

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los pavimentos forman parte de un conjunto de elementos que son indispensables para permitir el desplazamiento seguro y confortable de los vehículos de un punto a otro, este conjunto recibe el nombre de infraestructura vial.

La Gestión de Pavimentos, es una disciplina que engloba todas las actividades involucradas en la planeación, diseño, construcción, evaluación y conservación de los pavimentos de una red de carreteras. Las estrategias de mantenimiento y rehabilitación de las estructuras del pavimento son de vital importancia a lo largo de su vida útil, ya que estas se van deteriorando con el tiempo y con el tránsito.

Este tema tiene referencia a estudios comparativos de los sistemas de gestión para el mantenimiento de los pavimentos de la ciudad de Sao Paulo, Brasil, con la Ciudad de Bogotá, Colombia, en el año 2017, varios países como Perú, San Salvador hicieron un análisis sobre la Gestión de Pavimentos.

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en caminos, calles, pistas o carreteras. La vida y la integridad de quienes transitan por dichas vías dependen de lo que la señalización indique, de la atención que se le preste y de la responsabilidad de asumir lo que ordenen. En ese sentido, el lenguaje vial guía tanto a transeúntes como a conductores por el camino de la seguridad y la prevención de cualquier tragedia.

Se realizará una evaluación superficial por el método de PCI (índice de condición del pavimento), evaluación funcional por el método IRI (índice de rugosidad internacional) y evaluación de señalización horizontal y vertical por la metodología de auscultación en la vía Av. Circunvalación tramo av. Gran chaco – Av. San Bernardo y Av. Integración tramo Rotonda Del Barrio Juan Pablo II – Colegio Aniceto Arce para proponer una solución más factible y viable de sistema de gestión de pavimentos urbanos en función al mantenimiento y señalización de la vía.

1.2 Justificación del proyecto de aplicación

Las limitaciones económicas del departamento de Tarija, obligan a priorizar aquellos proyectos viales que se esperan tengan un mayor impacto en la calidad de vida de las personas. Es decir, que cada día se vuelve más importante una adecuada gestión de pavimentos, debiendo utilizar para ello las mejores herramientas disponibles que permitan a los planificadores agilizar su trabajo.

En nuestro departamento, muchas veces, los trabajos realizados en cuanto a construcción y conservación de los pavimentos, no tienen la efectividad que permita a estas proporcionar el nivel de servicio para la cual fueron diseñadas, de manera que muchos caminos se encuentran por debajo de lo deseable o conveniente.

En el municipio de Tarija durante los últimos años se han realizado diferentes estudios de tráfico y su funcionamiento empleando diferentes consideraciones en el momento de su análisis, entre ellas están los modelos determinísticos y los modelos estocásticos, donde el primer modelo es aplicado en condiciones de tráfico simples y sencillas por considerar que se tiene pleno conocimiento de la información pertinente, mientras que el segundo modelo se emplea cuando hay algunas variables que no son conocidas como la congestión, conductas agresivas, tipos de conductores entre otros.

El tema de mantenimiento de pavimentos urbanos y carreteras departamentales es de gran importancia ya que proporciona al usuario entre muchas cosas seguridad, confort, velocidad, reduce el desgaste de vehículos, etc. Para esto es vital realizar una evaluación de los mismos, la cual nos puede mostrar el estado actual de la vía, para así planificar el tipo de mantenimiento adecuado, y así poder evitar serios daños al pavimento lo que significa mayor costo en cuanto a conservación se refiere.

El desarrollo del presente proyecto está compuesto por generalidades de los Pavimentos y sus fallas, y presenta la esencia de lo que es la gestión de Pavimentos, y la problemática de la infraestructura vial, mantenimiento y señalización.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación problemática

Desde principios de la década de los 90, se ha visto un aumento considerable en los proyectos de pavimentación en vías urbanas e interurbanas, a la vez que se le ha dado mayor importancia al mantenimiento adecuado de la red vial existente, esto se debe entre otros factores, al auge vehicular, la entrada en vigencia de tratados de libre comercio, al crecimiento de los núcleos urbanos, y al cumplimiento del período de vida útil de muchas estructuras de pavimentos. Lo anteriormente expuesto ha llevado a una demanda de mayores niveles de serviciabilidad en los pavimentos de la red vial; lo cual, a su vez vuelve más rigurosos los estándares de mantenimiento que se aplican a las vías según su importancia.

Es un hecho conocido que las inversiones en la construcción de nuevas carreteras y en el mantenimiento de éstas son cuantiosas, es por eso que la gestión de pavimentos adquiere cada vez una mayor importancia para los países en desarrollo como el nuestro, donde los proyectos y sus alternativas deben priorizarse sobre la base de estudios precisos para aprovechar al máximo los siempre limitados recursos.

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en caminos, calles, pistas o carreteras. La vida y la integridad de quienes transitan por dichas vías dependen de lo que la señalización indique, de la atención que se le preste y de la responsabilidad de asumir lo que ordenen La ingeniería de tráfico mediante la recopilación de información, realiza el procesamiento y análisis de la misma para plantear varias alternativas de solución para los diferentes problemas que presenten los usuarios para transportarse de un punto a otro.

La falta de mantenimiento adecuado, intemperismo, no respetar el peso máximo de circulación de la infraestructura vial y la mala señalización trae consigo problemas patológicos en los pavimentos en la ciudad de Tarija, es por eso que mediante un sistema de gestión de pavimentos proponer una solución factible y viable para mejorar el servicio al autotransporte liviano y pesado que circula por la ciudad de Tarija.

Se concluye que trabajar con un sistema de gestión de pavimentos, es la manera más ordenada del manejo de Pavimentos, y a los habitantes de la ciudad de Tarija los ayudaría a tener un mejor nivel de vida.

1.3.2 Problema:

¿Se puede mejorar la gestión de pavimentos urbanos y la señalización mediante una evaluación de pavimentos generando una nueva gestión de pavimentos en la ciudad de Tarija?

1.4 Objetivos de proyecto de aplicación

1.4.1 Objetivo general

Analizar el estado actual del pavimento rígido y flexible mediante una Evaluación Superficial, Evaluación Funcional y una Evaluación a la señalización horizontal y vertical de los tramos: Av. Integración, Av. Circunvalación para desarrollar un sistema de gestión de pavimentos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Aforar la Av. Integración, Av. Circunvalación para determinar las horas pico.
- Determinar el volumen de tráfico en las horas pico para ambos tramos.
- Realizar una evaluación superficial mediante el Índice de Condición del pavimento (PCI).
- Efectuar una evaluación funcional de rugosidad IRI así determinar su funcionalidad del pavimento.
- Ejecutar una evaluación de señalización horizontal y vertical.
- Elaborar la curva de deterioro
- Establecer el presupuesto del mantenimiento de la vía y la señalización.

1.5 Hipótesis

Evaluable el estado del pavimento y señalización comprendido del tramo Av. Circunvalación (Pavimento rígido) y Av. Integración (Pavimento flexible) se podrá mejorar la gestión de pavimentos urbanos y señalización de la ciudad de tal manera que se realizarán acciones eficientes a la funcionalidad vehicular y seguridad para el parque automotor y población, que ayudarán a prolongar la vida útil de los pavimentos y de igual manera reducir accidentes dando seguridad a la población.

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

- Condición del pavimento y señalización de los tramos de estudio.

1.6.2 Variable dependiente

- Índice de condición del pavimento.
- Índice de regularidad internacional
- Señalización horizontal y vertical

1.7 Conceptualización de variables

- Confiabilidad de los resultados.

Tabla 1.1 Conceptualización de variables

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Valor /Acción
PCI	Es una evaluación superficial del pavimento	Estado	Excelente	100-85
			Muy bueno	85-70
			Bueno	70-55
			Regular	55-40
			Malo	40-25
			Muy malo	25-10
			Fallado	10-0
IRI	Es una evaluación de regularidad del pavimento	Estado	Excelente	0.0-2
			Bueno	2-3.5
			Regular	3.5-5
			Malo	5>
Señalización	Es un inventario	Cantidad	Señalización vertical y horizontal.	Unidades

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.2 Conceptualización de variables de deterioro

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Valor /Acción
Condición actual del pavimento	Deterioro del pavimento	Calificación IRI, PCI y Señalización	Calificación	Alternativa de gestión de pavimento

Fuente: Elaboración propia

1.8 Diseño metodológico

1.8.1 Unidades de estudio

La unidad a estudiar será las irregularidades del pavimento flexible y pavimento rígido, que viene dado por el Índice de Condición del Pavimento (PCI), Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

1.8.2 Población

Se tiene como población los siguientes tramos.

- Pavimento Rígido: Av. Circunvalación tramo av. Gran chaco y av. San Bernardo.
- Pavimento flexible: Av. Integración tramo Rotonda Del Barrio Juan Pablo II y Colegio Aniceto Arce.

1.8.3 Muestra

Condición del estado del pavimento y la señalización horizontal y vertical del tramo de estudio.

1.8.4 Tamaño muestreo

3 km pavimento flexible Av. Integración (Pavimento flexible)

Tramo: Rotonda Del Barrio Juan Pablo II – Colegio Aniceto Arce

2 km pavimento rígido Av. Circunvalación (Pavimento rígido)

Tramo av. Gran chaco – Av. San Bernardo

TOTAL 5 km

1.9 Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde al tipo de investigación aplicada o tecnológica, a un nivel de investigación descriptiva se observa los fenómenos tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos y diagnosticar las fallas tanto en su estructura y la superficie caracterizándoles de manera cuantitativa y cualitativa para poder brindar una propuesta adecuada para gestión de pavimentos.

1.10 Métodos y técnicas empleadas

1.10.1 Método

El método inductivo es aquel método científico que se basa en la inducción, obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. En el método citado pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

1.10.2 Técnicas empleadas

- PCI Índice De Condición De Pavimento

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

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

- a) Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230,0 \pm 93,0$ m².
- b) Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7,60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

- IRI Índice de Regularidad Internacional

El IRI es el Índice de Rugosidad Internacional, el cual es un método para el cálculo de las rugosidades en las carreteras, aplicado el método se puede conocer la comodidad del tránsito. El grado de deterioro de la regularidad superficial, además de estar relacionado con la sección estructural, lo acelera al paso de los vehículos, ya que éstos aumentan la carga dinámica produciendo esfuerzos tangenciales y verticales.

Merlín:

El Merlín o también llamado bicicleta de Merlín es un instrumento económico, versátil, sencillo y de fácil operación, pensado especialmente para uso en países en vías de

desarrollo lo cual hace que su utilización resulte completamente económica cuando se trate de evaluar tramos cortos de carretera

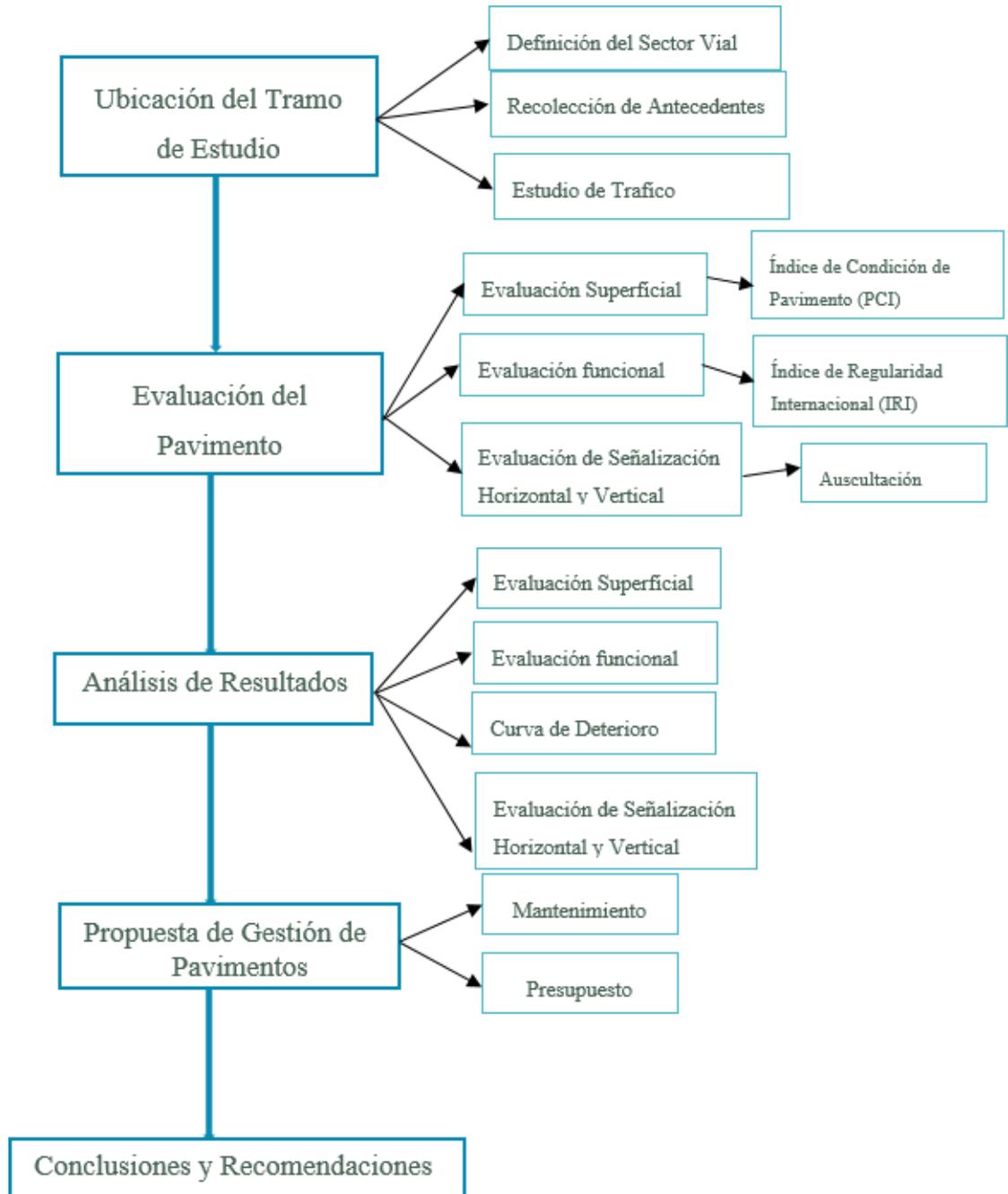
- **Método de Auscultación – Señalización Horizontal y vertical**

La auscultación consiste en los trabajos de campo y gabinete, realizados para generar información que permitan describir el estado del pavimento, a lo largo del periodo de vida útil del mismo.

Mediante este método podemos realizar una caracterización del tipo de señalización actual para poder proponer mejoras de acuerdo al tipo de camino y tráfico vehicular y edificaciones alrededor (colegios, centro de salud, lugares de entrenamiento).

1.10.3 Metodología de trabajo

Figura 1.1 Flujograma metodología del trabajo



Fuente: Elaboración propia

1.11 Alcance del estudio de aplicación

Analizar el estado actual en el que se encuentra el pavimento flexible, rígido y señalización para proponer un sistema de gestión de pavimentos urbanos en la ciudad de Tarija con señalización en los tramos Av. Circunvalación (Pavimento rígido) – Av. Integración (Pavimento flexible).

En el primer capítulo

Se desarrollará todo lo que se pretende realizar en la evaluación, los objetivos que se trazaron en el proyecto y el objetivo final al cual se pretende llegar la justificación que se dará al análisis del estado actual de los pavimentos según parámetros normativos, que es lo que se pretende solucionar y dar a conocer, los beneficios que se obtendrán con este análisis.

En el segundo capítulo

Está enfocado en la recopilación de información bibliográfica, antecedentes necesarios y suficientes, análisis de la información de proyectos similares y revisión de normativas.

En este capítulo se pondrá la información necesaria para la elaboración de la evaluación y análisis, dando todos los conceptos necesarios para el registro de datos de aforación en horas pico, evaluación PCI, IRI necesario y señalización con normativas a seguir.

En el tercer capítulo

Se comienza con la parte práctica de la evaluación del estado actual del pavimento Av. Circunvalación (Pavimento rígido) – Av. Integración (Pavimento flexible) con una inspección de la zona para determinar los puntos de aforación, realizamos aforación según norma para determinar las horas pico una vez determinada las horas pico, se realizara la medición de las patologías del pavimento flexible y rígido PCI, posteriormente se hará la evaluación del índice de rugosidad IRI finalmente la revisión de señalizaciones en cada punto seleccionado.

En el cuarto capítulo

Se realiza la parte práctica de estadística y cálculo verificando que los datos obtenidos son fiables para realizar el análisis del estado actual del pavimento y señalética se presentan los resultados obtenidos y realización de gráficas para poder hacer el análisis respectivo y la construcción de la Curva de Deterioro así pudiendo estimar la vida útil que les quedaa estos, proponiendo una gestión de pavimentos óptima para estos tipos de pavimentos, determinado las causas que ocasionan el deterioro.

En el quinto capítulo

Contiene las conclusiones y recomendaciones del análisis proponiendo una gestión de pavimentos urbano, si se cumplió con los objetivos establecidos en la planificación del proyecto y con la hipótesis establecida.

CAPITULO II
CONSIDERACIONES
GENERALES

CAPITULO II

CONSIDERACIONES GENERALES

2.1 Generalidades sobre pavimentos

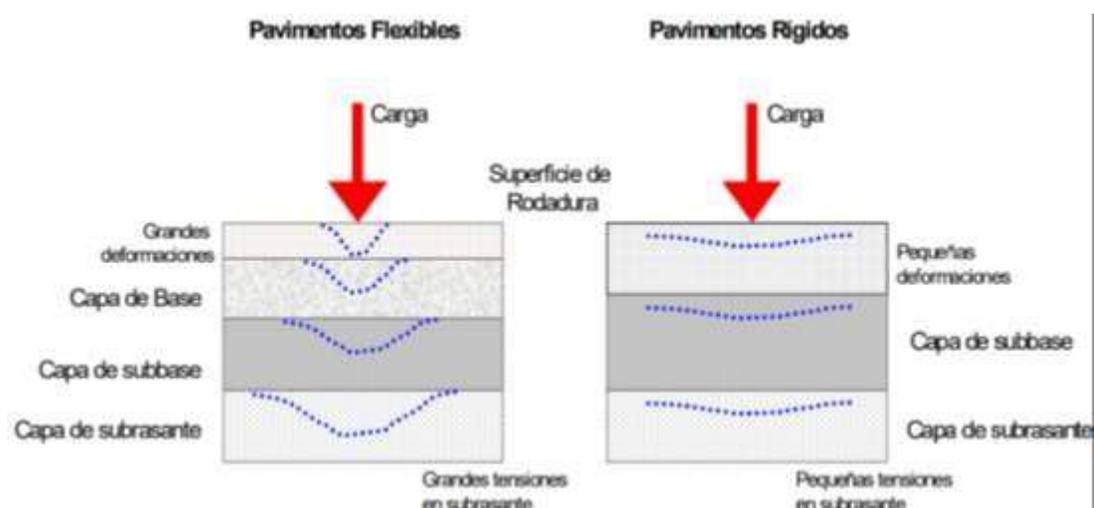
2.1.1 Definición de pavimentos

Un pavimento está compuesto por un grupo de capas intercaladas, horizontalmente, que se construyen y diseñan específicamente con materiales indicados y debidamente compactados. Estas estructuras estratificadas se afirman sobre la sub-rasante de una vía. Sus funciones fundamentales son las de suministrar una superficie de rodadura uniforme, de textura y color apropiados, resistente a la intemperie, resistente al tránsito, entre otros; también debe resistir adecuadamente los esfuerzos producidos por las cargas repetidas del tránsito y transmitirlo a la sub-rasante de manera que esta no se deforme perjudicialmente.

2.1.2 Tipos de pavimentos

Los pavimentos se clasifican en dos grandes grupos: Los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos, presentan notables diferencias en sus características, pero desde el punto de vista mecánico la más importante es la transmisión de cargas como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2.1 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos

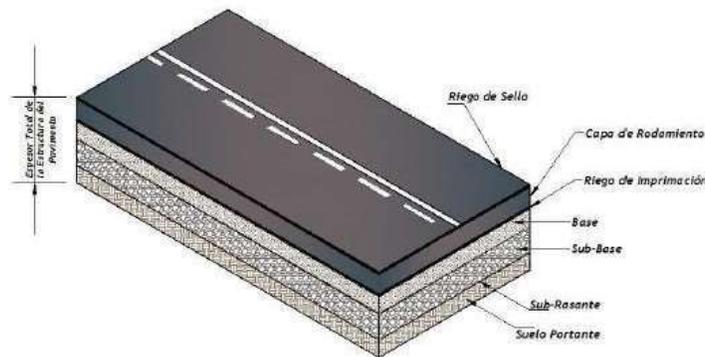


Fuente: Coronado J. (2002). *Manual para diseño de carreteras, Guatemala.*

2.1.3 Pavimentos flexibles

Una definición de uso común es la siguiente: “Un pavimento flexible es una estructura que mantiene un contacto íntimo con las cargas y las distribuye a la sub-rasante, su estabilidad depende del entrelazamiento de los agregados, de la fricción de las partículas y de la cohesión”. De modo que los pavimentos flexibles comprenden en primer lugar, a aquellos que están formados por una serie de capas granulares, rematadas por una capa de rodamiento asfáltica de alta calidad y relativamente delgada, la cual es capaz de acomodarse a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. En este tipo de pavimentos la calidad de los materiales utilizados en cada una de las capas aumenta conforme nos acercamos a la superficie, de modo de lograr una estructura competente ante las cargas esperadas y que a la vez resulte lo más económica posible.

Figura 2.2 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos



Fuente: Ricardo F. (octubre de 2008). Diseño de pavimentos, Salvador.

El espesor de la capa de rodadura de un pavimento asfáltico varía grandemente, desde menos de una pulgada en los tratamientos superficiales usados en caminos de tránsito liviano, hasta seis pulgadas o más de concreto asfáltico usado en caminos destinados al tránsito pesado. La carpeta de rodadura asfáltica puede ser de cuatro tipos:

- Mezcla asfáltica en caliente.
- Mezcla asfáltica en frío.
- Tratamiento superficial simple o múltiple.

2.1.4 Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de un elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en un área muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub rasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido de la resistencia de las losas, y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Generalmente, el mantenimiento que requiere es mínimo y comúnmente solo se efectúa en las juntas de las losas.

Figura 2.3 Estructura Pavimento Rígido



Fuente: <https://jeancars.blogspot.com/2017/07/pavimentos.html>

2.2 Deterioros de la superficie pavimento flexible

Desprendimientos

- Pérdida de Agregados en Tratamientos Superficiales, pérdida parcial del agregado de los tratamientos superficiales, q deja expuestas áreas aisladas de la capa de apoyo. Causas: distribución irregular del ligante asfáltico, agregados pétreos inadecuados por falta de adherencia, agregado sucio. Intervención: bajo riego en negro, medio y alto tratamiento superficial simple.
- Descascaramiento (Pérdida de Capa de Rodadura), desprendimientos de la última capa delgada de tratamientos superficiales como lechadas, mezcla arena-asfalto.

Causas: Limpieza insuficiente previa al tratamiento superficial, ligante asfáltico inadecuado, dosificación inadecuada. Intervención: Parcheo en superficies de rodadura asfáltica.

- Ojo de Pescado o Bache Superficial, desprendimiento del material de la base en la q se apoya la capa de rodadura después de la pérdida de esta.

Alisamientos

- Exudación del Asfalto (Sangrado), presencia de asfalto sin agregados pétreos en la superficie.
- Pulimiento (Agregados), presencia de agregados pétreos q presentan una cara plana en la superficie generalmente embebidos en el ligante asfáltico.

Exposición de Agregados

- Cabeza Dura (Pérdida de la película de ligante), presencia de agregados pétreos parcialmente expuestos fuera del concreto asfáltico. Intervención: medio y alto, re nivelación con mezclas asfálticas.

Deterioros de la Estructura

Deformaciones

- Baches Profundos, hundimiento local de la calzada, con agrietamiento en malla y generalmente pérdida parcial de bloques de la capa de rodadura.
- Ondulaciones, deformaciones del perfil longitudinal con crestas y valles regularmente espaciados a distancias cortas. Causas: circulación lenta en pendientes pronunciadas, frenado de vehículos. Intervención: baja no requiere intervención, medio y alto re nivelación con sobre carpetas con mezcla asfáltica en caliente o frío.

Agrietamientos

- Grieta Longitudinal, rotura longitudinal sensiblemente paralela al eje de la carretera, con abertura mayor de 3mm. Causas: gradiente térmico superior a los 30, juntas longitudinales adecuadas. Intervención: bajo no se sella, medio y alto sello de grietas y fisuras.

- Grieta Transversal, rotura transversal sensiblemente perpendicular al eje de la carretera con abertura mayor a 3mm.
- Falla en Bloque, consiste en una serie de fisuras q se derivan de una principal, pero no se cierran para formar polígonos. Causas: uso de ligantes asfálticos muy duros, reflejo de fisuras. Intervención: bajo no se sella, medio sello de fisuras y grietas, alto re nivelación con sobre carpeta con mezcla asfáltica en frío y caliente.
- Piel de Cocodrilo degradación del pavimento q consiste en fisuras o grietas interconectadas q afectan especialmente la capa de rodadura y q forman polígonos de tamaño variable. Causas: reflejo de fisuras con bajos estabilizadas, bases granulares de mala calidad. Intervención: bajo sello de fisuras y grietas, medio tratamiento superficial simple, alto parcheo en superficie de rodadura asfáltica.

2.3 Deterioros de la superficie pavimento rígido

Daño en Juntas

- Deficiencia del Sellado, deterioro del sello de juntas, permitiendo la incrustación de materiales como piedras, arenas y/o infiltración de agua. Se considera como deficiencia del sellado: endurecimiento del sello, desprendimiento del sello de 1 o ambas partes, fluencia del sellado fuera de la caja, carencia total del sello.
- Juntas Desportilladas, desintegración de las aristas de una junta longitudinal o transversal con pérdida de trozos q puede afectar hasta 500mm dentro de la losa.
- Separación de la Junta Longitudinal, abertura de la junta longitudinal del pavimento mayor a 13mm.

