

CAPITULO I
GENERALIDADES

CAPITULO I

GENERALIDADES

1. INTRODUCCION

Desde nuestros antepasados o mejor dicho, en el principio de la existencia del ser humano, se ha tenido la necesidad de comunicarse, motivo por el cual se ha venido abriendo desde una brecha hasta las grandes autopistas de hoy en día, junto con el desarrollo de diversas técnicas y métodos para la más adecuada construcción de los caminos. Desde las construcciones a base de piedras y aglomerantes hasta hoy en día que hay métodos muy perfeccionados. Gracias a la experiencia de los años, hoy encontramos autopistas de pavimento flexible y rígido que nos proporcionan caminos seguros y consistentes.

El tramo carretero de pavimento flexible de bajo tráfico Chaguaya el Mollar fue construida hace aproximadamente unos 20 años(2003-2004), sin embargo desde su construcción hasta el día de hoy no tiene ningún tipo de rehabilitación de ahí nace la necesidad de proponer una alternativa de rehabilitación superficial ya que tiene diferentes fallas, dentro de las múltiples opciones que hay para la recuperación y rehabilitación del servicio de un pavimento asfáltico que se encuentra en un grado de deterioro progresivo por las acciones de carga, de temperatura, para la determinación que es un tramo de bajo tráfico se realizó un aforo previo con el fin de confirmar que es un tramo de bajo tráfico etc.

Por otra parte, en el tramo que se dirige al hotel los Parrales en la ciudad de Tarija mediante un aforo previo se determinó que es un tramo de bajo tráfico este tramo está constituido de un pavimento rígido, fue construido hace aproximadamente 22 años (2000-2003) sin embargo este tramo carretero de pavimento rígido presenta distintas fallas en la superficie de rodadura por lo tanto necesita una alternativa de rehabilitación de la capa de rodadura. Durante los últimos tiempos la necesidad de movilizarse por una carretera es muy importante tanto en la seguridad como el tiempo de recorrido con el vehículo ya que en un tramo asfaltado el recorrido es más rápido que en un tramo con fallas, dentro de lo que es Tarija y sus provincias es muy importante para su desarrollo económico. Después de un recorrido a grandes rasgos por los lugares se pudo observar la necesidad de una rehabilitación superficial del tramo Chaguaya el Mollar y el tramo que se dirige al Hotel los Parrales en la ciudad de Tarija ya que presenta diferentes fallas en la capa de rodadura

entre ellas piel de cocodrilo agrietamientos fisuras longitudinales, etc. De ahí nace la idea de realizar un estudio de tráfico mediante un aforo de conteo de automóviles para determinar que son una vía de bajo tráfico, la medición de las áreas afectadas por las distintas fallas piel de cocodrilo agrietamiento fisuras longitudinales fisuras transversales y otras fallas, posteriormente dar unas dos alternativas de rehabilitación y elegir la más optima y que cumpla con los aspectos técnico y económicos para los dos tramos de pavimento rígido y flexible.

El buen funcionamiento de los pavimentos de bajo tráfico es de vital importancia para la comercialización de sus productos para las personas del área rural y más que todo en el tramo Chaguaya el Mollar porque es una zona productora de leche y también de agricultura. el tramo que se dirige al hotel los parrales es un tramo donde circulan vehículos más que todo de turistas de ahí que es muy importante una rehabilitación de este tramo carretero por que como es en ingreso a un hotel es muy importante que este tramo este en buenos condiciones para dar una buena impresión a los turistas que visitan este hotel, dentro del ámbito académico este estudio nos ayuda a dar solución a un problema que es el desgaste de la capa superficial de pavimento flexible y rígido dando lugar a una rehabilitación que cumpla tanto económica como técnica y también como es.

un estudio nuevo dentro de lo que es la carrera de ingeniería civil en la mención vías esto es un gran aporte para futuras generaciones y para la universidad autónoma Juan Misael Saracho.

1.1 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El presente estudio de rehabilitación de pavimentos de bajo tráfico el tramo Chaguaya el Mollar y el tramo hacia el hotel los Parrales es muy importante ya que el pavimento presenta una serie de fallas superficiales como ser piel de cocodrilo, fisura longitudinales y transversales agrietamientos, baches Ahuellamiento, Peladura por la intemperie y desprendimiento de agregados, etc. Estas distintas fallas mencionadas anteriormente son ocasionadas por el clima, la calidad de los materiales de la capa de rodadura una mala compactación o también por las temperaturas variables en la zona más que todo en los meses de mayo junio julio y agosto ya que es ahí donde la temperatura varia en la mañana presenta temperaturas muy bajas, al medio día es bastante calor y por la tarde nuevamente

temperaturas muy bajas provocando una serie de fallas debido a la dilatación del pavimento por el cambio brusco de temperatura. Por lo tanto esto afecta bastante al paso de los vehículos porque es muy incómodo transitar por una vía que está en malas condiciones y esto da un mal aspecto para los turistas que visitan el santuario de Chaguaya y el hotel los parrales en la ciudad de Tarija y las personas de las comunidades cercanas al santuario. Luego de un estudio técnico se puede demostrar que el tramo Chaguaya el Mollar y el tramo hacia el Hotel los parrales

si necesita una rehabilitación de pavimento flexible y rígido o capa superficial ocasionando un problema en la zona esta rehabilitación que se propone es con el único fin de dar una mejor calidad a la transitabilidad de los vehículos en el tramo Chaguaya el Mollar y el tramo hacia el Hotel los Parrales.

Este estudio que lo estoy realizando lo hago con el único fin de mejorar la capa de rodadura dando una solución donde se analizará tres alternativas de rehabilitación, posteriormente de un análisis técnico económico se tomará la alternativa de rehabilitación que sea económica y resistente a los cambios climáticos y al paso de los vehículos tanto liviano como pesado. Para poder llegar a determinar que es una carretera de bajo tráfico se realizara un aforo de tráfico, posteriormente se procede a la toma de las áreas afectadas en la superficie del pavimento para hacer un estudio y determinar que el pavimento está en malas condiciones mediante el PCI. Y PSI.

una rehabilitación es mucho más económica que hacer un movimiento de toda la capa de rodadura o superficial por que al hacer un movimiento de toda la capa asfáltica sígnica montos altos de dinero (debido al uso de maquinaria pesada incluyendo volquetes para el traslado del material dando lugar a un consumo alto de combustible, tiempo y también buscar un lugar en una de las comunidades Y también buscar un lugar en la ciudad de Tarija donde se desechara el pavimento que se va demoler. En cambio, una rehabilitación es mucho más económica se necesita menos maquinaria y tiempo (como un ejemplo seria hacer un parcheo solo donde haya fallas esto no quiere decir que es la solución más optima solo es un ejemplo teórico)

Al realizar la rehabilitación superficial de la capa de rodadura en el aspecto social se podrá dar contento tanto a las dos comunidades que une esta carretera de bajo tráfico que son Chaguaya el Mollar, también se dará contento al barrio Aranjuez donde se encuentra el

tramo hacia el Hotel los Parrales donde se dará un mejor aspecto y transitabilidad para los turistas siendo los pobladores que habitan estos lugares los beneficiados para transportar y poder comercializar sus productos de agricultura, lácteos y también el turismo tanto del santuario de Chaguaya como también el hotel los parrales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Situación problemática

Después de un recorrido por el tramo Chaguaya el Mollar y el tramo hacia el hotel los Parrales se observa que la situación es muy desfavorable para las familias que habitan en la zona por que el tema de tener una carretera en mal estado provoca problemas económicos para la comercialización de sus productos y un mal aspecto para los turistas ya que es por la carretera Chaguaya el Mollar por donde se transita los productos a la capital Tarijeña.

También en el tramo hacia el hotel los parrales transitan los turistas para alojarse en dicho hotel, tan solo ver que el tramo de pavimento rígido está en mal estado genera pérdida de economía para el hotel los Parrales.

Desde otro punto de vista también al estar en mal estado la capa superficial provoca daños a los vehículos que transitan por la zona y esto es un problema para los agricultores y turistas que se dirigen al santuario de Chaguaya y al hotel los parrales.

Haciendo un análisis técnico se puede observar en la capa de rodadura del pavimento de bajo tráfico que tiene distintas fallas en su estructura superficial como ser piel de cocodrilo agrietamiento fisurar horizontales fisuras verticales hundimientos baches, etc. Esto es ocasionado por los factores climáticos los cambios bruscos de temperatura y por el tráfico pesado ya que a pocos metros de la carretera se encuentra el río Camacho y es de ahí donde se extraen áridos para comercializar.

hablando un tanto sobre el tramo ingreso al hotel los parrales se observa que está en mal estado presentando distintas fallas superficiales esto también por factores climáticos, una mala dosificación del hormigón o también puede ser causado debido a la humedad y al espesor de la capa de rodadura.

Haciendo un énfasis a todo lo comentado en los anteriores párrafos la carretera tanto del pavimento rígido y flexible se encuentra en un mal estado siendo un problema para el

desarrollo económico de estas dos comunidades que son Chaguaya el Mollar (también afecta a las comunidades de sus alrededores) y el hotel los parrales y barrios cercanos.

1.2.1 Problema

¿Se podrá encontrar alternativas de rehabilitación para la carretera de bajo tráfico Chaguaya el Mollar, tramo hacia el hotel los parrales?

1.3 HIPOTESIS

Si una vez realizado un análisis técnico comparativo entre dos posibles alternativas de rehabilitación de la capa superficial del pavimento flexible y rígido de bajo tráfico, entonces se podrá dar una solución de la rehabilitación del tramo Chaguaya el Mollar y el tramo hacia el hotel los Parrales.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Realizar el análisis de alternativas de rehabilitación en vías de bajo tráfico aplicado al pavimento flexible en el tramo de Chaguaya el Mollar, aplicado al pavimento rígido en el tramo de ingreso al hotel los parrales.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los aspectos teóricos de rehabilitación de pavimento flexible y rígido de bajo tráfico
- Determinar las características superficiales del pavimento flexible y rígido de bajo tráfico tramo Chaguaya el Mollar y tramo hacia el hotel los parrales.
- Evaluar el tráfico del tramo Chaguaya el Mollar y tramo hacia el hotel los parrales para confirmar que es una vía de bajo tráfico.
- Determinar alternativas de rehabilitación de la vía de bajo tráfico en el tramo de estudio Chaguaya el Mollar y tramo hacia el hotel los parrales.
- Realizar un análisis de resultados y comparar las diferentes alternativas de rehabilitación.

- Establecer un análisis de rehabilitación de pavimentos de bajo tráfico Chaguaya el Mollar y el tramo hacia el hotel los parrales.

1.5 VARIABLES

Se identifica dos tipos de variables

1.5.1 Variable dependiente

Pavimento rígido y flexible

1.5.2 Variable independiente

Rehabilitación del pavimento rígido y flexible de bajo tráfico.

Es de ahí que nace la necesidad de una rehabilitación para estos tramos de pavimento flexible y rígido.

Tabla 1 Variables

Variables	Concepto	Utilidad	Medicion	Unidad
Pavimento rígido y flexible	El pavimento flexible no es mas que una conformacion de barias capas base subbase y capa de rodadura de cemento asphaltico, el pavimento rigido esta conformado por dos capas la capa base y la capa de rodadura de hormigon	Evaluacion del estado del pavimento	Se medira en m2, m lineal, kg/cm2	m2, m lineal, kg/cm2
Rehabilitacion del pavimento rígido y flexible de bajo trafico	Eta enfocada para prestar una solucion rapida,economica y sostenible con el medio ambiente y con la sociedad en el mejoramiento vial en pavimentos rigido y flexible	Si los pavimentos estan en mal estado entonces se dara solucion con la rehabilitacion sobre el pavimento rigido y flexible	se medira en m2, m lineal y en funcion al area afectada	m2, m3

Fuente: Elaboración propia

1.6 ALCANCE

El estudio de la rehabilitación de la vía de bajo tráfico en el tramo Chaguaya el Mollar que se encuentra ubicado en el departamento de Tarija provincia Arce municipio de Padcaya, este tramo es de suma importancia para el desarrollo económico social de la comunidad de Chaguaya el Mollar ya que es por el dicho tramo donde los transeúntes se transportan para comercializar sus productos también para la visita de turistas al santuario de Chaguaya en cualquier época del año o en fechas específicas que sería del 15 de agosto al 15 de septiembre, por otra parte no solo es el ingreso por el tramo Chaguaya el Mollar sino que también se puede ingresar por la carretera que va desde Padcaya, por otra parte, el tramo de pavimento rígido de la entrada hacia el hotel los parrales se encuentra en mal estado y esto afecta el desarrollo económico del hotel y una dificultad para transitar los vehículos de los turistas.

En el tramo Chaguaya el Mollar el 96% de todo el año es una vía de bajo tráfico, el 4% de todo el año se podría decir que sobrepasa el tráfico con más de 50 vehículos por día sería alrededor de 10 días al año. Por lo que predomina el tiempo que pasan menos de 50 vehículos al día de ahí que se caracteriza por ser una carretera de bajo tráfico de ahí nace la idea de realizar un estudio de rehabilitación de la capa de rodadura ya que se encuentra en mal estado.

El tramo de entra hacia el hotel los parrales si es de bajo tráfico ya que es una zona alejada del centro de la ciudad de Tarija.

El tramo consta de un pavimento flexible con una longitud de 4 kilómetros donde presenta fallas superficiales como ser piel de cocodrilo, fisura longitudinales y transversales agrietamientos, baches Ahuellamiento, Peladura por la intemperie y desprendimiento de agregados, etc.

Dentro de lo que es el tramo entrada hacia el hotel los parrales tiene una longitud de 1 kilómetro, de igual modo se encuentran en mal estado con distintas fallas superficiales como ser piel de cocodrilo agrietamientos fisuras, etc.

Se procederá a investigar las tres posibles alternativas de rehabilitación de la capa superficial de bajo tráfico del pavimento rígido y flexible, esto se buscará en la bibliografía.

la intención es hacer una evaluación superficial del cómo se encuentra los tramos carreteros para esto es necesario hacer un recorrido del todo el tramo en estudio hacer un levantamiento de las áreas en falla. Para determinar el tráfico que circula en la zona en necesario hacer un aforo para estar dentro de un margen que circulan menos de 50 vehículos al día y poder dar tres alternativas de rehabilitación y poder elegir una alternativa que cumpla con las especificaciones técnicas y económica del tramo Chaguaya el Mollar y también para el tramo entrada hacia el hotel los parrales para una mejor transitabilidad de los pobladores.

Después de un análisis de resultados y elegir la alternativa más factible dar una recomendación del cómo se va a proceder con la rehabilitación y recomendar de cómo se debe aplicar la rehabilitación desde el punto de vista técnico y climático en la zona del tramo carretero el Chaguaya el Mollar y entrada hacia el hotel los parrales en que época se debería empezar con la rehabilitación.

Los comunarios de las dos comunidades Chaguaya y el Mollar y los dueños del hotel los parrales se sentirían muy contentos con el estudio de los tramos ya que hoy en día es importante el movilizarse de un lugar hacia otro en estas zonas ya que son turísticas, el santuario de Chaguaya también es una zona productora de leche y también se extrae materiales granulares del río Camacho de ahí que es muy importante para el desarrollo económico de las dos comunidades.

CAPITULO II
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS

2 DEFINICIÓN

La palabra pavimento proviene del latín *pavimentum*, el pavimento es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural. En ingeniería civil, se considera como pavimento a la capa de materiales que se colocan sobre el terreno natural, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Dicho en otras palabras, el pavimento se conforma por una cantidad definida de capas que se encuentran superpuestas horizontalmente, gracias a los estudios que se deben aplicar con anterioridad en un terreno, se diseñan adecuadamente y estas, están constituidas por materiales tales como: cemento portland, piedra, cenizas, arena, componentes permeables, entre otros.

2.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

Se entenderá por pavimento flexible aquel que está compuesto por una capa o carpeta asfáltica es decir el pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo, y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta, pero lo bastante plástica para absorber grandes golpes y soportar un elevado volumen de tránsito pesado.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica y además de la base, subbase y terracería.

Figura 1 Corte transversal de un pavimento flexible



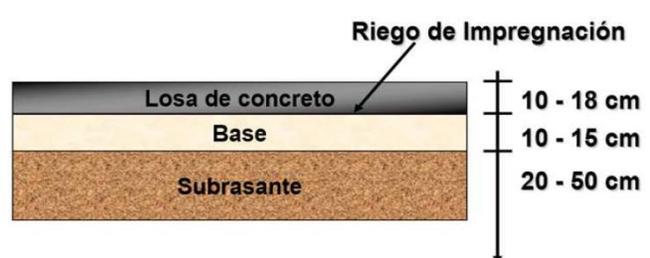
Fuente: ICI-pavimentos

2.2 PAVIMENTO RÍGIDO

Estos se construyen con una mezcla de cemento Pórtland, agregado grueso y fino. El espesor del pavimento puede variar de 15 a 45 cm, dependiendo del volumen de tránsito que deba soportar, y a veces se utiliza un refuerzo de acero para evitar la formación de grietas. Bajo el pavimento se emplea arena o grava fina como base para reforzarlo. El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años, el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona 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 aún cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por tanto el apoyo de las capas subyacentes, ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Figura 2 Corte transversal de un pavimento rígido



Fuente: ICI-pavimentos

2.3 CONFORMACIÓN DE UNA CARRETERA DE PAVIMENTO

FLEXIBLE

Está conformada por una subrasante, subbase, base y una capa de rodadura o pavimento

2.3.1 Subrasante

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción). Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste. Apropiadamente se debe encontrar compactado y perfilado, se considera la mayoría de las veces que sea suelo natural, cuando este presenta cualidades deficientes es necesario aplicarle materiales de preferencia granulares para su correcto uso. A la subrasante se le conoce como el suelo de cimentación del pavimento.

2.3.2 Subbase

Principalmente se usa para distribuir y transmitir uniformemente las cargas aplicadas a la superficie. Esta debe cumplir una función adicional, es controlar las variaciones de elasticidad y en algunos casos del volumen que proporcionan deterioro para el pavimento. Otra función de vital importancia consiste en su capa, que funciona como controlador de

ascensión capilar¹ y drenaje de agua, creando de esa forma una protección adicional al pavimento, en gran medida para lograr esto se deben usar materiales granulares.

Es recomendable que la subbase o la subrasante estén hechas bajo estándares de calidad óptimos para evitar al máximo la cantidad de fallas en el pavimento.

2.3.3 Base

Aquella que aporta como función una resistencia óptima para dirigir hacia la subrasante y subbase la fuerza generada por el paso vehicular. Comúnmente la base trabaja además de soportar cargas, proporciona drenaje al igual que la subbase. Primordialmente el material que lo integra debe de proveer microespacios en su superficie, de igual forma debe generar un alto grado de fricción.

2.3.4 Pavimento o capa de rodadura

del latín *pavimentum*, el pavimento es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural. En ingeniería civil, se considera como pavimento a la capa de materiales que se colocan sobre el terreno natural, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos.

Se estableció como nombre para la última capa por la cual se conforma el pavimento, sobre ella es donde transitan los vehículos a lo largo del periodo de servicio. Esto implica que, su resistencia debe ser mayor a medida que el tránsito vehicular aumente, puesto que el desgaste producido por esta actividad se incrementa, de igual forma afecta el factor climático que en gran medida genera una erosión mayor. La impermeabilización de la superficie es otra característica importante, puesto que gracias a ella la estructura del pavimento mantiene considerablemente un alto grado de protección. Las cualidades que deben primar en la capa de rodadura son, rugosidad para que sea segura y comodidad para que se mantenga cómoda.

2.4 CARRETERA

es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. La red vial colombiana está clasificada en tres tipos

de vías, según sus características, dentro de las cuales se encuentran la red primaria, red secundaria y red terciaria.

2.4.1 Carreteras primarias

Este tipo de carreteras pueden ser calzadas divididas según las exigencias propias de cada proyecto. Deben funcionar pavimentadas.

2.4.2 Carreteras secundarias

Vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que vienen desde una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria. Pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

2.4.3 Carreteras terciarias

Vías que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Deben funcionar en afirmado.

Si se pavimentan deben cumplir a las condiciones geométricas fijadas para las vías secundarias.

2.5 FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA CAPA

DE RODADURA

Estos daños afectan de diferente manera la condición y el comportamiento del pavimento. Algunos afectan las características superficiales (condiciones operativas) del pavimento, reduciendo su serviciabilidad; suele referirse a estos como defectos de superficie o daños funcionales, por cuanto no afectan la capacidad estructural del pavimento. En contraposición, otros afectan la integridad del pavimento reduciendo su habilidad para soportar las cargas del tránsito; se denominan daños estructurales y si bien afectan en grado diverso la serviciabilidad presente del pavimento, conducen más rápidamente a una pérdida de esta a mediano plazo. Un mismo daño puede ser asociado a una u otra categoría, atendiendo al mecanismo específico que la origina. Por su importancia, al describir cada

uno de los daños y sus posibles causas, se incluyen también los elementos de juicio necesarios para su correcta valoración.

Se presentan en esta sección las fallas típicas que ocurren en los pavimentos flexibles durante el proceso gradual de deterioro de los mismos. Para ordenar su exposición se han agrupado en 4 modalidades de falla o rotura.

2.5.1 Ahuellamiento

Depresión longitudinal continúa a lo largo de las huellas de canalización del tránsito. Se entiende por Ahuellamiento cuando la longitud afectada es mayor de 6m. Las repeticiones de las cargas conducen a una acumulación de las deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o su fundación. Las repeticiones de las cargas del tránsito originan Ahuellamiento como consecuencia de alguno de los factores siguientes Insuficiente estabilidad de las mezclas asfálticas por inadecuada compactación o deficiente dosificación, Exagerado incremento en las cargas del tránsito.

Figura 3 Ahuellamiento en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

El ahuellamiento se mide en metros cuadrados multiplicando su longitud por el ancho afectado por la huella. Se registran separadamente, según su severidad, las áreas totales medidas en la muestra o sección.

2.5.1.1 Nivel de severidad

La severidad del Ahuellamiento a determinar en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 1.20 m de longitud, colocada transversalmente al eje de la

calzada; la medición se efectúa donde la profundidad es mayor, promediando los valores determinados a intervalos de 6m, a lo largo de la misma. Se identifican tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) según la siguiente guía:

- B La profundidad promedio es de 6mm a 13 mm.
- M La profundidad promedio es de 13 mm a 25 mm.
- A La profundidad promedio es mayor de 25 mm.

2.5.2 Hundimiento

Depresión o descenso de la superficie original del pavimento en un área localizada del mismo. Pueden ocurrir en los bordes o internamente en la calzada. En muchos casos las depresiones son difíciles de detectar, sino es durante luego de una lluvia, por la acumulación de agua o vestigios de humedad. Las siguientes causas originan diversas formas de hundimiento.

Asentamiento o consolidación de estratos comprensibles de la fundación. Deficientes prácticas de construcción (deficiente nivelación o heterogeneidades constructivas de bases y subbases), Pérdida de estabilidad por incremento de humedad en capas de pavimento

Figura 4 Hundimiento en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente, según su severidad, las áreas totales afectada en la muestra o sección del pavimento.

2.5.2.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) según la siguiente guía:

- B El hundimiento provoca un leve balanceo en el vehículo. La profundidad máxima del área deprimida (cuando puede ser medida) se encuentra entre 13 mm a 25 mm.
- M El hundimiento provoca un molesto balanceo, pero es tolerable la profundidad máxima del área deprimida (cuando puede ser medida) se encuentra entre 25 mm
- A La comodidad de manejo es afectada seriamente por el hundimiento, que provoca movimientos molestos y hasta peligrosos, en el vehículo. La profundidad máxima del área deprimida es mayor de 50 mm.

2.5.3 Corrugación

Movimiento plástico caracterizado por la ondulación de la superficie del pavimento, formando crestas y valles que se suceden próximas unas de otras perpendicularmente a la dirección del tráfico. La separación entre crestas es menor de 3m, encontrándose por lo general en un rango de 0.60 a 0.90m. son ocasionadas por altas temperaturas de servicio (reducen estabilidad de las mezclas); Defectos constructivos: Contaminación de las mezclas asfálticas, sobredosificación del ligante, falta de aireación de mezclas

Figura 5 Corrugación en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

La ondulación se mide en metros cuadrados, registrando separadamente de acuerdo a su severidad el área total afectada en la muestra o sección de pavimento.

2.5.3.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) en base de una evaluación cualitativa de su efecto en la comodidad de manejo. Cuando el daño se manifiesta en forma

muy localizada deberá recurrirse a una apreciación visual, correlacionándola con su probable efecto en la calidad de conducción; la siguiente sirve de referencia:

- B) El corrimiento es perceptible y causa cierta vibración en el vehículo sin llegar a general incomodidad.
- M) El corrimiento causa una significativa vibración o balanceo al vehículo, que genera cierta incomodidad
- A) El corrimiento causa al vehículo un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una apreciable reducción de la velocidad.

2.5.4 Hinchamiento

Abultamiento o acenso vertical de la superficie del pavimento, puede ocurrir en forma de onda abrupta y pronunciada sobre una pequeña área, o por el contrario en forma de una onda gradual, de más de 3 m de longitud, que distorsiona el perfil de la vía. En ambos casos puede ser acompañado de agrietamientos. Son ocasionadas por cambio volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas; Deficiente tratamiento de suelos arcilloso, potencialmente expansivos, durante la construcción y compactación de terraplenes y fundaciones; Contaminación de los materiales que conforman las capas del pavimento y/o la fundación con materia orgánica.

En razón de las condiciones climáticas del país (ausencia de fenómenos de congelamiento) el origen de estos daños se reduce exclusivamente a proceso de expansión, como consecuencia de un cambio volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas, el deficiente tratamiento de suelos arcilloso, potencialmente expansivos, durante la construcción y compactación de terraplenes.

En razón de las condiciones climáticas del país (ausencia de fenómenos de congelamiento) el origen de estos daños se reduce exclusivamente a proceso de expansión, como consecuencia de:

- Cambios volumétricos en fundaciones arcillosas altamente expansivas
- Deficiente tratamiento de suelos arcilloso, potencialmente expansivos, durante la construcción y compactación de terraplenes y fundaciones;

- Contaminación de los materiales que conforman las capas del pavimento y/o la fundación con materia orgánica.

