100 | Muy buena |

Fuente: Pérez Cembranos, D, 2016

A los efectos de lo que aquí se plantea, los tramos de una red local podrían clasificarse simplemente en tres grupos por el estado de sus pavimentos: bueno ($PCI \geq 60$), regular ($60 > PCI > 35$) y malo ($PCI \leq 35$). Si fuese factible, debería además considerarse en tramos cuyos pavimentos tuviesen $PCI > 35$ (en los que, según su importancia, podría no actuarse prioritariamente o, incluso, no haber necesidad de ello si $PCI \geq 60$) la distinción entre los que tuvieran suficiente resistencia al deslizamiento y los que no. El umbral podría fijarse, por ejemplo, en un valor característico del coeficiente de rozamiento transversal (CRT) de 0,45.

Imagen 2



Fuente: (<https://blog.structuralia.com/9-maquinas-empleadas-en-la-rehabilitacion-de-firmes>) (maquinaria)

Imagen 3



Fuente: (maquinaria)

Imagen 4



Fuente: (maquinaria)

Imagen 5.



Imagen 6

Fuente: (maquinaria)



Fuente: (maquinaria)

Imagen 7



Fuente: (maquinaria)

Imagen 8



Fuente: (maquinaria)

Imagen 9



**Fuente: (maquinaria)
Imagen 10**



Fuente: (maquinaria)

Cunetas

Imagen 11



Imagen 12



Imagen 13



Defensas

Imagen 14



Señalización vertical

Imagen 15



Imagen 16



Alcantarillas

Imagen 17



Talud

Imagen 18





Fuente: Revista Gordejuela de Arrechabala (1981)



Fuente: Revista Gordejuela de Arrechabala (2018)