Daño en la Losa

- Desintegración, progresivamente de la superficie con pérdida inicial de la textura y posteriormente del mortero, deja los agregados gruesos expuestos
- Baches, se forma al desprenderse el concreto hidráulico de la superficie. Su diámetro varía entre 25mm y 100mm, la profundidad del deterioro supera los 15mm.
- Textura Inadecuada, carencia o pérdida de la textura superficial, necesaria para q exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos.

- Levantamiento Localizado, de parte de la losa localizado a ambos lados de una junta transversal o grieta. Habitualmente el concreto hidráulico afectado se quiebra en varios trozos.
- Parches Deteriorados, área superior a 0,1 m² o losa completa q ha sido removida y reemplazada por un material q puede ser de concreto hidráulico o mezcla asfáltica y q se encuentra deteriorada.

Deterioros de la Estructura Agrietamientos

- Grieta de Esquina, se presentan en las esquinas de las losas de concreto hidráulico, en una distancia menor o igual a la mitad de la dimensión de la losa en ambos lados.
- Grieta Longitudinal, paralela al eje de la calzada o q se originan en una junta transversal con longitud superior a la mitad del ancho de la losa.
- Grieta Transversal, perpendicular al eje de la calzada.
- Agrietamiento por Durabilidad.

Otros

- Fisuramiento por retracción, fisuras capilares en forma de malla q aparecen en la superficie del concreto hidráulico. Las fisuras de mayor dimensión se presentan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por fisuras más finas en forma aleatoria.
- Presencia o emanación de Finos, expulsión de agua mezclada con suelos finos, a través de las juntas, grietas y borde externo del pavimento, bajo el paso repetido del vehículo.

2.4 Evaluación de pavimento

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se presenta el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

Existen dos tipos de evaluación de pavimentos:

- Evaluación Superficial
- Evaluación Estructural

2.4.1 Evaluación superficial

Es el análisis o control de calidad en la capa de rodadura que puede ser de asfalto o de concreto, en este caso, de pavimento flexible. Este tipo de evaluación califica las deficiencias que tiene el pavimento en su parte superficial, lo que conlleva inspeccionar los defectos o fallas que se presentan. El proceso para la identificación de fallas se lo realiza a través de un registro de cuantificación de daños que tiene su categorización y clasificación que demostrará el estado real de la vía.

El trabajo de la evaluación superficial de un pavimento flexible, implica la observación y cuantificación de las características superficiales del pavimento, vale decir la capa asfáltica, desde el momento que este pavimento se pone en servicio.

Este tipo de evaluación debe basarse en:

- Muestras aleatorias del tramo vial en estudio, con el fin de reducir la inspección visual.
- Evaluar objetiva y cuantitativamente las condiciones superficiales del pavimento.
- Utilizar métodos y equipo adecuados para realizar la evaluación.

2.4.2 Evaluación Estructural

La evaluación estructural de los pavimentos trata de evaluar a todo el conjunto de las capas constituyentes del pavimento.

Las características estructurales de un pavimento flexible están relacionadas con los materiales empleados en las capas del firme o pavimento, y los respectivos espesores de estas capas.

Las diferentes deformaciones que pueden presentar estas capas, da lugar a discontinuidades de deformaciones en ellas, por lo que el proyecto o construcción de una capa ha de armonizarse con el de las restantes a fin de conseguir un buen comportamiento estructural conjunto.

Dicho lo anterior se puede decir que la evaluación estructural es el estudio del funcionamiento de las diferentes capas que componen el pavimento a causa del sometimiento de cargas a la que es expuesto. Aunque es difícil detectar a simple vista la falla del funcionamiento es posible obtener un resultado real de la vía a través del análisis de deflexiones. Los fenómenos de alabeo y la ondulación son una posible causa de que el pavimento esté sufriendo un mal estado estructural.

2.4.3 Métodos de evaluación superficial

En la actualidad existen varios métodos para realizar la evaluación superficial del pavimento flexible, en el presente proyecto haremos mayor énfasis en el método de Índice de Condición del Pavimento PCI y el método de evaluación Índice de Regularidad Internacional IRI.

2.4.4 Método de evaluación Índice de Regularidad Internacional IRI

El IRI es un estándar de medida de rugosidad superficial de las carreteras, el cual permite evaluar con cualquier equipo de medición de la rugosidad de un pavimento e indicar en valores propios del IRI, permitiendo referirse a una sola escala de medición que puede identificar en qué condiciones superficiales se encuentra una superficie de pavimento y detectar anomalías en algunos de sus tramos. El Índice Internacional de Rugosidad permite especificar rangos o niveles de tolerancia para la aceptación de tramos nuevos de autopistas y carreteras, sirviendo como un parámetro de control de calidad superficial. Para carreteras ya en servicio, el Índice Internacional de Rugosidad es una herramienta para monitorear el comportamiento del camino a través del tiempo y permite fijar umbrales de alerta para proceder a un estudio de los daños o para realizar las labores de mantenimiento de acuerdo a la importancia del camino.

2.4.4.1 Regularidad

La regularidad superficial se refiere a la aproximación del perfil real al teórico, aquel que en un vehículo en marcha no se produce aceleraciones verticales.

Las deformaciones que se presentan en la superficie del pavimento afectan la seguridad y comodidad del usuario, causando movimientos en el vehículo y aceleraciones verticales en los viajeros (cabeceos y balanceos) mientras mayor sea la velocidad; además de poder

producir acumulaciones de agua superficial y originar hidropelaje o producir peligrosidad al usuario que circula a alta velocidad, ya que los movimientos del vehículo pueden producir despliegues de la carretera, con la consiguiente pérdida de adherencia neumático - pavimento.

2.4.4.2 Índice de Regularidad Internacional

La irregularidad o rugosidad de la superficie de un camino refleja adecuadamente el grado de comodidad del tránsito; se ha desarrollado una gran variedad de equipo para medir la regularidad superficial de los pavimentos y se ha adoptado mundialmente un índice único conocido como "Índice de Rugosidad Internacional" (IRI), y fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en 1986.

Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable, para no pavimentados la escala se puede extender hasta el valor 20. En el siguiente cuadro se presenta una clasificación que hace el Banco Mundial de las carreteras y aeropistas, dependiendo de los valores típicos del IRI, según las experiencias obtenidas en diversos países.

Figura 2.4 Escala de IRI (m/km)



Fuente: Banco Mundial (1986). Escala de valores de IRI y las características del pavimento.

2.4.4.3 Causas posibles de la rugosidad

Existen 10 causas posibles que dan origen a la rugosidad en la etapa de construcción de la vía:

- Variaciones en la superficie de la base o carpeta asfáltica existente sobre la que se construye la nueva capa de desgaste.
- No verificar la superficie asfáltica con la regla inmediatamente después de la compactación inicial para hacer las correcciones mientras que la superficie asfáltica todavía se encuentra en caliente.
- Paradas y reinicios frecuentes de la pavimentadora.
- Juntas de construcción de mala calidad: se debe verificar las juntas inmediatamente después de su construcción y corregirlas de ser necesario cuando aún está en caliente.
- Rastrillado excesivo del material colocado.
- Rodillado irregular o dejar que el rodillo se detenga sobre el pavimento caliente.
- Mezcla no uniforme.
- Operaciones impropias de los camiones.
- Temperatura no uniforme del material: las cargas frías no se compactan al mismo espesor que las calientes.
- Ajuste frecuente a los controladores de la regla de la pavimentadora.

2.4.4.4 Ventajas de un pavimento sin rugosidad

- Un pavimento sin rugosidad se conserva por más tiempo.
- La vida de servicio aumenta.
- Disminuye el consumo de combustible y el costo de mantenimiento del vehículo.
- Disminuye el costo de mantenimiento del pavimento.
- Disminución de las cargas dinámicas en los pavimentos

2.4.4.5 Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos

- Edad del pavimento.
- Niveles de tráfico vehicular.
- Espesores del pavimento.
- El número estructural.
- Las propiedades del concreto asfáltico utilizado.
- Las características del medio ambiente.
- Propiedades de la base granular, como el contenido de humedad y el porcentaje de material que pasa la malla 200.
- Propiedades de la sub rasante, como el índice de plasticidad.
- Extensión y severidad de las fallas en el pavimento

2.4.4.6 Rugosímetro de Merlín

El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el Rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables. Fue diseñado en la base de una simulación de estas operaciones de medidas de perfil de la vía en el “International Road Roughness Experiment” (Sayers et al 1986) Experimento Internacional de Rugosidad de la Vía. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Definición:

El Merlín o también llamado bicicleta de Merlín es un instrumento económico, versátil, sencillo y de fácil operación, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo lo cual hace que su utilización resulte completamente económica cuando se trate de evaluar tramos cortos de carretera. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Esquema y representación de las partes de un equipo Merlin

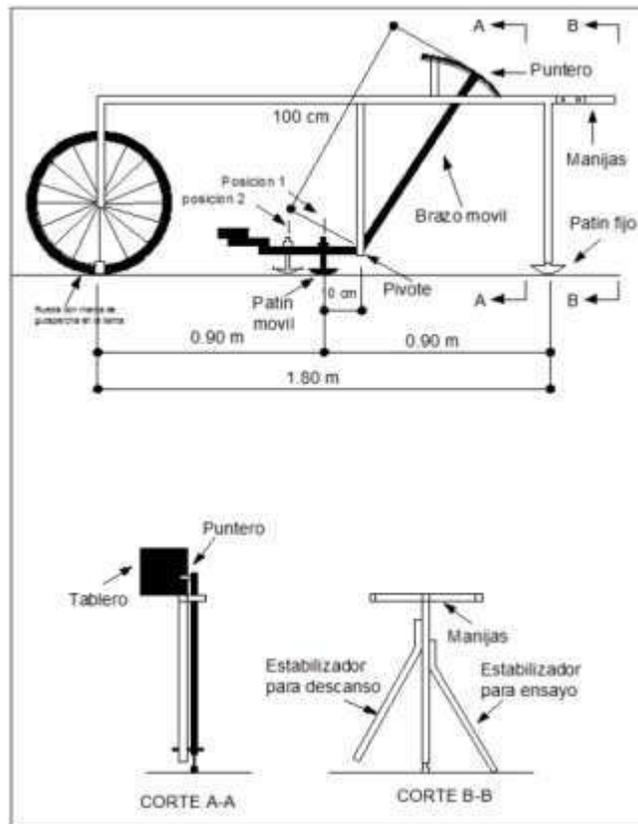
En la siguiente figura se representa un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Figura 2.5 Rugosímetro de Merlín



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.6 Esquema del rugosímetro de Merlín



Fuente: Del Águila, R. P. (1999). Manual de Equipo Merlín para medir la Rugosidad en Pavimentos, Camineros S.A.C.

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

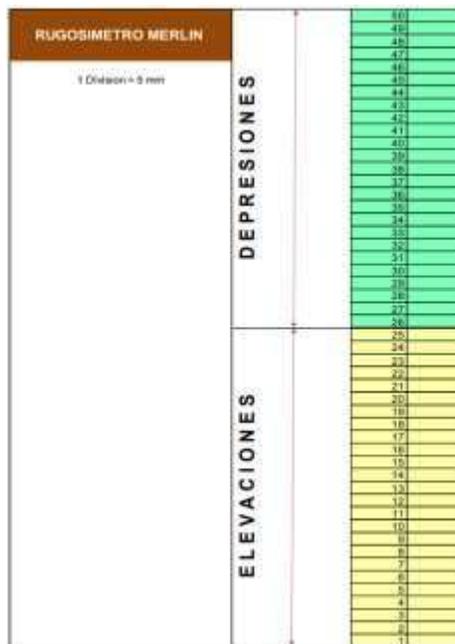
En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo (Figura 2.6, Corte B-B).

Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero (Ver Figura 2.7).

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar.

Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Figura 2.7 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto al nivel de referencia

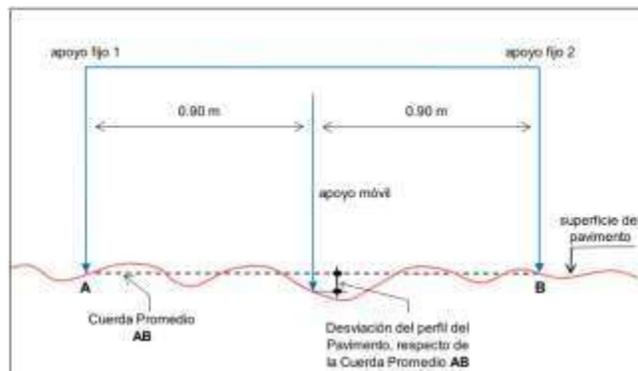


Fuente: Del Águila, R. P. (1999). Manual de Equipo Merlín para medir la Rugosidad en Pavimentos, Camineros S.A.C.

2.4.4.7 Metodología para la determinación de la Rugosidad con Merlín

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura ilustra cómo el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante (Del Águila, P. 1999). El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Figura 2.8 Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio utilizando Merlín

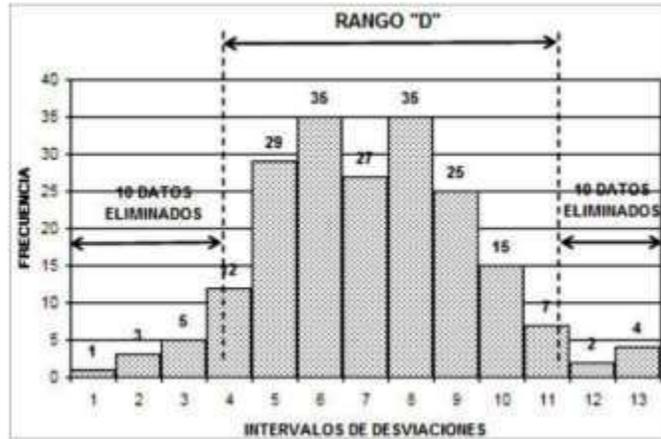


Fuente: Del Águila, R. P. (1999). Manual de Equipo Merlín para medir la Rugosidad en Pavimentos, Camineros S.A.C.

La longitud de la cuerda promedio es 1,80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad (Ver Figura 2.9). El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Figura 2.9 Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva



Fuente: Del Águila, R. P. (1999). Manual de Equipo Merlín para medir la Rugosidad en Pavimentos, Camineros S.A.C.

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Index (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto, los que son analizados en la referencia. Del Águila Rodríguez Pablo 1999.

Tabla 2.1 Clasificación IRI

Clasificación	IRI (m/km)		Condición típica
	Transito bajo NT1	Transito medio y alto NT2 y NT3	
Bueno	< 2.5	< 2.0	Pavimento con regularidad superficial; circulación muy cómoda.
Aceptable	2.5 - 4.0	2.0 - 3.5	Pavimento algo rugoso; el valor superior es advertido por los usuarios al circular a la velocidad de operación de la vía.
Pobre	4.0 - 5.5	3.5 - 5.0	Rugosidad notoria; incomodidad para los conductores de los vehículos pesados.
Muy pobre	> 5.5	> 5.0	Pavimento muy rugoso y carente de confort para todos los usuarios.

Fuente: Del Águila Rodríguez Pablo (1998). Estado del Arte sobre la Medición de la Rugosidad de Pavimentos. Lima, Perú

2.4.5 Método de evaluación PCI (Pavement Condition Index) Índice de Condición del pavimento

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado en 1978, con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, por agencias como, por ejemplo: el departamento de defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación, conocida como procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03.

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El método se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento. El cálculo se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Este método de evaluación superficial se caracteriza por no requerir ningún equipo especial o sofisticado para la evaluación; por suministrar información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y la condición final que éste presenta; por su empleo que no resulta ser complejo, porque es un método estándar y más detallado para evaluar pavimentos y por ser la base para determinar necesidades de mantenimiento o rehabilitación del pavimento.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI por sus siglas en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas: el procedimiento es enteramente manual y suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y el área afectada.

En líneas generales el procedimiento consiste en dividir la vía en estudio en secciones o "unidades de muestreo", cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodamiento, así por ejemplo en el caso de carreteras con capa de rodamiento asfáltica y ancho menor de 7,30 m. se tiene que el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango entre 230,93 m².

2.4.5.1 Índice de condición del pavimento

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este.

Esta metodología califica la condición integral del pavimento en base a una escala que varía entre "0" para un estado fallado y un valor de "100" para un estado excelente. Se muestra a continuación los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 2.2 Rangos De Clasificación PCI

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

Fuente: ASTM D6333-03. Índice de Condición del pavimento procedimiento estándar PCI.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. Manual PCI ASTM D6433-03.

2.4.5.2 Procedimiento de medición del PCI

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican cuidadosamente los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

Tabla 2.3 Planilla de muestreo de datos PCI

Método PCI		Esquema							
Índice de Condición de Pavimento									
Hoja de Registro									
Nombre de la Vía: Av. Integración tamo Rotonda del barrio Juan Pablo II - Colegio Aniceto Arce		Sección:				Unidad de muestra			
Ejecutor: Maria Jose Delgado Farfán		Fecha:				Área (m2)			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Baches y parcheo	16. Deformaciones por empuje						
2. Exudación	7. Grietas de borde	12. Agregado pulido	17. Grietas de desplazamiento						
3. Grietas de Contracción	8. Grietas de reflexión de juntas	13. Huecos	18. Hinchamientos						
4. Elevaciones y hundimiento	9. Desnivel carril-berma	14. Cruce de sumideros de rejilla	19. Disgregación						
5. Corrugación	10. Grietas longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento							
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor Deducido
Total									

Fuente: Vásquez, L. R. (2002). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales, Colombia.

La evaluación de pavimentos, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento, donde cada falla es registrada de acuerdo a la degradación que presente. Manual PCI ASTM D6433-03.

2.4.5.3 Severidad:

Representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión, entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, la percepción que tiene el usuario al transitar en un

vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

Bajo (B): Se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de la velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Las elevaciones y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero no provoca incomodidad.

Medio (M): Las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad, las elevaciones o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.

Alto (H): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; las elevaciones o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

2.4.5.4 Unidades de muestreo

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

Tabla 2.4 Longitudes de unidades de muestreo

Ancho de calzada	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5,00	46,00
5,50	41,80
6,00	38,30
6,50	35,40
7,30 (max)	31,50

Fuente: Vásquez, L. R. (2002). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales, Colombia.

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230,93 m². No todas las unidades de muestra requieren

tener el mismo tamaño de muestra, pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud para el cálculo.

2.4.5.5 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la "Evaluación De Una Red" vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la "Evaluación de un Proyecto" se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación líneas abajo, la cual produce un estimado del PCI + 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e = Error admisible en la estimación del PCI de la sección (e=5%).

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades, normalmente se asume un valor de 10%, cuando no se conoce.

2.4.5.6 Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N = Número total de unidades de muestreo disponible.

n = Número mínimo de unidades para evaluar.

i= Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo 3.7 se redondea a

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i. Así, si $i=3$ la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S+ 1), (S+ 2), etc.

2.4.5.7 Evaluación de la condición

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

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a) Equipo

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b) Procedimiento

Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03.

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

c) Seguridad

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

2.4.5.8 Metodología para el cálculo del PCI

Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo del PCI está basado en los "valores deducidos" de cada daño, de acuerdo a la cantidad y severidad reportadas.

El cálculo del PCI debe realizarse con la información obtenida en la inspección de campo. El cálculo puede realizarse de manera manual o computarizada.

Paso 1. Determinación de los valores deducidos (VD):

1. a. Totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño y registrarlo en la columna TOTAL, del formato inventario de danos. El daño puede medirse en área, longitud o por número según el tipo de falla.

1. b. Dividir la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo, y exprese el resultado como porcentaje, esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado dentro de la unidad de estudio.

c. Determinar el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante el uso de las curvas denominadas "Valor deducido del daño".

Paso 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

a. Si ninguno o tan solo uno de los "Valores deducidos" es mayor que 2, se usa el "Valor deducido total" en lugar del mayor "Valor deducido corregido", CDV, obtenido en la etapa 3. De lo contrario deben seguirse los pasos 2.by 2.c.

2. b Listar los valores deducidos individuales de mayor a menor.

2. c Determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), utilizando la siguiente ecuación:

$$m_i = 1,00 + (100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i = Número máximo admisible de "valores deducidos".

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

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

Paso 3. Cálculo del "máximo valor corregido", CDV

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo.

a. Determinar el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.

3. b. Determinar el "valor deducido total" sumando todos los valores deducidos individuales.

3. c. Determinar el CDV con q y el "valor deducido total" en la curva de corrección pertinente al pavimento.

3. d. Reducir a 2.0 el menor de los "valores deducidos" individuales que sea mayor que 2.0 y repetir las etapas 3.a a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en el proceso.

Paso 4. Calcular el PCI de la unidad restando de 100 es máximo CDV obtenido en la etapa 3.

$$PCI = 100 - CDV_{max}$$

Donde:

PCI= Índice de condición presente

CDV máx= Máximo valor corregido deducido.

Metodología para el cálculo del PCI de una sección de pavimento

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

Si se utiliza la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática, o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

PCIS= PCI de la sección del pavimento

PCIR= PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas
PCIA=PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales
N=Número de unidades de muestreo en la sección
A=Número de unidades de muestreo adicionales

2.4.5.9 Criterios a considerar en la inspección de fallas

A continuación, se detallan algunos criterios importantes a tomar en cuenta durante la inspección visual que permitirán minimizar errores y aclarar interrogantes acerca de la identificación y medición de algunos tipos de fallas.

Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento ocurren en la misma área, cada falla es registrada por separado en su correspondiente nivel de severidad.

Si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será tomado en cuenta en la misma área.

El agregado pulido debe ser encontrado en cantidades considerables para que la falla sea registrada.

Si una fisura no tiene un mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con diferente nivel de severidad debe ser registrada en forma separada. Sin embargo, si los diferentes niveles de severidad en una porción de fisura no pueden ser fácilmente separados, dicha porción debe ser registrada con el mayor nivel de severidad presente.

Si alguna falla, incluyendo fisuras o baches, es encontrada en un área parchada, ésta no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parchado debe ser considerado en determinar el nivel de severidad de dicho parche.

Se dice que una falla está desintegrada si el área que la rodea se encuentra fragmentada (algunas veces hasta el punto de desprendimiento de fragmentos).

2.5 Comportamiento de los pavimentos

El comportamiento de los pavimentos a lo largo de su vida útil es regido generalmente por un ciclo, el cual ha llegado a considerarse como normal debido a la frecuencia con que se presenta, los indicadores (deterioros del pavimento) de cada una de las etapas de este ciclo son diferentes según el tipo de pavimento, sin embargo, la tendencia en la evolución de la estructura a través del tiempo es común y puede describirse de la siguiente manera:

2.5.1 Etapa de construcción

Un pavimento puede haber tenido una buena construcción o haber presentado algunos defectos durante esta etapa, o bien haber sido claramente deficientes tanto la etapa de diseño como la de ejecución. De cualquier forma, cuando la estructura entra en servicio, esta suele encontrarse en excelentes condiciones, satisfaciendo plenamente las necesidades de los usuarios. Caminos, CEPAL.

2.5.2 Etapa de deterioro lento y poco visible

Durante algunos años, el pavimento experimenta un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodamiento y en menor medida en el resto de su estructura. Este desgaste es producido por los diversos tipos de vehículos que circulan sobre él, también por la influencia que ejercen otros factores como el clima, la radiación solar, el agua de lluvias, cambios de temperatura, etc.

La calidad de la construcción inicial también incide en la evolución del deterioro. A través de toda esta etapa el pavimento se mantiene aparentemente en buen estado y el usuario no percibe el desgaste. A pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas, el camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado. Caminos, CEPAL.

2.5.3 Etapa de deterioro acelerado y de quiebre

Luego de varios años de uso, el pavimento entra en una etapa de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito. Al inicio de esta etapa, la estructura básica del pavimento se conserva intacta y las fallas en la superficie son menores, por eso el usuario común tiene la impresión que este se mantiene aún bastante sólido. Sin embargo, no es así, ya que cada vez se pueden observar más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, la cual no es visible. Entonces, podemos asegurar que cuando en la superficie de un pavimento se detectan graves fallas a simple vista, la estructura básica del pavimento está seriamente dañada. Los daños al inicio son puntuales, pero luego se van extendiendo en la mayor parte del pavimento, cuando esto ocurre la destrucción es acelerada; si no se interviene en algún momento durante esta etapa el pavimento llega al punto de quiebre en el cual se produce una falla generalizada, tanto en la superficie como en la estructura básica.

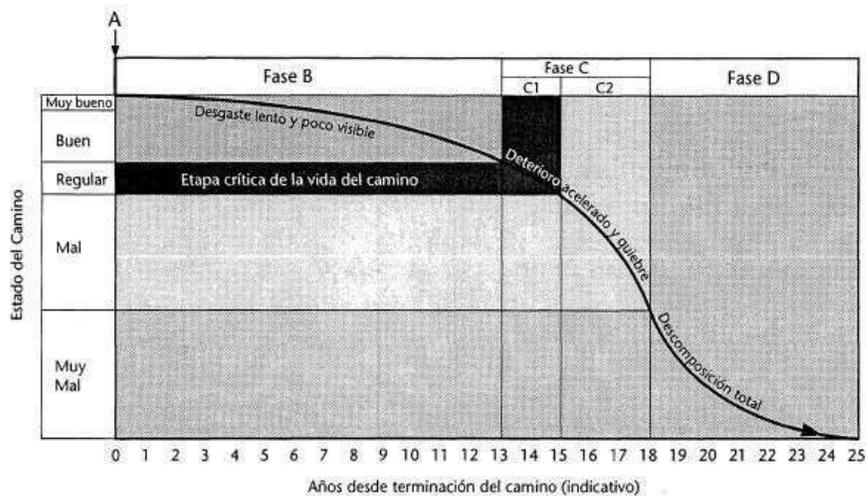
A medida que se desarrolla esta etapa, los vehículos circulan experimentando una cantidad creciente de molestias a causa de las irregularidades de la superficie, tales como: grietas, baches, depresiones y deformaciones. Caminos, CEPAL.