Figura 6 Hinchamiento en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

El hinchamiento se mide en metros cuadrados de superficie afectada registrando separadamente según su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.

2.5.4.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) en base a una evaluación cualitativa de su defecto en la comodidad de manejo. Cuando el daño se manifiesta en forma muy localizada deberá recurrirse a una apreciación visual, correlacionándola con s

- B) Baja incidencia en la comodidad del manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio. Pequeña distorsión del perfil longitudinal.
- M) Moderada incidencia en la comodidad de manejo; genera discomfort y obliga la velocidad de operación promedio.
- A) Alta incidencia en la comodidad de manejo al punto que condiciona la velocidad promedio de operación y producen una severa incomodidad, con peligro para la circulación, u probable efecto en la calidad de la conducción.

2.5.5 Fisura longitudinal

Fracturamiento que se extiende a través de la superficie del pavimento paralelamente al eje de la calzada. Pueden localizarse en las huellas de canalización del tránsito, próximos a los bordes en el eje o en correspondencia con los anchos de distribución de las mezclas asfálticas. Son ocasionadas por fatiga de la mezcla asfáltica sometida a repeticiones de

carga que provocan deflexiones recuperables importantes (pavimento débil): ocurren en las huellas de canalización del tránsito; deficiente proceso constructivo de las juntas longitudinales durante la colocación de la mezcla asfáltica: ocurren típicamente en el eje de la vía y/o en coincidencia con los carriles de distribución.

Figura 7 Fisuras longitudinales en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales.

2.5.5.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) en base al ancho o abertura promedio y el grado de multiplicidad o ramificación con que se desarrollan en el pavimento.

- B Existen algunas condiciones siguientes: Fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 5mm; no hay signos de Descaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes.
- M Existe alguna de las condiciones siguientes: Fisura sin sellar, de ancho promedio mayor de 5mm; no hay signos de descaramiento o este muy leve. Fisura sellada de cualquier ancho material.
- A Existe algunas de las condiciones siguientes: Fisura de bordes severamente desportillados o descascarados. Fisura múltiple, ramificada o acompañada de fisuras paralelas de severidad media a alta.

2.5.6 Fisura transversal

Fracturamiento rectilíneo que se extiende a través de la superficie del pavimento perpendicularmente al eje de la calzada. Puede afectar todo el carril o ancho de calzada como limitarse a los 0.60m próximos al borde. A veces las fisuras transversales se distribuyen a intervalos más o menos regulares, con espaciamiento variables entre 5 y 20m. son ocasionadas por insuficiente espesor del pavimento frente a las cargas del tránsito (infradiseño estructural); Apertura de juntas de construcción defectuosamente ejecutadas; Contracción por desecación de los terraplenes o asentamiento de esto y/o su fundación.

También debido a un mal curado y a una mala dosificación durante la mezcla del asfalto.

Figura 8 Fisuras transversales en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

Las fisuras transversales se miden en metros lineales.

2.5.6.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) en base al ancho o abertura promedio y el grado de multiplicidad o ramificación con que se desarrollan en el pavimento.

- B fisura simple, sin sellar, de ancho promedio inferior a 5mm; no hay signos de descascaramiento ni desnivel alrededor de sus bordes.

- M fisura sin sellar, de ancho promedio mayor de 5mm; no hay signos de descaramiento o este muy leve. Fisura sellada de cualquier ancho material de sello en condición insatisfactoria (permite ingreso del agua).
- M fisura sin sellar, de ancho promedio mayor de 5mm; no hay signos de descaramiento o este muy leve. Fisura sellada de cualquier ancho material de sello en condición insatisfactoria (permite ingreso del agua).

2.5.7 Fisuras tipo piel de cocodrilo

Serie fisuras interconectadas entre sí, formando en la superficie del pavimento pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos y dimensión mayor normalmente inferior de 0.30 m. Fenómeno asociado a las repeticiones de carga (fatiga), estas fisuras ocurren solo en áreas expuesta a las sollicitaciones del tránsito (principalmente huellas de canalización); por ende raramente cubren todo el área del pavimento.

Las causas pueden ser. Insuficiencia de los espesores y resistencia del pavimento frente a las repeticiones de carga (infradiseño estructural); Pavimentos altamente deformables o resilientes (deflexiones recuperables importantes bajos radios de curvatura).

Figura 9 Piel de cocodrilo en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

Las fisuras piel de cocodrilo se miden en metros cuadrados de superficie afectada.

2.5.7.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, moderado y alto) en función del grado de

desarrollo del año, de acuerdo al clima y también a la infiltración del agua ya que si llega agua a la capa base esto se clasifica en:

- B Fisuras muy finas, menores de 1.5mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan desportillamiento.
- M Fisuras muy finas a moderadas, de ancho menor de 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños, y angulosos, que pueden presentar un moderado desportillamiento en correspondencia con las intersecciones.
- A La red de fisura ha progresado de manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con desportillamiento de severidad moderada a alta a los largos de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimiento al ser sometidas al tráfico, y/o pueden haber sido removidos por el mismo.

2.5.8 Desprendimiento/descubrimiento de agregados

Desgaste gradual de la superficie de rodamiento como consecuencia de la disgregación y desprendimiento del material fino que la conforma, o de la separación y pérdida del matic (ligante + fino) alrededor de la matriz de agregados, dejando a esta cada vez más expuesta a la acción abrasiva del tránsito y del clima.

Son defectos de superficie asociadas en general a una pérdida de las propiedades ligantes del asfalto como consecuencia de:

Excesivo endurecimiento del bitumen debido a un inapropiado manipuleo (sobre calentamiento) durante la elaboración de la mezcla asfáltica o su puesta en obra (riegos);
Insuficiente dotación del material bituminoso o inadecuada gradación de los agregados pétreos.

Figura 10 Desprendimiento de agregados en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

este tipo de falla se mide en metros cuadrados.

2.5.8.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) de acuerdo con la siguiente guía:

- B Hay signos de que el agregado pétreo y/o mastic bituminoso han comenzado a desprenderse. La superficie aun cuando evidencia cierto desgaste se mantiene firme y bien ligada. No hay excesiva proyección del agregado en la superficie (tratamiento asfáltico).
- M el desprendimiento de material fino y/o mastic bituminoso es significativo, dejando expuesto al agregado grueso.
- La superficie del pavimento presenta una textura abierta y rugosa; suelen existir partículas sueltas o fácilmente disgregables. Excesiva proyección del agregado en la superficie (tratamientos asfálticos).

Se presenta un desprendimiento significativo de material fino y mastic bituminoso de modo que el agregado grueso queda expuesto y la textura.

- A El desprendimiento del agregado es extensivo e incluye la remoción del material grueso. La superficie del pavimento resulta muy irregular por la gran exposición del agregado grueso y la existencia de frecuentes “peladuras” o pequeñas cavidades distribuidas erráticamente (alto nivel de rugosidad y ruido).

2.5.9 Peladuras

Desprendimiento de pequeñas placas o porciones del material que conforme la superficie de rodamiento, originando pequeños hoyos o cavidades en el pavimento, no relacionados con agrietamientos ni otros efectos estructurales. Normalmente estas cavidades no sobrepasan los 15 a 20 mm de profundidad, y su diámetro es menor de 15 cm. Cuando alcanzan mayores dimensiones (extensión y/o Profundidad) se identifican como “baches”, Son ocasionadas por. Deficiente adherencia del revestimiento a la capa subyacente (falta de riego de liga o deficiente imprimación); Contaminación de los agregados pétreos durante la construcción de tratamientos asfálticos.

Corresponde a desprendimientos de secciones pequeñas de material que conforma la capa de rodadura; dando como resultado pequeños hoyos o cavidades en el pavimento, pero sin comprometer la estructura o relacionarse con agrietamientos. Generalmente, la profundidad de las cavidades es menores a 15 mm, y su diámetro es menor a 15 cm.

Estas medidas son mayores, el deterioro se define como “baches” Su mantenimiento es de acuerdo a la densidad del mismo, esta puede ser local o general para el primer caso no hay ninguna acción o se puede hacer un bacheo parcial.

Figura 11 Peladuras en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

Las peladuras se miden en metros cuadrados de superficie de pavimento afectada.

2.5.9.1 Nivel de severidad

No se definen niveles de severidad. Es suficiente indicar que existen peladuras y establecer la densidad o frecuencia (medición) con que ocurren.

2.5.10 Baches

Descomposición o desintegración total de la superficie del pavimento y su remoción en una cierta extensión, usualmente menor de 0.9m de diámetro, formando un hoyo o cavidad redondeada, de bordes netos y lados verticales en su parte superior.

Esto es debido a: Fundaciones y/o capas estructurales, particularmente bases de pavimentos, débiles e inestables; Espesores del pavimento insuficientes (infra diseño estructural frente al tráfico real); Retención e infiltración de agua en áreas deprimidas (hundimientos) o agrietadas del pavimento.

También se podría decir que son desprendimientos causados por el clima lluvia frio o calor y por el brusco cambio de clima de frio a calor o viceversa.

Figura 12 Baches en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

Normalmente se cuenta el número de baches con niveles de severidad bajo medio y alto, que ocurren en la sección de pavimento inspeccionada.

2.5.10.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto) en función del área y profundidad del bache.

2.5.11 Bacheos/reparaciones

Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado parcial o totalmente con materiales similares a los originales o eventualmente diferente, con el propósito de reparar el pavimento existente.

Las siguientes causas lugar a bacheos y reparaciones en el pavimento: Reparación de daños que han alcanzado niveles de severidad inaceptables; Reparación de servicios públicos localizados bajo el pavimento; Corrección de reparaciones defectuosa. Esto sucede en ciertos tramos del pavimento ya sea rígido o flexible esto es por la infiltración del agua hacia la capa base.

Figura 13 Bacheos en un pavimento



Fuente: Fallas en pavimentos

Se miden en metros cuadrados de superficie afectada, midiendo y registrando separadamente estas, de acuerdo al nivel de severidad correspondiente.

2.5.11.1 Nivel de severidad

Se definen tres niveles de severidad (bajo, medio y alto), de acuerdo a la siguiente guía:

- B El área reparada se comporta satisfactoriamente con muy poco o ningún deterioro.
- M El área reparada se encuentra algo deteriorada; los daños observados en su superficie son de nivel de severidad baja o media.
- A El área reparada se encuentra severamente dañada y requiere reemplazo a muy corto plazo (condición de falla).

2.6 METODOS DE EVALUACION SUPERFICIAL

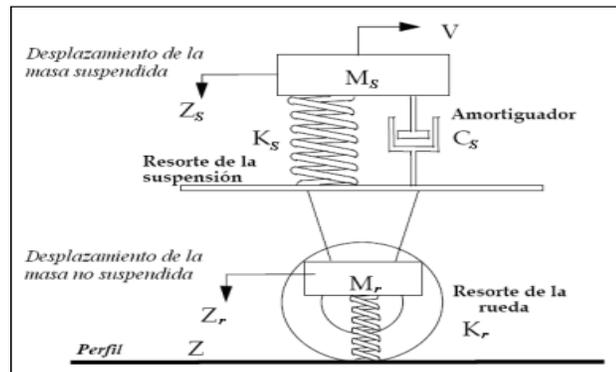
Evaluar la superficie de un pavimento implica realizar la verificación y mediciones necesarias de los defectos identificados en la superficie de rodadura del pavimento a fin de determinar condiciones funcionales y estructurales; durante este proceso de evaluación de la superficie del pavimento es importante identificar también las causas que derivaron los defectos identificados, que puede ser múltiples pero técnicamente se tiene identificadas a determinados factores que afecta funcional y estructuralmente a un pavimento, entre ellos tenemos a las cargas impuestas por el tráfico; clima, procesos constructivos, características de los materiales componentes de las diferentes capas del pavimento, la presencia de estos factores se pueden dar de manera aislada o en conjunto afectando en mayor grado si actúan simultáneamente.

2.6.1 Método de evaluación IRI.

El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático. El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI, y el más importante de todos, consiste en medir las cotas o elevaciones de terreno que permiten representar el perfil real de camino. Esto significa que el IRI es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil, y dependerá únicamente de la calidad del perfil longitudinal. Estos datos son sometidos a un primer filtro, en el cual se realiza un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas para poder generar un nuevo perfil posible de ser analizado desde el punto de vista de las irregularidades que se pudieran observar. Las razones para aplicar este primer filtro se fundamentan en las siguientes razones.

El modelo de simulación consta de una masa “amortiguada o suspendida” (masa de un

figura 14 Modelo de cuarto de carro



Fuente: Gia articulo IRI

cuarto de carro ideal) conectada a una masa “no amortiguada” (eje y neumático), a través de un resorte y un amortiguador lineal (suspensión), y por último el neumático es representado por otro resorte lineal.

El modelo de cuarto de carro emplea los parámetros de lo que se ha denominado como el Carro de Oro, los cuales se muestran a continuación:

$$K_2 = \frac{K_s}{M_s} = 63,3 \quad K_1 = \frac{K_r}{M_s} = 653 \quad C = \frac{C_s}{M_s} = 6 \quad \mu = \frac{M_r}{M_s} = 0,15$$

Donde:

K_s = Constante del resorte de la suspensión

K_r = Constante del resorte de la rueda

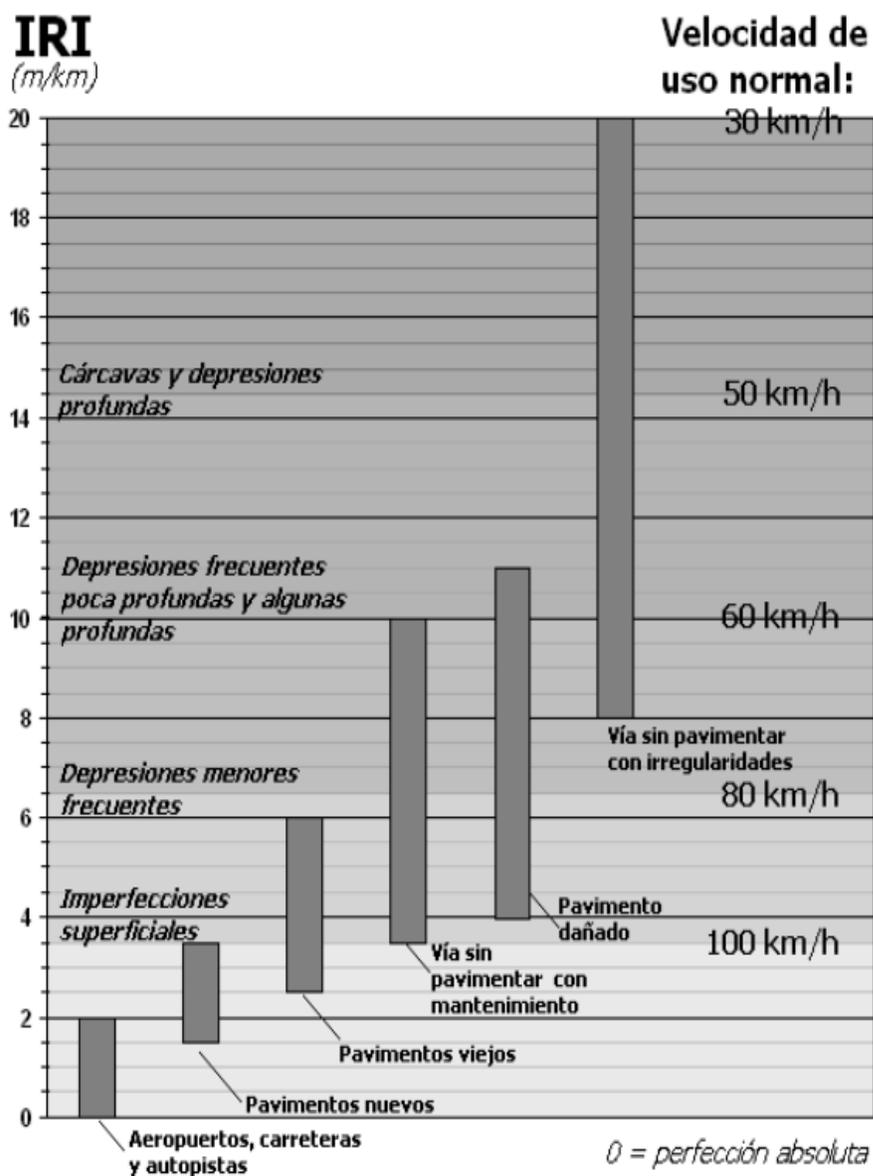
M_s = Masa suspendida

M_r = Masa no suspendida

C_s = Amortiguador

Las ecuaciones dinámicas presentes en el modelo, forman un sistema de ecuaciones que utilizan como dato de entrada el perfil de la carretera (en la parte inferior del “resorte del neumático”). El movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida se calcula y acumula. El valor en m/km (metros acumulados por kilómetro viajado) es la medida final de la regularidad del camino. Una consideración importante que debe considerarse en el método de cálculo de IRI es que se deben estimar valores iniciales entre la respuesta de transición y la respuesta inducida por el perfil. Los efectos de esta inicialización disminuyen conforme la simulación del cuarto de carro cubre una mayor distancia del perfil.

Figura 15 Escala por banco mundial para la cuantificación del IRI



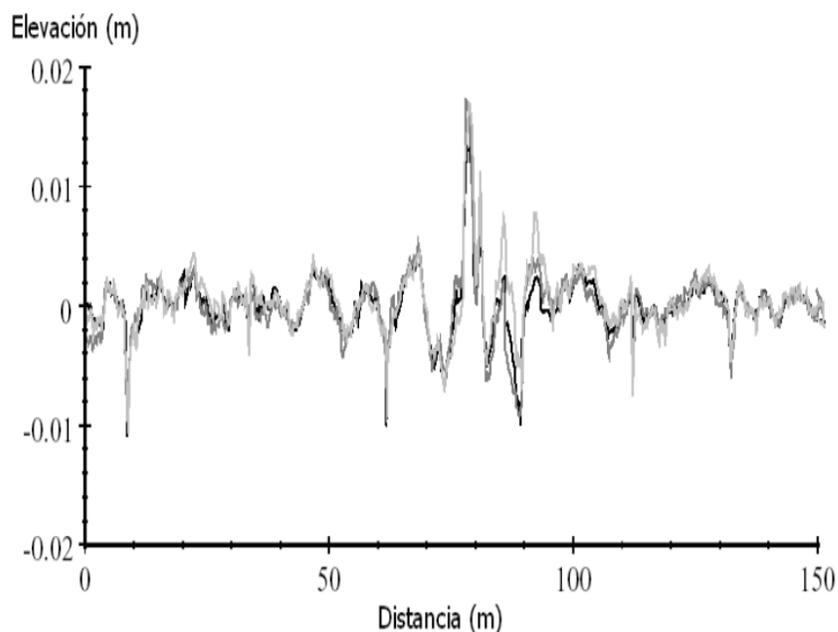
Fuente: Gia artículo IRI

Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías.

2.6.1.1 Variaciones aparentes de perfiles longitudinales utilizando diferentes equipos

Una vez que se cuenta con el perfil longitudinal, este es sometido al primer filtro, que consiste en una serie de adecuaciones matemáticas y análisis estadístico (media móvil), para generar un nuevo perfil suavizado de las irregularidades. Como se muestra, los perfiles anteriores después de la aplicación del primer filtro muestran básicamente el mismo patrón.

Figura 16 Perfiles después del filtrado



Fuente: Gia artículo IRI

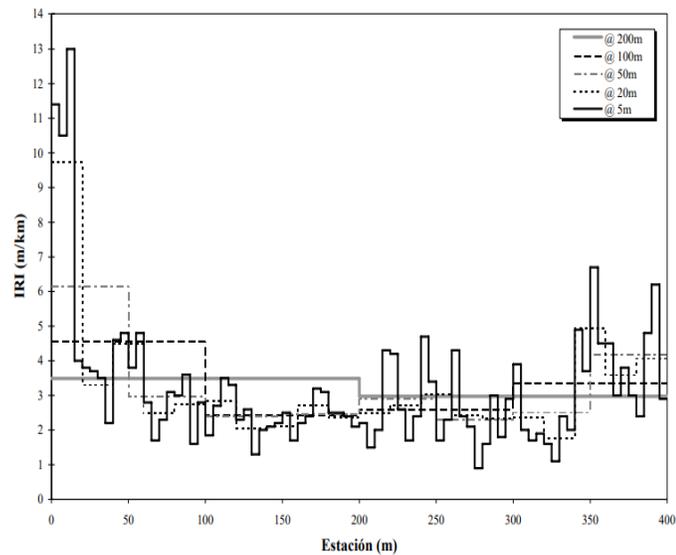
Los mismos perfiles de la figura anterior después del filtrado finalmente a este perfil suavizado se le aplica el segundo filtro de la simulación del cuarto de carro, RQCS, a una velocidad de 80 km/h y se le determina finalmente el IRI.

2.6.1.2 Variación del IRI según la longitud de evaluación

El IRI puede ser calculado sobre cualquier longitud de camino; sin embargo, los usuarios deben entender que el cálculo del IRI depende altamente sobre qué longitud es acumulado. Es fundamental entender la relación que existe entre la variación de regularidad a lo largo

del camino y el largo del camino sobre el cual la regularidad es promediada. De esta forma, aunque la bibliografía casi siempre habla solamente del valor del IRI de una carretera, es conocido que para ser precisos se debe añadir cada qué longitud se determina dicho valor, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios o puntuales que se obtienen. Habitualmente el valor unitario más utilizado es cada 0.25 m y el valor global de referencia puede variar dependiendo de cada país o agencia que administra los pavimentos.

Figura 17 Variación en el valor del IRI



Fuente: Gia artículo IRI

2.6.1.3 Variación en el valor del IRI según la longitud de evaluación

Como se puede observar en la Figura las variaciones en la longitud del intervalo de medición del IRI, tiene incidencia directa en los resultados, de forma tal que los valores se suavizan como consecuencia del efecto de promediar. Lo cual es bastante evidente, al observar los primeros 200 m del tramo, en el cual se dan valores de IRI mayores a 10 y valores de IRI inferiores a 2, cuando el intervalo de evaluación es igual a 5 m. Por su parte al calcular el valor del IRI en una longitud de evaluación de 200 m, el efecto de promediar los valores dentro de este tramo muestra un valor de IRI igual a 3.5, lo cual puede resultar en la obtención inadecuada de valores. En vista de la importancia que tiene la longitud para la determinación del IRI, es necesario establecer un intervalo de longitud, ya que

intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos, e IRI satisfactorios en algunos casos.

obteniendo de una manera engañosa valores de IRI satisfactorios. Por otra parte, la utilización de intervalos de longitud menores para la determinación del IRI puede detectar niveles altos de irregularidad, contribuyendo a obtener pavimentos con mejores niveles de seguridad y confort.

En vista de la importancia que tiene la longitud para la determinación del IRI, es necesario establecer un intervalo de longitud, ya que intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos, obteniendo de una manera engañosa.

2.6.1.4 Efecto de singularidades en la medición y cálculo del IRI

El correcto acabado de los pavimentos es de gran importancia para la comodidad, seguridad y costos de operación de los usuarios de los caminos, factor que además de tener una gran influencia en la duración de éstos, repercute en los costos del mantenimiento vial.

Debido a que el IRI involucra la diferencia entre el perfil longitudinal teórico y el perfil longitudinal existente, es un hecho que se pueden presentar ciertas singularidades que pueden afectar la medición del IRI. Se entiende como singularidad a: “Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra.

2.6.2 Método de evaluación PCI (pavement condition index) para

pavimentos flexibles

El método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

El cálculo del PCI 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. Dada

la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad).

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI 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.

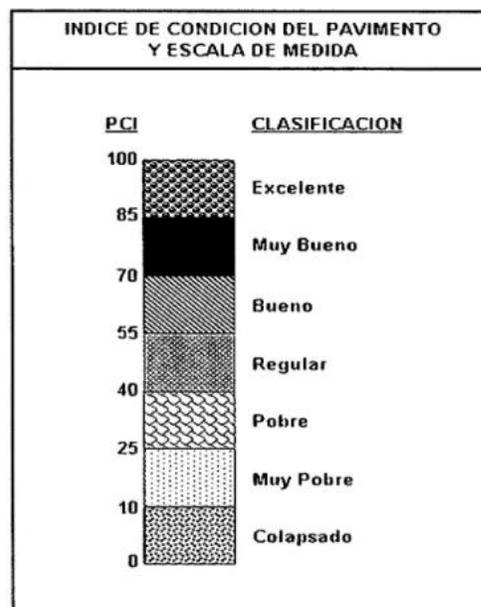
2.6.2.1 Índice de condición del pavimento (PCI).

Es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

2.6.2.2 Grado de la condición del pavimento.

Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente”.

Figura 18 Márgenes de fallas



Fuente: Índice de condición del pavimento (PCI) y escala de graduación

2.6.3 Cálculo del PCI

Sumar la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad

- registrar esta información en la columna “Total de Severidades”. Por ejm. se muestra que la falla piel de cocodrilo tiene 1.2m² de pavimento de severidad baja y 1.29m² de severidad media. Las unidades para las cantidades deben ser en metro cuadrado, metro lineal, o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.
- Dividir la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad (columna total de severidades) entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual
- Determinar el valor deducido (DV) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido de fallas

Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV), mediante los siguientes pasos:

$$m=1+\left(\frac{9}{98}\right)*100-HDV\leq 10$$

Donde:

m = Número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez).

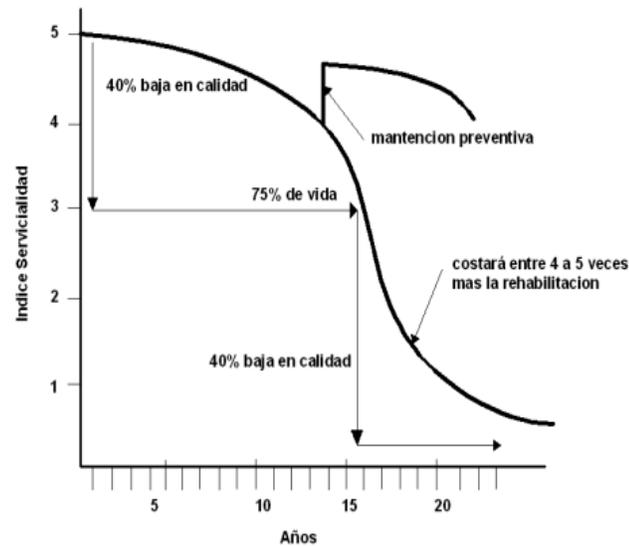
HDV = El mayor valor deducido individual para la unidad de muestra

2.6.3. Método de evaluación PSI (índice de serviciabilidad presente)

Un criterio para valorar el estado de un camino es el de la “calificación actual” o como se lo denomina serviciabilidad. Existen en la actualidad diversos indicadores, todos, tienen en común la preponderancia de las irregularidades (rugosidad)

por sobre todos los otros factores utilizados en el cálculo de tales indicadores (grietas, ahuellamientos, deformaciones, etc.). La serviciabilidad comprende la capacidad funcional y estructural. Se muestra el índice de serviciabilidad, el cual refleja cómo se va deteriorando un pavimento en el tiempo.