2.5.4 Etapa de descomposición total

Constituye la última etapa de la existencia de un pavimento y puede durar varios años, lo primero que se observa es la pérdida de la capa de rodadura, ya que cada vez que pasa un vehículo pesado se desprenden trozos de ésta, por lo que al final la vía termina siendo un camino de grava, y a la larga, de tierra. El paso de vehículos se dificulta, la velocidad promedio de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida en un gran porcentaje. Los vehículos comienzan a presentar daños en neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis; los costos de operación vehicular suben de manera considerable y se incrementa la cantidad de accidentes graves.

En esta última etapa llega un momento en que ya no pueden transitar los automóviles normales, sólo algunos camiones y vehículo todoterreno. Como ya se dijo anteriormente, los detalles del ciclo de vida de los pavimentos varían dependiendo de su tipo, pero en general, el mensaje que debe atenderse es el mismo y consiste en que las acciones de conservación de cualquier pavimento deben planificarse debidamente de modo que nunca se permita el deterioro excesivo o la destrucción de su estructura básica. Caminos, CEPAL.

Figura 2.10 Deterioro de los pavimentos a través del tiempo



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL). (1992).
Caminos, Santiago de Chile.

2.6 Gestión de pavimentos

La gestión de pavimentos en su sentido más amplio, se relaciona con todas las actividades involucradas en el planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento, evaluación y rehabilitación de una porción de pavimento de un programa público de trabajo.

El buen servicio de un pavimento está representado en su capacidad para proporcionar a los usuarios comodidad, seguridad y economía. La recuperación del nivel de servicio de un pavimento en uso, por medio de obras de rehabilitación, se hace necesaria por una o más de las siguientes razones (Ministerio de Transporte & Instituto Nacional de Vías, 2008):

- Incomodidad para la circulación vehicular.

- Exceso de defectos superficiales.
- Reducción de la adherencia entre la calzada y los neumáticos de los vehículos.
- Necesidad excesiva de servicios de mantenimiento rutinario.
- Costos de operación elevados para los usuarios.
- Capacidad estructural inadecuada para las solicitudes del tránsito previsto

Las actividades requeridas para la rehabilitación de las estructuras de pavimento se hacen más importantes, en magnitud y costo, a medida que ellas se deterioran a causa de los efectos ambientales y el tránsito. El énfasis en la administración o gestión de pavimentos es la preservación de la inversión inicial, mediante la aplicación oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y de rehabilitación para prolongar la vida de estas estructuras. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

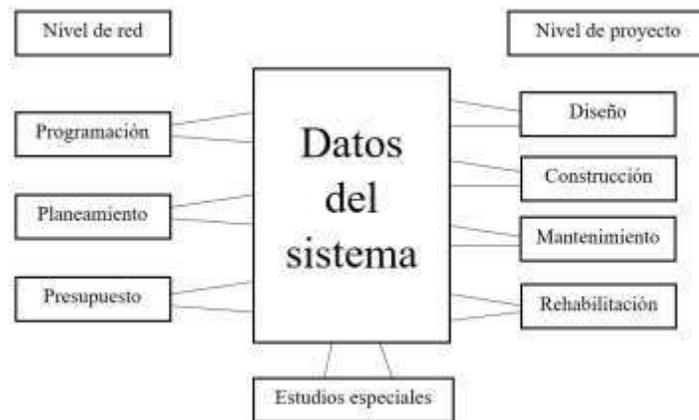
La gestión de pavimentos realiza el monitoreo de la condición de estos, en la fase de post-construcción, de forma preventiva se realiza el mantenimiento y rehabilitación bajo tratamientos especiales, y un análisis económico de alternativas. Un sistema de gestión de pavimentos, es un procedimiento de recolección, análisis, mantenimiento y reporte de información, que sirve de base en la toma de decisiones para optimizar las estrategias de mantenimiento en los pavimentos, buscando una condición servicial para un periodo de tiempo al menor costo posible. En el estado actual de la práctica de la ingeniería de pavimentos, en el que las actividades de planeación, diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación se deben vincular dentro de un marco único de carácter integral, el diseñador de la estructura tiene la libertad de considerar múltiples estrategias alternativas de actuación durante un período de análisis relativamente prolongado -restringido únicamente por las limitaciones tecnológicas, ambientales y presupuestales- las cuales somete a un análisis de costos. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

Es conveniente describir la gestión de pavimentos en términos de dos niveles generales, el primero es el nivel de gestión de la red general, a veces llamado el nivel del programa para las redes de carreteras; y el segundo es el nivel de gestión de proyecto, donde de toman decisiones técnicas para proyectos específicos. Algunos desarrollos de sistemas formales de gestión de pavimentos se han dado a nivel de proyecto. Más recientemente,

un desarrollo extenso en la gestión del mantenimiento y la información de metodologías de gestión, proporcionan la oportunidad para el desarrollo de sistemas de gestión de pavimentos más comprensivos, en los que se puede incluir un mayor número de actividades, correlacionándolas mediante interfases explícitas con los otros niveles de la red. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

Los sistemas de gestión de pavimentos pueden proporcionar algunos beneficios a las entidades encargadas del manejo de carreteras, tanto en la red como en los niveles de proyecto. Uno de ellos es la selección de alternativas de costo-efectivo. En lo concerniente a construcción nueva, rehabilitación o mantenimiento, los sistemas de gestión pueden ayudar a gerenciar como alcanzar el mejor valor posible al dinero público. A nivel de red, el sistema de gestión proporciona información pertinente al desarrollo de un programa regional, que optimizará el uso de los recursos disponibles. Esta relación la vemos en la siguiente figura:

Figura 2.11 Datos del sistema de gestión



Fuente: Castro, A. D. (10 De marzo 2003). Sistema De Gestión De Pavimentos, Universidad De La Ciudad De Piura. Perú. Sistemas Gestión de Pavimentos

Un Sistema de Gestión de Pavimentos, es un conjunto de actividades relacionadas con la planificación, el diseño, la construcción y el mantenimiento del pavimento, cuyo principal objetivo es producir un camino que genere los máximos rendimientos con los recursos existentes. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

En este contexto, se entiende por sistema de gestión de pavimentos, el conjunto de operaciones para conservar por un periodo de tiempo las condiciones de seguridad,

comodidad y capacidad estructural adecuadas, soportando condiciones climáticas y de entorno de la zona en que se ubica la vía en cuestión. Todo lo anterior, minimizando los costos monetarios, sociales y ecológicos. Su objetivo básico, es usar información segura y consistente para desarrollar criterios de decisión, otorgar alternativas realistas y contribuir a la eficiencia y a la toma de las decisiones, para así conseguir un programa de acción económicamente óptimo y en el cual se provea una retroalimentación de las consecuencias de las decisiones tomadas, como medio de asegurar su efectividad. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

2.6.1 Niveles en la gestión de pavimentos

La gestión de pavimentos opera en dos niveles principales, los que se conocen como nivel de proyecto y nivel de red y que se consideran como las instancias más importantes en la toma de decisiones.

El nivel de red incluye fundamentalmente un proceso de observación de un conjunto de pavimentos que conforman una red de caminos, para planificar decisiones para grandes grupos de proyectos o una red de caminos completa a fin de optimizar la asignación de recursos. En el nivel de proyecto el proceso de observación es de un proyecto o pavimento en particular, con el propósito de determinar el momento en que se debe realizar mantención y o rehabilitación. Usa datos específicos de cada proyecto y otorga varias opciones de acuerdo a los objetivos; los modelos usados a este nivel requieren de información detallada en secciones individuales de un camino. El nivel de red tiene por propósito el desarrollo de un programa prioritario y organizado de rehabilitación, mantención o construcción de nuevos pavimentos teniendo en cuenta la restricción de presupuestos correspondiente. Para tales efectos se debe considerar la condición de los pavimentos en cuanto a su serviciabilidad o al porcentaje de pavimento deficiente que existe en la red, mediante la recolección de datos que permitan determinar esas características. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

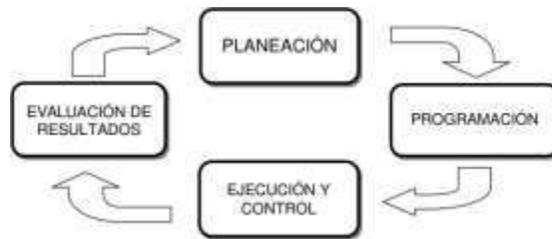
En la gestión a nivel de proyecto, se establece un conjunto de estrategias que minimicen los costos totales de ciclo de vida del pavimento, en los que se incluye los de construcción y/o mantenimiento, además de los de usuarios, mientras se satisfacen las restricciones de tipo físicas y administrativas, tales como requerimientos de comportamiento, rugosidades

máximas o mínimas y disponibilidad de fondos, entre otros. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

2.6.2 Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos

Debe considerarse que un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP), como todo sistema, está fundamentado en un ciclo que comprende las etapas siguientes: Planeación, comprende las etapas de adquisición de información, evaluación de deficiencias de la red, asignación de prioridades, cálculo de costos y programación para realizar los trabajos necesarios. En esta fase se toman las decisiones de inversión, reconociendo las restricciones de presupuesto. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

Figura 2.12 Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos



Fuente: Castro, A. D. (10 De marzo 2003). Sistema De Gestión De Pavimentos, Universidad De La Ciudad De Piura. Perú.

2.6.2.1 Inventario de la red

En este se encuentran definidas características de la red de caminos y sus tramos componentes. Contiene información permanente de las rutas como, por ejemplo: su clasificación, longitud, tipo de pavimento, ancho y número de carriles, características planimétricas y altimétricas, tipo y espesor de capas del pavimento, características físicas de los materiales de las capas, tipo de drenaje, historial de construcción y mantenimiento, factores climáticos (temperatura, precipitaciones, etc.), y las características del tránsito (TPDA, ESAL's, etc.). Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

2.6.2.2 Condición de los pavimentos

Define la calidad del pavimento con base en diversos indicadores, con el objetivo de conocer su situación real y evaluar así la condición o estado de éste. Los indicadores o parámetros básicos son los siguientes: deterioros superficiales en el pavimento que influyen sobre la circulación, calidad de la rodadura (rugosidad), capacidad estructural, textura superficial. Castro, A. D. (10 De marzo 2003) Sistema De Gestión De Pavimentos.

2.6.2.3 Estrategias de mantenimiento

Son los tipos de acciones de mantenimiento y rehabilitación que usa el organismo administrador de la red vial, de acuerdo al estado de los pavimentos. Estas acciones están definidas por la FHWA y son las siguientes:

No acción: Se refiere a pavimentos en excelente estado, es decir, recientemente construidos.

Mantenimiento de Rutina: Esta conserva el pavimento en buen estado general, se encarga de problemas localizados como sellado de grietas o bacheo; así como de operaciones de limpieza de drenajes, hombros y taludes.

Mantenimiento Preventivo (Periódico): Contrarresta el deterioro antes que sea significativo, mediante actividades como lechadas asfálticas y sellos superficiales (en pavimentos bituminosos); reparaciones de espesor parcial o total, restauración de la transferencia de carga y cepillado (en pavimentos de concreto hidráulico)

Rehabilitación: Se aplica cuando el pavimento alcanza una condición entre regular y mala, y comprende actividades de refuerzo.

Reconstrucción: Puede hacerse un reemplazo total o parcial del pavimento. Además, incluye otras mejoras como realineamiento, ensanchamiento, etc.

2.6.2.4 Necesidades de la red

Su determinación implica un análisis de la condición de los pavimentos para determinar las acciones de mantenimiento, rehabilitación o construcción que deberían ejecutarse. Se selecciona la estrategia de conservación más apropiada para cada tramo, tomando como base el estudio de su condición. Los factores que definen las necesidades de la red son:

condición (serviciabilidad, capacidad estructural, índices de deterioro), tránsito, clasificación del camino, factores políticos, y seguridad.

2.6.3 Conservación de pavimentos

Gestión de conservación de vías

El objetivo fundamental de la infraestructura vial es prestar a los usuarios un servicio de calidad que satisfaga sus necesidades de movilidad, sea un adecuado soporte de las actividades económicas y contribuya a la integración territorial. Para ello una vez ejecutada la infraestructura hay que gestionarla, desarrollando una serie de actividades de explotación y conservación.

Desde un punto de vista general las actividades de conservación y de explotación cubren dos grupos de objetivos generales.

El primero de ellos se relaciona con el servicio a prestar a los usuarios, en ese sentido las actuaciones se dirigirán a asegurar una circulación segura, fluida y cómoda por la red existente, de manera que los costos globales de transporte sean los menores posibles.

El segundo grupo de objetivos hay que incluir fundamentalmente la preservación del valor primordial de las vías, que forman parte de la riqueza (capital fijo) de una nación.

Las características iniciales de una carretera se van degradando con el transcurso del tiempo debido al paso de los vehículos y a las acciones climáticas. Todas las operaciones tendientes a restituir en lo posible esas características pueden ser consideradas como parte de la conservación de la carretera.

Las intervenciones de conservar deben estar dirigidas al logro de dos objetivos particulares:

- Adecuada resistencia al deslizamiento de la superficie, de manera que el pavimento permita el tránsito seguro de los vehículos.
- Regularidad superficial acorde con el trazado de la vía y las velocidades normales de recorrido, de manera que la circulación se cómoda por el usuario, sin que la falta de comodidad puede redundar también en inseguridad

2.6.3.1 Organización

Actividades generales de conservación

Para el logro de los objetivos indicados en el apartado anterior, es necesario desarrollar una serie de actividades que se puede agrupar como se indica.

- a) **Vialidad en información.** Son actividades destinadas a hacer posible el mantenimiento del servicio, incluso dentro de determinados límites, en circunstancias adversas situaciones de congestión del tránsito, obras en calzada, climatología desfavorable (niebla, nieve, hielo, etc.).
- b) **Actividades de uso y defensa.** Comprende todo lo relacionado con la vigilancia de la carretera y la regulación de sus zonas de influencia, en aplicación a lo establecido en la legislación. Se trata de una labor de policía de carretera, propia de la administración vial, que no debe confundirse con la labor de policía de tránsito encomendada a las fuerzas de seguridad.
- c) **Conservación de rutina.** Incluye actuaciones con carácter fundamentalmente preventivo, destinadas a retrasar lo más posible el proceso de degradación de manera que la infraestructura no baje un determinado umbral de aceptabilidad.
- d) **Rehabilitación.** Refiere a actuaciones con un cierto carácter extraordinario, cuyo objetivo es recuperar los niveles de calidad que se ha ido perdiendo con el tiempo, a pesar incluso de que se haya realizado u preventiva.

2.6.3.2 Comparación de gestión de pavimentos con otros países

Tabla 2.5 Comparación de gestión de pavimentos

Sistema de gestión de pavimentos de Bogota-Colombia, basado en el modelo de priorización HDM-4	Sistema de gestión de pavimentos de Sao Pablo-Brasil, basado en el modelo de priorización TAVAKOLI	Sistema de gestión de pavimentos de Bolivia según Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)
<p>Recopilación de datos: Esta recopilación es denominada comúnmente inventario ya que por medio de éste se realiza una recolección de características geométricas, daños superficiales, rugosidad, deflexiones, geo radar y tránsito de la vía. Este inventario será actualizado, con el fin de trabajar con una información traída al presente, anualmente, sin embargo esta información se actualiza con respecto a las vías ya intervenidas y no de la malla vial total</p>	<p>Recopilación de datos: Este modelo abriga para el sistema de gestión de pavimentos los datos de un inventario compuesto por; la definición de la sección o tramo vial, la clasificación del tramo por su funcionalidad, características del pavimento como tipo, longitud y número de carriles, sistema de drenaje y tráfico. Este inventario será actualizado de manera periódica cada 5 años para que así la información con la cual se pretenda trabajar sea vigente, la información evaluada es sobre el total de vías de la malla vial.</p>	<p>Recopilación de datos: Decisiones basadas en información adecuada, la disponibilidad y accesibilidad a información es imprescindible para cualquier programa de mantenimiento, el cual basa sus resultados sobre una combinación de información de las condiciones actuales del pavimento, el historial de su comportamiento y el comportamiento esperado como resultado de las diferentes intervenciones que se ejecuten o planifiquen.</p>
<p>Factor equivalente de carga: Se establece un eje patrón al cual se le asigna una carga determinada, la cual está definida como 8,2 Ton para el eje sencillo de llanta doble; debido a la gran cantidad de cargas que transitan en una vía.</p>	<p>Factor equivalente de carga: Al tratarse de un método empírico se toma como referencia el ensayo vial AASHTO para determinar un factor de carga que permita garantizar la resistencia de la vía a las elevadas cargas que esta recibe, definiendo el factor como 8,2 Ton.</p>	<p>Factor equivalente de carga: Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multirruedas para distribuir la carga total sobre una superficie mayor. Eso tiene el efecto de reducir las tensiones y deformaciones que se desarrollan al interior de la superestructura.</p>
<p>Identificación del tipo de deterioro en la vía: Para identificar los diferentes deterioros presentes en una vía hay que tener en cuenta las patologías que se presentan en la misma, este modelo toma como referencia los manuales de inspección visual del INVIAS para los pavimentos rígidos y flexibles, ofreciendo al usuario los criterios para la identificación de los deterioros.</p>	<p>Identificación del tipo de deterioro en la vía: Teniendo como soporte las normas 062/2004-pro y 008/2003-pro del departamento nacional de infraestructura de transporte (DNIT) se realiza una identificación visual del deterioro de la vía, dando criterios para identificar que deterioro sufren la misma.</p>	<p>Identificación del tipo de deterioro en la vía: Fallas Funcionales.- Son leves relativamente, cuando un pavimento ha perdido su función inicial o asignada de antemano, se acepta que tiene falla funcional; generalmente está localizada en la capa superficial del pavimento y causa cierta incomodidad en los pasajeros que transitan la vialidad. Pueden detectarse por simple observación visual.</p>
<p>Asignación de la intervención requerida: Con el índice de condición del pavimento (PCI) de acuerdo a los criterios de la norma ASTM 6433-07 de la sección vial trabajada, asignar un color que representa el estado del pavimento, directamente asignado a una acción de mantenimiento.</p>	<p>Asignación de la intervención requerida: Ya calculado el índice de condición del pavimento (PCI) se localiza el estado del pavimento de acuerdo a los criterios de la norma ASTM 6433-07 para asignarle una sigla que representa la estrategia de mantenimiento o rehabilitación necesaria, según los criterios del modelo.</p>	<p>Asignación de la intervención requerida: Intervención de mantenimiento para los caminos, este sería al inicio de la fase en que el pavimento entra en una etapa de deterioro acelerado. Sin embargo, debe mencionarse que hay un costo por realizar las labores de conservación antes de ese momento y otros por realizarlas demasiado tarde. En el primer caso, al efectuar el mantenimiento anticipadamente se está perdiendo la oportunidad de rentabilizar el dinero por ese periodo de tiempo.</p>
<p>Priorización de vías: La priorización de las vías se realiza por medio de: - Índice de condición del pavimento - Movilidad Red vial (vías indispensables ante situaciones de emergencia)</p>	<p>Priorización de vías: La priorización de las vías se realiza por medio de un índice de prioridades, el cual de manera cuantitativa nos dará claridad de cual vía o sección de vía es totalmente urgente intervenir, ya que en este análisis cuantitativo representado por una ecuación evalúa factores determinantes como lo son: índice de condición del pavimento, factor del tráfico, factor de la clasificación funcional, factor de ruta y factor de mantenimiento.</p>	<p>Priorización de vías: La AASHTO define el mantenimiento preventivo como: "Acciones planificadas que permiten retardar el deterioro futuro y mantienen o mejoran la condición funcional el pavimento sin incrementar su capacidad estructural" o "Aplicar la intervención adecuada, al pavimento adecuado, en el momento adecuado"</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.6 Esquemas de comparación de gestión de pavimentos



Fuente: Elaboración propia

2.7 Señalización

2.7.1 Tránsito

Aspectos generales

Para seleccionar la categoría que se debe dar a una determinada vía, es indispensable tener una acertada predicción de los volúmenes de demanda, su composición y la evolución que estas variables puedan experimentar a lo largo de la vida de diseño.

A continuación, se describen los principales indicadores que intervendrá en el proceso de selección de la categoría de la vía.

Demanda horaria

En caminos de alto tránsito es el Volumen Horario de Diseño (VHD), y no el TPDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. El VHD deberá obtenerse a partir de una ordenación decreciente de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquéllos que no presentan una componente especializada preponderante, por ejemplo: turismo) coincide con el volumen asociado a la trigésima hora de mayor demanda. Los volúmenes asociados a las horas que ocupan las primeras posiciones en la ordenación decreciente se consideran máximos extraordinarios en los que se acepta cierto grado de congestión al final del horizonte de diseño del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor, aunque similar, que los volúmenes previsibles en una gran cantidad de horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora (Hora 30); de allí su definición como máximo normal. Algunos países adoptan para el diseño la Hora 100. En caso que la información ordenada gráficamente no presente el comportamiento descrito, se deberá adoptar un criterio adecuado que permita establecer el volumen a considerar como máximo normal para el diseño. De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera.

Por otra parte, el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo. A falta de información estadística que permita elaborar el análisis detallado del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD de una nueva ruta, se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el TPDA con el VHD: $VHD \text{ año } i = 0,12 \sim 0,18 \text{ del TPDA año } i$ ($VHD \text{ año } i = 0,10 \sim 0,15 \text{ del TPDA } i$ para Hora 100). Coeficientes del orden de 0,12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas (0,10 para Hora 100). Coeficientes del orden 0,18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas normalmente por componentes de tipo turístico (0,15 para Hora 100). Es importante hacer notar que mientras no se produzca un cambio importante en el Sistema de Actividades del área de influencia de la ruta, la relación entre el VHD y el TPDA se mantendrá razonablemente constante en el tiempo. En cuanto a la composición por categoría de vehículo, es necesario tener presente que los volúmenes horarios máximos se producen por un incremento de los vehículos livianos, y en los casos con componente turística, este incremento se da en días coincidentes con una baja en el volumen de camiones. En definitiva, el VHD presentará normalmente una composición porcentual diferente de la que se observa para el TPDA, situación que deberá analizarse en cada caso particular.

Crecimiento del tránsito

Deben establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquéllos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente elaborar un programa de construcción por etapas. En el caso de caminos locales o de desarrollo que por lo general no inducen cambios estructurales en la red vial y que rara vez enfrentan problemas de congestión a lo largo de su vida de diseño, tasas de crecimiento de tipo histórico observadas en la región pueden ser suficientes para abordar el problema. En el caso de Autopistas, Autorutas, Primarios y eventualmente Colectores, se requerirá un estudio especial para proyectar la evolución del tránsito en todos sus aspectos. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

2.7.2 Señalización horizontal

Demarcación línea blancas

La separación de flujos de tráfico en la misma dirección.

Línea de borde de pavimento.

Líneas canalizadoras.

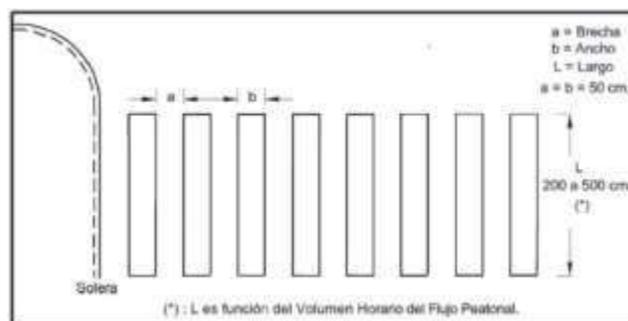
Proximidad a un cruce cebra o cruce de paso peatonal.

Ubicación: Se encuentran en los bordes de la calzada en línea continua. Se encuentra en medio de la calzada, pintadas interlineadas, es decir como separación de carril. Las líneas canalizadoras se encuentran en un punto de intersección conflictiva pintadas como media o triangulación.

Existen las marcas de leyenda de “PARE” Y “LENTO”, ubicadas en lugares de reducción de velocidad o regulación de flujo.

Las flechas de flujo recto, de viraje que se puede girar en otro sentido, las combinadas y las flechas que indican el sentido del flujo. Los avisos de ceda el paso, se ubican antes de llegar a una esquina o también en un lugar concurrido de peatones. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Figura 2.13 Demarcaciones de paso peatonal



Fuente: Administradora De Carreteras Boliviana (ABC). (2007). Dispositivos de control de tránsito (Vol. 3). La Paz, Bolivia APIAXXI. Volumen 3/ pag.2-23.

Dimensión: Se encuentran estipuladas a detalle en la norma ABC, volumen 3 en la página 6-6.

Aspecto físico: Son líneas, aviso de regulación de flujo o reducción de velocidad de flujo, o sentidos direccionales del flujo de pintura blanca.

Función: Es prevenir sus acciones de forma visual y auditiva (uso de tachas blancas) al público en circulación.

Propósitos: Colocar en alerta preventiva, sobre la acción que deben realizar como peatones, usuarios de vía y conductores.

Demarcación línea amarillas

Separación de tráfico viajando en direcciones opuestas (líneas centrales dobles que incluyen tachas rojas sobre calzadas de múltiples carriles).

Restricciones (Líneas de barrera, que indican prohibición de cruzar).

Borde izquierdo de la vía.

Isletas de tránsito.

Ubicación: Quedan ubicadas en zonas de restricción, prohibición y de no adelantamiento.

Dimensión: Línea amarilla discontinua, se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento. Para velocidades menores a 60 km/h. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

Las líneas de eje central continuas dobles consisten en dos líneas blancas paralelas, de un ancho mínimo de 15 cm cada una, separadas mínimo por 20 cm, de modo tal que entre la tacha y los bordes de cada línea queden siempre 3 cm.

Aspecto físico: Son pintadas de color amarillo y sobre ellas cada cierto tramo la lleva la inclusión de tachas del mismo color, y en ocasiones de color rojo.

Función: Es restringir de forma visual y auditiva de algunas acciones al público en circulación.

Propósitos: Colocar en alerta restrictiva, sobre la acción que deben realizar como peatones, usuarios de vía y conductores.

Elementos complementarios (tachas, ojos de gato)

Tachas retroreflectantes, violetas solares u ojos de gato. Las tachas se ubican paralelas a una línea de demarcación con la finalidad de confirmar la instrucción entregada por dicha línea, principalmente en la conducción nocturna y bajo condiciones de lluvia. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

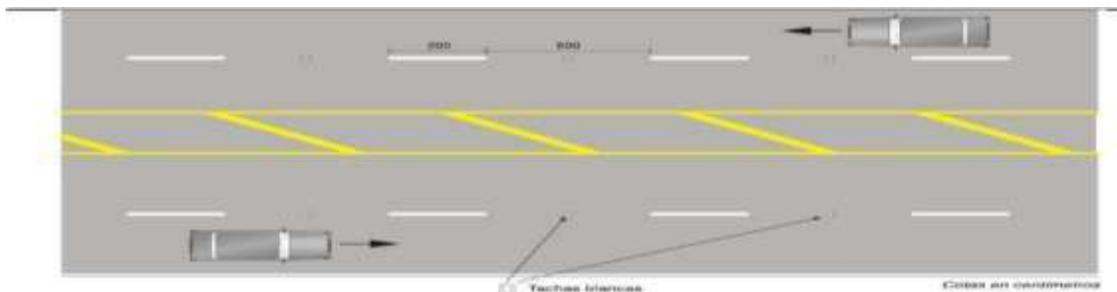
La demarcación elevada puede ser según la función que cumpla, de los siguientes colores:

Blanco: Se usa delimitando, alineamientos que pueden ser transgredidos normalmente por los vehículos, en el marco de la operación normal de tránsito.

Amarilla: Se usa delimitando alineamientos que pueden ser transgredidos, con precaución y eventualmente por los vehículos en el marco de una operación de emergencia.

Roja: Se usa delimitando, alineamientos que no pueden ser transgredidos bajo ninguna circunstancia de operación.

Figura 2.14 Demarcaciones de líneas



Fuente: Administradora De Carreteras Boliviana (ABC). (2007). Dispositivos de control de tránsito (Vol. 3). La Paz, Bolivia APIAXXI. Volumen 3/ pag.2-13.

2.7.3 Señalización Vertical

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Señales preventivas: Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Señales reglamentarias: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Señales informativas: Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Figura 2.15 Tipos de señalización vertical



Fuente: <https://goo.gl/FKjfh3>

Tabla 2.7 Resumen de señalización vertical

Señalización Vertical	Informativa	Restictiva	Advertencia
Ubicación	En zonas con antelación a un nuevo destino, aviso de líneas de buses, turismo.	En zonas de prohibición de acciones de circulación	En zonas de aviso antes de un regulador de flujo vehicular, reductor de velocidad o paso peatonal
Dimensiones	Estipuladas en las normas ABC.	Estipuladas en las normas ABC.	Estipuladas en las normas ABC.
Aspecto Físico	Laminas con leyendas sujetadas a un poste de acero o concreto	Laminas con leyendas sujetadas a un poste de acero o concreto	Laminas con leyendas sujetadas a un poste de acero o concreto
Función	Informar	Prohibir	Advertir
Propósito	Guía de destino	Obligar a cumplir la acción	Evitar accidentes

Fuente: Elaboración Propia

2.7.4 SemafORIZACIÓN

Ubicación: Están destinados al control de tráfico en lugares de difícil acceso como avenidas, ya que es arteria principal de una red de transporte donde hay convergencia y divergencia de vehículo, peatón, conductor y usuario. Para cada calzada habrá por lo menos un cabezal con la señal primaria y uno con la secundaria. El cabezal primario se instalará en un poste al lado derecho de la calzada y a no más de 2 metros de la línea de detención, y el otro cabezal secundario estará ubicado en forma diagonal opuesto del primario. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Dimensión: Está comprendido por postes o pedestales a una altura mayor a 2,40 metros y menores 4,00 metros del nivel de acera o pavimento, en caso de no ser visible se colocará al cabezal una ménsula, báculo o brazo sobre la pista de circulación, la altura de la base del cabezal hacia el pavimento debe estar en un intervalo de 4,50 y 5,20 metros, para que no exista roce con los vehículos, los cabezales sean vehiculares o peatonales, contienen lentes de 200mm y 300mm. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”

Aspecto Físico: Son de postes elevados, algunos de un foco, de dos focos, de tres focos, hasta de cuatro focos, siendo simples, dobles, triples según la función que cumpla en la intersección. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Función: La principal función de un semáforo en el control de una intersección es el dar el paso a distintos grupos de vehículos y peatones, de manera de que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras. El ciclo de un semáforo es la secuencia completa de sus fases. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Propósitos: Los objetivos del diseño de una intersección controlada por semáforos pueden resumirse como sigue:

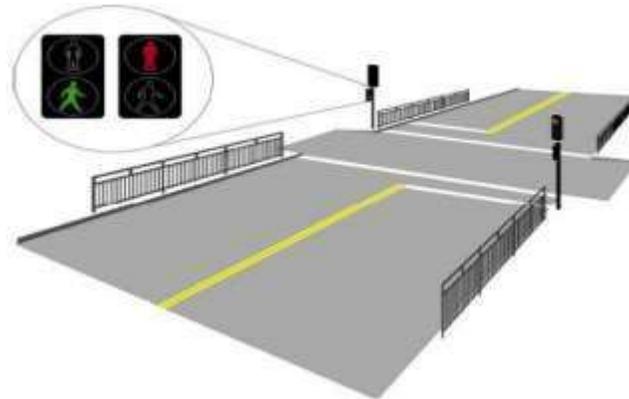
Reducir y prevenir accidentes en la intersección y su cercanía inmediata.

Reducir las demoras que sufren peatones y vehículos al cruzar la intersección, incluyendo evitar el bloqueo de cruces por largas colas.

Reducir el consumo de combustibles en la intersección.

Reducir la emisión de contaminantes del aire y otros factores que deterioran el medio como ser ruido.

Figura 2.16 Semaforización



Fuente: Administradora De Carreteras Boliviana (ABC). (2007). Dispositivos de control de tránsito (Vol. 3). La Paz, Bolivia APIAXXI. Volumen 3/pag.3-15.

2.7.5 Reductores de velocidad vehicular

Son elementos que reducen la velocidad cuando el vehículo circula en un trayecto:

Resalto o rompe muelles

Ubicación: Elementos colocados en la vía con el objeto de obligar a una baja velocidad de desplazamiento al cruzar zonas de restricción. Estos dispositivos, se emplearán en accesos a intersecciones que presenten una alta tasa de accidentes, en donde sea necesario proteger el flujo peatonal y en las vías donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”

La ubicación de estos resaltos se empleará para resolver los siguientes problemas: En cruces de vías de acceso no regulados, donde se requiere reducir la velocidad.

Tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad. En cruces y vías para proteger el flujo peatonal. Cruces regulados por señal de prioridad, para que los conductores respeten la velocidad. Zonas de Escuela y Plazas de Juegos Infantiles.

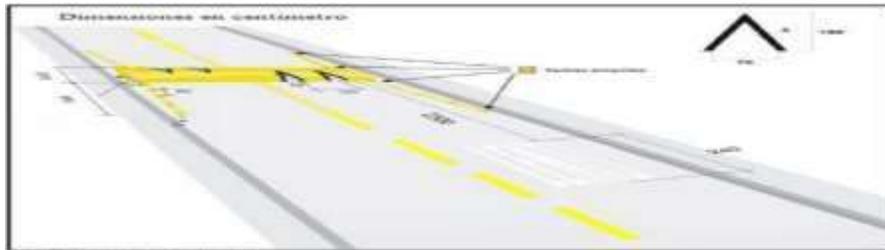
Para la definición de instalación de resaltos se requerirá, disponer los antecedentes estadísticos que registren al menos 1 accidente con lesiones graves o muerte, o en su defecto que las encuestas a los vecinos o usuarios de la vía denuncien el exceso de

velocidad. La visita a terreno, será necesaria, para detectar si efectivamente el exceso de velocidad es el factor de riesgo en el sector y para evaluar la posible reasignación de flujos. En el caso de cercanía a intersecciones y de haber virajes de buses articulados o camiones con remolque hacia la vía donde se proyecte instalar cojines, se recomienda que éstos sean instalados a lo menos a 25 m de la esquina. Para el resto de los casos, dicha distancia puede ser reducida a 10 m. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

En el caso de que su instalación esté destinada a proteger pasos cebra, se recomienda que sean ubicados a lo menos a 15 m antes de la facilidad peatonal. Deben instalarse próximos a luminaria pública a una distancia no mayor de 3 m medidos desde el borde del cojín.

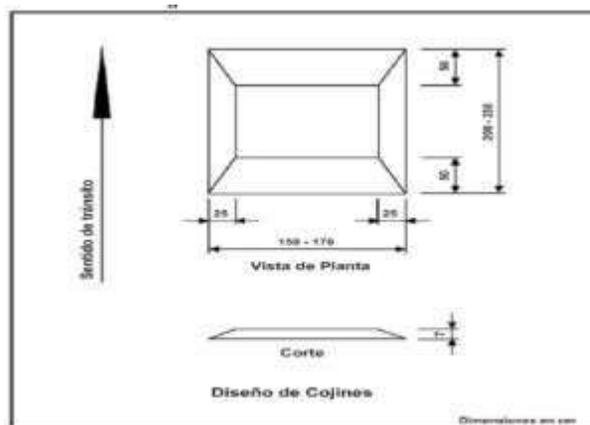
Dimensión: Con una longitud transversal misma de la calzada, en el que será instala

Figura 2.17 Resalto



Fuente: Administradora De Carreteras Boliviana (ABC). (2011). Manual Técnico de Diseño de Conservación (Vol. 5). La Paz, Bolivia APIAXXI. Volumen 5/ pag.4-141

Figura 2.18 Dimensiones del resalto



Fuente: Administradora De Carreteras Boliviana (ABC). (2007). Dispositivos de control de tránsito (Vol. 3). La Paz, Bolivia APIAXXI. Volumen 3/pag.2-43

Aspecto físico: Se encuentra sobre la calzada con un espesor de 7cm, con demarcaciones en los bordes de color amarillo y sobre ellas con incrustación de tachas y en la longitud transversal se encuentran demarcaciones de franjas sonoras también con inclusión de tachas blancas con sello. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Función: Su función es reducir la velocidad a un promedio de 30 km/h, por tanto, sólo deben ser instalados en vías urbanas de carácter local y de usos de suelo predominantemente residencial y/o donde se emplazan establecimientos educacionales. Estos dispositivos no son adecuados para las vías urbanas de mayor jerarquía (o aquellas rurales de menor jerarquía), en donde se requiere mantener las velocidades cercanas a los 60 km/hr, en cuyo caso se utilizará el resalto tipo cojín. Previo al resalto, siempre deberá demarcarse en el pavimento la leyenda “LENTO”. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Propósitos: Reducir la velocidad del vehículo mediante la acción visual y auditiva del conductor. Evitar accidentes en lugares donde existen muchos transeúntes en días hábiles.

Tachas y bandas sonoras

Ubicación: Tanto las franjas de bandas sonoras como las líneas transversales de intercalación por tachas incrustadas y sellos en el pavimento, se encuentran ubicadas antes de atravesar un acceso de peatón. Por lo general se encuentran 15 m antes de llegar a una esquina. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Dimensión: Las bandas sonoras, reduce la velocidad a 3 - 8 km/h aproximadamente. Se utiliza en estacionamientos y garajes, zonas residenciales y zonas escolares. Está preparado para su instalación inmediata puede ser adaptado para tener distintos largos. Cada pieza es de 1m de largo x 30 cm de ancho x 6 cm de altura. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

De requerir cabeceros para el inicio y fin son de 15 cm de largo.

Las tachas, de marca “ribepar” de 15cm x 10 cm.

Figura 2.19 Colocación de tachas



Fuente: Periódico la patria <https://goo.gl/abfQAW>

Aspecto físico: Son tachas de color amarillo, de tamaño de 10 cm espaciadas como indica la norma del ABC, visualmente ordenadas en línea transversal sobre la calzada, formado de dos a tres franjas, entre ellas se encuentran en posición intercalada y las bandas sonoras son de color blanco y negro elementos alargados cuyos colores son de alerta a peligro si no cumple con la reducción. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Función: Tiene la funcionalidad de efecto vibratorio, para reducir la velocidad del conductor, poniéndolo en alerta que este cambio es el aviso de pasar a un acceso peatonal (demarcación de pintura blanca) y provocar ruido para ceder paso a otro vehículo, causándole el mismo efecto. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

Propósitos:

Reducir la velocidad del conductor de cualquier tipo de vehículo.

Alertar que está por atravesar un acceso peatonal.

Evitar accidentes a los transeúntes.

Las bandas sonoras avisan de que puede existir peligro si no reduce la velocidad antes del paso.

2.8 Mantenimiento y conservación y diagnóstico de la señalización

2.8.1 Mantenimiento rutinario

Actividades que requieren ser ejecutadas una o más veces al año en un tramo de la carretera o vía urbana, las necesidades de estas actividades pueden a cierto grado, ser

estimadas y planificadas. También incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos, tal como los barandales de puentes, obras de drenaje menores, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

2.8.2 Conservación rutinaria

Conjunto de acciones que se desarrollan para preservar a largo plazo la condición de los caminos y el servicio que prestan. Procura asegurar, al menor costo posible, el funcionamiento adecuado de un camino o red de caminos, permitiendo costos razonables de operación de los vehículos. Uno de los objetivos primordiales de la conservación es evitar al máximo posible, la pérdida innecesaria de capital ya invertido, mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie del camino. La conservación procura, específicamente, evitar la destrucción de elementos tales como obras de arte en general, túneles, drenajes, puentes, señalización, pavimento y otros elementos que en conjunto conforman la infraestructura vial. Normas ABC “Manual de diseño de conservación”.

2.8.3 Diagnóstico de elementos de la señalización

En función de una visita al tramo de estudio y la ejecución de las listas de chequeo correspondientes a los elementos de seguridad vial alrededor de cada punto de conflicto, se debe entregar un diagnóstico referido a la situación observada, los problemas presentes, las causas de éstos y las medidas a adoptar para solucionarlos.

Tomar en cuenta los factores que ocasionan efectos de deterioro a los elementos de seguridad vial, como muestra la siguiente tabla:

Tabla 2.8 Factores y efectos de elementos de seguridad vial

Nº	Elementos de seguridad vial	Factores	Efectos
1	Señalización Horizontal	Circulación vehicular	Desgaste de pintura
		Precipitación	Desgaste de pintura
		Circulación de transeúnte	Desgaste de pintura
2	Señalización Vertical	Precipitación	Deterioro de pintura de lámina de leyenda, oxidación o agrietamiento de concreto de poste sujetador
		Radiación solar	Descascaros o agrietamiento de pintura
		Viento	Deterioro de pintura de lamina
		Circulación de transeúnte	Contaminación visual con pegado de panfletos
		Vandalismo	Pintura de spray aerosol
		Accidente en vía (colisión)	Inclinación de poste
		Moho	Se producen residuos precedentes a causa de humedad
Polución	Se producen residuos precedentes de actividad humana		
3	Reductores de velocidad vehicular	Precipitación	Perdida de resistencia del mecanismo de material que provoca agrietamientos
4	Semaforización	Precipitación	Corte circuito
		Viento	Desgaste de energía funcional

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III
APLICACIÓN PRACTICA

CAPITULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 Antecedentes

Las zonas a estudiar son:

Avenida integración – Pavimento Flexible

La Avenida Integración, o como se la conoce a nivel de obra civil “Construcción vía prolongación avenida circunvalación hasta camino río Guadalquivir de la ciudad de Tarija”, inicia en la rotonda que interceptan las avenidas circunvalación y RN1 con coordenada UTM 319730.21 m E, 7618032.67 m S, recorriendo los barrios 15 de noviembre, virgen de Chaguaya, Libertad, Juan Pablo II, Luis Pizarro y Guadalquivir, Barrio donde finaliza con las coordinas UTM 318847.80 m E, 7620165.27 m S; con un recorrido aproximado de 2,74 Km.

Esta se ubica en el oeste de nuestra ciudad y construida en el periodo de 2009 - 2011 por la empresa contratista ASOCIACION ACCIDENTAL PROCASUR Y ASOCIADOS. Es una vía de doble carril, con jardineras centrales en la separación de carriles, pero si también cuenta con áreas delimitadas en el centro de la misma, recorriendo parta de la costa del Rio Guadalquivir.

Sus características estructurales son:

Tabla 3.1 Características del tramo Avenida Integración

Característica	Valor	Unidad
Carril	3,84	M
Berma	0,20	M
Longitud	2,74	Km
Espesor subrasante	25,00	Cm
Espesor base	15,00	Cm
Espesor subbase	20,00	Cm

Fuente: Informe Alcaldía Municipal de Tarija

El pavimento de la avenida integración actualmente tiene una antigüedad de 11 años y fue diseñada para una vida útil de 20 años y es una avenida muy transcurrida, tiene alta

cantidad de volumen por la ubicación en la que se encuentra, pero este pavimento no está diseñado para tráfico pesado

Avenida Circunvalación – Pavimento Rígido

La avenida Circunvalación es de pavimento rígido con carpeta de concreto hidráulico nace en “La salida al Norte” de la ruta de “Tomatitas”, hasta el Barrio “15 de abril” recorre aproximadamente 5,8 Km. de este a oeste por la zona norte de la ciudad. Consta de dos carriles de circulación delimitados por cordones de cemento, con jardineras centrales para la separación de dichos carriles. Atraviesa dos quebradas “El Monte” y “San Pedro”

El tramo de estudio es desde la avenida San Bernardo hasta la avenida Gran Chaco que se encuentra dentro el tramo que se construyó en primera fase de la Avenida Circunvalación en el periodo 2002- 2004, y fue diseñada para una vida útil de 30 años por la empresa Erika de la ciudad de Tarija.

Sus características son:

Tabla 3.2 Características del tramo Avenida Circunvalación

Características	Valor	Unidad
Espesor de losa	21,00	cm
Capa subbase	25,00	cm
Subrasante	35,00	cm
Espesor subrasante	25,00	cm
Rampa + pendiente	1,00	m/km
Nº de rampas y pendientes por km	1,00	km
Arqueamiento horizontal	3,00	grados/km
Súper elevación	2,00	%
Velocidad limite	110,00	km/h

Fuente: Proyecto a diseño final (ERICKA)

El pavimento de la avenida circunvalación actualmente tiene una antigüedad de 20 años y fue diseñada para una vida útil de 30 años, y cuenta con un gran tráfico de vehículos pesados ya que es una de las pocas avenidas que permiten la circulación de este tipo de vehículos.

3.2 Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Tarija perteneciente a la provincia Cercado, Tramos Av. Circunvalación tramo Av. Gran chaco y Av. San Bernardo

(Pavimento rígido) – Av. Integración tramo Rotonda Del Barrio Juan Pablo II y Colegio Aniceto Arce. (Pavimento flexible).

Figura 3.1 Tramos Av. Circunvalación entre av. Gran chaco y Av. San Bernardo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2 Tramo de estudio Av. Integración entre colegio Aniceto Arce y rotonda Juan Pablo



Fuente: Fuente: Elaboración propia

3.3 Materiales y métodos empleados

El equipo empleado en el método PCI

- a) Un flexómetro, para medir los diferentes tipos de fallas en el pavimento.

Figura 3.3 Flexómetro de 5 m de longitud



Fuente: Elaboración propia

- b) Una huincha, para medir cada sub tramo, y el ancho de la vía.

Figura 3.4 Wincha plástica de 50 m de longitud



Fuente: Elaboración propia

- c) Una regla, para ayudar a medir el ancho de fisuras o grietas.

Figura 3.5 Regla metálica de 30 cm de longitud



Fuente: Elaboración propia

- d) Una cámara fotográfica para obtener fotografías de cada una de las fallas o deterioros.

Figura 3.6 Cámara Fotográfica



Fuente: Elaboración propia

e) Una planilla de registro de las fallas o deterioro

Tabla 3.3 Tabla de registro de fallas PCI

Método PCI		Esquema						
Índice de Condición de Pavimento								
Hoja de Registro								
Nombre de la Vía: Av. Integración tamo Rotonda del barrio Juan Pablo II - Colegio Aniceto Arce		Sección:			Unidad de muestra			
Ejecutor: Maria Jose Delgado Farfán		Fecha:			Área (m2)			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Baches y parcheo	16. Deformaciones por empuje					
2. Exudación	7. Grietas de borde	12. Agregado pulido	17. Grietas de desplazamiento					
3. Grietas de Contracción	8. Grietas de reflexión de juntas	13. Huecos	18. Hinchamientos					
4. Elevaciones y hundimiento	9. Desnivel carril-berma	14. Cruce de sumideros de rejilla	19. Disgregación					
5. Corrugación	10. Grietas longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento						
Falla	Cantidad					Total	Densidad	Valor Deducido
Total								

Fuente: Vásquez, L. R. (2002). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales, Colombia.

En el método IRI se usó el siguiente equipo

a) La bicicleta de MERLÍN para lecturar las deflexiones.

Figura 3.7 Bicicleta de Merlín



Fuente: Elaboración propia

Seguridad

a) Conos de Seguridad

Figura 3.8 Cono reflectante de seguridad



Fuente: Elaboración propia

b) Chaleco reflectante

Figura 3.9 Chaleco reflectante de seguridad



Fuente: Elaboración propia

3.4 Estudio de tráfico

El estudio del volumen de tráfico nos ayudara a saber cuál es el volumen de tráfico en ambos tramos de estudio, y para la realización de la evaluación superficial mediante el método índice de condición del pavimento (PCI), el método de evaluación funcional índice de regularidad internacional (IRI) y para la toma de decisiones en la propuesta de gestión de pavimentos.

3.4.1 Determinación de las horas pico

Av. Integración tramo rotonda del barrio Juan Pablo II - colegio Aniceto Arce

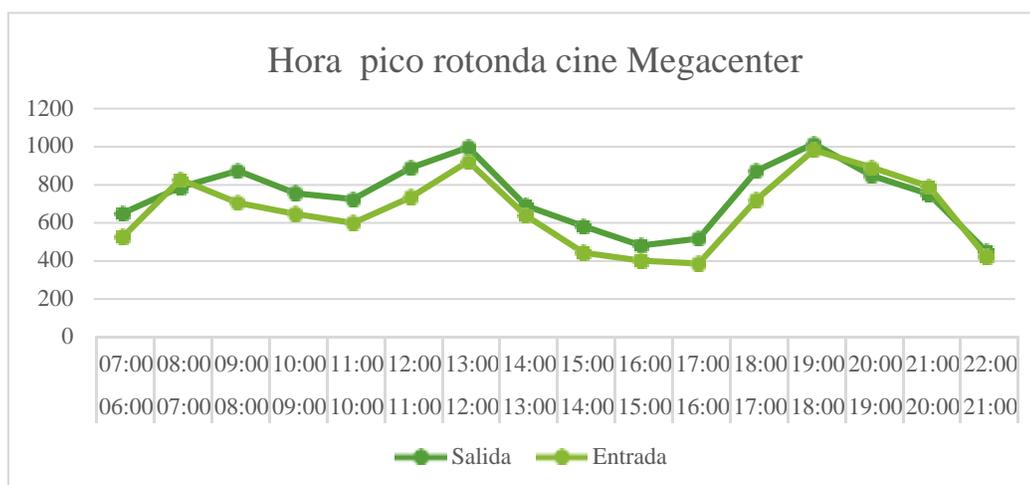
Para aforar las horas pico se realizó un análisis comparativo visual para la elección de la intersección, para el estudio de volúmenes se tuvo que determinar las horas pico del tráfico vehicular en el lapso de un día, contando de forma manual. Los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves), el aforo se hizo un día martes en una intersección seleccionada (avenida integración y rotonda Cine Megacenter), durante 16 horas seguidas (6am-10) registrando valores cada hora para obtener las dos horas de mayor flujo vehicular.

Tabla 3.4 Determinación de las horas pico Av. Integración rotonda Cine Megacenter

Hora		Salida	Entrada
06:00	07:00	652	527
07:00	08:00	789	830
08:00	09:00	875	707
09:00	10:00	757	648
10:00	11:00	726	601
11:00	12:00	891	736
12:00	13:00	998	924
13:00	14:00	691	640
14:00	15:00	584	445
15:00	16:00	483	403
16:00	17:00	519	387
17:00	18:00	874	722
18:00	19:00	1017	984
19:00	20:00	850	893
20:00	21:00	753	793
21:00	22:00	451	423
Total		11910	10663

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 Determinación horas pico Av. Integración



Fuente: Elaboración propia

Haciendo un promedio de la fluctuación del tráfico de la Av. Integración en la rotonda del Cine Megacenter, en dieciséis horas desde las 06:00 am. hasta las 21:00 pm, determinando que las horas pico son 12:00 am a 13:00 pm y de 18:00 pm a 19:00 pm.

Se puede apreciar que el tramo de salida (sur-norte) tiene mayor fluctuación de tráfico que el de entrada (norte-sur) teniendo un porcentaje de variación del 10%.

Avenida Circunvalación Tramo: Av. Gran Chaco – Av. San Bernardo

Para aforar las horas pico se realizó un análisis comparativo visual para la elección de la intersección, esto para comenzar el estudio.

Para el estudio de volúmenes se tuvo que determinar las horas pico del tráfico vehicular en el lapso de un día, contando de forma manual.

Los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves).

El aforo se hizo un día martes en una intersección seleccionada (avenida circunvalación y avenida gran chaco), durante 16 horas seguidas (6am-10pm) registrando valores cada hora para obtener las dos horas de mayor flujo vehicular.