Figura 19 Relación entre el índice de servicialidad y el tiempo en años



Fuente: Manual de diseño conservación vial ABC

2.6.3.1 Serviciabilidad funcional.

La serviciabilidad funcional del pavimento interpreta la percepción de la calidad de la superficie de rodadura que experimenta el usuario. Por lo tanto, se relaciona fundamentalmente con la rugosidad o, más exactamente, con la regularidad que presenta la superficie y que, en una carretera bien diseñada, es el principal factor que define el nivel de la serviciabilidad funcional que presta.

2.6.3.2 Serviciabilidad estructural.

Representa la condición física en que se encuentra el pavimento; depende de las grietas y otras fallas presentes que afectan adversamente la capacidad para soportar el tránsito que debe servir. Es decir, se refiere a las fallas de fondo, que alteran o reducen la capacidad estructural del pavimento.

La AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials), fue la primera en sistematizar un procedimiento objetivo para establecer el nivel de deterioro de los pavimentos, procurando relacionar la condición funcional con la estructural. Introdujo para ello el concepto de serviciabilidad. La serviciabilidad como se dijo, es la

percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento y es por lo tanto un aspecto subjetivo.

Para obtener valores objetivos de la calificación, estudios posteriores realizados en diferentes países y en la misma AASHTO, relacionaron la calificación subjetiva (PSR) con medidas proporcionadas por el perfilómetro CHLOE, determinando la variación de la pendiente longitudinal y la deformación transversal, así como el porcentaje de áreas agrietadas y reparadas; obteniéndose ecuaciones del Índice de Serviciabilidad Presente PSI (Present Serviciability Index).

$$\text{Asfalto} \quad \text{PSI} = 5.03 - 1.91 * \log(1 + \text{SV}) - 1.38 * (\text{RD})^2 - 0.01 * \sqrt{(\text{C} + \text{P})}$$

$$\text{Hormigón} \quad \text{PSI} = 5.41 - 1.78 * \log(1 + \text{SV}) - 0.09 * \sqrt{(\text{C} + \text{P})}$$

Donde:

SV = Varianza de la pendiente longitudinal (Slope variance), medida con un perfilómetro CHLOE, $\text{rad} \times 10^{-6} (\text{in}/\text{ft})^2$

RD = Ahuellamiento promedio en pavimentos de asfalto, in.

C (en asfalto) = Superficie agrietada $\text{ft}^2/1000$

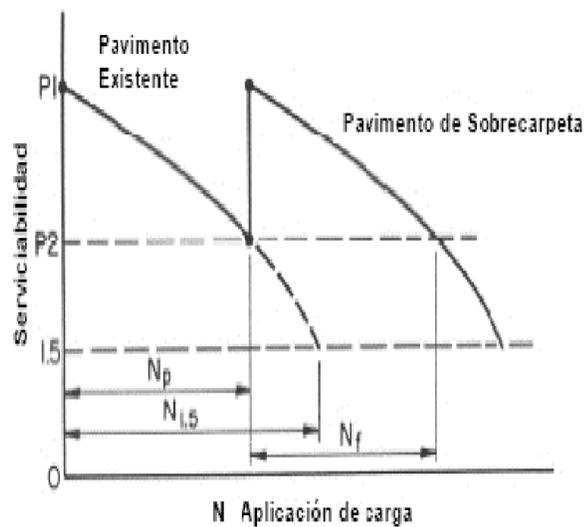
C (en hormigón) = Longitud total (transversales y longitudinales) de grietas, selladas o abiertas $\text{ft}^2/1000$

P = Superficie bacheada $\text{ft}^2/1000$

La valoración subjetiva de la calificación actual nos proporciona, como anteriormente se ha explicado, un índice que represente seguridad y confort al usuario del camino y que revela deficiencias en el acabado superficial. Sin embargo, la falla anticipada de agrietamiento por fatiga de la carpeta pasa desapercibida por el usuario del camino en la mayoría de los casos, sobre todo cuando dicho agrietamiento se presenta sin deformación. El Índice de Serviciabilidad Presente nos sirve de apoyo para determinar si la superficie de rodamiento necesita mejorarse, pero por sí solo no debe usarse para diseño de sobre carpetas u otras mejoras. Índices de Serviciabilidad Presente altos, corresponden a condiciones más satisfactorias. Cuando un tramo denota calificaciones bajas (de 2.5 hacia abajo), se debe hacer un examen más detallado de la superficie, utilizando, si es necesario, otros métodos para su evaluación. La experiencia indica que un PSI comprendido entre 2.5 y 0.0, denota la necesidad de hacer trabajos de reforzamiento a la carretera en estudio.

La metodología AASHTO para diseño de pavimentos asfálticos emplea un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro denominado número estructural (SN) el cual es fundamental para la determinación de los espesores de las capas que conforman el pavimento las cuales son la capa asfáltica, la capa de base y la capa de subbase. Como se dijo anteriormente, esta ecuación está en función de unas variables de diseño tales como el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad entre otros.

Figura 20 Niveles de serviciabilidad y capacidad de los pavimentos



Fuente: Manual de diseño conservación vial ABC

Tabla 2 Niveles de serviciabilidad y capacidad de lo pavimentos

Calificación	Estado del pavimento
4.5 - 5.0	Exelente
3.1 - 4.4	Bueno
2.6 - 3.0	Regular a bueno
2.1 - 2.5	Regular a malo
1.1 - 2.0	Malo
0.0 - 1.0	Muy malo

Fuente: Manual de diseño conservación vial ABC

2.7 EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS

La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad portante del sistema pavimento-subrasante en una estructura vial existente, en

términos de los módulos de las capas; esto se realiza durante su construcción para establecer que su performance cumple con lo estipulado en el diseño, o en cualquier momento de su vida de servicio, para verificar niveles de servicio, cuantificar las necesidades de rehabilitación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función.

Ante un problema de evaluación estructural, el Ingeniero Vial tradicionalmente ha recurrido a la perforación de calicatas, a la toma de muestras para su ensayo en el laboratorio, y al análisis de cada uno de sus componentes (materiales) por separado, para incorporarlos luego en el sistema (pavimento) y deducir acerca de las características estructurales del mismo.

Como una alternativa para la evaluación estructural se tienen las metodologías “no-destructivas” que se basan en la interpretación de deflexiones medidas en la superficie de un pavimento. Las metodologías no destructivas se fundamentan en que la forma y dimensión de la curva de deflexiones encierran una valiosa información acerca de las características estructurales del pavimento y su subrasante. Para interpretar esta información en forma cuantitativa, se compara al pavimento-subrasante reales con un modelo matemático utilizando las deflexiones medidas para determinar los parámetros estructurales del sistema. Una vez determinados, estos parámetros estructurales, puede usarse como insumo para establecer las necesidades de refuerzo.

Podría decirse entonces que, en general, la Evaluación Estructural es un proceso de diseño inverso ya que utiliza la respuesta del sistema para establecer sus características estructurales, lo cual es conceptualmente opuesto a un proceso de diseño.

2.7.1. Viga Benkelman

Instrumento mecánico de diseño simple utilizado para medir la deformación elástica de un pavimento ante la aplicación de una carga estática o de lenta aplicación la utilización de la viga Benkelman sirve básicamente a la determinación.

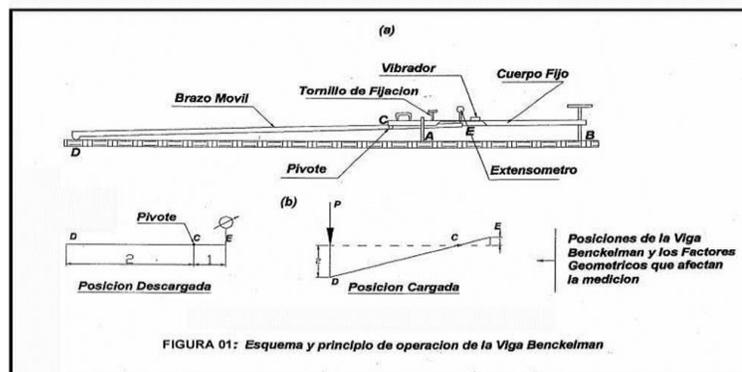
El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura 01.a , la

viga consta esencialmente de 2 partes : (1) un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno, mediante 3 apoyos (dos delanteros fijos “A” y uno trasero regulable “B”) y (2) un brazo regulable móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote “C”, uno de los cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto D) y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto E). Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

El extremo “D” o Punta de la Viga es de espesor tal que pueda ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo que gira en torno al punto “C”, con respecto al cuerpo AB, determinado que el extremo “E” produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto “D” se recupera en lo que la deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro.

Fabricada en aleación de aluminio, completa con comparadores y diversos accesorios. Se utiliza para medir la deflexión de la superficie de una carretera, provocada por el paso de las ruedas de los vehículos. La viga se pone entre los neumáticos del vehículo y en contacto con el pavimento a ensayar. La medida de la deformación se realiza cuando el vehículo pasa sobre el área de ensayo. La longitud de la viga Benkelman es de 250 cm.

Figura 21 Partes de la viga Benkelman



Fuente: <https://es.linkedin.com/pulse/evaluacion-estructural>

2.7.1.2 Deflectometría

Es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de un pavimento, debido a la acción de una carga dinámica o estática, las cuales provocan fallas estructurales que dependen de la magnitud y frecuencia de las deformaciones recuperables y de la acumulación de las deformaciones permanentes en la estructura.

Así que la deflexión de un pavimento es un indicador del comportamiento de la estructura pavimento-subrasante, frente a una determinada carga.

La determinación de la capacidad estructural por este método cumple en el diseño de refuerzos un rol en cierta forma semejante a la determinación.

2.7.1.3 Evaluación estructural

Consiste en obtener el estado actual en que se encuentra el sistema pavimento subrasante en una estructura vial existente, para lo cual se recurre a la ayuda de métodos destructivos y métodos no destructivos las cuales pueden ser evaluados en su etapa constructiva para su mayor control de la calidad del pavimento y así obtener su estado de servicio y aprovechar su capacidad estructural hasta donde sea posible.

2.7.1.4 Medición de deflexiones

Las deflexiones producidas en la superficie de un pavimento flexible, por acción de cargas vehiculares, pueden ser determinadas haciendo uso de difractómetros tales como el denominado “Viga Benkelman”. Llamado así en honor a Daniel Benkelman, quien la desarrolló en el año 1952 como parte de ensayos viales de la WASHO (WASHO Road Test). Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona. De acuerdo a este parámetro las deflexiones se miden mediante la recuperación de la estructura del pavimento.

La medición de las deflexiones se utiliza ampliamente para conocer la capacidad estructural de los pavimentos en campo, y dentro de la tecnología de pavimentos, particularmente en la evaluación estructural de los mismos existen diversas metodologías y equipos para tales propósitos.

Figura 22 Viga Benkelman



Fuente: <https://es.linkedin.com/pulse/evaluacion-estructural>

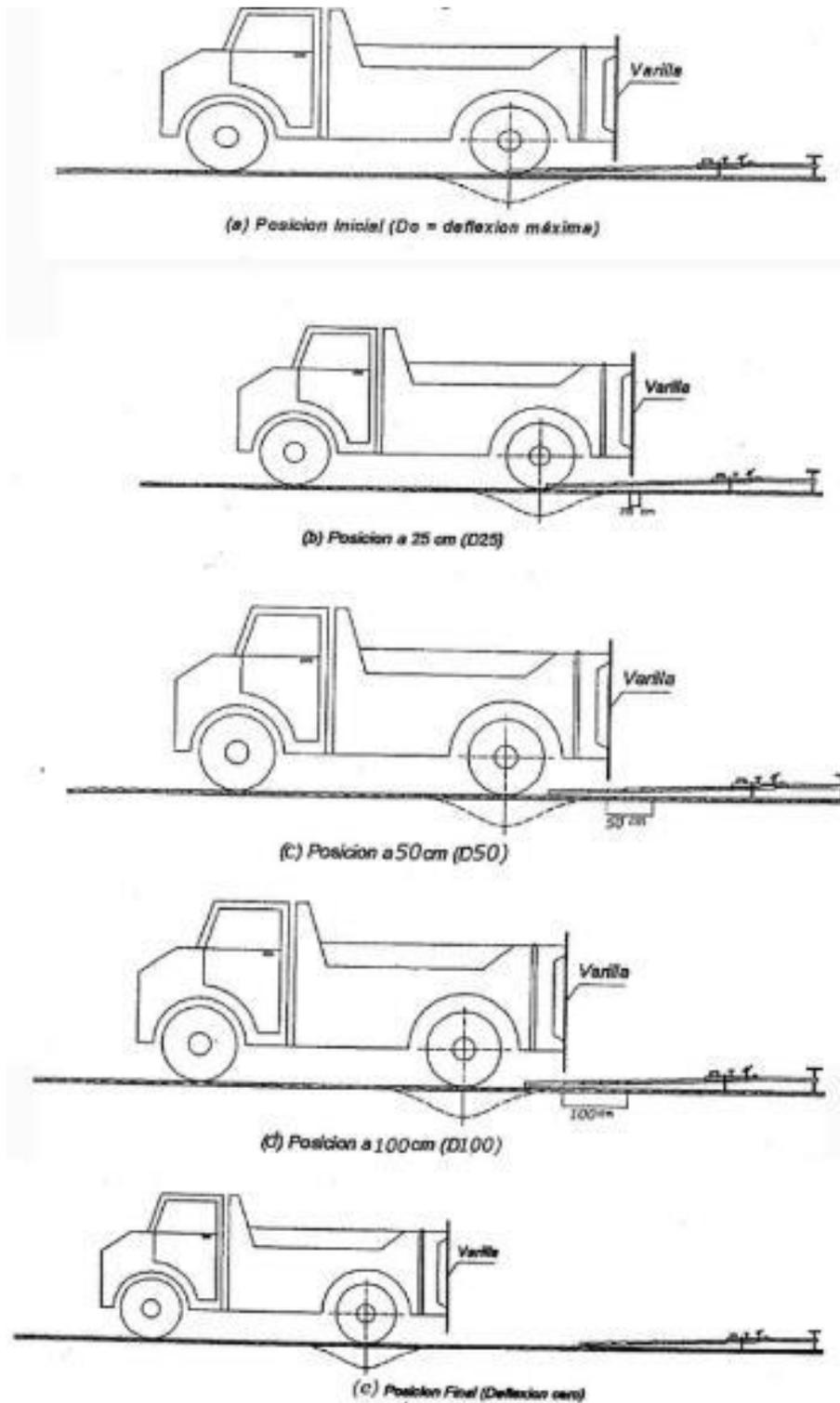
2.7.1.5 Equipo requerido

El equipo mínimo requerido para la realización de ensayos de medición de deflexiones es el siguiente:

- a) Una Viga Benkelman con su respectivo flexómetro o extensómetro con dial indicador de divisiones cada 0.01 mm, con una relación de brazos siendo las más comerciales y usadas. Como por ejemplo, una viga de relación de brazos tendrá las siguientes dimensiones.
 - Longitud de brazo de ensayo, desde el pivote a la punta de prueba es 2.438 mts.
 - Longitud de brazo de ensayo desde el pivote al punto de apoyo del vástago del dial indicador es 1.219 mts.
 - Longitudes no estandarizadas, pudiendo variar, dependiendo de la marca del equipo
- b) Un camión para el ensayo con las siguientes características.

- El eje trasero simple transmitirá una carga de 18,000 libras, igualmente distribuidas en sus dos ruedas duales y estará equipado con cámaras neumáticas.
 - La presión de inflado de las llantas deberá ser de 5.6 kilogramos por centímetro cuadrado (80 libras por pulgada cuadrada, recomendada) dentro del rango de 75 a 85 psi. Donde las cubiertas de la llanta deberán ser de 10" x 20" de 12 telas, infladas a la presión indicada.
 - La distancia entre los puntos medios de la banda de rodamiento de ambos
 - neumáticos de cada rueda dual debe ser de 32 cm.
- c) Balanza portátil para pesaje de camión, con capacidad de 10 toneladas. Medidor de presión de llanta.
- d) Un termómetro de 0 a 100°C con divisiones cada grado. Un barreno para ejecutar orificios en el pavimento de 4 cm. de profundidad y 1 de diámetro. Una cinta métrica de 2 a 25 metros.
- e) Vehículo auxiliar (camioneta), para transportar al personal y equipo misceláneo (cintas, barrenos, termómetro, aceite, plomada, destornillador, alicates, hojas de campo, señales de seguridad, varillas de metal o madera de 2 m. alambre de amarre
- f) Conos y chalecos para la seguridad.
- g) Se necesita unas 4 personas para poder realizar la práctica correctamente ya que se tiene que mover los conos otro para anotar los datos otro para que realice las lecturas correspondientes y el chofer del volquete así de esta manera se podrá optimizar el tiempo de realización de la prueba de la viga Benkelman.

Figura 23 Pasos para elaborar el ensayo de la viga Benkelman



fuelle: <https://es.linkedin.com/pulse/evaluacion-estructural>

2.8 ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PARA PAVIMENTO

FLEXIBLE

Se presentan soluciones referentes a la rehabilitación de pavimentos con respaldo basado en estudios, investigaciones y prácticas, pero que no cuentan con una normatividad vigente a nivel global, esta tecnología rige en países donde se realiza y se logra aplicar en casos específicos, posterior a ello entra en fase de evaluación donde se conocen todos los aspectos a detalle.

2.8.1 Tratamiento superficial (sello) localizado

Esta acción consiste en la aplicación de un sello asfáltico o tratamiento superficial en sitios localizados menores de 300 m² de área. La acción consiste en un riego con material asfáltico cubierto con agregados, ó lechada asfáltica (slurry seal). Su ejecución es conveniente sobre pavimentos envejecidos y oxidados, que presenten grietas finas y/o pérdida de agregado por disgregación menor. Así mismo, pueden ser utilizados para corregir problemas de textura y mejorar la resistencia al deslizamiento en puntos críticos como: curvas, intersecciones, pendientes, etc. Generalmente no son recomendables para vías de alto volumen y tráfico pesado, así como en pavimentos que presenten fallas estructurales severas. La ejecución de esta acción requiere –en algunos casos– acciones previas sobre la superficie a tratar, estas pueden incluir: bacheo, sellado de grietas anchas, nivelación localizada en áreas deformadas, además de barrido y limpieza de la superficie.

Las acciones más comunes son:

- Capa de sello con piedra o grava picada.
- Capa de sello con arena.
- Lechada asfáltica.

Uno de los aspectos más importantes a cuidar en la ejecución de sellos está el extendido uniforme del material asfáltico en la cantidad requerida. Este puede ser cemento asfáltico, asfalto líquido o emulsión, según el caso.

Los agregados deben ser limpios y duros, cumplir con los requisitos granulométricos y de forma cúbica, evitando partículas alargadas. En el caso de sellos es necesario una vez

extendido el agregado– “pisarlo” empleando compactadora de neumáticos, a fin de mejorar su adherencia con el asfalto.

Figura 24 Lechada asfáltica



Fuente: Sellando grietas en el asfalto

La lechada asfáltica es una mezcla homogénea de emulsión asfáltica, agua y agregados finos bien gradados, mezclados y extendidos por un equipo especialmente diseñado. El producto final tiene una apariencia cremosa y fluida, cuando es proporcionado y mezclado en forma correcta.

2.8.2 Fresado y/o texturización localizada

El fresado en frío es un proceso por el cual un equipo provisto de un cilindro rotatorio, con dientes de especial dureza, remueve pavimentos de concreto asfáltico (o concreto Portland), hasta una profundidad especificada. Estos equipos cuentan con sistemas de nivelación automática y son capaces de operar con buena precisión.

Esta acción específica se refiere, en el caso de fresado, a la remoción de 1 a 3 cm de pavimento con la finalidad de alisar áreas deformadas con elevaciones y corrugaciones, ahuellamientos menores, superficies agrietadas y disgregadas. El equipo remueve el material sin dañar las capas inferiores, deja una superficie rugosa y nivelada que facilita la colocación de nuevas capas de espesor uniforme, además de mejorar la adherencia.

Otras ventajas del uso de este equipo son:

- Elimina el uso de capas de nivelación y reduce las elevaciones de rasante que afectan drenajes, aceras, reducción de altura libre en puentes, sobrecargas en estructuras, etc.

- Se puede utilizar para tratar áreas de cualquier tamaño.
- El material removido es reutilizable, bien para ser reciclado en mezclas o como base en nuevos pavimentos o baches.

Figura 25 Fresado y texturizado



fuelle: Texturización localizada

Los trabajos de remoción producen menos molestias, al tráfico, ya que el equipo fresador carga el material removido en forma simultánea. Adicionalmente la superficie tratada puede ser usada en forma temporal.

Por su parte la texturización se refiere al fresado o remoción de un espesor entre 3 a 10 mm.), con la finalidad de mejorar la fricción del pavimento. Para el texturizado o fresado fino debe usarse una alineación especial de dientes en el cilindro.

2.8.3 Tratamientos superficiales (capas de sello)

Los sellos o tratamientos superficiales constituyen una excelente alternativa de rehabilitación, especialmente recomendable para vías de bajo y medio volumen de tráfico y cargas. Son adecuados y económicos para proteger superficies viejas y oxidadas, sellar grietas y corregir fallas menores.

Figura 26 Capas de sello



Fuente: Tratamientos superficiales (capas de sello)

Los sellos asfálticos por sí solos no aportan un significativo incremento estructural al pavimento. Sin embargo, al sellar grietas, es decir, impermeabilizando la superficie, se reduce la rata de deterioro y produce un incremento en la vida de éste. En todo caso debe entenderse que éstos no son solución a problemas estructurales, siendo poco efectivos en vías de alto volumen de tráfico con problemas estructurales y síntomas de fatiga. Para el buen comportamiento de un sello es importante que se realice una preparación adecuada de la superficie. La duración de un sello asfáltico es variable y depende de la condición del pavimento original, calidad del sello y características del tráfico. Por lo general, puede esperarse una duración entre 4 y 8 años.

2.9 ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PARA PAVIMENTO

RIGIDO

Los trabajos de rehabilitación de pavimentos según su finalidad se clasificarán en estructurales y superficiales. Las primeras tendrán por objeto aumentar significativamente la capacidad estructural del pavimento existente, adecuándola a las acciones del tráfico previsto durante su período de servicio. El objeto de las segundas será conservar o mejorar sus características funcionales (seguridad, comodidad, etc) y la protección del pavimento en su conjunto (aumento de la durabilidad, impermeabilidad, uniformidad, aspecto, etc).

2.9.1 Reparación en todo el espesor

La reparación de espesor completo implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobre capa. Las reparaciones de espesor completo pueden mejorar las condiciones del rodado y de integridad estructural, así como extender la vida útil del pavimento.

Las reparaciones en todo el espesor para el caso de pavimentos de concreto simple o concreto armado con juntas, deben ser de concreto y deberán preverse pasadores o barras de unión a los efectos de asegurar una buena transferencia de cargas a través de la junta reparada.

Para el caso de pavimentos de concreto armado continuo, las reparaciones en todo el espesor del mismo deben de ser de tal manera que aseguren la continuidad en la armadura mediante la soldadura o empalme con la armadura existente. En algunos casos se han hecho reparaciones en todo el espesor en concreto asfáltico en lugar de concreto de cemento portland. Según la experiencia AASHTO, esto no ha dado buenos resultados puesto que aparecen manchas en el refuerzo, apertura de juntas, fisuras y rápido deterioro en las inmediaciones del parche de concreto asfáltico, es por esto que no deben hacerse reparaciones con este material previo a la colocación del refuerzo. En el caso de haber parches de concreto asfáltico éstos deberán ser demolidos y reemplazos por concreto de cemento portland.

Las reparaciones de espesor completo deben tener una longitud suficiente para que el equipo de perforación de las barras de transferencia de carga (pasadores) trabaje sin dificultades. Ello garantiza que las barras queden suficientemente separadas para evitar concentración de tensiones excesivas, por lo tanto se recomienda extenderlas a todo el ancho de la losa que se está reparando. Además, se recomienda que éstas sean de un largo de 1.80 m como mínimo.

La ejecución considera los siguientes pasos:

- Corte de espesor completo mediante aserrado alrededor del área dañada.
- Extracción de la losa de concreto en mal estado por medio de pequeñas grúas, con el fin de evitar dañar la subbase o el pavimento adyacente.
- Colocación de las barras de transferencia de carga, perfectamente alineadas.

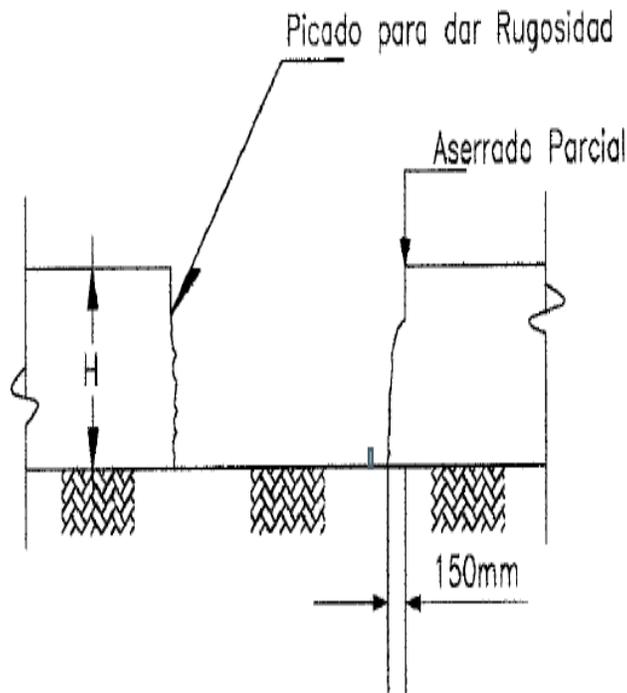
- En la colocación debe utilizarse un concreto premezclado, que alcance la resistencia adecuada antes de la apertura al tránsito.