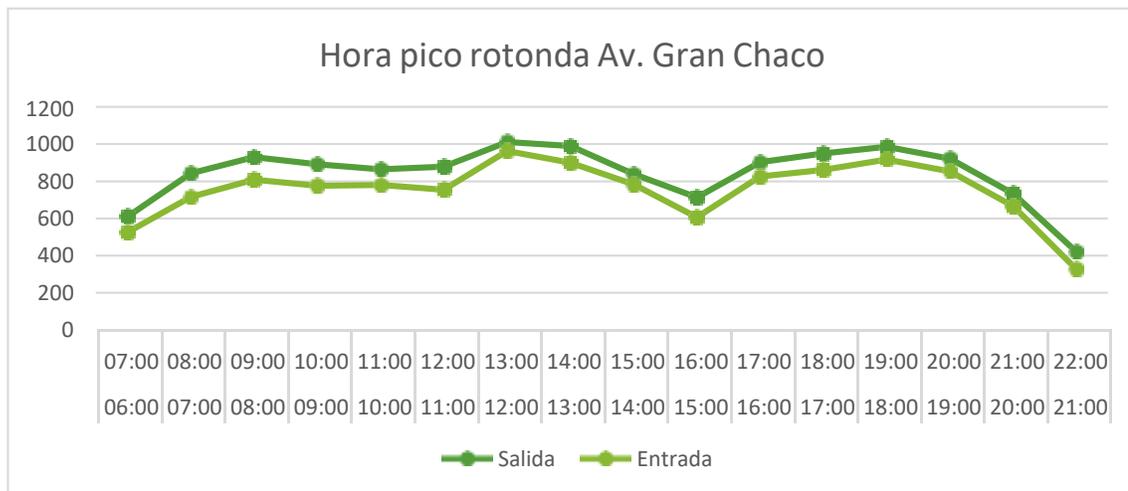
Tabla 3.5 Determinación de las horas pico rotonda del avión av. gran chaco y Av. Circunvalación

Hora		Salida	Entrada
06:00	07:00	612	527
07:00	08:00	845	718
08:00	09:00	931	810
09:00	10:00	893	778
10:00	11:00	866	781
11:00	12:00	880	756
12:00	13:00	1013	965
13:00	14:00	991	902
14:00	15:00	840	784
15:00	16:00	714	607
16:00	17:00	904	827
17:00	18:00	951	863
18:00	19:00	987	919
19:00	20:00	903	855
20:00	21:00	725	667
21:00	22:00	412	328

Total	13467	12087
-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11 Determinación horas pico Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Haciendo un promedio de la fluctuación del tráfico de la Av. Circunvalación en la rotonda del avión de la avenida circunvalación y gran, en dieciséis horas desde las 06:00 am. hasta las 21:00 pm, determinando que las horas pico son 12:00 am a 13:00 pm y de 18:00 pm a 19:00 pm.

Se puede apreciar que el tramo de salida (sur-norte) tiene mayor fluctuación de tráfico que el de entrada (norte-sur) teniendo un porcentaje de variación del 11%.

3.4.2 Determinación de volumen de tráfico

Avenida Integración:

Se procedió a relevar la fluctuación del tráfico los días martes, miércoles y domingo en las horas pico 12:00 pm a 13:00 pm y de 18:00 pm a 19:00 pm para obtener volumen de tráfico en las dos horas de mayor flujo vehicular.

Tabla 3.6 Volúmenes de tráfico Av. Integración tramo de ida

Aforo de volúmenes en horas pico Av. Integración Cine Megacenter (sentido Ida)				
Fecha 23/08/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
12:00 - 13:00	1838	138	19	1995
18:00 - 19:00	1790	127	15	1932
Tráfico promedio horario (TPH)				1963,5
Fecha 24/08/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
12:00 - 13:00	1829	128	19	1976
18:00 - 19:00	1793	123	17	1933
Tráfico promedio horario (TPH)				1954,5
Fecha 28/08/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
12:00 - 13:00	948	50	8	2351
18:00 - 19:00	784	46	5	835
Tráfico promedio horario (TPH)				1593

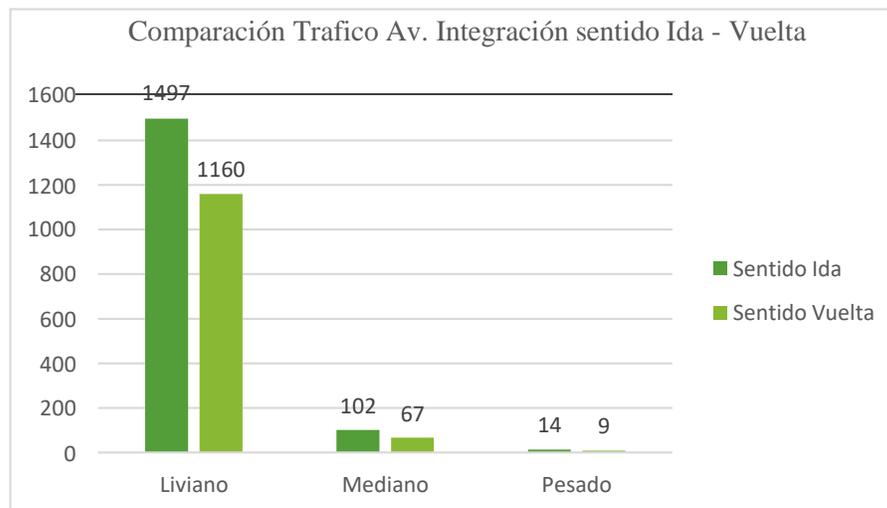
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Volúmenes de tráfico Av. Integración tramo de vuelta

Aforo de volúmenes en horas pico Av. Integración Cine Megacenter (sentido vuelta)				
Fecha 30/08/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
12:00 - 13:00	1815	103	11	1929
18:00 - 19:00	1794	98	12	1904
Tráfico promedio horario (TPH)				1916,5
Fecha 31/08/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
12:00 - 13:00	1816	163	13	1992
18:00 - 19:00	1787	105	9	1901
Tráfico promedio horario (TPH)				1946,5
Fecha 04/09/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
12:00 - 13:00	900	17	5	2351
18:00 - 19:00	635	19	2	656
Tráfico promedio horario (TPH)				1503,5

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12 Comparación de tráfico sentido Ida-



Fuente: Elaboración propia

Avenida Circunvalación:

Tabla 3.8 Volúmenes de tráfico Av. Circunvalación tramo de ida

Aforo de volúmenes en horas pico Av. Circunvalación y Av. La Paz (sentido Ida)				
Fecha 06/09/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
12:00-13:00	870	61	56	987
18:00 - 19:00	798	51	40	889
Tráfico promedio horario (TPH)				938
Fecha 07/09/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
11:00 - 12:00	932	51	48	1031
18:00 - 19:00	874	64	4	942
Tráfico promedio horario (TPH)				986,5
Fecha 11/09/2022				
Hora Pico	Tipos de Vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
11:00 - 12:00	664	36	19	719
18:00 - 19:00	404	20	4	428
Tráfico promedio horario (TPH)				573,5

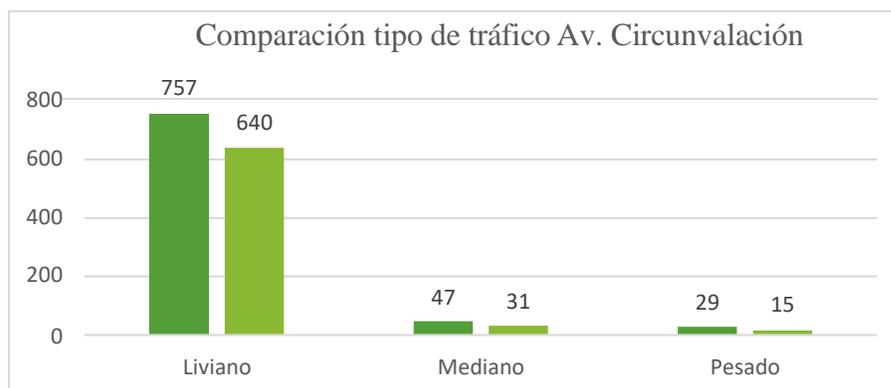
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Volúmenes de tráfico Av. Circunvalación tramo de vuelta

Aforo de volúmenes en horas pico Av. Circunvalación y Av. La Paz (Vuelta)				
Fecha 13/09/2022				
Hora pico	Tipos de vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
11:00 - 12:00	784	45	12	841
18:00 - 19:00	750	38	8	796
Tráfico promedio horario (TPH)				818,5
Fecha 14/09/2022				
Hora Pico	Tipos de Vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
11:00 - 12:00	808	40	48	896
18:00 - 19:00	842	26	10	878
Tráfico promedio horario (TPH)				887
Fecha 18/09/2022				
Hora Pico	Tipos de Vehículos			Sumatoria
	Liviano	Mediano	Pesado	
11:00 - 12:00	352	28	8	388
18:00 - 19:00	304	11	5	320
Tráfico promedio horario (TPH)				354

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13 Comparación de tráfico sentido ida-vuelta Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

3.5 Aplicación de la evaluación superficial índice de condición del pavimento

3.5.1 Patologías del pavimento rígido y pavimento flexible

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona, trabajamos con pavimento flexible y pavimento rígido.

Se siguió estrictamente la definición de los daños del Manual de Daños, para obtener un valor del PCI confiable.

Tabla 3.10 Patologías del pavimento

Categoría:	Pavimentos	
	Pavimentos Flexibles	Pavimentos Rígidos
Deformaciones	Ahuellamiento Hundimiento Corrugación Corrimiento Hinchamiento	Levantamiento Dislocamiento Hundimiento
Agrietamientos	<u>Fisuras</u> Piel Cocodrilo Longitudinales Transversales En arco Por reflexión de juntas	<u>Fisuras y Rajadura</u> En bloques De esquina Longitudinales Transversales Inducidas Losas subdivididas
Desintegraciones	Peladuras Baches descubiertos Pulimientos de la superficie Desintegración de borde	Descascaramiento Peladuras Baches descubiertos Pulimiento de la superficie
Otros	Exudación de asfalto	Deficiencia de juntas

Fuente: Elaboración propia

Se inspecciono cuidadosamente cada una de las unidades de muestra identificadas en base al levantamiento topográfico realizado de manera anticipada, para medir el tipo, cantidad y severidad de las fallas de acuerdo con el manual de daños del método PCI con el material necesario que es la regla y una cinta métrica para establecer las profundidades.

Figura 3.14 Materiales para determinación de falla



Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento flexible

Se detallará la metodología aplicada para la evaluación superficial del tramo "Av. Integración tramo: Rotonda Del Barrio Juan Pablo II – Colegio Aniceto Arce" siguiendo los lineamientos definidos por el método PCI, Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento, ya que el método PCI permitirá conocer el estado de la superficie del tramo, este método al ser moroso y requerir mucho tiempo para realizarlo en la bibliografía menciona que solamente se seleccione cierta cantidad de unidades de muestreo del tramo, pero para el presente estudio se realizó el relevamiento de fallas en todo el tramo desde progresiva 0+000 a 3+000, con la finalidad de obtener resultados confiables.

3.5.3 Muestreo y unidades de muestra

En función a las medidas tomadas del ancho de calzada del pavimento en la Avenida Integración que es de 7,30 m. Debido a ello y guiándonos con el Tabla 3.10 se adoptó una longitud de 30 m para cada una de las áreas.

Tabla 3.11 Selección de muestra PCI

Ancho de Calzada (m)	Longitud de la Unidad de Muestreo (m)
5,00	46,00
5,50	41,80
6,00	38,30
6,50	35,40
7,30 (max)	31,50

Fuente: Vásquez, L. R. (2002). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales, Colombia.

En función a las medidas tomadas del ancho de calzada del pavimento en el tramo "Av. Integración tramo: Rotonda Del Barrio Juan Pablo II – Colegio Aniceto Arce " es de 7,68 m, debido a esto se adoptó una longitud de 30 m. para cada una de las áreas.

Unidad de muestreo para el método PCI $A=230,40 \text{ m}^2$.

Consiguiendo de esta manera un área de $230,40 \text{ m}^2$ que está dentro del rango establecido por el método PCI, con el fin de uniformizar las secciones de estudio se usara un área uniforme de $230,40 \text{ m}^2$ en base a el área de sección establecidas para la evaluación superficial, se inspecciono minuciosamente todo el tramo tanto de ida como también de vuelta, la unidad de muestra se inició a partir de la progresiva 0+000 y así sucesivamente, para tener la información de todo el tramo

3.5.3.1 Procedimiento de cálculo de PCI pavimento flexible

Avenida Integración – Pavimento Flexible

La recolección de la información para determinar la condición del pavimento flexible de la zona de estudio se desarrolló empleando fichas de campo denominado Formato de Evaluación de la Condición para Pavimentos Flexible por unidad de muestreo.

Se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños.

Se usa un formulario u "hoja de información de exploración de la condición" para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

Tabla 3.12 Tabla PCI Av. Integración

		Evaluación Del Índice De Condición Del Pavimento (PCI)					
		Vía: Avenida Integración Tramo: Rotonda del barrio Juan Pablo II - Colegio Aniceto Arce					
Evaluado por: Delgado Farfán María José		Pavimento Flexible. Carpeta Asfáltica		Área de tramo:		230,40	m ²
Fecha:	19/9/2022	Progresiva Inicial:	0+000	Progresiva final:	0+030		
1	Piel de cocodrilo	m ²	11	Parche	m ²		
2	Exudación	m ²	12	Agregado Pulido	m ²		
3	Fisuramiento en bloque	m ²	13	Baches	unidad		
4	Desniveles Localizados	m ²	14	Cruce de ferrocarril	m ²		
5	Corrugación	m ²	15	Surco en Huella (Ahuellamiento)	m ²		
6	Depresión	m ²	16	Desplazamiento	m ²		
7	Fisuramiento en borde	m	17	Fisuramiento de Resbalamiento	m ²		
8	Fisuramiento de reflexión	m	18	Hinchamiento y Hundimientos	m ²		
9	Desnivel carril/espaldón	m ²	19	Desprendimiento / Intemperismo	m ²		
10	Fisuras Long. y/o trans	m					

Inventario de Fallas Existentes							
Falla	Unidad	Severidad	Largo	Ancho	Prof. (mm)	Total	Densidad (%)
Fisuramiento en bloque	m2	a	1,41	0,92	10	1,30	0,56
Desprendimiento / Intemperismo	m2	a	30	2,87		86,10	37,37
Piel de cocodrilo	m2	b	0,78	1,62	11	1,26	1,33
Piel de cocodrilo	m2	b	0,93	1,92	15	1,79	

Fuente: Elaboración propia

Para la determinación de la densidad se debe dividir cada uno de los daños en cada nivel de severidad especificado, entre el área de la unidad de muestreo con la que se trabaja; cabe mencionar que esta densidad se expresa en porcentaje. Cálculo de la densidad:

Determinación de valores deducidos

Se totaliza cada tipo de deterioro y su severidad, es importante separar el mismo daño que se clasifique con diferente severidad. El daño se puede medir en área, longitud o número según su tipo.

Resumen de los Valores Deducidos y el Valor Deducido Corregido

Tabla 3.13 Valor deducido Av. Integración

Falla	Severidad	Valor Deducido
Fisuramiento en bloque	a	3,64
Desprendimiento / Intemperismo	a	11,03
Piel de cocodrilo	b	24,01

Calculo Del PCI									
Valores Deducidos							CDT	Q	CDV
24,01	11,03	3,64					39,00	3,00	18,10
24,01	11,03	2,00					37,00	2,00	21,93
24,01	2,00	2,00					28,00	1,00	20,41

Fuente: Elaboración propia

$$CDV_{max} = 21,95$$

$$PCI = 100 - CDV_{max}$$

$$PCI = 78,07 \text{ Condición Muy Bueno}$$

3.5.3.2 Procedimiento de cálculo de PCI pavimento rígido

Avenida Circunvalación – pavimento rígido

Para la determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación de un proyecto se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación líneas abajo, la cual produce un estimado del PCI + 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4 * (N - 1) + \sigma^2}}$$

Donde:

n = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N = Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e = Error admisible en la estimación del PCI de la sección ($e=5\%$).

σ = Desviación estándar del PCI entre las unidades, normalmente se asume un valor de 15%, para pavimento de concreto.

$$n = \frac{38 * 15^2}{\frac{5^2}{4 * (38 - 1) + 15^2}}$$

$$n = 19$$

Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N = Número total de unidades de muestreo disponible.

n = Número mínimo de unidades para evaluar.

i = Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i. Así, si $i=3$ la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S+ 1), (S+ 2), etc.

$$i = \frac{38}{19}$$

$$i = 2$$

Instrumento contemplado en el método PCI, que se considera los siguientes puntos; título del formato, ubicación, fecha, unidad de muestra, nombre de quien inspecciona, número de losas en la unidad de muestra o tramo, los 19 tipos de falla, muestras de 28 losas (en este caso 28 losas cada tramo por recomendación del método PCI), cuadro donde se extrae la información de tipos de daño, severidad del daños, número de losas (cantidad de losas dañadas según tipo de daño), densidad (división cantidad de losas dañadas entre la cantidad total de losas inspeccionadas en este caso 20), valor deducido (este valor se calcula utilizando los ábacos del método PCI de acuerdo al tipo de daño, la severidad y la densidad).

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Cantidad de veces que se repute el daño}}{\text{\# de losas por tramo}} * 100$$

Tabla 3.14 PCI Av. Circunvalación

		Evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)										
Evaluado por: Delgado Farfan Maria Jose		Vía: Avenida Circunvalación Tramo: Av. Gran Chaco – Av. San Bernardo										
		Pavimento Rígido				Área de tramo:		420	m ²			
Fecha:	25/10/2022											
1	Blow up	1	Pulimiento de agregados			Ancho (m)	4					
2	Grieta de esquina	2	Poputs			Largo (m)	3,90					
3	Losa dividida	3	Bombeo			Nº Losas	28					
4	Grieta de Durabilidad	4	Punzonamiento									
5	Escala	5	Cruce de via ferrea									
6	Sello de junta	6	Desconchamiento, craquelado			Nivel de Severidad						
7	Fisuramiento de reflexión	7	Grieta de retraccion			Baja	L					
8	Grietas lineales	8	Descascaramiento de esquina			Media	M					
9	Parqueo grande	9	Descascaramiento de junta			Alta	H					
10	Parqueo pequeño											
Inventario de fallas existentes												
Falla		Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	VD		VDT	q
1	Losa dividida	L	10				10,00	35,71	31,00		120,00	7,00
2	Losa dividida	M	4				4,00	14,29	30,00			
3	Losa dividida	H	1				1,00	3,57	5,00			
4	Grietas lineales	L	17				17,00	60,71	21,00			
5	Grietas lineales	M	2				2,00	7,14	5,00		m	7,34
6	Pulimiento de agregados	M	15				15,00	53,57	7,00			0,34
7	Descascaramiento de junta	M	20				20,00	71,43	21,00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15 Valor deducido Corregido Av. Circunvalación

Cálculo del PCI										
Valores Deducidos								CDT	Q	CDV
31,00	30,00	21,00	21,00	7,00	5,00	5,00		120	7	58,00
31,00	30,00	21,00	21,00	7,00	5,00	2,00		117	6	57,00
31,00	30,00	21,00	21,00	7,00	2,00	2,00		114	5	58,00
31,00	30,00	21,00	21,00	2,00	2,00	2,00		109	4	59,00
31,00	30,00	21,00	2,00	2,00	2,00	2,00		90	3	57,00
31,00	30,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		71	2	52,00
31,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		43	1	43,00

Fuente: Elaboración propia

MAX CDV 59,00

PCI 41,00 Regular

3.6 Procedimiento de la evaluación funcional mediante el rugosímetro de Merlín

Para realizar el ensayo se requiere hacer los siguientes pasos:

Calibración del dispositivo: El dispositivo necesita ser calibrado de acuerdo a lo indicado TRRL Research Revist 301, que es colocar el patín a nivel de la pata delante y trasera, a la altura que el brazo marque 25 en el tablero.

Figura 3.15 Calibración del dispositivo



Fuente: Elaboración propia

Ajuste del factor “D”: Se establece un ensayo donde una regla de 6 mm de espesor, se coloca en el piso y se lectura; lectura inicial y final para poder hacer la corrección del ajuste debido a desgaste u otros factores.

Figura 3.16 Ajuste del factor “D” bicicleta de Merlín



Fuente: Elaboración propia

Ubicación del Dispositivo: Se debe poner el dispositivo en el tramo que se va realizar el ensayo ubicándolo en la huella.

Figura 3.17 Ubicación del dispositivo bicicleta de Merlín



Fuente: Elaboración propia

Lectura de los Datos: Se procede hacer el levantamiento de los datos a cada vuelta de la rueda que es a cada 2 metros, se realiza un levantamiento de 200 lecturas

Figura 3.18 Lecturación de datos bicicleta de Merlín



Fuente: Elaboración propia

Tabulación de Datos: Se dispone en un histograma los datos recolectados para su mejor tabulación y poder determinar el valor “D”.

Tabla 3.16 Datos de campo IRI

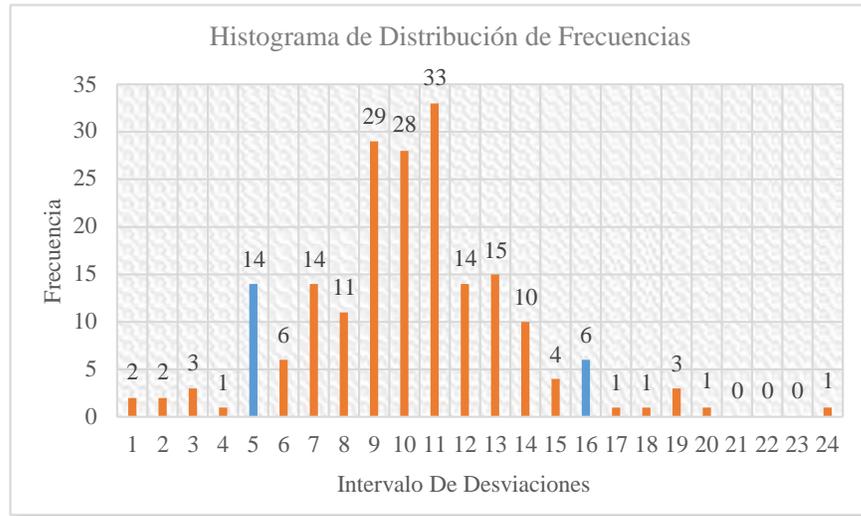
Tramo: Av. Integración tramo Rotonda del barrio Juan Pablo II y colegio Aniceto Arce
 Sentido: Ida
 Progresiva: 0+050 a 0+450

Datos de campo con la Rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	17	26	17	25	24	18	23	22	22
2	21	22	21	21	22	22	25	20	23	17
3	25	22	23	25	17	36	22	21	23	22
4	23	20	22	17	23	22	18	21	23	20
5	25	23	21	25	28	21	18	20	23	0
6	19	25	29	18	21	21	26	23	23	21
7	17	15	23	25	19	25	24	25	13	23
8	19	20	27	24	14	25	24	22	22	22
9	25	26	20	25	26	17	23	23	26	23
10	22	31	17	21	17	21	22	26	24	22
11	26	22	21	21	17	22	16	20	28	23
12	24	28	23	21	26	20	17	23	23	22
13	18	23	13	21	31	23	21	22	24	19
14	17	19	19	19	19	21	21	20	24	19
15	23	28	15	23	22	19	25	23	24	21
16	22	21	28	28	18	24	27	23	19	24
17	19	27	19	24	24	21	21	19	21	22
18	25	23	20	17	20	23	26	22	22	21
19	21	24	23	22	23	21	17	23	14	15
20	31	27	23	26	22	23	21	22	32	21

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19 Histograma de distribución IRI



Fuente: Elaboración propia

Datos de la distribución de frecuencias:

Valor a dividir izq. (d_i)= 14

Existente izq. (e_i)= 8

Faltante izq. (f_i)= 2

Valor a dividir der. (d_d)= 6

Existente der. (e_d)= 7

Faltante der. (f_d)= 3

Rango medio (d_m)= 10

Cálculo del rango D:

$$D = \left(\frac{(d_i - f_i)}{d_i} + d_m + \frac{(d_d - f_d)}{d_d} \right) * 5 [mm]$$

$$(14 - 2) \quad (6 - 3)$$

$$D = \left(\frac{\quad}{14} + 10 + \frac{\quad}{6} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 56,79 \text{ mm}$$

Calculo factor de corrección f_c :

$$f_c = \frac{(E_p * 10)}{(L_i - L_f) * 5}$$

Donde:

E_p = Espesor de la pastilla

L_i = Posición inicial del puntero

L_f = Posición final del puntero

$$f_c = \left(\frac{(E_p * 10)}{(L_i - L_f) * 5} \right)$$

Donde:

E_p = 6.2

L_i = 25

L_f = 10

$f_c = 0,827$	mm
---------------	----

IRI Determinado por Método dispositivo de Merlín: Con valor “D” calculado se entra la ecuación ya descrita en la teoría y se determina el IRI.

Para pavimentos en servicios:

$$\text{I. R. I.} = 0,593 + 0,0471 * D_c \quad (2,4 < \text{IRI} < 15,9)$$

I.R.I.=	2,80	m/km	BUENO
----------------	-------------	-------------	--------------

Tabla 3.17 Rango de Rugosidad

Rango de rugosidad (m/km)	Calificación
0.0 - 2.0	Excelente
2.0 - 3.5	Bueno
3.5 - 5.0	Regular
> 5.0	Malo

Fuente: Elaboración propia

3.7 Evaluación de la señalización

El estudio se realizó en el departamento de Tarija, en la provincia Cercado, en unas de las avenidas principales de la ciudad, tomando como ruta de investigación a la Av. Integración entre Rotonda Del Barrio Juan Pablo II y Colegio Aniceto Arce y la Av. Circunvalación entre Av. Gran chaco y Av. San Bernardo.

3.7.1 Inventario de los elementos de seguridad vial en el tramo de estudio

Se realizó un inventario de los elementos de seguridad vial, que muestra el escenario del tramo en estudio.