- El concreto debe ser vibrado y curado en la misma manera que al construir un pavimento nuevo. Un curado deficiente puede ser la causa de problemas de durabilidad.

Una consideración que hay que tener en cuenta es que si dentro de la zona deteriorada existiera una junta de contracción se procede de la misma forma, pero se debe formar la nueva junta en el mismo lugar que estaba la antigua. El procedimiento de la reparación en todo el espesor se puede apreciar.

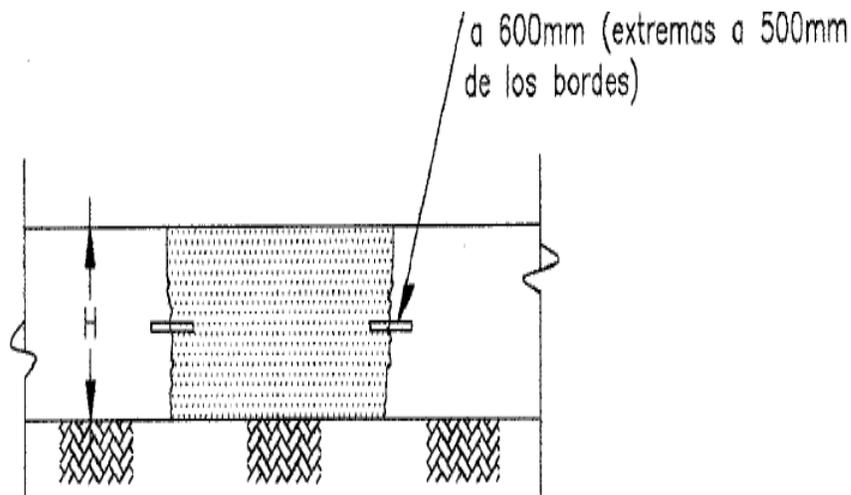
También se requiere usar pasadores de junto para vincular las losas y puedan trabajar en forma conjunta y no sufran deformaciones que a la larga se vuelva fallas de vuelta y se tenga que hacer de vuelta un mantenimiento

Figura 27 Preparación de las caras aserradas



Fuente: Manual de diseño estructural de pavimentos”, 1992.

Figura 28 Reparación y barras de amarre



Fuente: Manual de diseño estructural de pavimentos”, 1992.

2.9.2 Colocación de Barras de Transferencia de Carga

La colocación de pasadores, aumenta la eficiencia de la transferencia de carga en las grietas y juntas transversales en los pavimentos, al enlazar los trozos contiguos de modo tal que se distribuya la carga uniformemente. Se colocan en juntas o grietas transversales en las que se haya observado y medido una deficiente transferencia de carga entre la losa de aproximación y alejamiento de una junta, es decir, un movimiento diferencial entre estas losas debido a las cargas de tránsito. El mejoramiento de la transferencia de cargas incrementa la capacidad estructural del pavimento y reduce el potencial de escalonamiento debido a la disminución de las tensiones y deflexiones en el pavimento.

Su configuración geométrica, el número de barras a colocar por junta y el tipo de acero a utilizar se determinan principalmente en función a las cargas de tránsito a las que estará sometido el pavimento. Su colocación se efectúa de acuerdo a la siguiente secuencia.

- Corte de ranuras a través de la junta o grieta para almacenar a los pasadores.
- Demolición, remoción del concreto de las ranuras y arenado de las caras internas de la ranura.
- Limpieza de las ranuras mediante hidrolavado.
- Colocación y alineación de las barras de transferencia con su respectivo separador de poliestireno expandido alineado con la grieta o junta.

- Relleno con ranuras con nuevo concreto
- También se tendría que usar el cemento el de más alto rendimiento para que pueda tener mejor resistencia para el paso de los vehículos
- Vibrar correctamente el concreto para poder eliminar los espacios vacíos y así tenga una mejor resistencia estructural.
- Hacer el curado correspondiente hasta los 28 días

Figura 29 Colocado de pasadores



Fuente: Manual de diseño estructural de pavimentos”, 1992.

2.9.3 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. Si las juntas o grietas son de trabajo deben repararse a través de la colocación de barras de traspaso de carga o reparando todo el espesor.

La experiencia en la construcción de sobre capas de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto, indica que se tiene problemas adicionales si las juntas existentes no son limpiadas y preparadas adecuadamente para el sobrecapado. Las juntas empozan agua o proveen un canal desde el cual el agua será expulsada desde debajo de la junta. Esta acción se ve reflejada por un resoplido de la junta inmediatamente después del rodillazo de la

sobre capa. Cuando estas fuerzas están presentes, la sobre capa comúnmente mostrará una grieta refleja al final del día.

Por lo mencionado anteriormente, se debe remover cualquier material contaminante que este presente en la junta o grieta; esto se logra empleando cualquiera de los siguientes métodos:

- **Limpieza de chorro de arena (sandblasting).** Consiste en la aplicación de arena a presión para eliminar cualquier residuo del sello antiguo, aceite u otro material extraño depositado en las juntas que impida la adherencia del nuevo material de sellado.

- **Chorro de agua a alta presión (waterblasting).** Consiste en la aplicación de agua a alta presión. Una vez limpia la junta, se le aplicará aire comprimido. Este proceso se repetirá hasta que la junta o grieta esté libre de cualquier material extraño y quede expuesta una cara de concreto nueva y limpia.

Una vez removido el material antiguo y limpiado la junta o grieta se procede a la instalación del cordón de respaldo y finalmente la instalación del sello.

Figura 30 Junta de grieta



Fuente: Manual de diseño estructural de pavimentos”, 199

CAPITULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA EVALUACIÓN

SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL

PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE,

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

CAPITULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE, ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

3 UBICACIÓN DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO

Los tramos en estudio de dicho proyecto son el tramo Chaguaya el Mollar (para pavimento flexible) Y el tramo entrada hacia el hotel los parrales (para pavimento rígido), se explicará su ubicación a continuación.

3.1 UBICACIÓN DEL TRAMO CHAGUAYA EL MOLLAR

El tramo en estudio de Chaguaya el mollar su construcción se realizó aproximadamente hace unos 20 años (2003-2004), donde se realizó los estudios correspondientes para su ejecución después de conformar el terraplén capa base subbase se realizó un tratamiento superficial de la capa de rodadura por lo tanto se llegó a las siguientes características:

- tiene una longitud de 4 km

Figura 31 Vista satelital tramo Chaguaya el Mollar



Fuente: Elaboración propia

3.2 UBICACIÓN DEL TRAMO ENTRADA HACIA EL HOTEL LOS PARRALES

El tramo entrada hacia el Hotel los Parrales se encuentra ubicado en el país de Bolivia departamento de Tarija provincia Cercado en la ciudad de Tarija barrio Aranjuez se

encuentra a 10 minutos del centro de la ciudad de Tarija en vehículo con latitud $21^{\circ}31'20.19''S$ a una altitud de 1934 msnm. El tramo consta de una longitud de 1km.

Figura 32 Vista satelital tramo entrada al hotel los parrales



Fuente: Elaboración propia

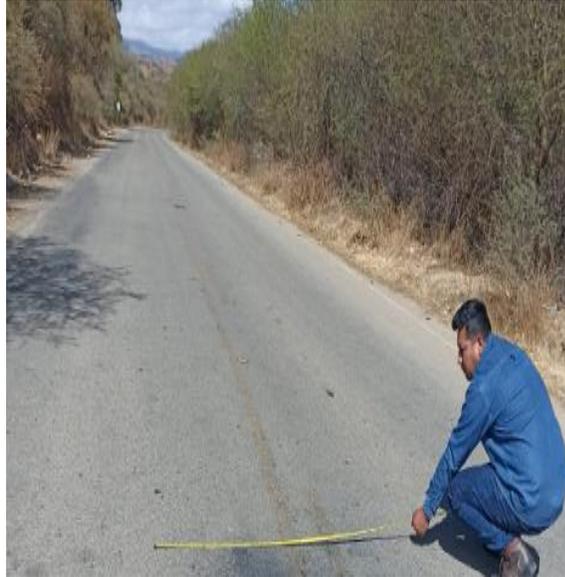
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO

Particularmente los tramos Chaguaya el Mollar y entrada hacia el hotel los parrales tiene sus características muy particulares ya que un tramos es de pavimento flexible y el otro es de pavimento rígido, ambas características se explicaran a continuación:

3.3.1 Características del tramo de pavimento flexible Chaguaya el Mollar

El tramo en estudio de Chaguaya el Mollar su construcción se realizó aproximadamente hace unos 20 años (2003-2004), donde se realizó los estudios correspondientes para su ejecución después de conformar el terraplén capa base subbase se realizó un tratamiento superficial de la capa de rodadura por lo tanto se llegó a las siguientes características:

Figura 33 Carretera Chaguaya el Mollar



Fuente: Elaboración propia

- espesor de una subbase de 35 cm

Figura 34 Espesor capa subbase



Fuente: Elaboración propia

- una base de 25 cm

Figura 35 Espesor capa base



Fuente: Elaboración propia

- capa de rodadura de 5 cm

Figura 36 Espesor capa rodadura



Fuente: Elaboración propia

- un ancho de calzada de 7 m.

Figura 37 Ancho calzada



Fuente: Elaboración propia

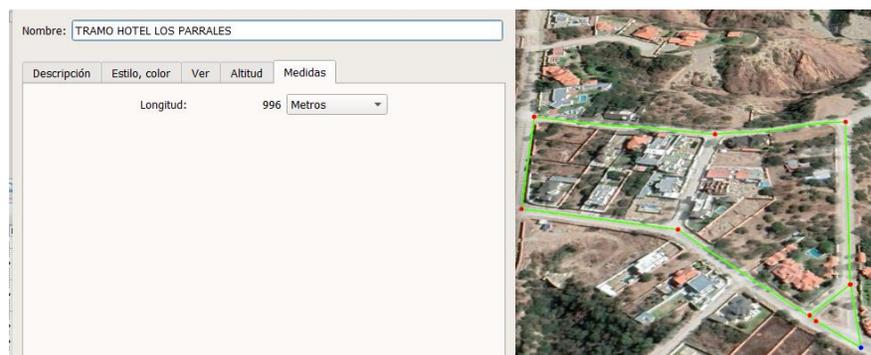
de este tramo carretero se denomina de bajo volumen de tránsito debido a que circulan menos de 50 vehículos a los días, sin embargo también circulan vehículos de alto tonelaje debido a la extracción de áridos de la cuenca del rico Camacho para la comercialización y así la comunidad tenga un ingreso para su sustento esta extracción de material es solo para abastecer de material al municipio de Padcaya por lo tanto se caracteriza por ser una carretera de bajos volúmenes de tráfico.

3.3.2 Características del tramo de pavimento rígido entrada hacia el hotel los parrales

El tramo en estudio entrada hacia el hotel está conformado por una base y una loza de hormigón esta loza fue construida manualmente sin la utilidad de una pavimentadora especial de hormigón, esta loza de hormigón fue construida aproximadamente unos 22 años (2000 -2003)

- tienen una longitud de 1 km

Figura 38 Longitud tramo



Fuente: Elaboración propia

- una base de 10 cm
- una loza de rodadura de 18 cm de espesor

que se pudo medir en un lugar donde se hundió la capa de rodadura.

Figura 39 Carretera entrada hacia el hotel los parrales



Fuente: Elaboración propia

tiene un ancho de 9 m las demás calles tienen un ancho de 7 m esto debido a que tiene un bajo flujo vehicular. también este tramo es de bajo tráfico debido a su bajo volumen de tránsito ya que circulan menos de 50 vehículos al día.

Figura 40 Carretera entrada hacia el hotel los parrales



Fuente: Elaboración propia

3.4 EVALUACION DEL ESTADO DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO

Después de un recorrido a grandes rasgos se puede observar el mal estado de los tramos tanto Chaguaya el Mollar como también el tramo entrada hacia el hotel los parrales teniendo una serie de fallas superficiales como ser agrietamientos, fisuras longitudinales, fisuras transversales descacaramiento, exudaciones otros tipos de fallas. Esto se va saber mas a profundidad cuando se realice los ensayos de la viga Benkelman, PCI. IRI. PSI. para determinar el grado de deterioro de los dos tramos tanto estructural como superficial de los tramos Chaguaya el Mollar y entrada hacia el hotel los parrales. Para la obtención de datos se tomará el 20 % de los sub tramos en este caso para el tramo Chaguaya el Mollar se dividirá por kilómetro de cada kilómetro se tomara el 20% para el levantamiento de datos, y en el hotel los parrales se subdividirá en en dos tramos de 500 metros cada uno de la misma manera se tomara el 20% del sub tramo para el levantamiento de datos

3.4.1 Método de evaluación estructura con la viga Benkelman para pavimento flexible tramo Chaguaya el Mollar

Se realizo el ensayo no destructivo con la viga Benkelman para ver el estado estructural en el tramo Chaguaya el Mollar donde se realizó 9 puntos de ensayo en el carril derecho (ida) y 9 puntos de ensayo en el carril izquierdo (vuelta) cada 500 m en cada punto se tomó 5 lecturas cada 50 cm es decir la rueda avanza 50 cm y es una lectura de todos los puntos se realizó las 5 lecturas para poder tener datos mas confiables.

Se realizo la calibración correspondiente de la viga Benkelman en el tramo instantes antes de realizar la práctica, luego se realizó el levantamiento de los datos que se mostrara a continuación más su respectivo calculo:

3.4.1.1 Evaluación superficial pavimento flexible carril derecho (ida)

Datos de la practica progresiva 00+000-04+000 carril derecho ida

Tabla 3 Datos viga Benkelman

(N°)	Progresiva	Lecturas del dial						Parametros de evaluacion			Parametros de evaluacion corregidos por tem. a 20 °C			Temperaturas		Espesor
	(Km)	L- a 0cm	L- a 50cm	L- a 100cm	L- a 150cm	L- a 200cm	L-a 500cm	Do	D50	Rc	Do	D50	Rc	Amb	Asfalto	asfalto
		0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	0.01 mm	(0.01 mm)	0.01 mm	(m)	0.01 mm	0.01 mm	(m)	°C	°C	(cm)
1	00+000	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.83	0.00	1703.13	16.00	38.00	5.00
2	00+500	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.83	0.00	1710.94	16.00	39.00	5.00
3	01+000	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.83	0.00	1710.94	16.00	39.00	5.00
4	01+500	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.83	0.00	1710.94	16.00	39.00	5.00
5	02+000	0.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1562.50	3.65	1.83	1710.94	16.00	39.00	5.00
6	02+500	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.83	0.00	1710.94	16.00	39.00	5.00
7	03+000	0.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1562.50	3.64	1.82	1718.75	18.00	40.00	5.00
8	03+500	0.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1562.50	3.64	1.82	1718.75	18.00	40.00	5.00
9	04+000	0.00	4.00	4.00	4.00	6.00	6.00	6.00	2.00	781.25	5.43	1.81	863.28	18.00	41.00	5.00

Fuente: Elaboración propia

Calculo deflexion Caracteristica (Dc):

$$Dc = D + t * Ds$$

Donde:

D =Deflexiòn recuperable promedio = 2.83

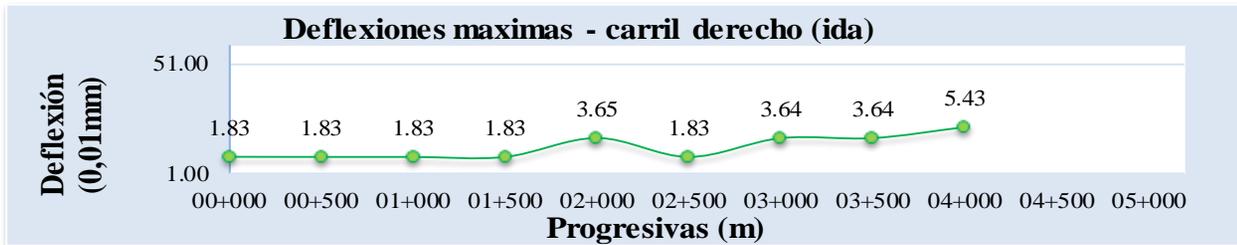
Ds = Desviaciòn standard = 1.31

t = constante de probabilidad al 95% = 1.65

$$Dc = 4.99 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

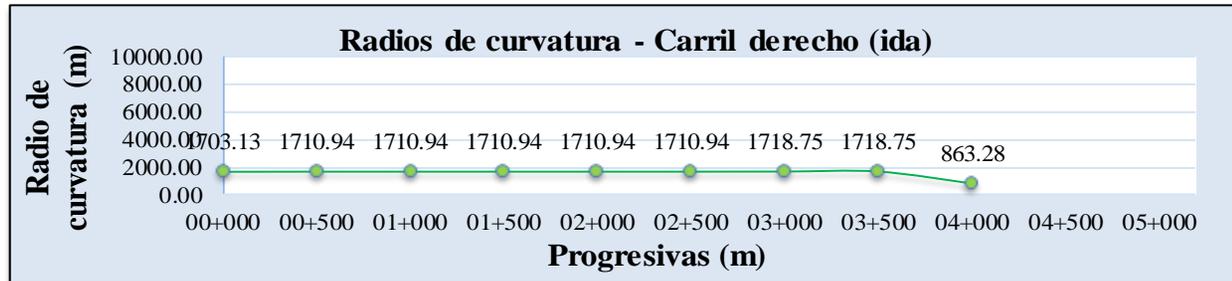
Numero de muestras	9.00	9.00	9.00
Sumatoria	25.50	7.27	14558.59
Promedio	2.83	0.81	1617.62
Deflexion minima	1.83	0.00	863.28
Deflexion maxima	5.43	1.83	1718.75
Desviacion estandar	1.31	0.96	282.92
Varianza	1.72	0.92	80041.67
Coficiente de var.	46.29	118.59	17.49
Valor caracteristico	4.99	2.38	2083.02

Gráfico 1 Deflexiones máximas



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2 Radios de curvatura



Fuente: Elaboración propia

La evaluación del tramo Chaguaya el Mollar progresiva 00+000-04+000 carril de ida se tomó 9 pruebas con la viga Benkelman la cual desde el momento del levantamiento de datos se puede observar que las lecturas son muy bajas cercanas a 1 eso quiere decir que está mal estructuralmente llegando a no cumplir con las deflexiones , también los radios de curvatura que tendrían que estar cercanos a 85 esto puede ser debido al espesor de la capa de rodadura que está fallando o también el espesor de la capa base y sub base que estén en rotura. Y no trabajando como una sola estructura.

3.4.1.2 Evaluación superficial pavimento flexible carril izquierdo (vuelta)

Datos de la práctica progresiva 00+000-04+000 carril izquierdo vuelta

Tabla 4 Datos viga Benkelman

(Nº)	Progresiva	Lecturas del dial						Parametros de evaluacion			Parametros de evaluacion corregidos por tem. a 20 °C			Temperaturas			Espesor
	(Km)	L- a 0cm 0.01 mm	L- a 50cm 0.01 mm	L- a 100cm 0.01 mm	L- a 150cm 0.01 mm	L- a 200cm 0.01 mm	L-a 500cm 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D50 (0.01 mm)	Re (m)	Do (0.01 mm)	D50 (0.01 mm)	Re (m)	Amb °C	Asfalto °C	asfalto (cm)	
1	00+000	0.00	18.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	-16.00	173.61	1.87	-14.95	185.76	14.00	34.00	5.00	
2	00+500	0.00	2.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.90	0.00	1640.63	14.00	30.00	5.00	
3	01+000	0.00	2.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.87	0.00	1671.88	14.00	34.00	5.00	
4	01+500	0.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	0.00	390.63	7.48	0.00	417.97	17.00	34.00	5.00	
5	02+000	0.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	781.25	3.67	0.00	851.56	16.00	38.00	5.00	
6	02+500	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.83	0.00	1710.94	16.00	39.00	5.00	
7	03+000	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.85	0.00	1687.50	14.00	36.00	5.00	
8	03+500	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.83	0.00	1703.13	14.00	38.00	5.00	
9	04+000	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	3125.00	0.92	0.00	3390.63	16.00	37.00	5.00	

Fuente: Elaboración propia

Calculo deflexion Caracteristica (Dc):

$$Dc = D + t * Ds$$

Donde:

D =Deflexiòn recuperable promedio = 2.58

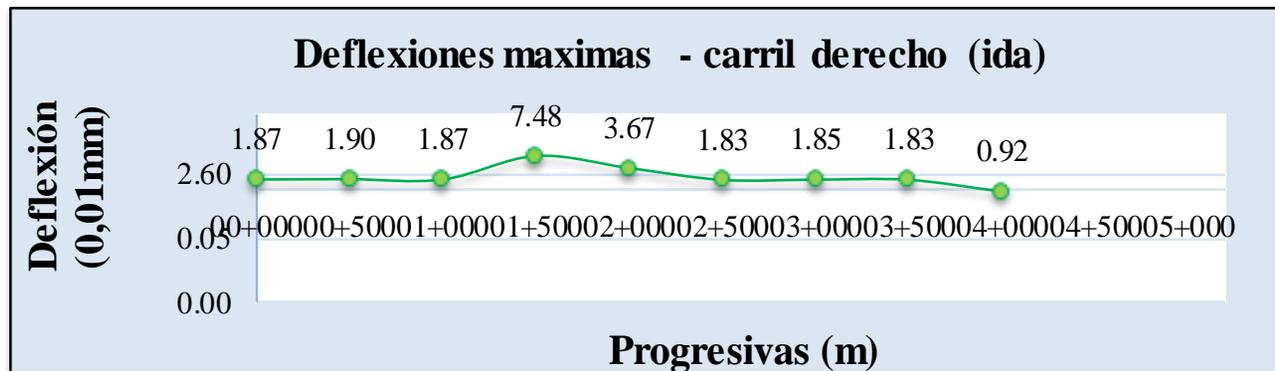
Ds = Desviaciòn standard = 1.97

t = constante de probabilidad al 95% = 1.65

$$Dc = 5.82 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

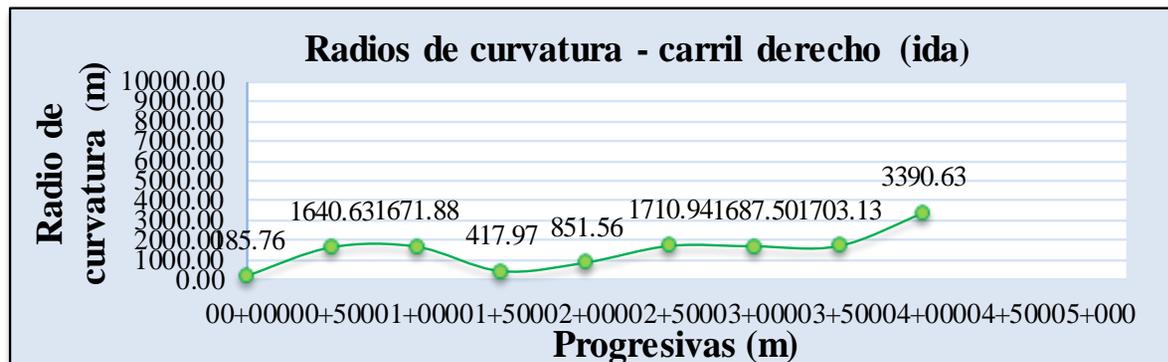
Numero de muestras	9.00	9.00	9.00
Sumatoria	23.22	-14.95	13259.98
Promedio	2.58	-1.66	1473.33
Deflexion minima	0.92	-14.95	185.76
Deflexion maxima	7.48	0.00	3390.63
Desviacion estandar	1.97	4.98	939.20
Varianza	3.88	24.84	882096.05
Coficiente de var.	76.33	-300.00	63.75
Valor caracteristico	5.82	6.54	3018.31

Gráfico 3 Deflexiones máximas



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 Radios de curvatura



Fuente: Elaboración propia

Después de hacer un análisis de los datos obtenidos en campo del tramo Chaguaya el Mollar del carril izquierdo se llega a la conclusión que el pavimento se encuentra dañado estructuralmente ya que las deflexiones son muy bajas lo cual se podría decir que la posible causa de los resultados es porque el pavimento no está trabajando como un solo bloque, está trabajando por separado.

Por eso es que cuando se realizó la prueba existían valores de 0, también puede ser a causa de los materiales tanto de la capa de rodadura como de las distintas capas porque al mover la volqueta el pavimento trabaja como distintos bloques separados.

3.4.2 Evaluación superficial mediante PCI (índice de condición de pavimento) tramo Chaguaya el Mollar´

la evaluación superficial se realizó por kilómetro donde se subdividió los 4 kilómetros en cada kilómetro, se tomó según la norma el 20% del sub tramo para hacer el levantamiento de las fallas superficiales que se describirán a continuación:

3.4.2.1 Evaluación al 20 % progresiva 00+000-01+000

Los datos se comenzaron a levantar en los primeros 200 m cumpliendo el nivel de confiabilidad que es el 20 % de cada distancia esto para cumplir con la norma establecida

Tabla 5 Datos y calculo PCI

Metodo PCI							Esquema		
Indice de condicion del pavimento de pavimento flexible									
Hoja de registro									
Nombre de la vía :		Chaguaya -Mollar		Seccion: al 20% de todo el klm			Muestra: Tramo 1		
Ejecutor:		Juan Pablo Flores R.		Fecha: 30/09/2022			Area: 1500		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes			16. Fisura parabolica o por despla.				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pilido			17. Hinchamiento				
3. Fiasuras en Bloque	8. Fisura de reflexion de junta	13. Baches			18. Peladua por intemperismo y desprendimiento de agregados				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento							
5. Corrugación	10. Fisura longit. y transv.	15. Desplazamiento							
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
18L	20.00	45.50	35.00	65.00	58.00	42.00	265.50	17.70	7.21
18M	22.50	12.00	18.00	30.00	21.00	19.00	122.50	8.17	16.98
18H	3.50	7.00	12.00	8.00	7.40	5.60	43.50	2.90	24.51
4L	4.50	3.00	8.00	2.20	4.40	2.40	24.50	1.63	25.70
4M	1.00	2.40	3.30	0.70	1.00	1.00	9.40	0.63	24.50
4H	2.00	2.40	1.60				6.00	0.40	35.80
13L	9.50	6.00	4.00	11.00	5.50	3.50	39.50	2.63	31.00
13M	4.60	3.00	1.00	6.80	1.20	2.00	18.60	1.24	33.00
13H	4.20						4.20	0.28	27.50
14L	5.50	4.20	7.10	2.90	4.80	5.20	29.70	1.98	13.30
14M	2.60	6.40	3.60	4.50	10.00	5.50	32.60	2.17	26.12
14H	2.20	3.30	1.00	5.60	3.00	1.40	16.50	1.10	27.65
18L	14.50	10.00	20.00	17.00	3.70	9.30	74.50	4.97	25.70
18M	8.10	30.00	18.10	30.00	7.00	4.90	98.10	6.54	15.60
18H	13.50	4.80	2.20	1.00	3.80	10.20	35.50	2.37	23.20
10L	19.78	12.00	8.00	14.20	3.00	2.72	59.70	3.98	0.80
10M	3.60	14.80	5.20				23.60	1.57	3.65
10L	9.70	40.00	2.20	1.80	6.00		59.70	3.98	19.43
1L	9.20						9.20	0.61	6.95
2L	9.05	25.00	18.00	14.00	8.95	4.05	79.05	5.27	1.34
2M	14.50	23.20	8.80	3.40	4.60		54.50	3.63	6.63
2H	12.40	4.90	13.00	9.70	0.50		40.50	2.70	10.31

Fuente: Elaboración propia

$$HDV = 35.80$$

$$m = 6.895918 \leq 9.00$$

$$6.90 - 6.00 = 0.90$$

Tabla 6 Valores reducidos

Nro	Valor deducido							Total	Total	q	CDV
1	35.80	33.00	31.00	27.65	27.50	26.12	25.70	2.00	208.77	7.00	84.00
2	35.80	33.00	31.00	27.65	27.50	26.12	2.00	2.00	185.07	6.00	86.40
3	35.80	33.00	31.00	27.65	27.50	2.00	2.00	2.00	160.95	5.00	81.40
4	35.80	33.00	31.00	27.65	2.00	2.00	2.00	2.00	135.45	4.00	75.50
5	35.80	33.00	31.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	109.80	3.00	67.90
6	35.80	33.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	80.80	2.00	58.48
7	35.80	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	49.80	1.00	49.80

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Max CDV} = 86.40$$

$$\text{PCI} = 13.60$$

Clasificación= **Muy malo**

El pavimento se encuentra en falla porque está en el rango de 10-25 que corresponde a muy malo esto puede ser que sea a causa de los materiales o también al espesor de la capa de rodadura ya que es muy delgada

3.4.2.2 Evaluación al 20 % progresiva 01+000-02+000

los datos corresponden después de los 100 metros se comenzó a tomar los distintos dato

Tabla 7 Datos y calculo PCI

Metodo PCI							Esquema		
Indice de condicion del pavimento de pavimento flexible									
Hoja de registro									
Nombre de la vía :		Chaguaya -Mollar		Seccion: al 20% de todo el klm		Muestra: Tramo 1			
Ejecutor:		Juan Pablo Flores R.		Fecha: 30/09/2022		Area: 1500			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes uti				16. Fisura parabolica o por desplaz.			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pilido				17. Hinchamiento			
3. Fiasuras en Bloque	8. Fisura de reflexion de junta	13. Baches				18. Peladua por intemperismo y			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento				desprendimiento de agregados			
5. Corrugación	10. Fisura longitunales y transv	15. Desplazamiento							
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
18L	84.20	45.00	68.40	66.40	95.50	24.70	384.20	25.61	9.12
18M	48.50	33.20	50.00	44.60	52.10	20.10	248.50	16.57	23.14
18H	2.40	10.80	18.60	14.00	2.20	4.40	52.40	3.49	26.52
4L	2.80	6.30	5.40	1.00	1.30		16.80	1.12	20.11
4M	1.60	2.00	1.00	2.50	4.00	0.50	11.60	0.77	27.23
4H	3.25						3.25	0.22	27.70
13L	2.50	10.00	4.50	7.80	3.20	4.50	32.50	2.17	30.00
13M	3.20	4.20					7.40	0.49	19.80
13H	5.20						5.20	0.35	34.50
14L	2.30	6.80	3.40	5.80	15.00	9.00	42.30	2.82	16.54
14M	28.50						28.50	1.90	24.59
14H	19.30						19.30	1.29	29.46
18L	10.20	20.40	14.30	50.20	10.10	5.00	110.20	7.35	3.80
18M	8.10	3.40	25.40	36.20	25.00		98.10	6.54	15.30
18H	28.60						28.60	1.91	19.80
10L	9.10		3.00	10.20	6.80		29.10	1.94	3.20
10M	16.50	22.00	28.00				66.50	4.43	11.20
10H	2.50	4.00	2.10	3.90			12.50	0.83	8.70
2L	12.20	13.10	8.20	29.00	14.00	3.70	80.20	5.35	1.36
2M	7.40	5.50	32.40	2.10			47.40	3.16	6.36
2H	2.50	9.50	8.80	6.90	4.80		32.50	2.17	9.09

Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned}
 HDV &= 34.50 \\
 m &= 7.02 \leq 9.00 \\
 7.02 &- 7.00 \quad 0.02
 \end{aligned}$$

Tabla 8 Valores deducidos

Nro	Valor deducido							Total	Total	q	CDV
1	34.50	30.00	29.46	27.70	27.23	26.52	24.59	2.00	202.00	7.00	84.00
2	34.50	30.00	29.46	27.70	27.23	26.52	2.00	2.00	179.41	6.00	83.70
3	34.50	30.00	29.46	27.70	27.23	2.00	2.00	2.00	154.89	5.00	78.50
4	34.50	30.00	29.46	27.70	2.00	2.00	2.00	2.00	129.66	4.00	73.00
5	34.50	30.00	29.46	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	103.96	3.00	62.33
6	34.50	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	76.50	2.00	55.55
7	34.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	48.50	1.00	48.50

Fuente: Elaboración propia

Max CDV = 84.00

PCI = 16.00

Clasificación= **Muy malo**

El pavimento se encuentra en falla porque está en el rango de 10-25 que corresponde a muy malo esto puede ser que sea a causa de los materiales o también al espesor de la capa de rodadura ya que es muy delgada.

3.4.2.3 Evaluación al 20 % progresiva 02+000-03+000

Los datos para realizar esta práctica se comenzaron a tomar después de los 400 m

Tabla 9 Datos y calculo PCI

Metodo PCI							Esquema		
Indice de condicion del pavimento de pavimento flexible									
Hoja de registro									
Nombre de la vía :	Chaguaya -Mollar			Seccion: al 20% de todo el klm			Muestra:	Tramo 1	
Ejecutor:	Juan Pablo Flores R.			Fecha: 30/09/2022			Area:	1500	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión		11. Parches y parches de cortes			16. Fisura parabolica o por despla.			
2. Exudación	7. Fisura de borde		12. Agregado pilido			17. Hinchamiento			
3. Fiasuras en Bloque	8. Fisura de reflexion de junta		13. Baches			18. Peladua por intemperismo y desprendimiento de agregados			
4. Abultamientos y hundimiento	9. Desnivel carril-berma		14. Ahuellamiento						
5. Corrugación	10. Fisura longit. y transv.		15. Desplazamiento						
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
18L	80.50	32.40	50.20	68.40	32.50	16.50	280.50	18.70	7.56
18M	10.00	22.00	34.00	18.00	14.00	12.00	110.00	7.33	16.06
18H	8.50	7.40	4.10	9.50	3.00	6.00	38.50	2.57	23.22
4L	9.20	4.90	2.20	1.00	1.90		19.20	1.28	21.87
4M	8.20						8.20	0.55	22.20
4H	3.80						3.80	0.25	29.20
13L	6.40	3.20		4.10	2.00	0.70	16.40	1.09	26.80
13M		5.00				5.20	10.20	0.68	28.20
13H	5.20						5.20	0.35	34.00
14L	2.40	28.00	32.00	20.00			82.40	5.49	21.54
14M	8.90	12.00	8.00		10.00		38.90	2.59	28.13
14H	2.60	2.00	4.00	2.60	1.40		12.60	0.84	25.60
18L	80.20	32.00	58.00	8.00	2.00		180.20	12.01	9.90
18M	6.20	27.20	13.10	22.40	37.30		106.20	7.08	16.40
18H	2.00	14.50	16.00	8.20	3.40		44.10	2.94	24.20
10L	12.20	17.10	2.40	1.00	5.50	2.00	40.20	2.68	1.39
10M	8.60		4.00	2.20	3.20	0.60	18.60	1.24	2.93
10H	4.70	20.00	12.00	8.00	20.00		64.70	4.31	20.46
2L	15.00	8.00	5.50	25.00	16.50	6.30	76.30	5.09	1.25
2M	9.60	12.30	14.50	4.50	8.70		49.60	3.31	6.31
2H	8.23	5.00	1.80	3.20			18.23	1.22	6.42

Fuente: Elaboración propia

$$HDV = 34.00$$

$$m = 7.06 \leq 9.00$$

$$7.06 - 7.00 \quad 0.06$$

Tabla 10 Valores Deducidos

Nro	Valor deducido							Total	Total	q	CDV
1	34.00	29.20	28.20	28.13	26.80	25.60	21.87	2.00	195.80	7.00	83.60
2	34.00	29.20	28.20	28.13	26.80	25.60	2.00	2.00	175.93	6.00	80.00
3	34.00	29.20	28.20	28.13	26.80	2.00	2.00	2.00	152.33	5.00	72.50
4	34.00	29.20	28.20	28.13	2.00	2.00	2.00	2.00	127.53	4.00	63.00
5	34.00	29.20	28.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	101.40	3.00	58.00
6	34.00	29.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	75.20	2.00	52.50
7	34.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	48.00	1.00	48.50

Fuente: Elaboración propia

Max CDV = 83.60

PCI = 16.40

Clasificación= **Muy malo**

El pavimento en el subtramo 3 se encuentra fallado por que se encuentra en el rango de 10- 25 que corresponde a muy malo por lo tanto necesita una rehabilitación superficial.

3.4.2.4 Evaluación al 20 % progresiva 03+000-04+000

Los datos para realizar esta práctica se tomó los últimos 200 m del ultimo subtramo en estudio

Tabla 11 Datos y calculo PCI

Metodo PCI							Esquema		
Indice de condicion del pavimento de pavimento flexible									
Hoja de registro									
Nombre de la vía :		Chaguaya -Mollar		Seccion: al 20% de todo el klm			Muestra:		Tramo 1
Ejecutor:		Juan Pablo Flores R.		Fecha: 30/09/2022			Area:		1500
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes			16. Fisura parabolica o por despla.				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pilido			17. Hinchamiento				
3. Fiasuras en Bloque	8. Fisura de reflexion de junta	13. Baches			18. Peladua por intemperismo y desprendimiento de agregados				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento							
5. Corrugación	10. Fisura longit. y transv.	15. Desplazamiento							
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
18L	20.40	32.50	25.60	33.00	40.50	68.40	220.40	14.69	6.19
18M	2.50	3.50	52.40	30.00	2.10		90.50	6.03	14.70
18H	13.20	5.00	2.00	4.00	9.00		33.20	2.21	21.82
4L	8.60	10.00	10.00				28.60	1.91	28.72
4M	6.60						6.60	0.44	18.52
4H	4.30						4.30	0.29	31.20
13L	2.50	12.00	8.00	3.00	10.00	7.00	42.50	2.83	33.20
13M	9.60						9.60	0.64	24.80
13H	3.00						3.00	0.20	26.30
14L	24.50						24.50	1.63	11.74
14M	38.90						38.90	2.59	28.13
14H	13.80						13.80	0.92	26.30
18L	10.60	25.00	45.00				80.60	5.37	3.60
18M	13.20		42.00		58.00		113.20	7.55	17.80
18H	2.40	22.00	34.60	14.20	9.00		82.20	5.48	23.20
10L	1.40	11.00	19.00	27.00	13.00		71.40	4.76	4.09
10M	8.50	4.40	6.20	24.00	6.00	9.20	58.30	3.89	8.95
10H	7.50			25.00		35.00	67.50	4.50	21.05
1L	7.50						7.50	0.50	6.10
1M	4.50	10.00					14.50	0.97	21.67
1H	9.30						9.30	0.62	24.62
2L	4.60	12.00	8.00		16.00	4.00	44.60	2.97	0.59
2M	5.70	22.00	18.00	10.00			55.70	3.71	6.71
2H	4.10	65.00	25.00				94.10	6.27	17.03
10L	18.50	36.40	4.40	30.00	8.90		98.20	6.55	5.49
10M	12.40	15.00	5.00				32.40	2.16	4.97
10H	2.50	1.20	3.10	10.00	4.00	1.70	22.50	1.50	10.05

Fuente: Elaboración propia

$$HDV = 33.20$$

$$m = 7.13 \leq 9.00$$

$$7.13 - 7.00 = 0.13$$

Tabla 12 Valor deducido

Nro	Valor deducido							Total	Total	q	CDV
1	33.20	31.20	28.72	28.13	26.30	24.80	24.62	2.00	212.00	7.00	84.00
2	33.20	31.20	28.72	28.13	26.30	24.80	2.00	2.00	188.00	6.00	87.96
3	33.20	31.20	28.72	28.13	26.30	2.00	2.00	2.00	163.00	5.00	80.40
4	33.20	31.20	28.72	28.13	2.00	2.00	2.00	2.00	137.00	4.00	76.50
5	33.20	31.20	28.72	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	110.40	3.00	68.20
6	33.20	31.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	76.40	2.00	55.48
7	33.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	47.20	1.00	47.20

Fuente: Elaboración propia

Max CDV = 87.96

PCI = 12.04

Clasificación= **Muy malo**

El pavimento en el subtramo 4 se encuentra fallado porque se encuentra en el rango de 10- 25 que corresponde a muy malo por lo tanto necesita una rehabilitación superficial porque está muy dañado.

3.4.3 método de evaluación IRI (índice de rugosidad internacionales)

pavimento flexible tramo Chaguaya el Mollar

De acuerdo a la confiabilidad de evaluación se tomó una lectura de ida y otra de vuelta en cada kilómetro llegando así a tener 8 resultados dos en cada kilómetro que se describirá a continuación en forma detallada.

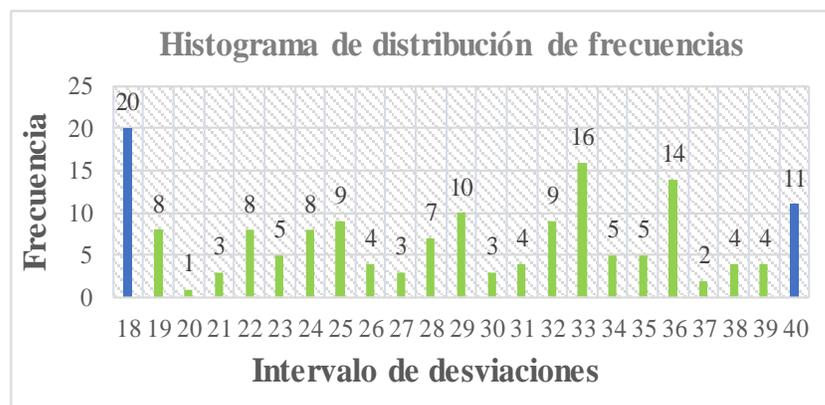
3.4.3.1 Tramo 1 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo.

Tabla 13 Datos de campo con la rueda Merlin

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	44	36	18	38	16	18	33	40	18
2	34	22	36	33	24	11	33	28	47	24
3	29	42	44	33	29	35	24	26	32	14
4	35	35	29	32	25	37	32	29	22	22
5	11	40	21	21	33	33	39	36	36	18
6	18	40	10	24	33	27	25	36	40	18
7	19	37	36	36	22	19	33	26	33	14
8	22	40	35	30	28	31	12	14	18	32
9	9	39	31	24	32	18	15	34	29	8
10	14	40	29	28	22	40	19	18	36	19
11	36	18	29	10	11	21	12	33	25	24
12	19	22	33	31	32	33	15	26	36	29
13	14	18	28	30	16	19	25	29	34	19
14	16	40	19	20	18	18	35	33	11	14
15	11	25	25	38	36	25	24	40	25	28
16	27	23	36	18	11	16	26	18	22	11
17	42	18	42	39	34	28	34	32	29	32
18	39	32	16	40	18	14	24	18	33	31
19	16	18	38	40	30	23	36	25	36	23
20	23	23	11	27	33	14	38	18	28	5

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 117.95 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 97.51 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$\text{I.R.I.} = 0.00485 * D_c \quad (\text{IRI} < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$\text{I.R.I.} = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < \text{IRI} < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$\text{I.R.I.} = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$\text{I.R.I.} = 5.19 \text{ m/km}$$

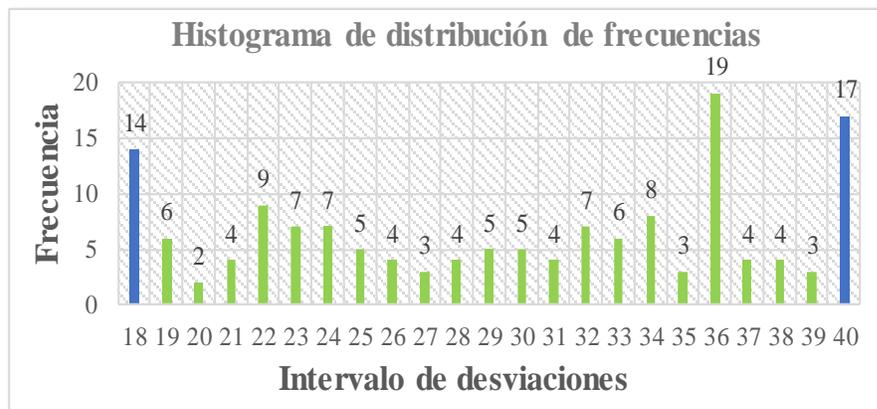
3.4.3.2 Tramo 1 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo.

Tabla 14 Datos de campo con la rueda de Merlin

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	33	34	5	24	24	23	22	36	23
2	34	26	23	27	14	31	32	31	14	19
3	34	14	16	33	45	29	14	19	22	34
4	11	11	25	14	22	36	52	14	19	26
5	29	40	44	18	36	10	29	18	34	18
6	32	40	48	33	20	23	13	58	34	25
7	14	26	33	44	38	18	28	36	16	37
8	36	18	15	56	38	14	36	22	15	23
9	36	18	34	24	24	18	14	11	29	42
10	20	36	35	21	40	18	42	14	24	18
11	24	48	24	33	39	33	36	36	40	16
12	36	28	40	37	35	16	31	37	36	14
13	36	14	28	29	14	26	14	18	22	40
14	23	36	35	40	32	39	18	44	30	41
15	40	23	27	31	22	32	36	19	40	11
16	22	36	38	11	36	40	21	36	40	40
17	40	30	17	40	19	25	30	25	16	30
18	18	28	12	32	19	40	40	11	18	21
19	40	38	14	14	18	11	32	34	30	14
20	39	37	48	27	36	25	11	32	22	21

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 118.49 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 97.95 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$I.R.I. = 5.21 \text{ m/km}$$

Haciendo un análisis de estos dos resultados del tramo 1 los resultados establecidos según la norma para pavimentos en servicio de bajo tráfico, este tramo se encuentra en

este rango: ($4 < I.R.I. < 5.5$) que significa que este subtramo esta POBRE " rugosidad notoria,

incomodidad para los conductores para los vehículos" de esta manera los resultados del tramo 1 tanto carril derecho e izquierdo están en malas condiciones de rugosidad esto puede ser a causa de los materiales aplicados al pavimento o también en la forma que se aplicó el pavimentado.

3.4.3.3 Tramo 2 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo

Tabla 15 Datos de campo con la rueda de Merlin

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	52	25	40	38	44	38	29	20	29	26
2	52	40	40	39	25	16	36	42	32	32
3	46	22	40	40	16	44	26	14	23	31
4	30	25	23	29	38	42	48	25	12	13
5	22	52	24	40	24	32	20	37	45	42
6	16	25	44	40	39	25	12	30	16	42
7	14	36	21	18	14	50	27	39	22	27
8	48	26	35	17	35	17	36	25	26	26
9	44	24	12	18	11	24	34	35	38	38
10	36	60	22	18	18	34	13	18	23	31
11	14	29	32	18	18	28	25	24	28	20
12	24	51	44	19	18	13	39	35	35	37
13	25	25	13	20	20	37	16	23	22	63
14	34	33	18	18	21	14	29	52	64	12
15	42	28	61	22	10	38	34	28	12	22
16	25	5	25	25	47	20	22	30	23	14
17	22	41	42	38	47	44	17	30	37	36
18	11	23	13	37	11	23	39	12	25	11
19	36	17	29	31	36	24	25	35	16	21
20	42	40	39	15	24	28	12	10	25	25

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 108.33 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

Ep = 6.20

Li = 25.00

Lf = 10.00

fc = 0.83 mm

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 89.56 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$\text{I.R.I.} = 0.00485 * D_c \quad (\text{IRI} < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$\text{I.R.I.} = 0593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < \text{IRI} < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$\text{I.R.I.} = 0593 + 0.0471 * D_c$$

$$\text{I.R.I.} = 4.81 \text{ m/km}$$

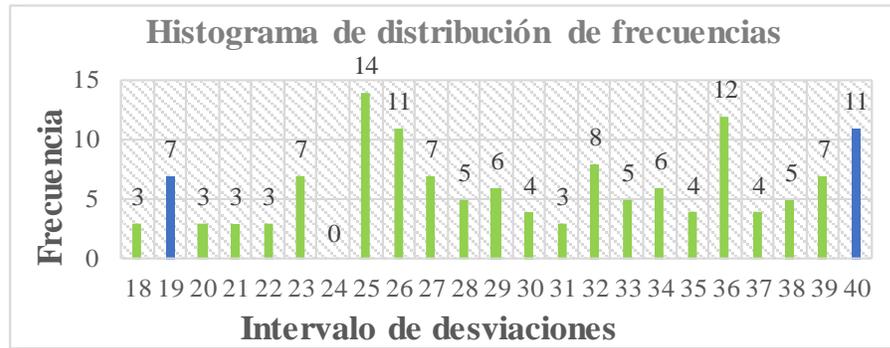
3.4.3.4 Tramo 2 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo

Tabla 16 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	33	34	36	32	45	36	34	33	59
2	23	33	29	14	45	52	23	45	26	36
3	33	29	35	25	14	38	38	32	36	35
4	12	32	27	46	43	13	13	44	29	48
5	36	25	45	30	27	28	26	14	36	30
6	20	23	31	39	37	32	42	39	52	19
7	18	19	39	29	26	14	11	28	11	36
8	50	19	25	25	14	21	38	40	25	44
9	25	19	46	41	32	14	29	18	14	44
10	28	19	32	30	28	27	14	25	53	16
11	45	22	22	25	36	45	20	13	37	26
12	25	36	30	41	42	45	42	36	17	56
13	26	22	26	40	40	26	37	34	31	26
14	38	42	33	40	40	17	40	40	14	11
15	32	14	28	40	40	34	11	29	34	19
16	31	39	41	23	27	25	36	46	53	23
17	21	16	27	40	15	44	23	23	25	35
18	21	39	12	40	46	19	34	37	35	27
19	11	39	25	41	14	20	44	32	26	38
20	18	39	36	25	26	11	25	44	42	27

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 105.00 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 86.80 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I.=0.593+0.0471*Dc$$

$$I.R.I.= 4.68 \text{ m/km}$$

Haciendo un análisis de estos dos resultados del tramo 2 en el intervalo de 200 y 600 metros según la norma para pavimentos en servicio es: ($4 < I.R.I. < 5.5$) que significa que este subtramo está POBRE "rugosidad notoria, incomodidad para los conductores para los vehículos" de esta manera los resultados del tramo 1 tanto carril derecho e izquierdo están en malas condiciones de rugosidad esto puede ser a causa de los materiales aplicados al pavimento o también en la forma que se aplicó el pavimentado.