Avenida Circunvalación entre Av. Gran chaco y Av. San Bernardo

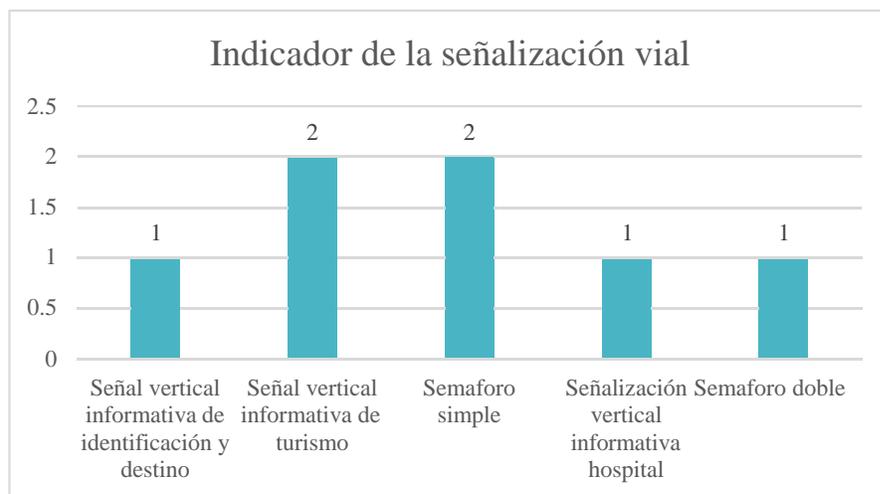
Tramo ida

Tabla 3.18 Señalización vial tramo Ida Av. Circunvalación

Indicador de la señalización vial	Nº
Señal vertical informativa de identificación y destino	1
Señal vertical informativa de turismo	2
Semáforo simple	2
Señalización vertical informativa hospital	1
Semáforo doble	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20 Indicador de la señalización vial tramo Ida Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

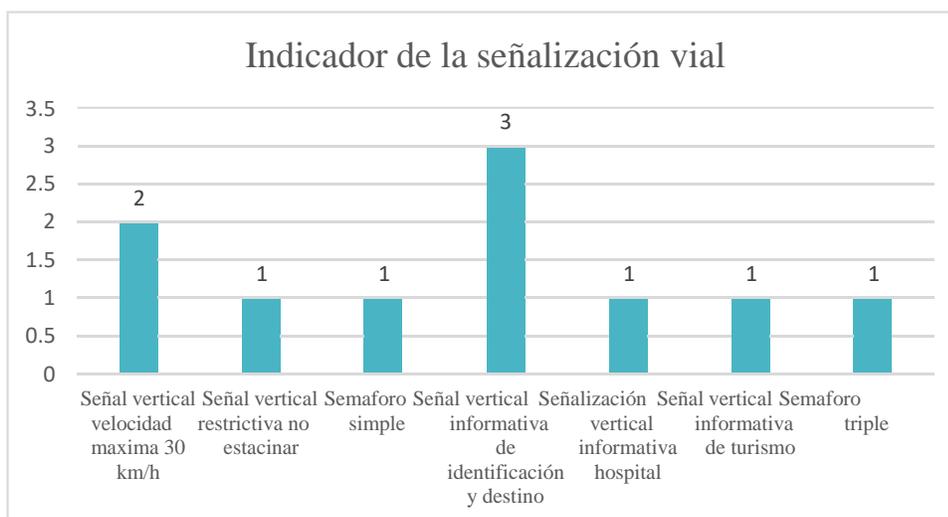
Tramo vuelta

Tabla 3.19 Señalización vial tramo vuelta Av. Circunvalación

Indicador de la señalización vial	Nº
Señal vertical velocidad máxima 30 km/h	2
Señal vertical restrictiva no estacionar	1
Semáforo simple	1
Señal vertical informativa de identificación y destino	3
Señalización vertical informativa hospital	1
Señal vertical informativa de turismo	1
Semáforo triple	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.21 Indicador de la señalización vial tramo vuelta Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

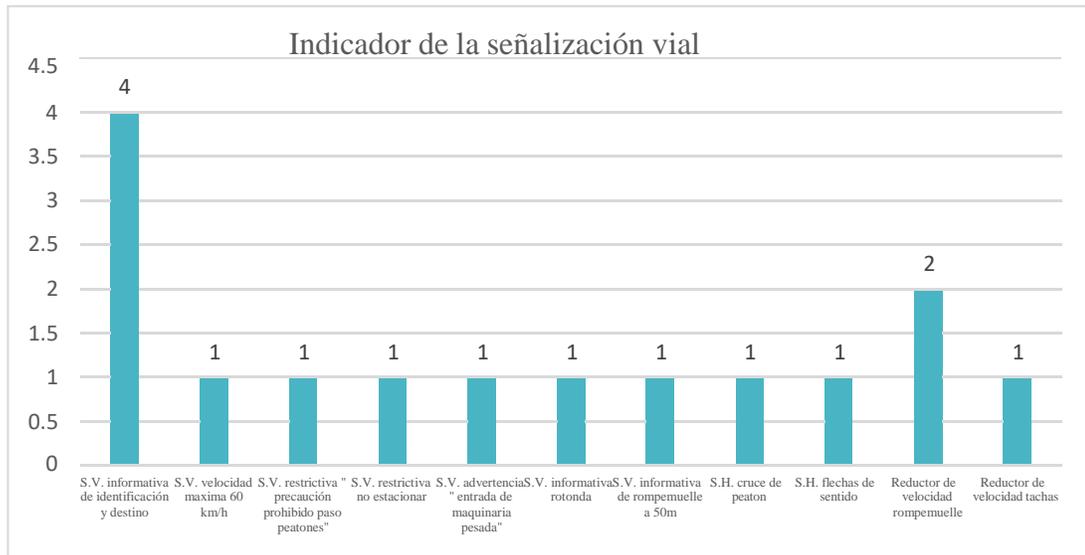
Avenida Integración entre Rotonda Del Barrio Juan Pablo II y Colegio Aniceto Arce tramo ida

Tabla 3.20 Señalización vial tramo Ida Av. Integración

Indicador de la señalización vial	Nº
Señal vertical informativa de identificación y destino	4
Señal vertical velocidad máxima 60 km/h	1
Señal vertical restrictiva " precaución prohibido paso peatones"	1
Señal vertical restrictiva no estacionar	1
Señal vertical advertencia " entrada de maquinaria pesada"	1
Señal vertical informativa rotonda	1
Señal vertical informativa de rompe muelle a 50m	1
Señal horizontal cruce de peatón	1
Señal horizontal flechas de sentido	1
Reductor de velocidad rompe muelle	2
Reductor de velocidad tachas	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.22 Indicador de la señalización vial tramo ida Av. Integración



Fuente: Elaboración propia

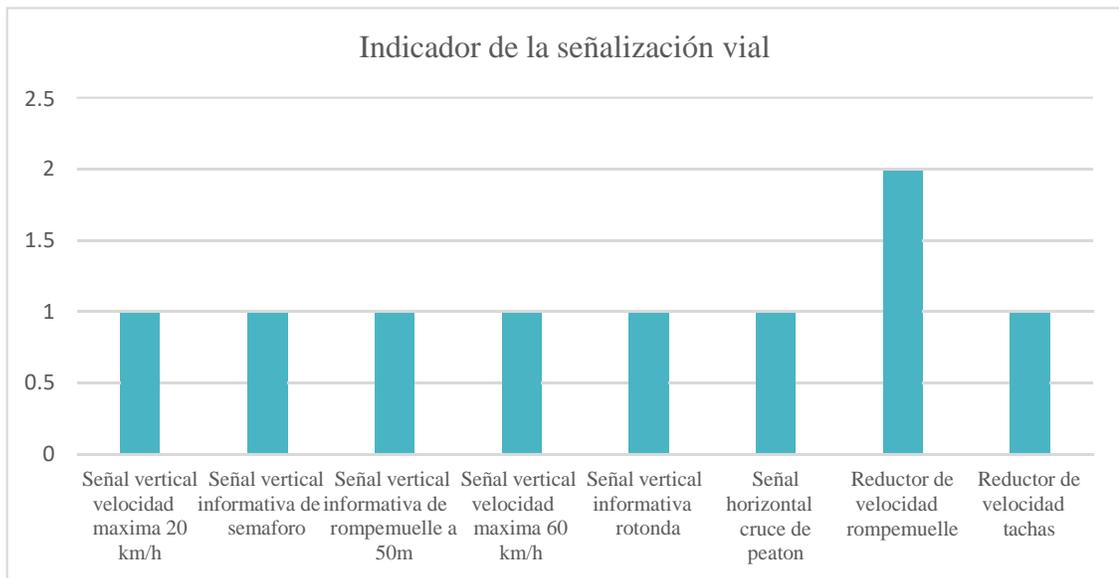
Tramo vuelta

Tabla 3.21 Señalización vial tramo Vuelta Av. Integración

Indicador de la señalización vial	Nº
Señal vertical velocidad máxima 20 km/h	1
Señal vertical informativa de semáforo	1
Señal vertical informativa de rompe muelle a 50m	1
Señal vertical velocidad máxima 60 km/h	1
Señal vertical informativa rotonda	1
Señal horizontal cruce de peatón	1
Reductor de velocidad rompe muelle	2
Reductor de velocidad tachas	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.23 Indicador de la señalización vial tramo vuelta Av. Integración



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Evaluación superficial

Resultados Evaluación método PCI (Índice de Condición Pavimento)

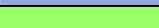
Avenida Integración - Resumen Tramo Ida (Sur-Norte):

Tabla 4.1 Análisis PCI Av. Integración Ida

Avenida Integración tramo: rotonda del barrio Juan Pablo II - colegio Aniceto Arce prog. 0+000 a prog. 1+500			
Tramo de evaluación		Índice de condición del pavimento	Condición del pavimento
Unidad de muestreo	Progresivas inicial - final	Valor del PCI	Clasificación
Um-1	0+000 0+030	78,07	Muy bueno
Um-2	0+060 0+090	65,34	Bueno
Um-3	0+120 0+150	83,01	Muy bueno
Um-4	0+180 0+210	71,00	Muy bueno
Um-5	0+240 0+270	76,57	Muy bueno
Um-6	0+300 0+330	49,52	Regular
Um-7	0+360 0+390	55,93	Bueno
Um-8	0+420 0+450	53,50	Regular
Um-9	0+480 0+510	29,82	Malo
Um-10	0+540 0+570	35,48	Malo
Um-11	0+600 0+630	44,34	Regular
Um-12	0+660 0+690	42,83	Regular
Um-13	0+720 0+750	26,22	Malo
Um-14	0+780 0+810	46,83	Regular
Um-15	0+840 0+870	61,34	Bueno
Um-16	0+900 0+930	51,00	Regular
Um-17	0+960 0+990	52,52	Regular
Um-18	1+020 1+050	74,73	Muy bueno
Um-19	1+080 1+110	73,84	Muy bueno
Um-20	1+140 1+170	60,13	Bueno
Um-21	1+200 1+230	67,33	Bueno
Um-22	1+260 1+290	57,98	Bueno
Um-23	1+320 1+350	57,81	Bueno
Um-24	1+380 1+410	70,13	Muy bueno
Um-25	1+440 1+470	55,71	Bueno

Fuente: Elaboración propia

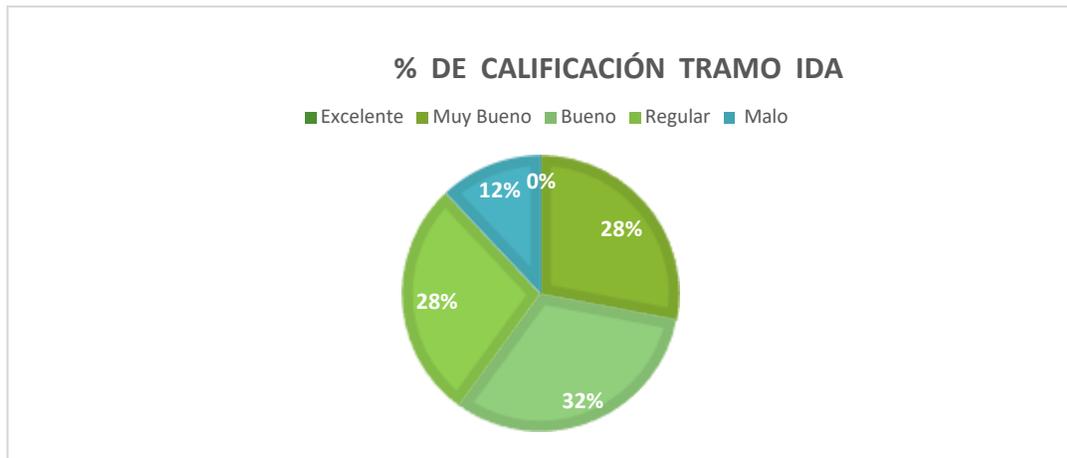
Tabla 4.2 Rangos de calificación del PCI

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

Fuente: Elaboración propia

El promedio del PCI del pavimento flexible de sentido de sur a norte nos indica que el estado del pavimento es Bueno teniendo una calificación de 58,00.

Figura 4.1 % de Calificación de PCI tramo Ida



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de porcentajes podemos ver que el 28% de los tramos tienen una calificación Muy Buena y el 28% tienen una calificación Bueno y el 32% Regular y el 28% Malo y el 12% Muy malo.

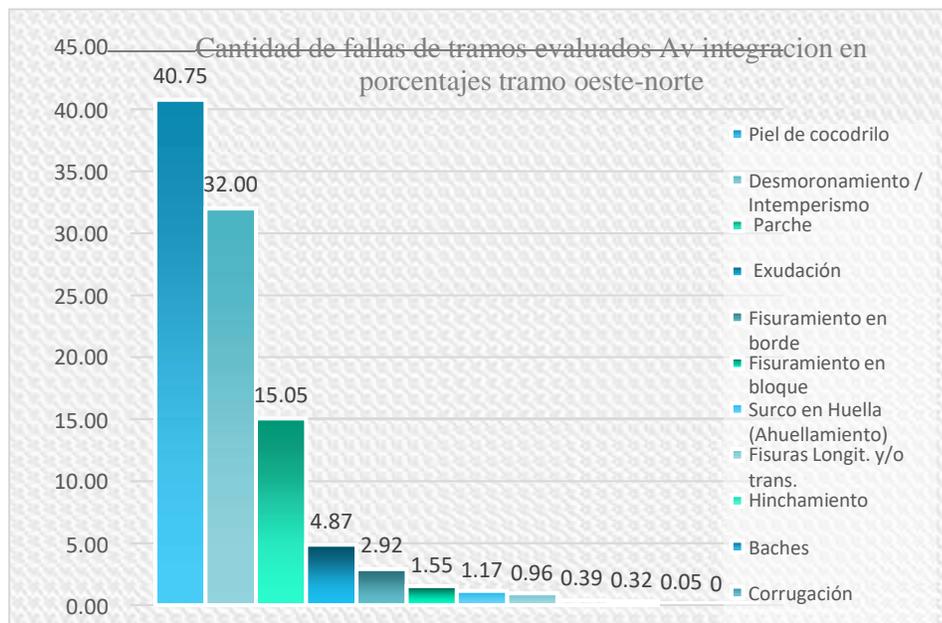
Cantidad de Fallas:

Tabla 4.3 % de Cantidad de Fallas Av. Integración

Tipo de Falla	Total	% de falla
Piel de cocodrilo	628,39	40,75
Desmoronamiento / Intemperismo	493,45	32,00
Parche	232,10	15,05
Exudación	75,10	4,87
Fisuramiento en borde	45,00	2,92
Fisuramiento en bloque	23,90	1,55
Surco en Huella (Ahuellamiento)	18,00	1,17
Fisuras Longit. y/o trans.	14,77	0,96
Hinchamiento	6,00	0,39
Baches	5,00	0,32
Corrugación	0,80	0,05
Desniveles Localizados	0,32	0,02
		100

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 % de Cantidad de Fallas Av. Integración tramo Ida



Fuente: Elaboración propia

Las fallas más predominantes son las fallas de piel de cocodrilo, intemperismo y parche, que pertenecen a las fallas de categoría de agrietamientos y desintegraciones.

Resumen tramo vuelta (Norte-Sur):

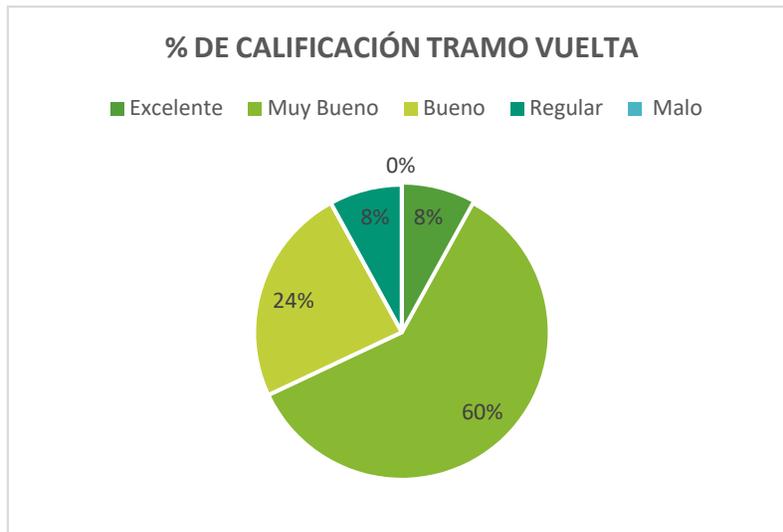
Tabla 4.4 PCI Av. Integración vuelta

Avenida Integración tramo: rotonda del barrio Juan Pablo II - colegio Aniceto Arce prog. 1+500 a prog. 0+000				
Tramo de evaluación			Índice de condición del pavimento	Condición del pavimento
Unidad de muestreo	Progresivas inicial – final		Valor del PCI	Clasificación
Um-1	1+500	1+470	63,75	Bueno
Um-2	1+440	1+410	78,28	Muy bueno
Um-3	1+380	1+350	76,68	Muy bueno
Um-4	1+320	1+290	61,91	Bueno
Um-5	1+260	1+230	58,25	Bueno
Um-6	1+200	1+170	80,34	Muy bueno
Um-7	1+140	1+110	89,85	Muy bueno
Um-8	1+080	1+050	76,89	Muy bueno
Um-9	1+020	0+990	74,00	Muy bueno
Um-10	0+960	0+930	65,26	Bueno
Um-11	0+900	0+870	60,40	Bueno
Um-12	0+840	0+810	43,86	Regular
Um-13	0+780	0+750	44,23	Regular
Um-14	0+720	0+690	73,73	Muy bueno
Um-15	0+660	0+630	84,40	Muy bueno
Um-16	0+600	0+570	89,03	Excelente
Um-17	0+540	0+510	77,10	Muy bueno
Um-18	0+480	0+450	65,93	Bueno
Um-19	0+420	0+390	86,17	Excelente
Um-20	0+360	0+330	78,84	Muy bueno
Um-21	0+300	0+270	79,36	Muy bueno
Um-22	0+240	0+210	72,21	Muy bueno
Um-23	0+180	0+150	78,84	Muy bueno
Um-24	0+120	0+090	72,94	Muy bueno
Um-25	0+060	0+030	83,83	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia

El promedio del PCI del pavimento flexible de vuelta nos indica que el estado del pavimento es Muy Bueno teniendo una calificación de 73,00.

Figura 4.3 % de Calificación de PCI Av. Integración tramo vuelta

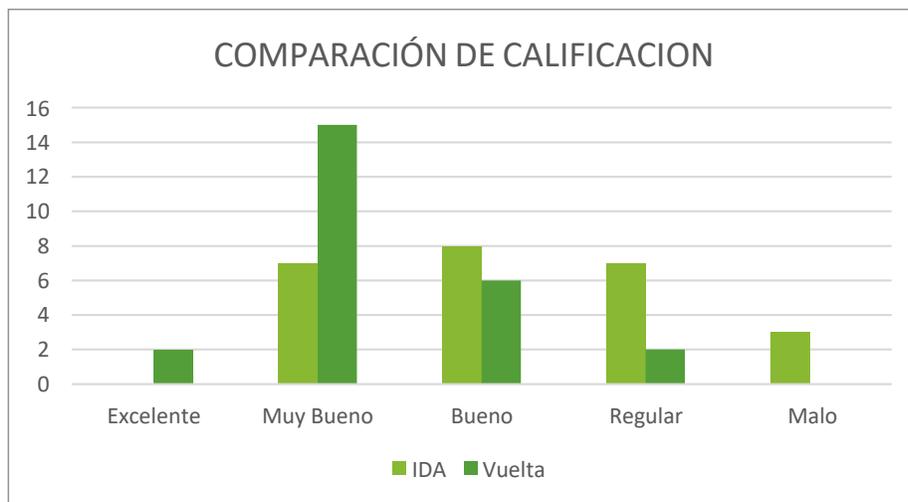


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de porcentajes podemos ver que el 8% de los tramos tienen una calificación Excelente y el 60% tienen una calificación Muy Bueno y el 24% Bueno y el 8% Regular.

Calificación de ida y vuelta:

Figura 4.4 Calificación tramo ida y vuelta



Fuente: Elaboración propia

En este gráfico de barras se puede determinar que el pavimento que en el tramo de ida es el más afectado en la calificación del PCI.

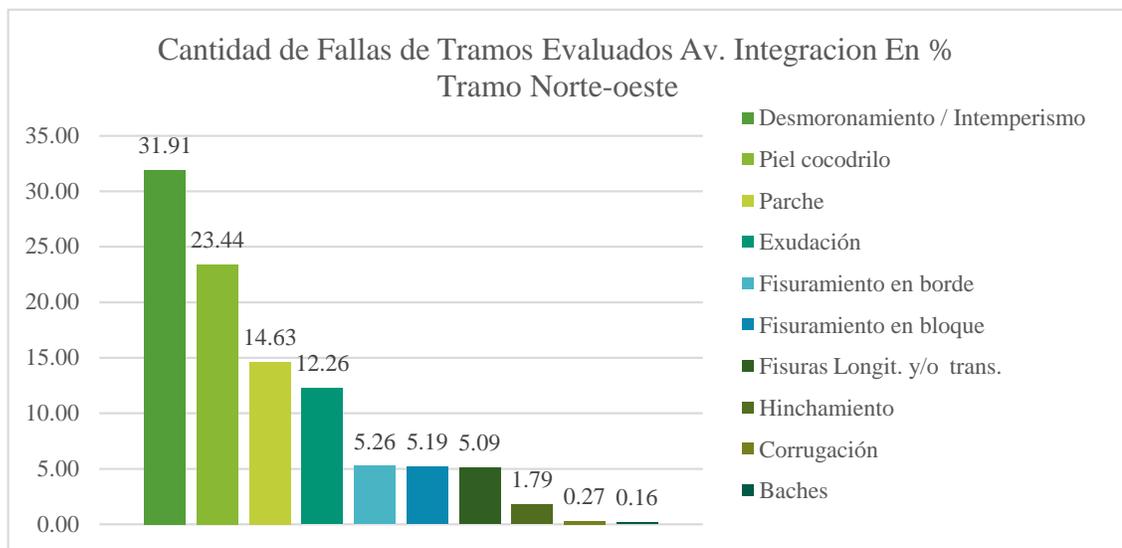
Cantidad de falla

Tabla 4.5 % de Cantidad de fallas Av. Integración tramo Vuelta

Tipo de Falla	Total	% de falla
Desmoronamiento / Intemperismo	204,60	31,91
Piel de cocodrilo	150,34	23,44
Parche	93,80	14,63
Exudación	78,60	12,26
Fisuramiento en borde	33,74	5,26
Fisuramiento en bloque	33,27	5,19
Fisuras Longit. y/o trans.	32,67	5,09
Hinchamiento	11,49	1,79
Corrugación	1,75	0,27
Baches	1,00	0,16
		100

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 % de Cantidad de fallas Av. Integración tramo vuelta



Fuente: Elaboración propia

Las fallas que más predominan son:

Piel de cocodrilo-. Es una de las fallas más representativas dentro de la evaluación con un porcentaje, el origen de este tipo de falla vendría dado por la fatiga de la carpeta asfáltica que encontrándose bajo acción repetida de las cargas vehiculares darían como resultado la piel de cocodrilo; cabe mencionar que este tipo de falla no sería nada sin antes mencionar el factor que posiblemente sería la causa más probable por la cual se estaría suscitando esta patología, hablamos de la infiltración.

Parche-. Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel del pavimento asfáltico o hasta los granulares),

Desmoronamiento / Intemperismo-. Representan el desgaste de la superficie por pérdida de ligante asfáltico y la disgregación de las partículas pétreas. Estas fallas indican que, o el asfalto se ha endurecido considerablemente o que la mezcla asfáltica es de baja calidad. El ablandamiento de la superficie y la disgregación de los agregados causados por el derramamiento de aceites y petróleos se incluyen también en esta falla. Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito.

Avenida circunvalación

Resumen tramo ida (Sur-Norte):

Tabla 4.6 Avenida circunvalación PCI tramo ida

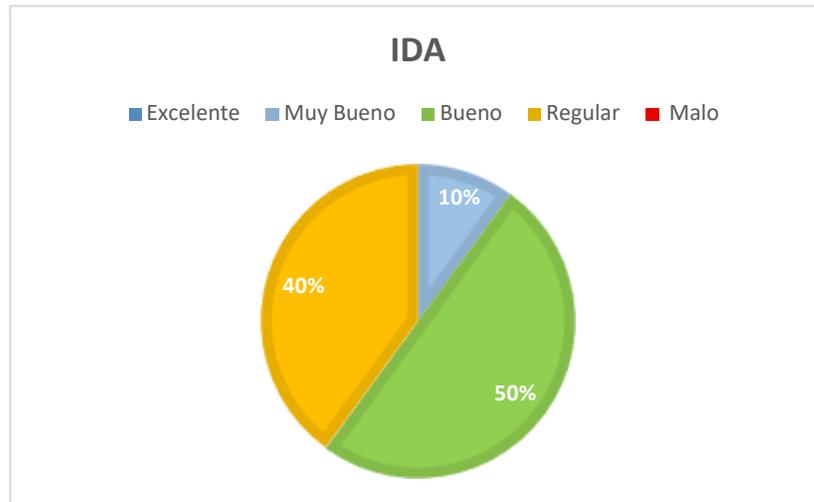
Avenida circunvalación tramo: Av. Gran chaco-Av. San Bernardo prog. 0+000 a prog. 1+000		
Tramo de evaluación	Índice de condición del pavimento	Condición del pavimento
Unidad de muestreo	Valor del PCI	Clasificación
Um-1	41,00	Regular
Um-2	68,00	Bueno
Um-3	57,00	Bueno
Um-4	51,00	Regular
Um-5	45,00	Regular
Um-6	71,00	Muy bueno
Um-7	56,00	Bueno
Um-8	52,00	Regular
Um-9	55,00	Bueno
Um-10	61,00	Bueno

56,00	Bueno
-------	-------

Fuente: Elaboración propia

El promedio del PCI del pavimento Rígido de ida nos indica que el estado del pavimento se encuentra en mal estado teniendo una calificación de 56,00 encontrándose en condición Bueno.

Figura 4.6 % Fallas PCI Av. Circunvalación tramo Ida



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de porcentajes se puede observar que el 50% corresponde a una calificación Bueno y 40% Regular y el 10% corresponde a una calificación Muy bueno.

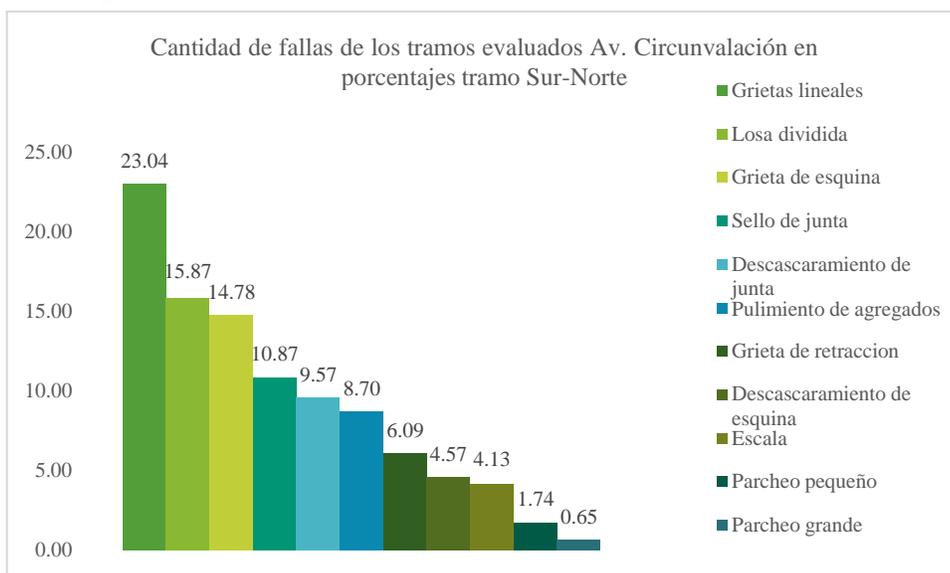
Cantidad de Fallas:

Tabla 4.7 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo Ida

Tipo de falla	Total	% de falla
Grietas lineales	106,00	23,04
Losa dividida	73,00	15,87
Grieta de esquina	68,00	14,78
Sello de junta	50,00	10,87
Descascaramiento de junta	44,00	9,57
Pulimiento de agregados	40,00	8,70
Grieta de retraccion	28,00	6,09
Descascaramiento de esquina	21,00	4,57
Escala	19,00	4,13
Parcheo pequeño	8,00	1,74
Parcheo grande	3,00	0,65
		100,00

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo Ida



Fuente: Elaboración propia

Resumen tramo vuelta (Norte-Sur):

Tabla 4.8 Avenida circunvalación PCI tramo vuelta

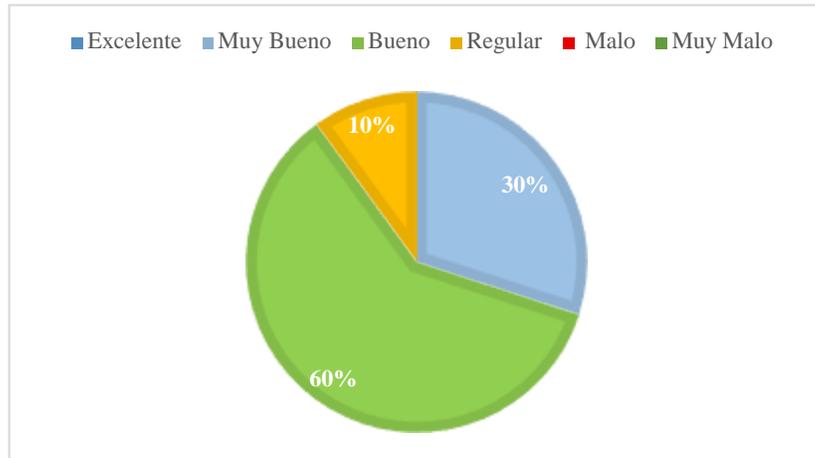
Avenida circunvalación tramo: Av. Gran chaco-Av. San Bernardo prog. 0+000 a prog. 1+000		
Tramo de evaluación	Índice de condición del pavimento	Condición del pavimento
Unidad de muestreo	Valor del PCI	Clasificación
Um-1	53,00	Regular
Um-2	66,00	Bueno
Um-3	63,00	Bueno
Um-4	72,00	Muy bueno
Um-5	59,00	Bueno
Um-6	57,00	Bueno
Um-7	55,00	Bueno
Um-8	62,00	Bueno
Um-9	74,00	Muy bueno
Um-10	76,00	Muy bueno

64	Bueno
----	-------

Fuente: Elaboración propia

El promedio del PCI del pavimento Rígido de ida nos indica que el estado del pavimento está en buenas condiciones teniendo una calificación de 64,00 encontrándose en condición Bueno.

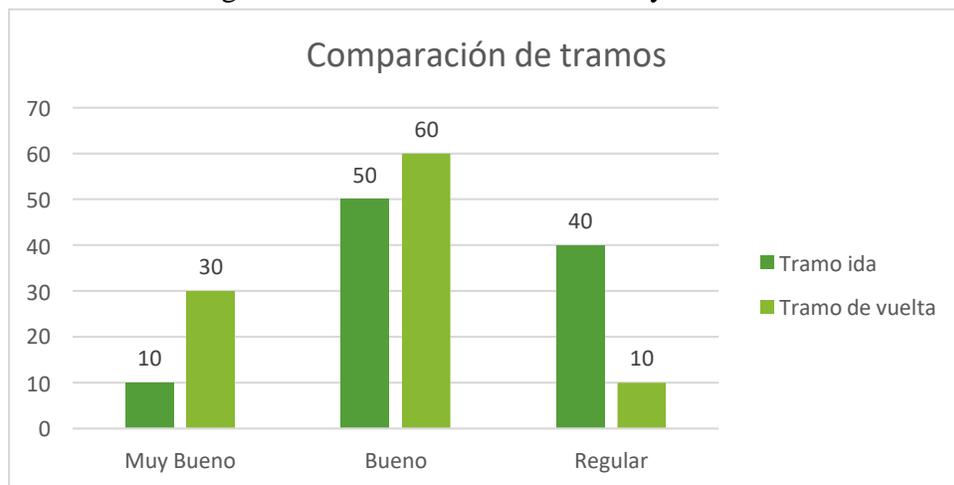
Figura 4.8 % Fallas PCI Av. Circunvalación tramo Vuelta



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de porcentajes se puede observar que el 60% corresponde a una calificación Bueno y 10% Regular y el 30% corresponde a una calificación Muy bueno.

Figura 4.9 Calificación Tramos ida y vuelta



Fuente: Elaboración propia

En este gráfico de barras se puede determinar que el pavimento de ida es el más afectado en la calificación del PCI.

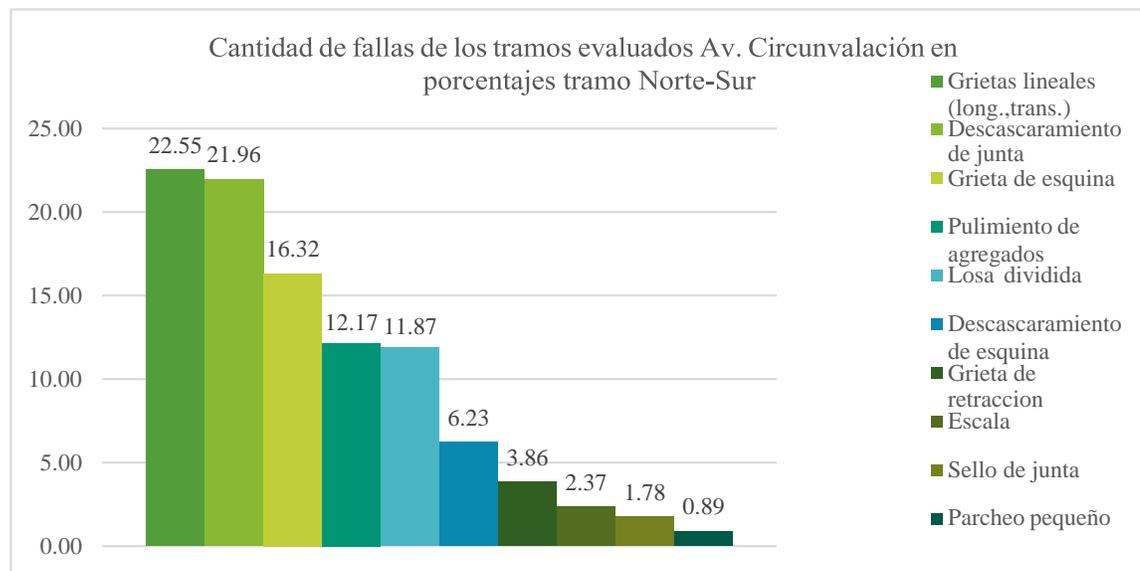
Cantidad de Fallas:

Tabla 4.9 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo vuelta

Tipo de falla	Total	% de falla
Grietas lineales (long.,trans.)	76	22,55
Descascaramiento de junta	74	21,96
Grieta de esquina	55	16,32
Pulimiento de agregados	41	12,17
Losa dividida	40	11,87
Descascaramiento de esquina	21	6,23
Grieta de retraccion	13	3,86
Escala	8	2,37
Sello de junta	6	1,78
Parqueo pequeño	3	0,89
		100,00

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo vuelta



Fuente: Elaboración propia

Las fallas más predominantes son:

Grieta lineal (Longitudinal, transversal y diagonal)-.

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

Una junta de carril del pavimento pobremente construida.

Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.

Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en las losas de concreto de cemento portland, pero no las juntas de pavimento de concreto. Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con la carga.

Grieta de esquina-

La grieta de esquina es una grieta que intersecta las juntas a una distancia menor o igual a la mitad de la longitud de la losa en ambos lados, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo causan las fisuras de esquina.

Sello de junta-

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento portland. Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento portland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada.

4.2 Evaluación funcional

Resultados de la evaluación funcional mediante el índice de regularidad internacional (IRI) mediante la bicicleta de Merlín

Avenida Integración tramo Ida (Sur-Norte):

Tabla 4.10 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Integración ida

Tramo	Sentido	IRI (m/km)	Clasificación
1	Ida	2,80	Bueno
2	Ida	2,33	Bueno
3	Ida	2,25	Bueno

Desv Est	0,301	
Promedio	2,46	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Avenida Integración tramo vuelta (Norte-Sur):

Tabla 4.11 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Integración vuelta

Tramo	Sentido	IRI (m/km)	Clasificación
1	Vuelta	2,31	Bueno
2	Vuelta	2,22	Bueno
3	Vuelta	2,22	Bueno

Desv Est	0,052	
Promedio	2,25	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos al realizar el IRI en los dos sentidos de la avenida integración son buenos todos cumpliendo el mismo rango teniendo un índice regularidad BUENO determinando que no existe sobresaltos y brindando confort al conductor.

Avenida Circunvalación tramo ida (Sur-Norte):

Tabla 4.12 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Circunvalación

Tramo	Sentido	IRI (m/km)	Clasificación
1	Ida	5,00	Malo
2	Ida	4,36	Regular

Desv Est	0,455	Regular
Promedio	4,68	

Fuente: Elaboración propia

Avenida Circunvalación tramo vuelta (Norte-Sur):

Tabla 4.13 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Circunvalación

Tramo	Sentido	IRI (m/km)	Clasificación
1	Vuelta	4,78	Regular
2	Vuelta	4,39	Regular

Desv Est	0,275	Regular
Promedio	4,58	

Fuente: Elaboración propia

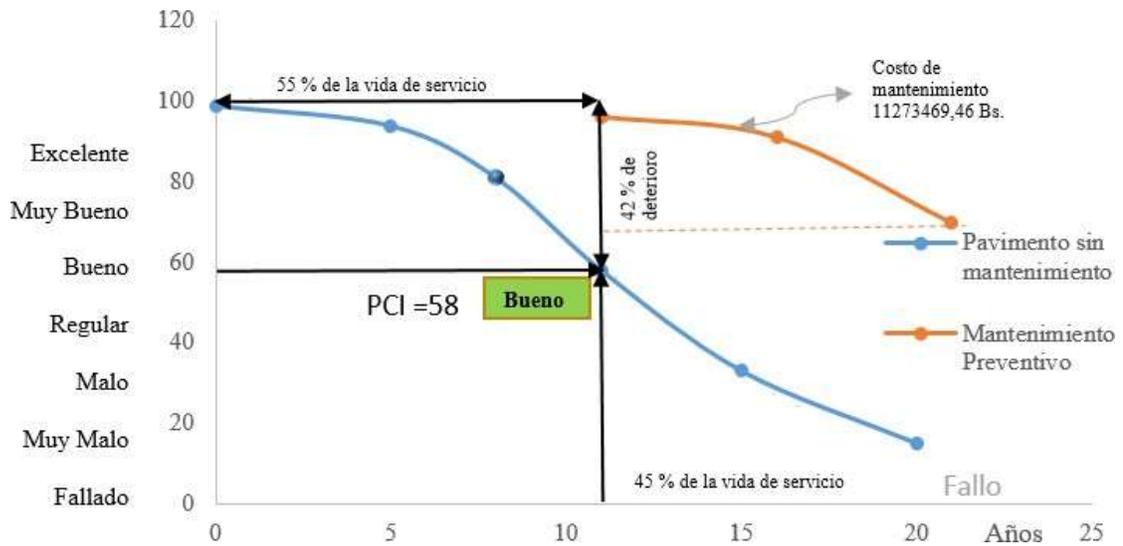
Los datos obtenidos al realizar el IRI en los dos sentidos de la avenida Circunvalación todos cumpliendo el mismo rango teniendo un índice regularidad regular determinando que existe sobresaltos y notando un des confort al conductor.

4.3 Curva de deterioro

Avenida Integración:

Tramo de ida (Oeste-Norte)

Figura 4.11 Curva de deterioro Av. Integración tramo de ida



Fuente: Elaboración propia

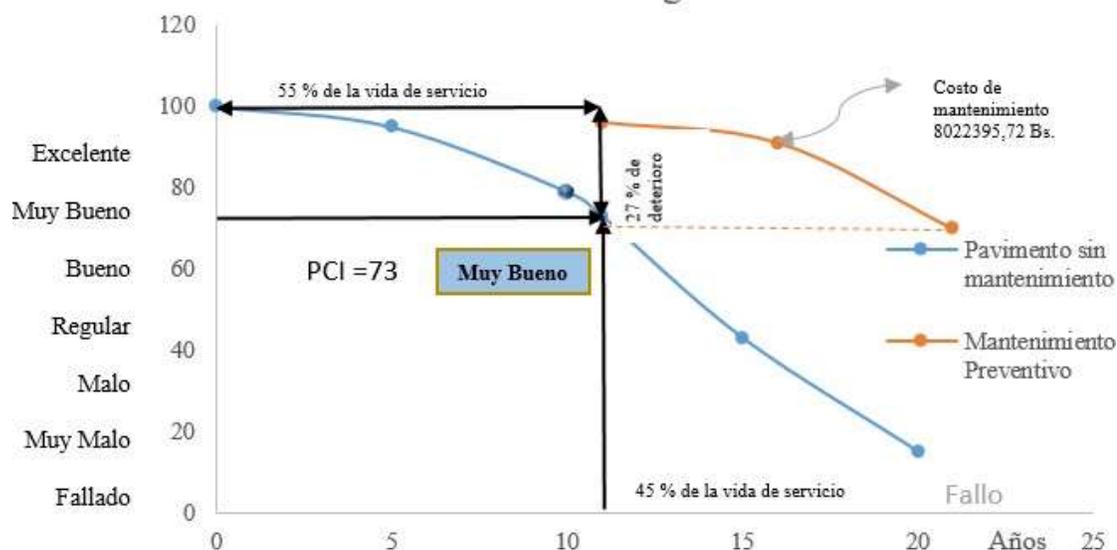
La curva de deterioro del pavimento flexible de la Avenida Integración fue diseñada para una vida útil de 20 años, tras una evaluación superficial PCI (Índice de la condición del pavimento) nos indica que tiene una calificación de 58,00 y se encuentra en condición Bueno, a los 55 % de su vida de servicio e indicando que el pavimento tiene un Deterioro de 42 % y requiere de un mantenimiento preventivo ya que aún se encuentra en buenas condiciones porque en esta etapa su deterioro lento y poco visible.

El mantenimiento preventivo se efectúa de manera planeada y realizándolo en forma cíclica, con la intención de prolongar la vida útil de 2 hasta 10 años para mantener el nivel del servicio adecuado y que garantice las condiciones de movilidad de la malla vial.

Se recomienda hacer un mantenimiento preventivo de acuerdo al tipo de falla que se presenta y a su severidad.

Tramo de Vuelta (Norte-Oeste)

Figura 4.12 Curva de deterioro Av. Integración tramo de vuelta



Fuente: Elaboración propia

La curva de deterioro del pavimento flexible de la Avenida Integración fue diseñada para una vida útil de 20 años, tras una evaluación superficial PCI (Índice de la condición del pavimento) nos indica que tiene una calificación de 73,00 y se encuentra en condición “Muy Bueno”, a los 55 % de su vida de servicio e indicando que el pavimento tiene un deterioro de 27 % y requiere de un mantenimiento preventivo ya que aún se encuentra en buenas condiciones porque en esta etapa su deterioro lento y poco visible.

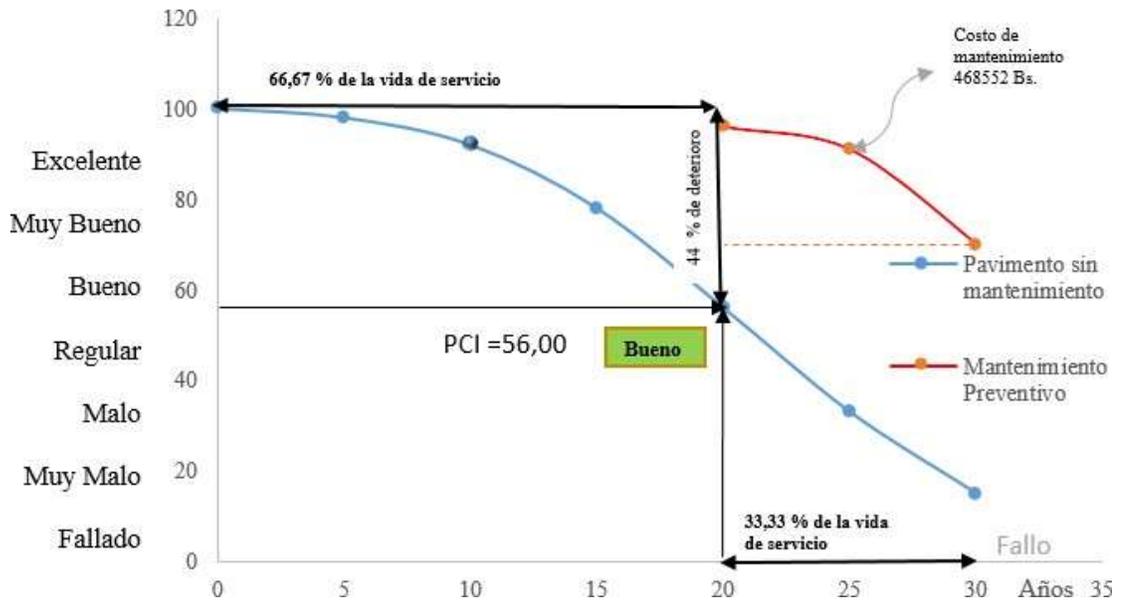
El mantenimiento preventivo se efectúa de manera planeada y realizándolo en forma cíclica, con la intención de prolongar la vida útil de 2 hasta 10 años para mantener el nivel del servicio adecuado y que garantice las condiciones de movilidad de la malla vial.

Se recomienda hacer un mantenimiento preventivo de acuerdo al tipo de falla que se presenta y a su severidad.

Avenida Circunvalación

Tramo de Ida (Sur-Norte)

Figura 4.13 Curva de deterioro Av. Circunvalación tramo de ida



Fuente: Elaboración propia

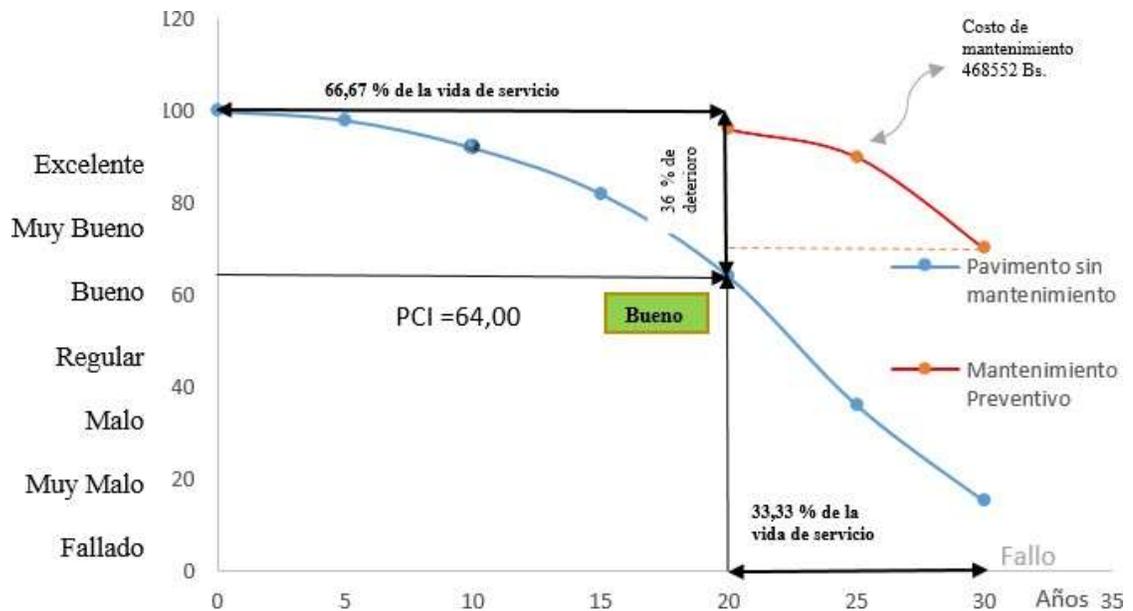
La curva de deterioro del pavimento rígido de la Avenida Circunvalación fue diseñada para una vida útil de 30 años, tras una evaluación superficial PCI (Índice de la condición del pavimento) nos indica que tiene una calificación de 56,00 y se encuentra en condición Bueno, a los 66,67 % de su vida de servicio e indicando que el pavimento tiene un Deterioro del 44% y requiere de un mantenimiento preventivo ya que aún se encuentra en buenas condiciones pero también se encuentra cerca de la zona de rehabilitación.

Dando como propuesta de rehabilitación superficial se propone:

Reparación de juntas y grietas-. Este tipo de trabajo se aplica a juntas y grietas que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí, es decir, que no trabajen teniendo un costo total de 468552 Bs.

Tramo de Vuelta (Norte-Sur)

Figura 4.14 Curva de deterioro Av. Circunvalación tramo de vuelta



Fuente: Elaboración propia

La curva de deterioro del pavimento rígido de la Avenida Circunvalación fue diseñada para una vida útil de 30 años, tras una evaluación superficial PCI (Índice de la condición del pavimento) nos indica que tiene una calificación de 64,00 y se encuentra en condición Regular, a los 66,67 % de su vida de servicio e indicando que el pavimento tiene un Deterioro de 36 % y requiere de un mantenimiento preventivo ya que aún se encuentra en buenas condiciones y no requiere acciones de mantenimiento mayor.

Dando como propuesta de rehabilitación superficial se propone:

Reparación de juntas y grietas-. Este tipo de trabajo se aplica a juntas y grietas que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí, es decir, que no trabajen teniendo un costo total de 468552 Bs.

4.4 Diagnóstico de la señalización

Análisis de los factores que afectan a los elementos de seguridad vial.

La actividad humana, el transporte urbano, las condiciones atmosféricas y accidentes automovilísticos son la causa de deterioro de los elementos de seguridad vial.

La siguiente tabla muestra un resumen de los efectos.

Tabla 4.14 Resumen de los efectos seguridad vial

Nº	Elementos de seguridad vial	Factores	Efectos
1	Señalización Horizontal	Circulación vehicular	Desgaste de pintura
		Precipitación	Desgaste de pintura
		Circulación de transeúnte	Desgaste de pintura
2	Señalización Vertical	Precipitación	Deterioro de pintura de lámina de leyenda, oxidación o agrietamiento de concreto de poste sujetador
		Radiación solar	Descascarado o agrietamiento de pintura
		Viento	Deterioro de pintura de lamina
		Circulación de transeúnte	Contaminación visual con pegado de panfletos
		Vandalismo	Pintura de spray aerosol
		Accidente en vía (colisión)	Inclinación de poste
		Moho	Se producen residuos precedentes a causa de humedad
Polución	Se producen residuos precedentes de actividad humana		
3	Reductores de velocidad vehicular	Precipitación	Perdida de resistencia del mecanismo de material que provoca agrietamientos
4	Semaforización	Precipitación	Corte circuito
		Viento	Desgaste de energía funcional

Fuente: Elaboración propia

Se realizará un diagnóstico a toda la señalización existente a todo el tramo de estudio para poder analizar el estado en el que se encuentran y poder brindar el mantenimiento adecuado y su presupuesto.