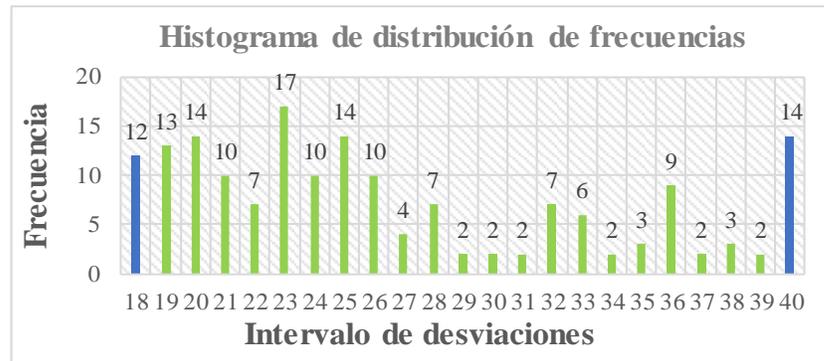
3.4.3.5 Tramo 3 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo

Tabla 17 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	16	28	33	20	32	25	21	19	20	32
2	32	15	19	32	25	26	25	20	20	44
3	42	26	21	25	35	45	36	23	36	19
4	33	25	33	23	23	24	19	38	18	22
5	22	34	24	41	20	28	26	25	25	25
6	36	26	26	23	23	35	30	24	24	36
7	17	23	36	19	19	29	19	34	31	65
8	45	40	21	39	22	26	20	26	25	28
9	24	44	23	39	26	31	33	38	26	36
10	52	25	40	40	37	24	23	24	52	21
11	32	40	29	40	40	26	46	19	21	48
12	33	40	18	44	32	17	20	18	18	18
13	22	30	19	20	40	40	21	25	23	19
14	28	23	18	18	20	18	25	18	33	15
15	17	46	23	16	16	23	40	22	22	18
16	18	21	45	23	23	24	32	20	45	15
17	21	18	20	44	20	38	23	40	28	19
18	19	14	19	27	27	14	21	27	40	339
19	25	37	23	35	25	36	36	36	20	40
20	21	20	23	28	28	27	24	24	22	40

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 117.26 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 96.94 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I.=0593+0.0471*Dc$$

$$I.R.I.= 5.16 \text{ m/km}$$

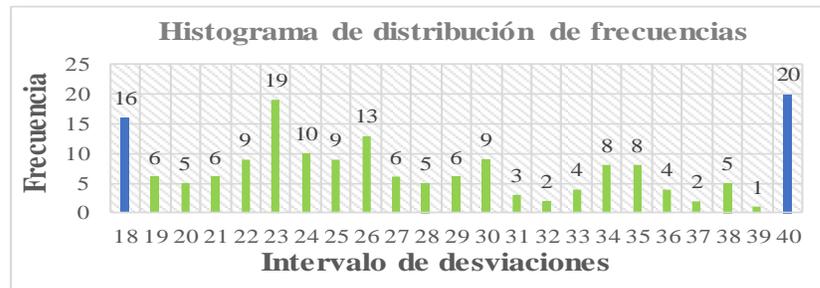
3.4.3.6 Tramo 3 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo

Tabla 18 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	19	38	37	24	26	24	23	26	17	32
2	31	29	19	18	30	27	25	30	16	44
3	24	33	44	35	34	34	30	40	20	25
4	48	44	20	22	23	15	29	27	40	39
5	26	28	35	19	44	25	26	30	20	19
6	36	36	24	40	23	35	28	40	40	44
7	26	40	24	18	48	25	40	25	27	30
8	32	38	19	43	26	27	24	19	12	38
9	23	29	27	23	25	18	23	18	17	34
10	34	35	40	23	34	23	23	40	29	36
11	22	26	20	33	18	40	40	27	18	17
12	44	21	45	35	18	26	23	23	24	44
13	21	28	40	33	24	21	18	40	23	23
14	52	14	24	22	35	23	28	41	23	22
15	22	20	37	18	30	25	33	18	29	34
16	34	44	21	18	40	40	26	23	29	40
17	18	18	40	24	40	26	30	22	40	40
18	31	38	50	35	42	25	44	22	26	35
19	18	25	21	18	22	22	28	30	26	36
20	26	38	21	18	23	23	23	31	30	34

Fuente: Elaboración propia

Grafico10 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 119.38 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 98.68 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$I.R.I. = 5.24 \text{ m/km}$$

Haciendo un análisis de estos dos resultados del tramo 3 en el intervalo de 400 y 800 metros según la norma para pavimentos en servicio es: $(4 < I.R.I. < 5.5)$ que significa que este subtramo está POBRE "rugosidad notoria, incomodidad para los conductores para los vehículos" de esta manera los resultados del tramo 1 tanto carril derecho e izquierdo

están en malas condiciones de rugosidad esto puede ser a causa de los materiales aplicados al pavimento o también en la forma que se aplicó el pavimentado.

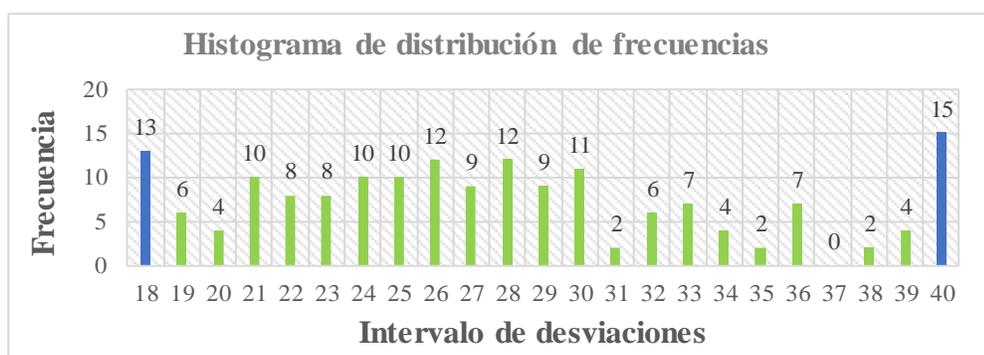
3.4.3.7 Tramo 4 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo

Tabla 19 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	36	22	32	29	18	23	23	38	25
2	22	25	24	26	40	23	28	24	26	30
3	14	18	30	21	20	29	31	28	40	28
4	18	30	27	38	21	22	23	27	18	12
5	18	30	25	22	33	14	29	33	22	27
6	25	21	24	34	18	36	29	40	40	15
7	20	18	28	14	21	30	31	26	11	26
8	36	28	34	26	30	40	32	28	27	42
9	28	19	25	33	40	29	35	42	20	11
10	11	19	18	20	14	12	26	13	33	22
11	26	27	28	18	24	28	33	26	14	35
12	25	22	30	25	24	25	13	28	24	36
13	40	18	19	33	25	40	30	41	23	17
14	18	26	21	32	33	32	14	32	39	14
15	29	40	36	10	39	21	29	26	39	40
16	21	45	24	29	39	26	14	14	34	34
17	21	18	40	28	14	27	29	40	23	36
18	19	30	18	30	40	36	40	21	14	10
19	14	27	26	14	22	23	27	24	40	25
20	24	27	30	21	28	23	19	19	24	17

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 117.82 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 97.40 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimntos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$I.R.I. = 5.18 \text{ m/km}$$

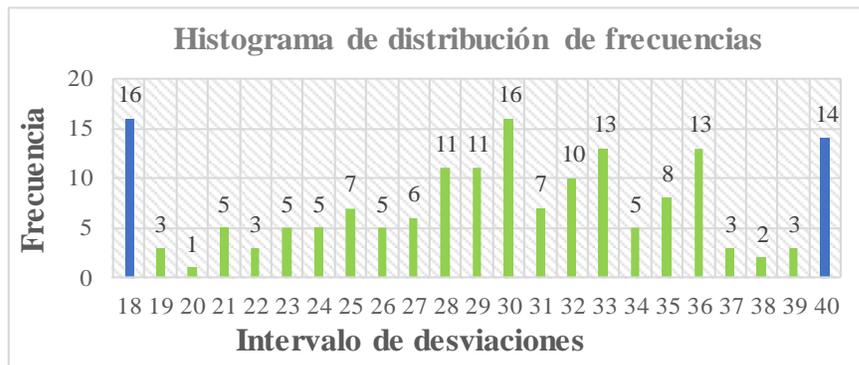
3.4.3.8 Tramo 4 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo

Tabla 20 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	25	30	14	23	35	36	31	21	28
2	40	33	28	27	30	32	31	27	28	25
3	31	33	33	14	11	33	21	34	23	30
4	30	18	28	23	31	24	27	36	35	21
5	14	40	25	24	33	25	32	35	14	32
6	40	40	19	40	34	26	14	25	36	22
7	18	14	22	36	51	25	40	10	27	19
8	26	34	36	32	49	36	26	40	33	33
9	18	33	36	31	32	30	29	40	27	40
10	18	45	18	29	26	18	20	28	18	18
11	14	29	32	45	36	32	36	13	27	14
12	34	30	28	35	40	37	2	33	23	11
13	35	30	17	38	48	40	38	28	18	33
14	21	28	36	32	32	30	30	40	33	21
15	22	30	14	30	31	18	46	24	30	40
16	10	42	36	31	40	28	35	19	18	8
17	30	42	36	29	34	25	36	37	30	30
18	37	14	39	33	18	29	28	14	28	13
19	26	24	29	35	18	24	18	29	32	23
20	29	18	39	35	33	39	18	29	29	30

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12 Histograma de distribución de frecuencias



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 118.30 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.8267 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 97.80 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$I.R.I. = 5.20 \text{ m/km}$$

Haciendo un análisis de estos dos resultados del tramo 4 en el intervalo de 600 y 1000 metros según la norma para pavimentos en servicio es: $(4 < I.R.I. < 5.5)$ que significa que este subtramo está pobre "rugosidad notoria, incomodidad para los conductores para los vehículos" de esta manera los resultados del tramo 1 tanto carril derecho e izquierdo están

en malas condiciones de rugosidad esto puede ser a causa de los materiales aplicados al pavimento o también en la forma que se aplicó el pavimentado.

3.4.4 Método de evaluación superficial PSI (índice de severidad presente)

mediante el IRI pavimento flexible

Para el cálculo del PSI se utilizó la forma más común de cuantificar este parámetro es a través de IRI (en m/km) utilizando la siguiente ecuación, se usa esta ecuación por que los resultados del IRI. Se encuentran por encima de 4.7m/km si fueran inferiores los resultados se tendría que usar otra fórmula.

$$\text{PSI} = 5 \exp (-0.18 \times \text{IRI})$$

De esta manera se realizara el cálculo correspondiente a cada tramo usando como dato el resultado del IRI , se ara el cálculo correspondiente de la siguiente manera

3.4.4.1 Tramo 1 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp (-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I 5.19 m/km

$$\text{PSI} = 1.97$$

3.4.4.2 Tramo 1 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp (-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 5.21 m/km

$$\text{PSI} = 1.96$$

Después de un cálculo tanto del carril derecho e izquierdo se llegó a los resultados donde haciendo una relación se encuentra en el rango de $2 < \text{IRI} < 1$ lo cual está en un rango malo según la norma ASSTHO esto puede ser a causa de los materiales de la capa de rodadura

o también puede ser por el factor climático de la zona de estudio, llegando a la conclusión de que este tramo 1 necesita una rehabilitación superficial.

3.4.4.3 Tramo 2 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 4.81 m/km

$$\text{PSI} = 2.10$$

3.4.4.4 Tramo 2 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 4.68 m/km

$$\text{PSI} = 2.2$$

Después de un cálculo tanto del carril derecho e izquierdo se llegó a los resultados donde haciendo una relación se encuentra en el rango de $3 < \text{IRI} < 2$ lo cual está en un rango regular según la norma ASSTHO, esto puede ser a causa de los materiales de la capa de rodadura o también puede ser por el factor climático de la zona de estudio, llegando a la conclusión de que este tramo 2 necesita una rehabilitación superficial.

3.4.4.5 Tramo 3 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 5.16 m/km

$$\text{PSI} = 1.98$$

3.4.4.6 Tramo 3 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 5.24 m/km

$$\text{PSI} = 1.95$$

Después de un cálculo tanto del carril derecho e izquierdo se llegó a los resultados donde haciendo una relación se encuentra en el rango de $2 < \text{IRI} < 1$ lo cual está en un rango malo según la norma ASSTHO, esto puede ser a causa de los materiales de la capa de rodadura o también puede ser por el factor climático de la zona de estudio, llegando a la conclusión de que este tramo 3 necesita una rehabilitación superficial.

3.4.4.7 Tramo 4 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 5.18 m/km

$$\text{PSI} = 1.97$$

3.4.4.8 Tramo 4 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 5.20 m/km

$$\text{PSI} = 1.96$$

Después de un cálculo tanto del carril derecho e izquierdo se llegó a los resultados donde haciendo una relación se encuentra en el rango de $2 < \text{PSI} < 1$ lo cual está en un rango malo según la norma ASSTHO, esto puede ser a causa de los materiales de la capa de rodadura o también puede ser por el factor climático de la zona de estudio, llegando a la conclusión de que este tramo 4 necesita una rehabilitación superficial.

3.4.4.9 Aforo de tráfico tramo Chaguaya el Mollar

El aforo realizado en el tramo Chaguaya el Mollar se lo realizo los 7 días de la semana de 6 A.M. a 6 P.M. llegando a tener los siguientes resultados haciendo una breve clasificación vehicular que se mostrara en la siguiente planilla.

Tabla 21 Aforo trafico

Dias	Taxis	Camionetas	Camiones	Volquetes	Total
Lunes	18	8	6	10	42
Martes	13	6	5	12	36
Miercoles	11	5	8	9	33
Jueves	15	7	4	11	37
Viernes	9	10	6	8	33
Sabado	17	6	10	5	38
Domingo	20	14	7	2	43

Fuente: Elaboración propia

3.4.5 Método de evaluación estructura con la viga Benkelman para

pavimento rígido tramo entrada hacia el hotel los parrales

Se realizó el ensayo no destructivo con la viga Benkelman para ver el estado estructural en el tramo entrada hacia el hotel los parrales donde se realizó 6 puntos de ensayo en el carril derecho (ida).

6 puntos de ensayo en el carril izquierdo (vuelta) cada 200 metros esto con el fin de tener un nivel de confiabilidad que cumpla con las especificaciones según la norma que se lo mostrara los resultados a continuación.

3.4.5.1 Evaluación superficial de pavimento rígido tramo hotel

los parrales carril derecho (ida)

Tabla 22 Datos viga Benkelman y respectivo calculo

(N°)	Progresiva (Km)	Lecturas del dial						Parametros de evaluacion			Parametros de evaluacion corregidos por tem. a 20 °C			Temperaturas		Espesor asfalto (cm)
		L- a 0cm 0.01 mm	L- a 50cm 0.01 mm	L- a 100cm 0.01 mm	L- a 150cm 0.01 mm	L- a 200cm 0.01 mm	L-a 500cm 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D50 (0.01 mm)	Rc (m)	Do (0.01 mm)	D50 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Asfalto °C	
1	00+000	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.43	0.00	2187.50	24.00	40.00	20.00
2	00+500	0.00	2.00	2.00	4.00	4.00	8.00	8.00	6.00	1562.50	5.71	4.29	2187.50	24.00	40.00	20.00
3	01+000	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.39	0.00	2250.00	24.00	42.00	20.00
4	01+500	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.39	0.00	2250.00	24.00	42.00	20.00
5	02+000	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.39	0.00	2250.00	24.00	42.00	20.00
6	02+500	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.41	0.00	2218.75	23.00	41.00	20.00

Fuente: Elaboración propia

Calculo deflexion Caracteristica (Dc):

$$Dc = D + t * Ds$$

Donde:

D =Deflexiòn recuperable promedio = 2.12

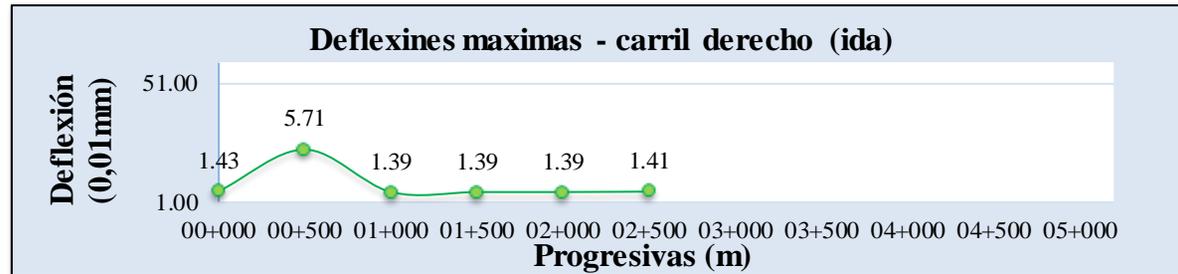
Ds = Desviaciòn standard = 1.76

t = constante de probabilidad al 95% = 1.65

$$Dc = 5.02 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

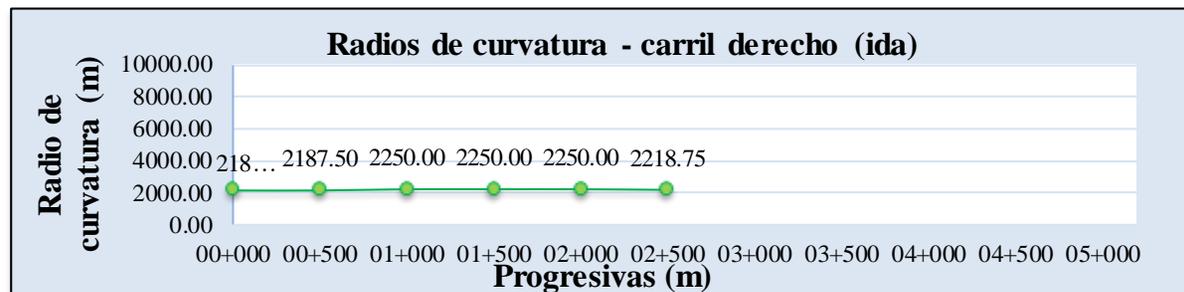
Numero de muestras	6.00	6.00	6.00
Sumatoria	12.72	4.29	13343.75
Promedio	2.12	0.71	2223.96
Deflexion minima	1.39	0.00	2187.50
Deflexion maxima	5.71	4.29	2250.00
Desviacion estandar	1.76	1.75	30.72
Varianza	3.10	3.06	944.01
Coficiente de var.	83.08	244.95	1.38
Valor caracteristico	5.02	3.59	2274.50

Gráfico 13 Deflexiones máximas



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14 Radios de curvatura



Fuente: Elaboración propia

Según la norma la viga Benkelman se realiza solo para pavimento flexibles y no para rígidos ya que son lozas particulares que trabajan aisladas y no tiene recuperación alguna, el ensayo se lo realizo llegando a los resultados mínimos cercanos a 0 en algunas lozas tenía recuperación esto debido a que tenía fisuras lo cual al pasar la rueda del volquete de un lado al otro se obtenía

recuperación cosa que no debería pasar. La causa de que este pavimento rígido este mal puede ser que sea porque no se distribuyó adecuadamente el material porque fue manualmente y no con una pavimentadora de hormigón.

3.5.1.2 Evaluación superficial de pavimento rígido tramo hotel los

parrales carril izquierdo (vuelta)

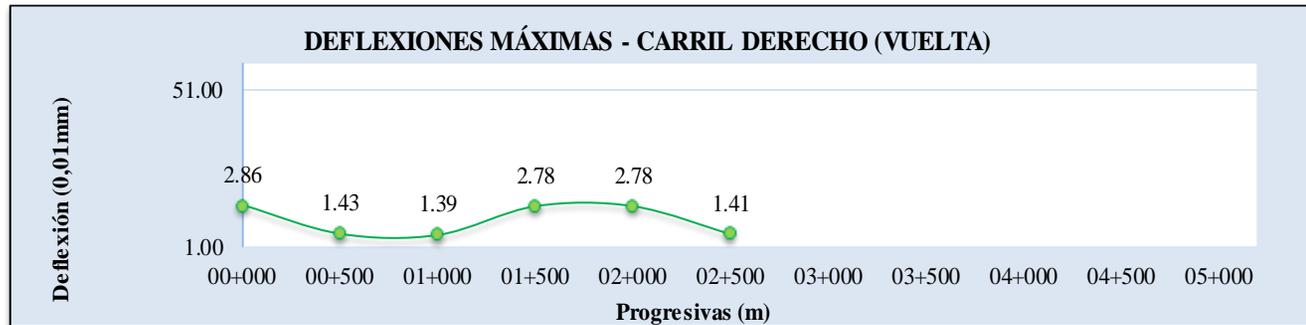
Se realizo el ensayo de la viga Benkelman en el tramo de vuelta teniendo los siguientes datos y calculo respectivo.

Tabla 23 Datos de la viga Benkelman y respectivo calculo

(N°)	Progresiva (Km)	Lecturas del dial						Parametros de evaluacion			Parametros de evaluacion corregidos por tem. a 20 °C			Temperaturas		Espesor asfalto (cm)
		L- a 0cm 0.01 mm	L- a 50cm 0.01 mm	L- a 100cm 0.01 mm	L- a 150cm 0.01 mm	L- a 200cm 0.01 mm	L-a 500cm 0.01 mm	Do (0.01 mm)	D50 (0.01 mm)	Rc (m)	Do (0.01 mm)	D50 (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Asfalto °C	
1	00+000	0.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1562.50	2.86	1.43	2187.50	24.00	40.00	20.00
2	00+500	0.00	2.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.43	0.00	2187.50	24.00	40.00	20.00
3	01+000	0.00	2.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.39	0.00	2250.00	24.00	42.00	20.00
4	01+500	0.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1562.50	2.78	1.39	2250.00	24.00	42.00	20.00
5	02+000	0.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1562.50	2.78	1.39	2250.00	24.00	42.00	20.00
6	02+500	0.00	2.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	1562.50	1.41	0.00	2218.75	23.00	41.00	20.00

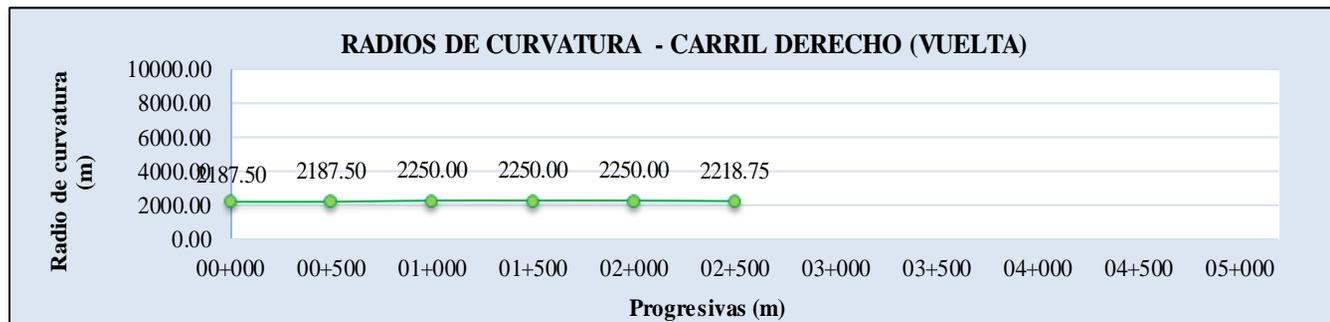
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15 Deflexiones máximas



Fuente: Elaboración propia

Grafico 16 Radios de curvatura



Fuente: Elaboración propia

Dentro de lo que es el estudio estructural con la viga Benkelman es solamente para pavimentos flexibles ya que actúa como uno solo, sin embargo, se realizó las pruebas correspondientes en el pavimento rígido lo cual no corresponde este ensayo ya que a diferencia del pavimento flexible que actúa como uno solo en el pavimento rígido sucede lo contrario porque está conformado por distintas losas de hormigón.

Dentro de lo que fue el estudio la mayor parte de las losas del tramo de pavimento rígido tienen fisuras la causa puede ser el mal esparcido del hormigón ya que posiblemente se lo realizó manual y no con una pavimentadora de hormigón, de ahí que al pasar la volqueta de una losa a otro marco recuperación del pavimento esto debido a que está en mal estado. Si este pavimento estaría en buen estado no marcaría recuperación alguna.

3.5.2 Evaluación superficial mediante PCI entrada hacia el hotel

los parrales

Se realizó el levantamiento de datos superficiales del pavimento rígido llegando a obtener fallas como ser blowup – buckling, grieta de esquina, losa dividida, grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales), Descacaramiento de junta, punzonamiento, escala haciendo un análisis correspondiente se llegó a los siguientes resultados.

3.5.2.1 Evaluación al 20 % progresiva 00+00-05+00 tramo 1

Se tomó los datos en los primeros 100 m cumpliendo la norma del margen de confiabilidad, a continuación, se tendrá los datos y su cálculo correspondiente.

Tabla 24 Datos para PCy respectivo calculo

Metodo PCI							Esquema		
Indice de condicion del pavimento de pavimento flexible									
Hoja de registro									
Nombre de la vía :		Entrada al hotel los parrales		Seccion: al 20% de todo el klm			Muestra:	Tramo 1	
Ejecutor:		Juan Pablo Flores R.		Fecha: 30/09/2022			Area:	1500	
21. Blowup-bucling				34. Punzonamiento					
22. Grieta de esquina				39. Descascaramiento de junta					
23. Losa dividida									
25. Escala									
28. Grietas (grietas longitudinales trasversales y diagonales)									
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
21L	8.40	15.00	22.10	13.00	2.40	7.50	68.40	4.56	5.80
21M	18.20	6.20	3.40	4.20	3.10	13.10	48.20	3.21	9.60
21K	6.50	8.20	3.40	5.10	3.50		26.70	1.78	27.60
22L	2.40	13.10	15.00	12.10	4.10		46.70	3.11	41.00
22M	12.40		3.20	22.00	4.80		42.40	2.83	6.70
22K	34.60	22.40	32.10	6.00	8.90	30.60	134.60	8.97	30.00
23L	8.50	20.00					28.50	1.90	2.80
23M	0.80	4.30	8.10		7.60		20.80	1.39	2.60
23K	2.50	4.20	3.40	8.40		4.00	22.50	1.50	13.60
25L	12.60	17.10	22.00	14.80	12.00	4.10	82.60	5.51	2.30
25M	5.40	3.40	22.10	18.60	5.90		55.40	3.69	5.20
25K	6.20	4.20	13.80	12.00	4.00	6.00	46.20	3.08	8.40
28L	2.90	32.00	25.40	13.20	8.00	1.40	82.90	5.53	3.30
28M	5.60	11.20	19.00	7.00	2.20	10.60	55.60	3.71	3.60
28K	18.40		32.00	44.00	24.00		118.40	7.89	20.10
34L	2.40	20.00	23.00	17.00	12.00	8.00	82.40	5.49	11.20
34M	5.20	16.00	21.00	14.00	9.00		65.20	4.35	18.60
34K	15.20	44.00	32.00	11.00	1.00	12.00	115.20	7.68	33.50
39L	5.00	25.00	23.00	2.00			55.00	3.67	1.20
39M	3.50	2.00	22.00	13.00	3.00		43.50	2.90	0.80
39K	2.10	1.80	3.90	4.20	32.60	27.50	72.10	4.81	10.20

Fuente: Elaboración propia

$$\begin{array}{rcl}
 \text{HDV} = & 41 & \\
 \mathbf{m} = & \mathbf{6.42} & \leq \quad \mathbf{9.00} \\
 6.42 & - & 6.00 \quad \quad 0.42
 \end{array}$$

Tabla 25 Valores deducido

Nro	Valor deducido							Total	Total	q	CDV
1	41.00	33.50	30.00	27.60	20.10	18.60	13.60	2.00	186.40	7.00	78.90
2	41.00	33.50	30.00	27.60	20.10	18.60	2.00	2.00	174.80	6.00	79.40
3	41.00	33.50	30.00	27.60	20.10	2.00	2.00	2.00	158.20	5.00	75.20
4	41.00	33.50	30.00	27.60	2.00	2.00	2.00	2.00	140.10	4.00	73.20
5	41.00	33.50	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	114.50	3.00	70.20
6	41.00	33.50	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	86.50	2.00	62.40
7	41.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	55.00	1.00	55.00

Fuente: Elaboración propia

Max CDV = 79.40

PCI = 20.60

Clasificación= **Muy malo**

La evaluación superficial con el PCI. Nos arroja resultados en un rango de muy malo para el tramo 1 que tiene bastante fallas superficiales esto puede ser debido a que el esparcido del hormigón lo hicieron manualmente y no se esparce adecuadamente como lo hace una maquina pavimentadora de hormigón.

Después de tener los resultados se llega a la conclusión que este tramo 1 necesita una rehabilitación superficial inmediata para dar mayor comodidad a los vehículos que transitan por dicho tramo.

3.5.2.2 Evaluación al 20 % progresiva 05+00-01+000 tramo 2

Se tomo los datos en los primeros 100 m cumpliendo la norma del margen de confiabilidad, a continuación, se tendrá los datos y su cálculo correspondiente.

Tabla 26 Datos PCI y su respectivo calculo

Metodo PCI						Esquema			
Indice de condicion del pavimento de pavimento flexible									
Hoja de registro									
Nombre de la vía :		Entrada al hotel los parrales		Seccion: al 20% de todo el klm		Muestra:		Tramo 1	
Ejecutor:		Juan Pablo Flores R.		Fecha: 30/09/2022		Area:		1500	
21. Blowup-bucling			34. Punzonamiento						
22. Grieta de esquina			39. Descascaramiento de junta						
23. Losa dividida									
25. Escala									
28. Grietas (grietas longitudinales trasversalesy diagonales)									
Falla	Cantidad						Total	Densidad	Valor deducido
21L	2.40	22.00	30.00	14.00	4.00		72.40	4.83	6.30
21M	13.10	18.00	13.00	9.00			53.10	3.54	10.00
21K	15.00	32.00	11.40				58.40	3.89	44.60
22L	46.70						46.70	3.11	2.60
22M	32.40						32.40	2.16	4.80
22K	14.00	20.10		50.00	32.00	27.00	143.10	9.54	31.30
23L	30.10						30.10	2.01	2.70
23M	28.10						28.10	1.87	4.60
23K	19.40						19.40	1.29	8.90
25L	4.30	13.20	22.00	36.00	17.80	1.00	94.30	6.29	18.00
25M	55.10						55.10	3.67	5.00
25K	40.20						40.20	2.68	7.80
28L	1.30	49.80			40.00	2.30	93.40	6.23	4.70
28M	32.40						32.40	2.16	3.80
28K	35.00		22.00	14.00	35.00	29.00	135.00	9.00	23.10
34L	52.45						52.45	3.50	12.50
34M	6.00	28.00	10.00	12.00			56.00	3.73	10.80
34K	28.30	44.00	56.00				128.30	8.55	35.10
39L	6.40	10.00	5.00	22.00	3.00		46.40	3.09	1.30
39M	32.40						32.40	2.16	18.00
39K	30.20	19.00	3.30	24.00	32.80	20.90	130.20	8.68	17.00

Fuente: Elaboración propia

HDV = 44.60

m = 6.09 ≤ 9.00

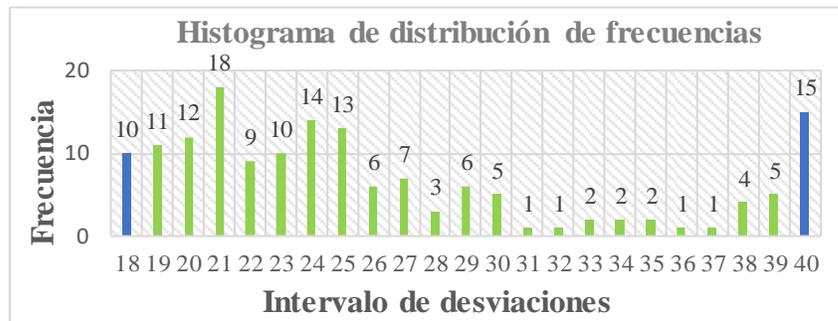
6.09 - 6.00 0.09

Tabla 28 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	52	18	24	13	35	23	27	29	28
2	27	24	18	21	22	23	19	19	26	19
3	20	27	16	14	17	40	16	21	21	24
4	23	45	21	17	30	37	19	21	24	16
5	21	18	34	19	19	24	20	50	25	13
6	25	16	16	20	23	38	25	22	23	30
7	24	21	58	19	20	38	21	26	11	22
8	55	40	60	52	65	39	21	21	30	33
9	16	40	25	22	25	39	16	13	33	40
10	43	21	24	35	27	40	16	40	20	27
11	19	25	23	42	22	32	56	25	40	30
12	45	19	42	52	64	40	25	17	24	18
13	20	18	34	29	21	26	25	53	20	20
14	40	24	28	19	26	48	26	21	40	14
15	20	24	15	22	26	27	24	18	24	21
16	39	43	21	23	40	17	21	31	10	40
17	39	25	40	59	36	28	20	22	25	20
18	38	23	29	42	40	29	24	23	29	25
19	39	49	24	22	38	19	15	25	30	21
20	40	21	27	18	18	23	18	20	29	18

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17 Histograma de distribución



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 \text{ [mm]}$$

$$D = 116.67 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 96.44 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$\text{I.R.I.} = 0.00485 * D_c \quad \text{®} \quad (\text{IRI} < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$\text{I.R.I.} = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad \text{®} \quad (2.4 < \text{IRI} < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$\text{I.R.I.} = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$\text{I.R.I.} = 5.14 \text{ m/km}$$

3.5.3.2 Tramo 1 vuelta carril izquierdo cálculo de IRI.

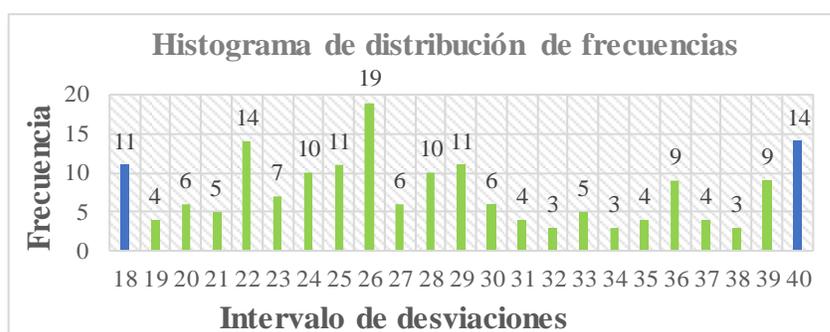
Se mostrara a continuacion los dtos correspondientes al tramo y respectivo calculo de acuerdo a las siguientes formulas.

Tabla 29 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	29	27	24	26	37	23	22	29	25
2	25	40	29	19	22	18	27	29	31	14
3	40	14	22	40	33	22	25	32	23	24
4	25	25	37	36	35	26	20	26	26	18
5	18	15	26	25	24	29	22	29	36	18
6	22	26	39	28	22	28	30	26	19	18
7	26	24	21	28	24	18	19	22	22	18
8	23	25	39	26	28	13	14	27	26	29
9	20	14	39	13	25	6	37	35	34	44
10	26	40	39	26	34	39	25	17	40	36
11	27	36	40	36	40	40	38	32	30	17
12	36	32	40	22	28	29	24	27	21	29
13	33	37	26	39	36	40	33	24	25	41
14	26	35	22	40	36	41	21	43	14	26
15	30	39	28	40	38	36	23	9	29	14
16	18	39	19	39	26	33	13	22	30	21
17	27	40	24	26	26	20	31	35	18	31
18	33	40	28	24	15	31	18	23	20	18
19	30	23	26	29	21	38	28	20	25	23
20	22	48	34	12	12	28	22	28	30	20

Fuente: Elaboración propia

Grafico 18 Deflexiones máximas



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 116.88 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 96.62 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad \text{®} \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad \text{®} \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$I.R.I. = 5.14 \text{ m/km}$$

Haciendo un análisis de estos dos resultados del tramo 1 en el intervalo de 00 y 400 metros según la norma para pavimentos en servicio es: $(4 < I.R.I. < 5.5)$ que significa que este subtramo está pobre. "rugosidad notoria, incomodidad para los conductores para los vehículos" este ensayo generalmente se realiza solo para pavimentos flexibles y no para

rígidos, pero al realizar el ensayo no da un resultado que si está en mal estado este tramo lo cual necesita una rehabilitación inmediata.

3.5.3.3 Tramo 2 ida carril derecho cálculo de IRI

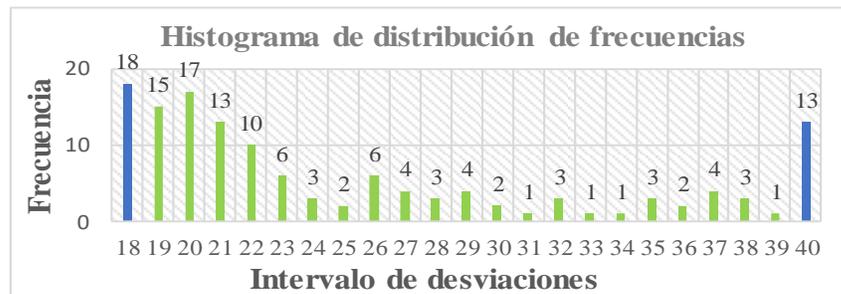
Se mostrara a continuacion los dtos correspondientes al tramo y respectivo calculo de acuerdo a las siguientes formulas.

Tabla 30 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17	8	23	22	16	8	15	14	19	22
2	19	20	14	18	19	12	17	20	15	17
3	21	6	21	21	17	18	20	14	18	15
4	17	40	27	17	17	20	20	16	19	18
5	16	2	23	22	22	23	16	20	40	20
6	16	19	21	25	16	11	15	40	15	18
7	35	17	14	12	21	19	17	14	20	40
8	14	15	22	18	16	27	21	15	17	42
9	19	17	19	19	12	20	21	19	22	26
10	22	19	20	26	7	27	39	18	8	20
11	21	13	13	21	20	37	26	37	29	16
12	18	14	23	26	1	21	19	37	29	40
13	40	40	25	24	20	21	37	18	15	20
14	28	40	35	36	32	40	19	18	28	18
15	12	18	15	6	6	40	41	22	40	18
16	40	23	18	18	16	26	38	28	24	10
17	33	27	18	32	38	34	38	18	18	35
18	22	21	14	16	40	20	36	23	16	22
19	20	29	32	30	19	4	15	26	19	9
20	12	20	21	30	31	13	29	14	17	24

Fuente: Elaboración propia

Grafico 19 Deflexiones máximas



Fuente: Elaboración propia

Cálculo del rango D:

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

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 118.38 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 97.86 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c \quad \text{®} \quad (IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c \quad \text{®} \quad (2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$I.R.I. = 5.20 \text{ m/km}$$

3.5.3.4 Tramo 2 vuelta carril izquierdo cálculo de IRI.

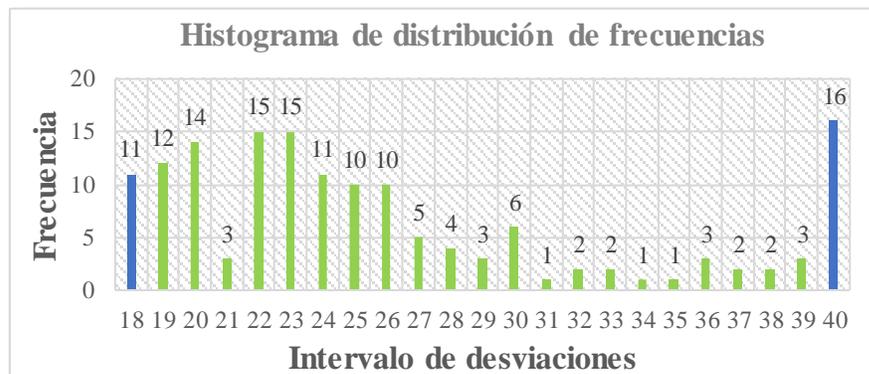
Se mostrara a continuacion los dtos correspondientes al tramo y respectivo calculo de acuerdo a las siguientes formulas.

Tabla 31 Datos de campo con la rueda de Merlín

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	36	23	20	26	11	22	30	15	16
2	34	36	21	19	20	11	20	20	22	27
3	24	37	20	9	18	32	9	23	20	22
4	22	37	24	19	16	11	35	14	23	26
5	16	38	23	28	13	25	22	11	1	18
6	30	38	23	26	17	25	31	24	65	25
7	22	39	24	22	20	22	26	11	26	19
8	20	39	18	19	20	24	40	26	17	29
9	23	40	16	23	22	48	27	18	40	17
10	55	40	16	23	30	24	13	15	19	26
11	15	40	65	15	27	19	20	16	24	17
12	22	25	25	25	18	40	14	25	21	26
13	40	24	28	17	18	40	19	7	39	10
14	19	24	40	40	17	18	32	45	22	19
15	62	24	22	40	28	18	33	20	8	18
16	27	20	25	40	22	10	30	60	29	21
17	40	20	14	18	16	27	16	24	16	16
18	40	23	28	26	30	19	25	8	30	11
19	40	22	23	25	19	33	36	19	18	17
20	40	22	23	23	23	14	23	20	26	23

Fuente: Elaboración propia

Grafico 20 Deflexiones máximas



Fuente: Elaboración propia

$$D = \left(\frac{(7 - 2)}{7} + 4 + \frac{(19 - 1)}{19} \right) * 5 [mm]$$

$$D = 117.33 \text{ mm}$$

Cálculo factor de corrección fc:

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

Donde:

$$E_p = 6.20$$

$$L_i = 25.00$$

$$L_f = 10.00$$

$$f_c = 0.83 \text{ mm}$$

Cálculo del rango corregido Dc:

$$D_c = D * f_c$$

$$D_c = 96.99 \text{ mm}$$

Determinación del I.R.I.:

Para pavimentos nuevos:

$$I.R.I. = 0.00485 * D_c$$

$$(IRI < 2.4)$$

Para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$(2.4 < IRI < 15.9)$$

Cálculo del I.R.I.:

Aplicando la fórmula para pavimentos en servicio:

$$I.R.I. = 0.593 + 0.0471 * D_c$$

$$I.R.I. = 5.16 \text{ m/km}$$

Haciendo un análisis de estos dos resultados del tramo 2 en el intervalo de 00 y 400 metros según la norma para pavimentos en servicio es: $(4 < I.R.I. < 5.5)$ que significa que este subtramo está POBRE. "rugosidad notoria, incomodidad para los conductores para los vehículos" este ensayo generalmente se realiza solo para pavimentos flexibles y no para

rígidos, pero al realizar el ensayo no da un resultado que si está en mal estado este tramo lo cual necesita una rehabilitación inmediata.

3.5.4 Método de evaluación superficial PSI (índice de severidad presente)

Para el cálculo del PSI se utilizó la forma más común de cuantificar este parámetro es a través de IRI (en m/km) utilizando la siguiente ecuación, se usa esta ecuación por que los resultados del IRI. Se encuentran por encima de 4.7m/km si fueran inferiores los resultados se tendría que usar otra fórmula.

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

De esta manera se realizará el cálculo correspondiente a cada tramo usando como dato el resultado del IRI, se ara el cálculo correspondiente de la siguiente manera.

3.5.4.1 Tramo 1 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 5.14 m/km

$$\text{PSI} = 1.984$$

3.5.4.2 Tramo 1 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI

$$\text{PSI} = 5 \exp(-0.18 \times \text{IRI})$$

Dato I.R.I. 5.14 m/km

$$\text{PSI} = 1.98$$

Después de un cálculo tanto del carril derecho e izquierdo se llegó a los resultados donde haciendo una relación se encuentra en el rango de $2 < \text{PSI} < 1$ lo cual está en un rango malo según la norma ASSTHO, esto puede ser a causa de los materiales de la capa de rodadura o también puede ser por el factor climático de la zona de estudio, llegando a la conclusión de que este tramo 1 necesita una rehabilitación superficial.

3.5.4.3 Tramo 2 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI

$$PSI = 5 \exp(-0.18 \times IRI)$$

Dato I.R.I. 5.20 m/km

$$PSI = 1.96$$

3.5.4.4 Tramo 2 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI

$$PSI = 5 \exp(-0.18 \times IRI)$$

Dato I.R.I. 5.16 m/km

$$PSI = 1.97$$

Después de un cálculo tanto del carril derecho e izquierdo se llegó a los resultados donde haciendo una relación se encuentra en el rango de $2 < PSI < 1$ lo cual está en un rango malo según la norma ASSTHO, esto puede ser a causa de los materiales de la capa de rodadura o también puede ser por el factor climático de la zona de estudio, llegando a la conclusión de que este tramo 1 necesita una rehabilitación superficial.

3.5.4.5 Aforo de tráfico tramo entrada al hotel los parrales

El aforo realizado en el tramo entrada al hotel los parrales se lo realizó los 7 días de la semana de 6 A.M. a 6 P.M. llegando a tener los siguientes resultados haciendo una breve clasificación vehicular que se mostrara en la siguiente planilla.

Tabla 32 Datos aforo vehicular

Dias	Taxis	Camionetas	Camiones	Volquetes	Total
Lunes	18	10	2	1	31
Martes	14	12	1	0	27
Miercoles	22	8	3	0	33
Jueves	19	14	0	2	35
Viernes	25	11	2	0	38
Sabado	22	7	0	0	29
Domingo	20	5	0	0	25

Fuente: Elaboración propia

3.6 ANALISIS DE RESULTADOS TRAMO CHAGUAYA EL

MOLLAR PAVIMENTO FLEXIBLE

Después de un análisis profundo de los diferentes ensayos realizados en el tramo Chaguaya el Mollar se pudo observar que los resultados concuerdan arrojan resultados que según las tablas están en el margen de malos.

El análisis del ensayo de la viga Benkelman desde la toma de datos se observa que los datos son muy bajos lo cual quiere decir que el tramo Chaguaya el Mollar estructuralmente está en estado de falla por que el pavimento está trabajando en bloques separados y no en un solo bloque.

Los resultados del P.C.I. después de un análisis de datos se llega a que el pavimento según tablas está en muy mal estado superficial esto quiere decir que tiene distintas fallas superficiales más que todo prevalece el desprendimiento de agregado, exudación y ahuellamiento tiene poca fisura longitudinal y trasversal.

Se realizó el ensayo del I.R.I. con la rueda de Merlín, se tomó los datos correspondientes lo cual nos dio un resultado general dentro del rango de pobre que se encuentra en el rango de 4-5.5 que significa muy pobre donde la rugosidad es notoria para los vehículos de alto tonelaje, haciendo una relación del IRI con el PCI tiene coherencia ya que la mayoría del pavimento presenta desprendimiento de agregado y de ahí que se obtiene estos resultados de rugosidad muy pobre.

El ensayo del PSI se lo realizó mediante los resultados del IRI donde en el tramo dos nos varía entre 2 -3 según la asstho que está en un rango de regular, mientras que los demás tramos están dentro del rango de 1- 2 dentro de este parámetro está en un rango de malo

3.6.1 Evaluación de alternativas de rehabilitación tramo Chaguaya

el Mollar pavimento flexible

3.6.1.1 Tratamiento superficial (sello) localizado

Esta acción consiste en la aplicación de un sello asfáltico o tratamiento superficial en sitios localizados no mayores de 300 m² de área. La acción consiste en:

un riego con material asfáltico cubierto con agregados, ó lechada asfáltica (slurry seal). Su ejecución es conveniente sobre pavimentos envejecidos y oxidados, que presenten grietas finas y/o pérdida de agregado por disgregación menor. Así mismo, pueden ser utilizados para corregir problemas de textura y mejorar la resistencia al deslizamiento en puntos críticos como: curvas, intersecciones, pendientes, etc. Generalmente no son recomendables para vías de alto volumen y tráfico pesado, así como en pavimentos que presenten fallas estructurales severas. La ejecución de esta acción requiere –en algunos casos– acciones previas sobre la superficie a tratar, estas pueden incluir: bacheo, sellado de grietas anchas, nivelación localizada en áreas deformadas, además de barrido y limpieza de la superficie donde se aplica capa de sello con piedra o grava picada, capa de sello con arena, lechada asfáltica.

Uno de los aspectos más importantes a cuidar en la ejecución de sellos está el extendido uniforme del material asfáltico en la cantidad requerida. Este puede ser cemento asfáltico, asfalto líquido o emulsión, según el caso.

Los agregados deben ser limpios y duros, cumplir con los requisitos granulométricos y de forma cúbica, evitando partículas alargadas. En el caso de sellos es necesario una vez extendido el agregado– “pisarlo” empleando compactadora de neumáticos, a fin de mejorar su adherencia con el asfalto.

Figura 41 Aplicación de capa de sello localizado



Fuente: Tratamiento superficial asfálticos

La lechada asfáltica es una mezcla homogénea de emulsión asfáltica, agua y agregados finos bien gradados, mezclados y extendidos por un equipo especialmente diseñado. El producto final tiene una apariencia cremosa y fluida, cuando es proporcionado y mezclado en forma correcta.

Tabla 33 Analisis precios unitarios

Analisis de precios unitarios					
Datos generales					
Proyecto :	Rehabilitación de pavimentos flexibles				
Actividad:	Tatamiento superficial (sello) localizado				
Cantidad :	1				
Unidad :	M3				
Moneda :	Bs				
1.- Materiales					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Arena clasificada fina	m3	0.49	145.00	71.05
2	Cemento asfaltico	lt	110.00	10.58	1163.80
3	Diesel	lt	18.00	3.74	67.32
Total materiales :					1302.17
2.- Mano de obra					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Ayudante de operador	hr.	0.03	16.00	0.45
2	Capatas A	hr.	1.80	25.00	45.00
3	Operador de equipo liviano	hr.	0.08	18.00	1.48
4	Operador de planta	hr.	0.09	23.19	2.09
5	Obrero A	hr.	0.07	12.07	0.87
6	Chofer A	hr.	0.00	18.00	0.02
Subtotal Mano de Obra :					49.90
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de Obra)			60%	49.90	29.94
Impuestos I.V.A. Mano de Ora (% de Mano de Obra + Carga Sociales)			14.94%	79.84	11.93
Subtotal Cargas Sociales e Impuestos :					41.87
Total mano de obra :					91.77
3.- Equipo, maquinaria y herramientas					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Distribuidr de agregado	hr.	0.03	455.03	12.74
2	Escoba mecanica	hr.	0.03	71.55	2.00
3	Planta calentamiento de asfalto	hr.	0.09	965.23	86.87
4	Rodillo neomatico tps 10000	hr.	0.08	332.81	27.96
5	Volquete 12 M3	hr.	0.00	227.87	0.27
Herramientas (% de Total de Mano de Obra)			8%	91.77	7.34
Total de equipo, maquinaria y herramientas:					137.19
4.- Gastos generales y administrativos					
Gastos generales - % de 1+2+3			10.00%	1531.13	153.11
Total gastos generales y administrativos					
5.- Utilidad					
Utilidad=% de 1+2+3+4			5.00%	1684.24	84.21
Total utilidad					
6.- Impuestos					
Impuestos it-% de 1+2+3+4+5			3.09%	1768.45	54.65
Total impuestos					
Total precio unitario 1+2+3+4+5+6					1823.10

Fuente: Elaboración propia

Cantidad a reparar m³ = 300

Costo total = 546929.2 BS

3.6.1.2 Fresado y/o texturización localizada

El fresado en frío es un proceso por el cual un equipo provisto de un cilindro rotatorio, con dientes de especial dureza, remueve pavimentos de concreto asfáltico (o concreto Portland), hasta una profundidad especificada. Estos equipos cuentan con sistemas de nivelación automática y son capaces de operar con buena precisión.

Esta acción específica se refiere, en el caso de fresado, a la remoción de 1 a 3 cm. de pavimento con la finalidad de alisar áreas deformadas con elevaciones y corrugaciones, ahuellamientos menores, superficies agrietadas y disgregadas. El equipo remueve el material sin dañar las capas inferiores, deja una superficie rugosa y nivelada que facilita la colocación de nuevas capas de espesor uniforme, además de mejorar la adherencia.

Otras ventajas del uso de este equipo son:

- elimina el uso de capas de nivelación y reduce las elevaciones de rasante que afectan drenajes, aceras, reducción de altura libre en puentes, sobrecargas en estructuras, etc.
- se puede utilizar para tratar áreas de cualquier tamaño.
- el material removido es reutilizable, bien para ser reciclado en mezclas o como base en nuevos pavimentos o baches, los trabajos de remoción producen menos molestias, al tráfico, ya que el equipo fresador remueve lo dañado, se carga el material removido en forma simultánea. Adicionalmente la superficie tratada puede ser usada en forma temporal. Por su parte la texturización se refiere al fresado o remoción de un espesor entre 3 a 10 cm.), con la finalidad de mejorar la fricción del pavimento.

Tabla 34 Analisis precios unitarios

Analisis de precios unitarios					
Datos generales					
Proyecto :	Rehabilitación de pavimentos flexibles				
Actividad:	Fresado y/o texturización localizada				
Cantidad :	1				
Unidad :	M3				
Moneda :	Bs				
1.- Materiales					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Grabaturada clasificada de planta	m3	0.48	152.00	72.96
2	Arena clasificada fina	m3	0.49	145.00	71.05
3	Cemento asfaltico	lt	110.00	10.58	1163.80
4	Diesel	lt	18.00	3.74	67.32
Total materiales :					1375.13
2.- Mano de obra					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Ayudante de operador	hr.	0.03	16.00	0.45
2	Capatas A	hr.	1.80	25.00	45.00
3	Operador de equipo liviano	hr.	0.08	18.00	1.48
4	Operador de planta	hr.	0.09	23.19	2.09
5	Obrero A	hr.	0.07	12.07	0.87
6	Chofer A	hr.	0.00	18.00	0.02
Subtotal Mano de Obra :					49.90
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de Obra)			60%	49.90	29.94
Impuestos I.V.A. Mano de Ora (% de Mano de Obra + Carga Sociales)			14.94%	79.84	11.93
Subtotal Cargas Sociales e Impuestos :					41.87
Total mano de obra :					91.77
3.- Equipo, maquinaria y herramientas					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Distribuidr de agregado	hr.	0.03	455.03	12.74
2	Escoba mecanica	hr.	0.03	71.55	2.00
3	Planta calentamiento de asfalto	hr.	0.09	965.23	86.87
4	Rodillo neomatico tps 10000	hr.	0.08	332.81	27.96
5	Maquina de fresado	hr.	0.80	935.22	748.18
6	Terminado de asfalto	hr.	0.08	669.06	50.18
7	Cargador frontal de ruedas 950 M3	hr.	0.00	421.29	0.04
8	Volquete 12 M3	hr.	0.00	227.87	0.27
Herramientas (% de Total de Mano de Obra)			8%	91.77	7.34
Total de equipo, maquinaria y herramientas:					935.58
4.- Gastos generales y administrativos					
Gastos generales - % de 1+2+3			10.00%	2402.49	240.25
Total gastos generales y administrativos					
5.- Utilidad					
Utilidad=% de 1+2+3+4			5.00%	2642.73	132.14
Total utilidad					
6.- Impuestos					
Impuestos it-% de 1+2+3+4+5			3.09%	2774.87	85.74
Total impuestos					
Total precio unitario 1+2+3+4+5+6					2860.61

Fuente: Elaboración propia

Cantidad a reparar m³ = 300

Precio total = 858184.12 BS

3.6.1.3 Tratamientos superficiales (capas de sello)

Los sellos o tratamientos superficiales constituyen una excelente alternativa de rehabilitación, especialmente recomendable para vías de bajo y medio volumen de tráfico y cargas. Son adecuados y económicos para proteger superficies viejas y oxidadas, sellar grietas y corregir fallas menores.