Avenida Integración

Sentido ida

Señalización vertical

Figura 4.15 Señalización vertical de advertencia prog. 0+170 y prog 0+260

Ubicación	
Prog: 0+170	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia precaución a 50 m entrada y salida de	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Bueno
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Ubicación	
Prog: 0+260	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia entrada de maquinaria pesada	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Bueno
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16 Señalización vertical de advertencia prog. 0+280 y prog 0+440

Ubicación	
Prog: 0+280	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia rompemuella a 50m	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Ubicación	
Prog: 0+440	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia rotonda	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17 Señalización vertical restrictiva prog. 0+480 y prog 0+610

Ubicación	
Prog: 0+480	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Restrictiva prohibido paso peatonal	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Ubicación	
Prog: 0+610	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Restrictiva no estacionar	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18 Señalización informativa de destino prog. 0+620 y prog 0+760

Ubicación	
Prog: 0+620	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	visible
CONDICIÓN	regular
FACTORES	Radiación solar, Precipitación

Ubicación	
Prog: 0+760	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	Descascaramiento
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiación solar, Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19 Señalización informativa de destino prog. 0+500 y prog 1+000

Ubicación	
Prog: 0+500	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiación solar, Precipitación

Ubicación	
Prog: 1+000	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Bueno
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20 Señalización vertical de advertencia prog. 0+620

Ubicación	
Prog: 0+620	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia velocidad maxima 60 km/h	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Señalización Horizontal:

Figura 4.21 Señalización Horizontal prog. 0+995 y prog. 1+485

Ubicación	
Prog: 0+995	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Cruce de paso peatonal	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de pintura
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Efectos
Circulación vehicular	Desgaste de pintura en el pavimento
Circulación de transeunte	Desgaste de pintura en el pavimento

Ubicación	
Prog: 1+485	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Sentido	
	
ESTADO FISICO	Borroso
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Realizado por extranjeros

Fuente: Elaboración propia

Reductores de velocidad vehicular

Figura 4.22 Reductor de velocidad prog. 0+030 y prog. 0+330

Ubicación	
Prog: 0+030	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Tachas reductor de velocidad	
	
ESTADO FISICO	Falta de reductores
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Efectos
Precipitación	Perdida de resistencia al mecanismo de material

Ubicación	
Prog: 0+330	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Rompemuelle	
	
ESTADO FISICO	Borroso
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Pintado por extranjeros

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23 Reductor de velocidad prog. 1+355

Ubicación	
Prog: 1+355	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Rompemuelle	
	
ESTADO FISICO	Borroso
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Uso,pintado por extranjeros

Fuente: Elaboración propia

Tramo sentido vuelta

Señalización vertical

Figura 4.24 Señalización vertical de advertencia prog. 0+265 y prog 1+300

Ubicación	
Prog: 0+265	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia de rotonda	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Ubicación	
Prog: 1+300	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia velocidad maxima 20 km/h	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25 Señalización vertical restrictiva prog. 0+310 y prog 1+425

Ubicación	
Prog: 0+310	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Restriictiva no estacionar	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Ubicación	
Prog: 1+425	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia rompemuelle a 50m	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26 Señalización vertical de advertencia prog. 1+240

Ubicación	
Prog: 1+240	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Advertencia semaforo	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Señalización horizontal

Figura 4.27 Señalización Horizontal prog. 1+490 y prog. 0+010

Ubicación	
Prog: 1+490	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Cruce de paso peatonal	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de pintura
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Efectos
Circulación vehicular	Desgaste de pintura en el
Circulación de	Desgaste de pintura en el

Ubicación	
Prog: 0+010	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Sentido	
	
ESTADO FISICO	Borroso
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Uso,pintado por extranjeros

Fuente: Elaboración propia

Reductores de velocidad

Figura 4.28 Reductor de velocidad prog. 1+260 y prog. 1+497

Ubicación	
Prog: 1+260	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Rompemuelle	
	
ESTADO FISICO	Borroso
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Uso,pintado por extranjeros

Ubicación	
Prog: 1+497	
Nombre de acceso:	Av.Integracion
Tachas	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el inventario de señalización existente en este tramo se pudo evidenciar la falta del mantenimiento de la señalización horizontal para este tipo de avenida que integra el centro de la ciudad con el norte de nuestra ciudad sin embargo el estado en el que se necesitan tener un mantenimiento al menos una vez al año.

Avenida Circunvalación

Sentido ida

Señalización vertical:

Figura 4.29 Señalización vertical informativa prog. 0+340 y prog. 0+990

Ubicación	
Prog: 0+340	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa de destino (verde)	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Circulación de transeunte, Viento

Ubicación	
Prog: 0+990	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa de destino (verde)	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Precipitación, Viento

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30 Señalización vertical prog. 0+225 y prog 0+710

Ubicación	
Prog: 0+225	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiación solar, Precipitación

Ubicación	
Prog: 0+710	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa Hospital	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Bueno
FACTORES	Radiación solar, Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Semaforización

Figura 4.31 Semáforo prog. 0+360 y prog 0+380

Ubicación	
Prog: 0+360	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Semaforo	
	
ESTADO FISICO	De buen aspecto
CONDICIÓN	Bueno

Ubicación	
Prog: 0+380	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Semaforo de doble via	
	
ESTADO FISICO	De buen aspecto
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32 Semáforo prog. 1+010

Ubicación	
Prog: 1+010	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Semaforo	
	
ESTADO FISICO	De buen aspecto
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Sentido vuelta

Señalización vertical:

Figura 4.33 Señalización vertical restrictiva prog. 0+810 y prog 0+950

Ubicación	
Prog: 0+810	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Restictiva velocidad maxima	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Ubicación	
Prog: 0+950	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Restictiva velocidad maxima	
	
ESTADO FISICO	Visible
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34 Señalización vertical prog. 0+160 y prog 0+880

Ubicación	
Prog: 0+160	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa Hospital	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Ubicación	
Prog: 0+880	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Restictiva no estacionar	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Bueno
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35 Señalización vertical informativa prog. 0+335 y prog. 0+660

Ubicación	
Prog: 0+335	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Ubicación	
Prog: 0+660	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36 Señalización vertical informativa prog. 0+165 y prog. 0+143

Ubicación	
Prog: 0+165	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa de destino (verde)	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Ubicación	
Prog: 0+143	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Informativa de destino	
	
ESTADO FISICO	Desgaste de leyenda de lamina
CONDICIÓN	Regular
FACTORES	Radiacion solar, Precipitación

Fuente: Elaboración propia

Semaforización

Figura 4.37 Semáforo prog. 0+000 y prog. 0+660

Ubicación	
Prog: 0+000	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Semaforo de tres vias	
	
ESTADO FISICO	Inclinado
CONDICIÓN	Malo
FACTORES	Colisión, Viento

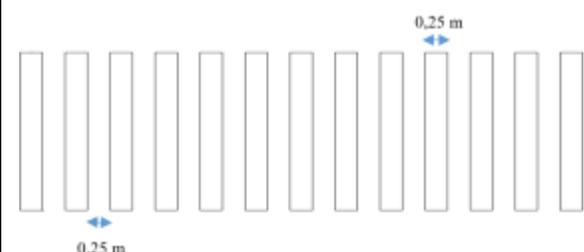
Ubicación	
Prog: 0+660	
Nombre de acceso:	Av. Circunvalación
Semaforo	
	
ESTADO FISICO	De buen aspecto
CONDICIÓN	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el inventario y su diagnóstico de señalización vertical y horizontal se pudo evidenciar que las faltas de señalizaciones horizontales ponen en peligro al conductor como al peatón de gran manera en una avenida tan importante que es usada como red fundamental de alto tráfico y alto tonelaje.

Es por eso que se propone colocar pasos peatonales en las siguientes intersecciones:

Tabla 4.15 Pasos peatonales Av. Circunvalación

Paso peatonal (Paso de cebra)	Ubicación
	Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco
	Av. Circunvalación y Av. La Paz
	Av. Circunvalación y Av. San Cristobal
	Av. Circunvalación y C/ San Antonio de Padua
	Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco

Fuente: Elaboración propia

4.5 Presupuesto de mantenimiento

Avenida Integración Tramo Ida:

Presupuesto de Mantenimiento tipo de Falla:

Tabla 4.16 Presupuesto de mantenimiento Av. Integración tramo ida

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (bs)
>	MOI - Mantenimiento tipo de fallas				
1	Piel de Cocodrilo	m2	778,73	2971,56	2314034,00
2	Exudación	m2	153,70	2471,44	379860,54
3	fisuramiento de bloque	m2	57,17	2390,86	136685,45
4	Fisuramiento de borde	m	78,74	2381,55	187523,07
5	Fisura long. y/o trans.	m2	47,44	2381,55	112984,97
6	Parche	m2	325,90	2383,75	776868,89
7	Bacheo	unidad	6,00	2462,13	14772,80
8	Ahuellamiento	m2	18,00	2462,13	44318,40
9	Hinchamiento	m2	17,49	2501,32	43743,16
10	Intemperismo	m2	698,05	2383,75	1663978,21
11	Corrugación	m3	2,54	2471,44	6283,64
	Total Presupuesto				5636734,73
Son: Cinco millones seiscientos treinta y seis mil setecientos treinta y cuatro 73/100					
Costo Total de Tramo					11273469,46
Son: Once millones doscientos setenta y tres mil cuatrocientos sesenta y nueve 46/100					

Fuente: Elaboración propia

Avenida Integración Tramo Vuelta:

Tabla 4.17 Presupuesto de mantenimiento Av. Integración tramo vuelta

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (bs)
>	MOI - Mantenimiento tipo de fallas				
1	Piel de Cocodrilo	m2	628,39	2971,56	1867287,59
2	Exudación	m2	75,10	2471,44	185605,25
3	fisuramiento de bloque	m2	23,90	2390,86	57149,10
4	Fisuramiento de borde	m	45,00	2381,55	107169,65
5	Fisura long. y/o trans.	m2	14,77	2381,55	35175,05
6	Parche	m2	232,10	2383,75	553265,31
7	Bacheo	unidad	5,00	2462,13	12310,67
8	Ahuellamiento	m2	18,00	2462,13	44318,40
9	Hinchamiento	m2	6,00	2501,32	15007,95
10	Intemperismo	m2	493,45	2383,75	1176262,52
11	Corrugación	m3	0,80	2471,44	1964,80
	Total Presupuesto				4011197,86
Son: Cuatro millones once mil ciento noventa y siete 86/100					
Costo Total de Tramo					8022395,72
Son: Ocho millones veintidós mil trescientos noventa y cinco 72/100					

Fuente: Elaboración propia

Avenida Circunvalación:

Tabla 4.18 Presupuesto de mantenimiento Av. Circunvalación tramo ida

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (bs)
>	MO1 - Rehabilitación de Pavimento Rígido				
1	Reparación de juntas y grietas	m3	369,00	278,90	102914,10
	Costo Total del tramo Bs.				468552
Son: Cuatrocientos sesenta y ocho mil quinientos cincuenta y dos 00/100					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19 Presupuesto de mantenimiento Av. Circunvalación tramo vuelta

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (bs)
>	MO1 - Rehabilitación de Pavimento Rígido				
1	Reparación de juntas y grietas	m3	264,00	278,90	73629,60
	Costo Total del tramo Bs.				468552
Son: Cuatrocientos sesenta y ocho mil quinientos cincuenta y dos 00/100					

Fuente: Elaboración propia

Presupuesto Señalización

Al realizar el diagnóstico de la señalización en el tramo de la avenida Integración existente en este tramo se pudo evidenciar la falta del mantenimiento de la señalización horizontal es por eso que se propone realizar el pintado de los símbolos en pavimento horizontal teniendo un área total de 201 m2 y un costo total de 31749,96 bs.

Tabla 4.20 Presupuesto señalización Av. Integración

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (bs)
>	MO1 - Señalizaciones Horizontales				
13	Pintado de símbolos en pavimento horizontal	m2	201	157,96	31749,96
	Total Presupuesto				31749,96
Son: Treinta y uno mil setecientos cuarenta y nueve 96/100					

Fuente: Elaboración propia

Tras hacer el diagnostico se propone implementar señalización horizontal ocho pasos peatonales (paso de cebra) Tabla 4.15 teniendo un área total de 108 m2 con un costo total de 17059,70 bs.

Tabla 4.21 Presupuesto señalización Av. Circunvalación

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (bs)
>	MO1 - Señalización Horizontal				
13	Pasos peatonales	m2	108	157,96	17059,70
	Total Presupuesto				17059,70
Son: Diecisiete mil cincuenta y nueve 70/100					

Fuente: Elaboración propia

4.6 Propuesta de gestión de pavimentos

1. Se realizó inspecciones visuales del pavimento flexible para identificar cualquier problema, como grietas, baches o deformaciones en la avenida integración con un tramo total de tres kilómetros de pavimento flexible y avenida circunvalación con un tramo total de dos kilómetros de pavimento rígido para empezar con el análisis.
2. La recolección de datos de fallas superficiales para el índice de condición del pavimento (PCI), fue de 50 muestras de pavimento flexible de la avenida integración y 20 muestras del pavimento rígido de la avenida circunvalación, y para el índice de regularidad internacional (IRI) se realizó el relevamiento de datos de regularidad de ambos en ambos tramos de estudio.
3. Se realizó un diagnóstico de la señalización horizontal y vertical existentes en el tramo de estudio para hacer una evaluación del estado actual en la se encuentra y requieren de un mantenimiento.
4. Se analizó los datos obtenidos y se debe realizar:
 - a. Rehabilitación de áreas dañadas, es importante rehabilitarlas lo antes posible para evitar su propagación y aumentar la vida útil del pavimento.
 - b. Es importante elegir los materiales adecuados para la construcción del pavimento rígido, teniendo en cuenta factores como el tráfico vehicular y las condiciones climáticas.
 - c. Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de acuerdo a las fallas existentes y de su severidad que se encuentran en el pavimento flexible ya

que después de su evaluación podemos determinar que no requiere acciones de un mantenimiento mayor.

d. Se recomienda impermeabilizar fisuras, grietas y sellado de grietas de las losas creando un puente de adherencia y realizar la reparación con epóxidos para hormigón para asegurarse de que se cumplan los estándares adecuados.

5. Monitorear y evaluar una vez que hayas implementado el plan de gestión, monitorea y evalúa regularmente el estado de los pavimentos. Esto te permitirá identificar cualquier problema adicional y realizar ajustes en el plan de gestión según sea necesario.

Realizar monitoreo y mantenimiento:

Limpieza:

Mantener el pavimento limpio y libre de escombros y residuos. La acumulación de materiales puede dañar la superficie del pavimento.

Sellado de grietas:

Si se identifican grietas en el pavimento, deben ser selladas lo antes posible para evitar que se agranden. El sellado también ayuda a prevenir la entrada de agua y otros materiales que puedan dañar el pavimento.

Reparación de baches:

Si se identifican baches en el pavimento, deben ser reparados inmediatamente para evitar que se agranden y causen más daño.

Mantenimiento del drenaje:

Asegúrate de que el sistema de drenaje esté funcionando correctamente para evitar la acumulación de agua en la superficie del pavimento.

Reparación de deformaciones:

Si se identifican deformaciones en el pavimento, deben ser reparadas lo antes posible para evitar que se agranden y causen más daño.

Mantenimiento del borde del pavimento:

Asegúrate de que los bordes del pavimento estén en buenas condiciones para evitar que se desmoronen y causen daños al pavimento.

Mantenimiento de la señalización:

Mantén la señalización vial en buen estado para garantizar la seguridad de los conductores y peatones.

Registro de mantenimiento:

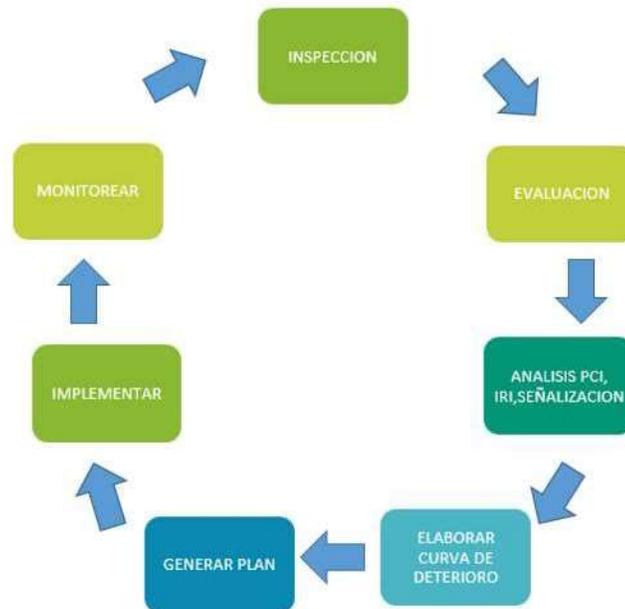
Llevar un registro detallado de todas las inspecciones y mantenimientos realizados en el pavimento flexible.

Mantenimiento preventivo:

Realizar mantenimiento preventivo, como sellado de juntas y grietas, para evitar la entrada de agua y otros materiales que puedan dañar el pavimento.

Propuesta de gestión para pavimentos urbanos

Figura 4.38 Propuesta de Gestión de Pavimentos



Fuente: Elaboración propia

1. Inspección. - Realizar inspección ocular para identificar posibles áreas de deterioro y tomar medidas preventivas antes de que se conviertan en problemas mayores.
2. Evaluación. -Realizar la recolección de datos de fallas superficiales para PCI determinando las áreas de estudio según el área mínima alternado las áreas. IRI realizar el relevamiento de datos de regularidad de ambos tramos sin realizar saltos en los tramos.
Señalización detallar las señalizaciones que se tiene y el estado actual
3. Análisis. - Procesar los datos recopilados con toda la información necesaria para poder observar de manera fácil generar gráficos determinar el estado de las fallas pudiendo tomar decisiones más recomendables.
4. Elaborar la curva de deterioro para hacer un análisis del estado en el que se encuentran en función del tiempo y poder determinar qué tipo de mantenimiento o de rehabilitación se requiere y hasta que periodo de tiempo se tiene que realizar el mantenimiento.

5. Generar plan. -

Mantenimiento preventivo: Realizar mantenimiento preventivo, como sellado de juntas y grietas, para evitar la entrada de agua y otros materiales que puedan dañar el pavimento.

Rehabilitación de áreas dañadas: Si se identifican áreas dañadas, es importante rehabilitarlas lo antes posible para evitar su propagación y aumentar la vida útil del pavimento.

Selección adecuada de materiales: Es importante elegir los materiales adecuados para la construcción del pavimento rígido, teniendo en cuenta factores como el tráfico vehicular y las condiciones climáticas.

Control de calidad: Realizar un control de calidad riguroso durante la construcción del pavimento para asegurarse de que se cumplan los estándares adecuados.

6. Implementar el plan: Una vez que tengas un plan de gestión sólido, implementa las medidas necesarias para abordar los problemas de los pavimentos. Esto puede incluir reparaciones, mantenimiento preventivo y otras acciones.

Tabla 4.22 Plan de mantenimiento según el tipo de falla

Tipo de falla	Severidad	Fresado de carpeta asfáltica (m2)	Eliminación de material excedente (m2)	Provisión y colocado de carpeta asfáltica (m2)	Imprimación (m2)	Sellado de fisuras (m)
Corrugaciones (m2)	Bajo					
	Medio	X	X	X	X	
	Alto	X	X	X	X	
Piel de Cocodrilo (m2)	Bajo					X
	Medio	X	X	X	X	
	Alto	X	X	X	X	
Disgregación- Desintegración (m2)	Bajo					
	Medio	X	X	X	X	
	Alto	X	X	X	X	
Fisuras longitudinales y transversales (m)	Bajo					X
	Medio					X
	Alto					X
Exudación (m2)	Bajo					
	Medio		X	X	X	
	Alto		X	X	X	
Parches (m2)	Bajo					
	Medio	X	X	X	X	
	Alto	X	X	X	X	
Hinchamiento (m2)	Bajo					
	Medio	X	X	X	X	
	Alto	X	X	X	X	
Fisuras en bloque (m2)	Bajo					X
	Medio					X
	Alto					X
Ahuellamiento (m2)	Bajo					
	Medio	X	X	X	X	
	Alto	X	X	X	X	
Acceso a puentes- Rejillas de Drenaje (m2)	Bajo					
	Medio	X	X	X	X	
	Alto	X	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia

7. Monitorear y evaluar: Una vez que hayas implementado el plan de gestión, monitorea y evalúa regularmente el estado de los pavimentos. Esto te permitirá identificar cualquier problema adicional y realizar ajustes en el plan de gestión según sea necesario.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se realizó una propuesta de sistema gestión de pavimentos urbanos que consta de: inspección, evaluación, un análisis de la evaluación (superficial, funcional y de la señalización), elaborar la curva de deterioro, generar un plan (mantenimiento preventivo, rehabilitación de áreas dañadas y control de calidad), implementar el plan de gestión y monitorear y evaluar el plan de gestión.
- Se determinó las horas pico haciendo un promedio de la fluctuación de tráfico de la Av. Integración y la Avenida Circunvalación en dieciséis horas desde las 06:00 am. hasta las 21:00 pm, determinando que las horas pico son 12:00 am a 13:00 pm y de 18:00 pm a 19:00 pm en ambos tramos.
- Se determinó el volumen de tráfico los días martes, miércoles y domingo en las horas pico 12:00 pm a 13:00 pm y de 18:00 pm a 19:00 pm para obtener volumen de tráfico en las dos horas de mayor flujo vehicular Tabla 3.4.
- Tras evaluar los resultados de los indicadores de estado, se concluye que el estado superficial de los tramos en estudio

- Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Los resultados finales del índice de condición del pavimento para los tramos en estudio tienen una calificación de Av. Integración sentido Ida 58,00 sentido vuelta de 73,00, y Av. Circunvalación sentido ida de 56,00 y sentido de vuelta 64,00 respectivamente, resultados que clasifican a los tramos en un estado de “Bueno a Muy Bueno”.

Tabla 5.1 Resumen Calificación PCI

Tramos de Evaluación	PCI "Calculado"	Clasificación
Av. Integración		
Ida	58,00	Bueno
Vuelta	73,00	Muy Bueno
Av. Circunvalación		
Ida	56,00	Bueno
Vuelta	64,00	Bueno

Fuente: Elaboración propia

Índice de Regularidad Internacional (IRI)

Los resultados finales del índice de regularidad internacional para los tramos en estudio son:

Tabla 5.2 Resumen Calificación IRI

Tramos de Evaluación	IRI "Calculado"	Clasificación
Av. Integración		
Ida	5,00	Malo
Vuelta	4,36	Regular
Av. Circunvalación		
Ida	4,78	Regular
Vuelta	4,39	Regular

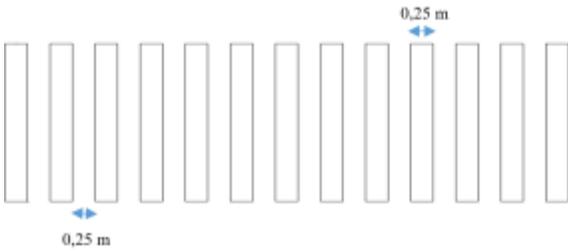
Fuente: Elaboración propia

- El estado actual del pavimento flexible por las evaluaciones superficiales que se realizó nos da un resultado Muy Bueno-Bueno necesitando un control de sus fallas y realizando un mantenimiento preventivo debido a que aún se encuentra en buenas condiciones y no requiere acciones de mantenimiento mayor.
- En el pavimento rígido se debe realizar un mantenimiento preventivo realizando un sello de juntas, el parcheo debe ser realizado un puente de adherencia con aditivos adecuados y las fisuras curadas con epóxidos esto hará una prevención que pondrá alargar unos años de vida al pavimento rígido.
- Las fallas que predominan en el tramo de la Av. Integración (pavimento flexible) es piel de cocodrilo que es una falla que vendría dado por la fatiga de la carpeta asfáltica que, encontrándose bajo acción repetida de las cargas vehiculares, otra falla que predomina es el parche que son áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado que se fue deteriorando y el intemperismo que es la disgregación de partículas pétreas ocasionado por el tránsito.
- Las fallas que predominan en el tramo de la Av. Circunvalación (pavimento rígido) son las grietas lineales (longitudinal, transversal y diagonal), causada por el agrietamiento bajo la capa de base, grieta de esquina causada por la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos y el sello de juntas que se producen por el movimiento de la losa de concreto.
- Al realizar el diagnóstico de la señalización en el tramo de la avenida Integración existente en este tramo se pudo evidenciar la falta del mantenimiento de la

señalización horizontal es por eso que se propone realizar el pintado de los símbolos en pavimento horizontal teniendo un costo total de 31749,96 bs.

- Se propone implementar señalización horizontal ocho pasos peatonales (paso de cebra) teniendo un área total de 108 m² con un costo total de 17059,70 bs en la avenida Circunvalación en las siguientes intersecciones:

Tabla 5.3 Paso Peatonal Avenida Circunvalación

Paso peatonal (Paso de cebra)	Ubicación
	Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco
	Av. Circunvalación y Av. La Paz
	Av. Circunvalación y Av. San Cristobal
	Av. Circunvalación y C/ San Antonio de Padua
	Av. Circunvalación y Av. Gran Chaco

Fuente: Elaboración propia

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir la propuesta de gestión de pavimentos urbanos ya que la falta de mantenimiento adecuado, y no respetar el peso máximo de circulación de la infraestructura vial y la mala señalización trae consigo problemas patológicos en los pavimentos y mediante un sistema de gestión de pavimentos proponer una solución factible y viable para mejorar el servicio al autotransporte liviano y pesado que circula por la ciudad.
- Elaborar la curva de deterioro del pavimento tras una evaluación superficial porque nos ayudara a analizar el estado en el que se encuentra y el tipo de mantenimiento o rehabilitación adecuada y así poder evitar serios daños al pavimento lo que significa mayor costo en cuanto a conservación se refiere.
- Realizar una limpieza y parcheo correspondiente en cada caso particular de las fallas en el pavimento flexible y pavimento rígido con un control de temperatura muy estricto para tener una adherencia adecuada.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de acuerdo al tipo de falla y severidad de la falla para mantener al pavimento rígido y pavimento flexible en buen estado y así evitar que avance el deterioro superficial y se alargue la vida útil del pavimento.
- Para la ejecución de estas obras se deben tomar en cuenta al personal más calificado, siempre a cargo de especialistas en suelos y pavimentos.
- Recomiendo realizar un mantenimiento a la señalización horizontal de la avenida integración porque no se encuentra en buenas condiciones y que deben ser atendidas para el beneficio del peatón, recomendando que su conservación debe ser realizada al menos una vez al año.