Los sellos asfálticos por sí solos no aportan un significativo incremento estructural al pavimento. Sin embargo, al sellar grietas, es decir, impermeabilizando la superficie, se reduce la rata de deterioro y produce un incremento en la vida de éste. En todo caso debe entenderse

que éstos no son solución a problemas estructurales, siendo poco efectivos en vías de alto volumen de tráfico con problemas estructurales y síntomas de fatiga. Para el buen comportamiento de un sello es importante que se realice una preparación adecuada de la superficie. La duración de un sello asfáltico es variable y depende de la condición del pavimento original, calidad del sello y características del tráfico. Por lo general, puede esperarse una duración entre 4 y 8 años.

Figura 42 aplicación de capa de sello localizado



Fuente: Tratamiento superficial asfálticos

Tabla 35 Analisis precios unitarios

Analisis de precios unitarios					
Datos generales					
Proyecto :	Rehabilitación de pavimentos flexibles				
Actividad:	Tratamiento superficial (capas de cello)				
Cantidad :	1				
Unidad :	M3				
Moneda :	Bs				
1.- Materiales					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Grabatriturada clasificada de planta	m3	0.48	152.00	72.96
2	Arena clasificada	m3	0.49	145.00	71.05
3	Cemento asfaltico	lt	110.00	10.58	1163.80
4	Disel	lt	18.00	3.74	67.32
Total costo materiales :					1375.13
2.- Mano de obra					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Ayudante de operador	hr.	0.03	16.00	0.45
2	Capatas A	hr.	1.80	25.00	45.00
3	Operador A	hr.	0.82	20.00	16.40
4	Operador de equipo liviano	hr.	0.08	18.00	1.48
5	Operador de planta	hr.	0.09	23.19	2.09
6	Obrero A	hr.	0.07	12.07	0.87
7	Chofer A	hr.	0.00	18.00	0.02
Subtotal Mano de Obra :					66.30
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de Obra)			60%	66.30	39.78
Impuestos I.V.A. Mano de Ora (% de Mano de Obra + Carga Sociales)			14.94%	106.08	15.85
Subtotal Cargas Sociales e Impuestos :					55.63
Total mano de obra :					121.93
3.- Equipo, maquinaria y herramientas					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Distribuidr de agregado	hr.	0.03	455.03	12.74
2	Escoba mecanica	hr.	0.03	71.55	2.00
3	Planta calentamiento de asfalto	hr.	0.09	965.23	86.87
4	Rodillo neomatico tps 10000	hr.	0.08	332.81	27.96
5	Terminado de asfalto	hr.	0.08	669.06	50.18
6	Cargador frontal de ruedas 950 M3	hr.	0.00	421.29	0.04
7	Volquete 12 M3	hr.	0.00	227.87	0.27
Herramientas (% de Total de Mano de Obra)			8%	121.93	9.75
Total de equipo, maquinaria y herramientas:					189.82
4.- Gastos generales y administrativos					
Gastos generales - % de 1+2+3			10.00%	1686.88	168.69
Total gastos generales y administrativos					
5.- Utilidad					
Utilidad=% de 1+2+3+4			5.00%	1855.57	92.78
Total utilidad					
6.- Impuestos					
Impuestos it-% de 1+2+3+4+5			3.09%	1948.35	60.20
Total impuestos					
Total precio unitario 1+2+3+4+5+6					2008.55

Fuente: Elaboración propia

Espesor de capa m³ = 2800

Costo total = 5623947.9 BS

3.7 ANALISIS DE RESULTADOS TRAMO ENTRADA HACIA EL

HOTEL LOS PARRALES PAVIMENTO RIGIDO

Después de un análisis profundo de los diferentes ensayos realizados en el tramo entrada hacia el hotel los parrales se pudieron observar que los resultados concuerdan arrojan resultados que según las tablas están en el margen de malos algunos ensayos no corresponde al pavimento rígido, pero sin embargo se los realizo para ver que resultados obtenemos, de la misma manera se explicara a continuación:

El análisis del ensayo de la viga Benkelman desde la toma de datos se observa datos muy bajos cercanos a 0 esto es porque el pavimento rígido trabaja por separado las losas en otras palabras el ensayo de la viga Benkelman no corresponde realizarlo en pavimentos rígidos.

Los resultados del P.C.I. después de un análisis de datos se llega a que el pavimento según tablas está en muy malo ya que presenta distintas fallas superficiales en las losas de hormigón entre las más comunes tenemos losa dividida, grietas lineales, punzonamientos y Descacaramiento.

Se realizo el ensayo del I.R.I. con la rueda de Merlín, se tomó los datos correspondientes lo cual nos dio un resultado general dentro del rango de pobre que se encuentra en el rango de 4-5.5 que significa muy pobre donde la rugosidad es notoria para los vehículos de alto tonelaje, haciendo una relación del IRI con el PCI tiene coherencia ya que la mayoría del pavimento presenta desprendimiento de agregado y de ahí que se obtiene estos resultados de rugosidad muy pobre. Este ensayo no corresponde para pavimentos rígidos.

El ensayo del PSI se lo realizo mediante los resultados del IRI donde en el tramo dos nos varía entre 1 -2 según la asstho que está en un rango de malo en esta parte es notorio que el pavimento está en mal estado superficial.

3.7.1 Evaluación de alternativas de rehabilitación pavimento rígido hotel

los parrales

De acuerdo a los resultados analizados este tramo carretero de bajo tráfico tiene fallas superficiales fisuras más que todo entonces para este caso se tomó la siguiente alternativa de rehabilitación.

3.7.1.1 Reparación en todo el espesor

La reparación de espesor completo implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobre capa. Las reparaciones de espesor completo pueden mejorar las condiciones del rodado y de integridad estructural, así como extender la vida útil del pavimento.

Figura 43 Reparación de todo el espesor



Fuente: Tratamiento superficial

Las reparaciones en todo el espesor para el caso de pavimentos de concreto simple o concreto armado con juntas, deben ser de concreto y deberán preverse pasadores o barras de unión a los efectos de asegurar una buena transferencia de cargas a través de la junta reparada. Para el caso de pavimentos de concreto armado continuo, las reparaciones en todo el espesor del mismo deben de ser de tal manera que aseguren la continuidad en la armadura mediante la soldadura o empalme con la armadura existente. En algunos casos se han hecho reparaciones en todo el espesor en concreto asfáltico en lugar de concreto de cemento portland. Según la experiencia AASHTO, esto no ha dado buenos resultados puesto que aparecen manchas en el refuerzo, apertura de juntas, fisuras y rápido deterioro en las inmediaciones del parche de concreto asfáltico, es por esto que no deben hacerse

reparaciones con este material previo a la colocación del refuerzo. En el caso de haber parches de concreto asfáltico éstos deberán ser demolidos y reemplazos por concreto de cemento portland.

Las reparaciones de espesor completo deben tener una longitud suficiente para que el equipo de perforación de las barras de transferencia de carga (pasadores) trabaje sin dificultades. Ello garantiza que las barras queden suficientemente separadas para evitar concentración de tensiones excesivas, por lo tanto se recomienda extenderlas a todo el ancho de la losa que se está reparando. Además, se recomienda que éstas sean de un largo de 1.80 m como mínimo.

La ejecución considera los siguientes pasos:

- Corte de espesor completo mediante aserrado alrededor del área dañada.
- Extracción de la losa de concreto en mal estado por medio de pequeñas grúas, con el fin de evitar dañar la subbase o el pavimento adyacente.
- Colocación de las barras de transferencia de carga, perfectamente alineadas.
- En la colocación debe utilizarse un concreto premezclado, que alcance la resistencia adecuada antes de la apertura al tránsito.
- El concreto debe ser vibrado y curado en la misma manera que al construir un pavimento nuevo.

Figura 44 Reparación de junta



Fuente: Tratamiento superficial

- Un curado deficiente puede ser la causa de problemas de durabilidad.

Una consideración que hay que tener en cuenta es que si dentro de la zona deteriorada existiera una junta de contracción se procede de la misma forma, pero se debe formar la nueva junta en el mismo lugar que estaba la antigua. El procedimiento de la reparación en todo el espesor se puede apreciar.

Esta rehabilitación cumple con las especificaciones técnicas llegando a cubrir correctamente el tratamiento superficial llegando a tener buenos resultados porque en la zona no todas las losas se encuentran en la estado existen lozas que no tiene ninguna falla esto ayuda que al anclar nuevas barras a la loza esto trabaje en mejores condiciones técnicas de ahí que la reparación de todo el espesor de la loza es garantizado en la entrada hacia el hotel los parrales y así tener una mejor comodidad de transpirabilidad.

Tabla 36 Analisis precios unitarios

Analisis de precios unitarios					
Datos generales					
Proyecto :	Rehabilitacion de pavimento rigido				
Actividad:	Reparacion en todo el espesor e=0.18m				
Cantidad :	1				
Unidad :	M2				
Moneda :	Bs				
1.- Materiales					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Cemento portland IP-30	kg	67.86	1.20	81.43
2	Arena comun	m3	0.16	110.00	17.60
3	Graba comun	m3	0.20	120.00	24.00
4	Madera de construccion	p2	0.30	7.35	2.21
	Acero corrugado	kg	0.20	6.51	1.30
	Agua de cisterna	1000lts	0.05	25.00	1.25
Total materiales :					127.79
2.- Mano de obra					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Capatas	hr.	0.40	23.75	9.50
2	Albañil	hr.	1.20	21.00	25.20
3	Peon	hr.	1.20	13.25	15.90
Subtotal Mano de Obra :					50.60
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de Obra)			60%	50.60	30.36
Impuestos I.V.A. Mano de Ora (% de Mano de Obra + Carga Sociales)			14.94%	80.96	12.10
Subtotal Cargas Sociales e Impuestos :					42.46
Total mano de obra :					93.06
3.- Equipo, maquinaria y herramientas					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Camion hormigonero	hr.	0.03	290.00	8.70
2	Vibrador 25-60mm	hr.	0.03	25.00	0.75
Herramientas (% de Total de Mano de Obra)			8%	93.06	7.44
Total de equipo, maquinaria y herramientas:					16.89
4.- Gastos generales y administrativos					
Gastos generales - % de 1+2+3			10.00%	237.74	23.77
Total gastos generales y administrativos					
5.- Utilidad					
Utilidad=% de 1+2+3+4			5.00%	261.51	13.08
Total utilidad					
6.- Impuestos					
Impuestos it-% de 1+2+3+4+5			3.09%	274.59	8.48
Total impuestos					
Total precio unitario 1+2+3+4+5+6					283.07

Fuente: Elaboración propia

Cantidad a reparar m² = 3740

Precio total = 1058693.6 BS

3.7.1.2 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. Si las juntas o grietas son de trabajo deben repararse a través de la colocación de barras de traspaso de carga o reparando todo el espesor.

La experiencia en la construcción de sobre capas de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto, indica que se tiene problemas adicionales si las juntas existentes no son limpiadas y preparadas adecuadamente para el sobre capado. Las juntas empozan agua o proveen un canal desde el cual el agua será expulsada desde debajo de la junta. Esta acción se ve reflejada por un resoplido de la junta inmediatamente después del rodillazo de la sobre capa. Cuando estas fuerzas están presentes, la sobre capa comúnmente mostrará una grieta refleja al final del día, por lo mencionado anteriormente, se debe remover cualquier material contaminante que esté presente en la junta o grieta; esto se logra empleando cualquiera de los siguientes métodos.

Figura 45 Reparación de junta



Fuente: Reparación de juntas

- **Limpieza de chorro de arena (sandblasting)**

Consiste en la aplicación de arena a presión para eliminar cualquier residuo del sello antiguo, aceite u otro material extraño depositado en las juntas que impida la adherencia del nuevo material de sellado.

- **Chorro de agua a alta presión (waterblasting)**

Consiste en la aplicación de agua a alta presión. Una vez limpia la junta, se le aplicará aire comprimido. Este proceso se repetirá hasta que la junta o grieta esté libre de cualquier material extraño y quede expuesta una cara de concreto nueva y limpia.

Figura 46 Reparación de junta



Fuente: Reparación de juntas

Una vez removido el material antiguo y limpiado la junta o grieta se procede a la instalación del cordón de respaldo y finalmente la instalación del sello.

Tabla 37 Analisis precios unitarios

Analisis de precios unitarios					
Datos generales					
Proyecto :	Rehabilitacion de pavimento rigido				
Actividad:	Reparacion juntas de grieta				
Cantidad :	1				
Unidad :	M3				
Moneda :	Bs				
1.- Materiales					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Cemento porland IP-30	kg	67.86	1.20	81.43
2	Arena comun	m3	0.16	110.00	17.60
3	Graba comun	m3	0.20	120.00	24.00
	Agua de cisterna	1000lts	0.05	25.00	1.25
Total materiales :					124.28
2.- Mano de obra					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Capatas	hr.	0.40	23.75	9.50
2	Albañil	hr.	1.20	21.00	25.20
3	Peon	hr.	1.20	13.25	15.90
Subtotal Mano de Obra :					50.60
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de Obra)			60%	50.60	30.36
Impuestos I.V.A. Mano de Ora (% de Mano de Obra + Carga Sociales)			14.94%	80.96	12.10
Subtotal Cargas Sociales e Impuestos :					42.46
Total mano de obra :					93.06
3.- Equipo, maquinaria y herramientas					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Camion hormigonero	hr.	0.03	290.00	8.70
2	Vibrador 25-60mm	hr.	0.03	25.00	0.75
Herramientas (% de Total de Mano de Obra)			8%	93.06	7.44
Total de equipo, maquinaria y herramientas:					16.89
4.- Gastos generales y administrativos					
Gastos generales - % de 1+2+3			10.00%	234.23	23.42
Total gastos generales y administrativos					
5.- Utilidad					
Utilidad=% de 1+2+3+4			5.00%	257.66	12.88
Total utilidad					
6.- Impuestos					
Impuestos it-% de 1+2+3+4+5			3.09%	270.54	8.36
Total impuestos					
Total precio unitario 1+2+3+4+5+6					278.90

Fuente: Elaboración propia

Cantidad a reparar m³ = 484.01

Precio total = **134989.14 Bs**

3.7.1.3 Colocación de barras de transferencia de carga

La colocación de pasadores, aumenta la eficiencia de la transferencia de carga en las grietas y juntas transversales en los pavimentos, al enlazar los trozos contiguos de modo tal que se distribuya la carga uniformemente.

Se colocan en juntas o grietas transversales en las que se haya observado y medido una deficiente transferencia de carga entre la losa de aproximación y alejamiento de una junta, es decir, un movimiento diferencial entre estas losas debido a las cargas de tránsito. El mejoramiento de la transferencia de cargas incrementa la capacidad estructural del pavimento y reduce el potencial de escalonamiento.

Debido a la disminución de las tensiones y deflexiones en el pavimento.

Su configuración geométrica, el número de barras a colocar por junta y el tipo de acero a utilizar se determinan principalmente en función a las cargas de tránsito a las que estará sometido el pavimento.

Su colocación se efectúa de acuerdo a la siguiente secuencia:

- Corte de ranuras a través de la junta o grieta para almacenar a los pasadores.
- Demolición, remoción del concreto de las ranuras y arenado de las caras internas de la ranura.

Figura 47 Reparación de junta



Fuente: Elaboración propia

- Limpieza de las ranuras mediante hidro lavado.
- Colocación y alineación de las barras de transferencia con su respectivo separador de poliestireno expandido alineado con la grieta o junta.
- Relleno con ranuras con nuevo concreto
- También se tendría que usar el cemento el de más alto rendimiento para que pueda tener mejor resistencia para el paso de los vehículos
- Vibrar correctamente el concreto para poder eliminar los espacios vacíos y así tenga una mejor resistencia estructural
- Hacer el curado correspondiente hasta los 28 días

Tabla 38 Analisis precios unitarios

Analisis de precios unitarios					
Datos generales					
Proyecto :	Rehabilitacion de pavimento rigido				
Actividad:	Colocacion de barras de tranferencia de carga e=0.18m				
Cantidad :	1				
Unidad :	M2				
Moneda :	Bs				
1.- Materiales					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Cemento porland IP-30	kg	67.86	1.20	81.43
2	Arena comun	m3	0.16	110.00	17.60
	Acero corrugado	kg	0.20	6.51	1.30
	Agua de cisterna	1000lts	0.05	25.00	1.25
Total materiales :					101.58
2.- Mano de obra					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Capatas	hr.	0.40	23.75	9.50
2	Albañil	hr.	1.20	21.00	25.20
3	Peon	hr.	1.20	13.25	15.90
Subtotal Mano de Obra :					50.60
Cargas Sociales (% del Subtotal de Mano de Obra)			60%	50.60	30.36
Impuestos I.V.A. Mano de Ora (% de Mano de Obra + Carga Sociales)			14.94%	80.96	12.10
Subtotal Cargas Sociales e Impuestos :					42.46
Total mano de obra :					93.06
3.- Equipo, maquinaria y herramientas					
	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Camion hormigonero	hr.	0.03	290.00	8.70
2	Vibrador 25-60mm	hr.	0.03	25.00	0.75
Herramientas (% de Total de Mano de Obra)			8%	93.06	7.44
Total de equipo, maquinaria y herramientas:					16.89
4.- Gastos generales y administrativos					
Gastos generales - % de 1+2+3			10.00%	211.53	21.15
Total gastos generales y administrativos					
5.- Utilidad					
Utilidad=% de 1+2+3+4			5.00%	232.69	11.63
Total utilidad					
6.- Impuestos					
Impuestos it-% de 1+2+3+4+5			3.09%	244.32	7.55
Total impuestos					
Total precio unitario 1+2+3+4+5+6					251.87

Fuente: Elaboración propia

Cantidad a reparar m² = 2689.2

Precio total = 677331.88 BS

3.8. ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PAVIMENTO FLEXIBLE

- La alternativa de rehabilitación más económica pero menos técnica es la de fresado y texturizado localizado ya que para realizar el fresado de 300 m³ se necesita **858184.118 Bs.** técnicamente no aporta ningún incremento estructural para ninguna capa ya que se va removiendo el material a una determinada profundidad para luego repararla al mismo espesor de la antigua capa.
- La capa de sello con un espesor de 10 cm es la que cuesta más económicamente pero también aporta técnicamente a la estructura del pavimento llegando a ser una excelente alternativa de rehabilitación, llegando a costar **5623947.95 Bs.**
- Dentro de lo que es la alternativa de rehabilitación de sello localizado es más económica que la alternativa de capa de sello, pero esta no aporta un incremento estructural llegando a un costo de **546929.204 Bs.**
- Desde mi punto de vista elijo la alternativa de rehabilitación tratamiento superficial (sello) localizado por que tiene un costo de **546929.204 Bs.** también porque es la más adecuada para este tramo por que pasa menos de 50 vehículos al día.

3.9 ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PAVIMENTO RIGIDO

- La alternativa de rehabilitación más económica pero menos técnica es la de reparación de juntas de grieta es una reparación solo a la grieta removiendo un cierto espesor, esta alternativa de rehabilitación estructuralmente no aporta un incremento, pero si es económica llegando a tener un costo de **134989.13Bs.**
- La alternativa de rehabilitación de colocación de barras de transferencia une las diferentes lozas fracturadas llegando a enlazar los trozos contiguos de modo tal que se distribuya la carga uniformemente esta alternativa tiene un costo de **677331.87 Bs.**

técnicamente hace un aporte muy bueno a lo que es la distribución de carga es más económica que la alternativa de rehabilitación de reparación en todo el espesor

- La alternativa que aporta mejor técnicamente es la de reparación en todo el espesor ya que se remueve todo el espesor dañado y restablece poniendo barras y material de hormigón nuevo para dar continuidad a la losa esta alternativa de rehabilitación cuesta más económicamente llegando a **1058693.63 Bs.**
- De mi parte la alternativa que elegiría es la de reparación en todo el espesor de la losa ya que está bastante dañada, aunque económicamente es la más cara llegando a costar **1058693.63 Bs.** pero aporta estructuralmente de la misma manera esta alternativa se la podría aplicar en los lugares más dañados.

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4 CONCLUSIONES

4.1.1 Tramo Chaguaya el Mollar

- Se pudo realizar el estudio de tres alternativas de rehabilitación donde se llegó a cumplir técnicamente y económica para mejorar las condiciones de la capa de rodadura del pavimento flexible.
 - Se logro recopilar información relacionada al estudio de alternativas de rehabilitación en vías de bajo trafico
 - Se realizo el aforo correspondiente de 6 am. – 6 pm durante 7 días llegando a tener el día domingo una máxima de 43 vehículos y una mínima 33 vehículos el día miércoles y viernes, llegando a confirmar que es una vía de bajo tráfico donde no sobrepasa los 50 vehículos al día en el tramo Chaguaya el Mollar
 - Se logro realizar todas las pruebas correspondientes viga Benkelman método IRI. PCI. IRI. Donde se determinó que este tramo carretero Chaguaya el Mollar si se encuentra en mal estado.
 - Se determino 3 alternativas de rehabilitación que cumplen con los aspectos técnicos y económicos para el tramo Chaguaya el Mollar que se mencionara a continuación
- tratamiento superficial (sello) localizado esta alternativa de rehabilitación tiene un costo de **546929.203 bs.**

fresado y/o texturización localizada esta alternativa de rehabilitación tiene un costo de **858184.11 bs.**

tratamientos superficiales (capas de sello) esta alternativa de rehabilitación tiene un costo de **5623947.94 bs.**

- desde mi punto de vista la alternativa de rehabilitación tratamiento superficial (sello) localizado por que tiene un costo de **546929.204 bs.** también porque es la más adecuada para este tramo por que pasa menos de 50 vehículos al día.

4.1.2 Tramo entrada hacia el hotel los parrales

- Se pudo realizar el estudio de tres alternativas de rehabilitación donde se llegó a cumplir técnicamente y económica para mejorar las condiciones de la capa de rodadura del pavimento rígido.
- Se logro recopilar información relacionada al estudio de alternativas de rehabilitación en vías de bajo tráfico.
- Se realizo el aforo correspondiente de 6 am. – 6 pm durante 7 días llegando a tener el día viernes una máxima de 38 vehículos y una mínima 25 vehículos el día domingo, llegando a confirmar que es una vía de bajo tráfico donde no sobrepasa los 50 vehículos al día en el tramo entrada hacia el hotel los parrales.
- Se logro realizar todas las pruebas correspondientes viga Benkelman método IRI. PCI. IRI. Donde se determinó que este tramo carretero entrada al hotel los parrales si se encuentra en mal estado. pero algunas de estas pruebas no corresponden realizar en pavimento rígido sin embargo se las realizo (viga Benkelman, IRI)
- Se determino 3 alternativas de rehabilitación que cumplen con los aspectos técnicos y económicos para el tramo entrada hacia el Hotel los Parrales que se mencionara a continuación

reparación en todo el espesor $e=0.18$ m esta alternativa de rehabilitación tiene un costo de **1058693.625 bs.**

colocación de barras de transferencia de carga $e=0.18$ m esta alternativa de rehabilitación tiene un costo de 677331.8792bs

reparación de juntas y grietas esta alternativa de rehabilitación tiene un costo de **134989.1372 bs.**

- de mi parte la alternativa que elegiría es la de reparación en todo el espesor de la losa ya que está bastante dañada, aunque económicamente es la más cara llegando a costar **1058693.63 bs.** pero aporta estructuralmente de la misma manera esta alternativa se la podría aplicar en los lugares más dañados en el tramo entrada hacia el Hotel los Parrales.

4.2 RECOMENDACIONES

4.2.1 Tramo Chaguaya el Mollar

- Se recomienda realizar una rehabilitación superficial lo más antes posible ya que el tramo presenta fallas superficiales en el pavimento flexible Chaguaya el Mollar y así evitar que avance el deterioro superficial.
- Recomiendo el tratamiento superficial (sello) localizado por que tiene un costo de **546929.204 Bs**, que es el más económico, también porque es la más adecuada para este tramo por que pasa menos de 50 vehículos al día.
- No recomiendo los tratamientos superficiales (capas de sello) porque esta alternativa de rehabilitación tiene un costo de **5623947.94 Bs** y es muy cara económicamente aunque técnicamente es la más adecuada pero como son vías de bajo tráfico no es conveniente realizar esta alternativa de rehabilitación.
- Para realizar los estudios correspondientes tanto estructural como superficial, limpieza de las zonas a reparar se recomienda tener un personal adecuado para cada actividad.

4.2.2 Tramo entrada al hotel los parrales

- Se recomienda realizar una rehabilitación superficial lo más antes posible ya que el tramo presenta fallas superficiales en el pavimento rígido entrada al hotel los parrales y así evitar que avance el deterioro superficial.
- Recomiendo De mi parte la alternativa de rehabilitación reparación en todo el espesor de la losa ya que está bastante dañada, aunque económicamente es la más cara llegando a costar **1058693.63 Bs**. pero aporta estructuralmente de la misma manera esta alternativa se la podría aplicar en los lugares más dañados en el tramo entrada hacia el Hotel los Parrales. Ya que circulan menos de 50 vehículos al día
- Al momento de realizar la remoción de las partes dañadas se recomienda limpiar bien la zona a reconstruir.
- Para realizar los estudios correspondientes tanto estructural como superficial, limpieza de las zonas a reparar se recomienda tener un personal adecuado para cada actividad.