

1. GENERALIDADES

Una de las principales características que debe cumplir un pavimento, se refiere a disponer de una superficie que asegure una buena adherencia con los neumáticos en todo instante y especialmente en zonas de frenado, curvas y cuando el pavimento se encuentra mojado, lo cual es fundamental para la seguridad de los usuarios.

Esta adherencia pavimento neumático o resistencia al deslizamiento va disminuyendo en el tiempo por efecto del pulimiento causado por el tránsito, llegando a constituirse en un importante indicador del comportamiento del pavimento. Un parámetro importante en la adherencia es el coeficiente de fricción.

Este coeficiente se puede cuantificar físicamente mediante un factor que resulta de la relación entre la fuerza de fricción desarrollada en la interface de un neumático impedido de rodar con el pavimento y el peso sobre el neumático.

Debido a la importante influencia del agua en esta propiedad, los distintos métodos han optado por normalizar los ensayos en condiciones de pavimento mojado, velocidad y tipo de neumáticos.

Luego del desarrollo del IRI, ya se ha comenzado a hablar del Índice de Fricción Internacional, IFI como parámetro internacional de medida de la resistencia al deslizamiento, concepto íntimamente relacionado con la seguridad frente a accidentes de tránsito por falta de adherencia, textura e inclusive un inadecuado diseño geométrico.

El IFI es un indicador nuevo (se presentó en el Congreso Mundial de la PIARC celebrado en Montreal en septiembre de 1995), por lo que su consideración ha tenido y tiene un largo camino para convertirse en una norma o recomendación de amplio uso internacional, es por ello que las administraciones de diferentes países están iniciando proyectos o estudios como esté para la implementación del IFI en la construcción de nuevas carreteras y la consideración de sus parámetros en la administración de pavimentos

Pese a que este índice fue presentado formalmente en 1995 por la PIARC como recomendación para la medida de resistencia al deslizamiento, bajo una metodología que homologa distintos equipos de medida procedentes de varios países, todavía no ha sido recogido en la normativa de control de calidad de pavimentos. Aún es necesario que cada país haga un análisis estadístico de los resultados de los ensayos acorde a las condiciones locales.

No obstante, el IFI permite comparar distintos pavimentos y sus características adherentes en distintos lugares bajo un mismo parámetro, la interpretación de los resultados se presenta algo más compleja a la hora de definir umbrales normativos de aceptación o rechazo de la calidad antideslizante.

Mientras los distintos grupos de investigación siguen afinando la implementación del IFI, la mayoría de los países continúa utilizando desagregada mente los equipos de medida y sus parámetros de fricción.

Las situaciones que condicionan la seguridad por una baja resistencia al deslizamiento son la salida de un vehículo desde el camino en curva (coeficiente de fricción transversal) y el deslizamiento ante una frenada de emergencia (coeficiente de fricción longitudinal).

1. JUSTIFICACION

El estudio de CORRELACION DEL IFI PARA DIFERENTES TEXTURAS Y CONDICIONES DE PAVIMENTOS APLICADO A LAS VIAS URBANAS Y CARRETERAS DE LA CIUDAD DE TARIJA se lo realizara con la finalidad de establecer los parámetros del índice de fricción internacional para distintas calles de la zona urbana y carreteras de la provincia cercado, comparándolo con rangos ya utilizados en otros países y analizando los diferentes valores de acuerdo a diferentes variables(tramo recto, tramo curvo, pendiente, etc.) que pueda afectar los valores obtenidos en las vías en estudio. Las autoridades políticas a nivel mundial comprenden que un sistema eficiente de carreteras es imprescindible para el

desarrollo económico del país en su conjunto, por lo tanto se debe proporcionar a los usuarios una infraestructura vial segura y funcional, a través de buenos diseños de pavimentos, tanto estructurales como en su superficie de rodamiento.

La evaluación de estos parámetros servirá como aporte para la región, ya que los valores obtenidos estarán más ajustados a la realidad de la provincia Cercado comparándolos con rangos ya establecidos en otras regiones de características viales similares, ya que una regularidad superficial no garantiza que la textura del pavimento sea la adecuada para poder tener una buena adherencia entre neumático y el pavimento. Este trabajo está orientado a servir, mejorando la eficiencia operativa y las condiciones de seguridad para las vías urbanas y carreteras, proporcionando valores que nos ayuden a evaluar eficientemente las auscultaciones de las superficies de rodamiento así como, el facilitar la toma de decisiones respecto a la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial de forma global.

Los ensayos se realizarán en diferentes calles de la zona urbana y tramos de las principales carreteras de la provincia Cercado, dichos ensayos se realizarán con una particularidad para cada vía donde pudiera variar los rangos de la fricción como ser pendiente o tramos rectos y curvos, etc. para así verificar si existe una discrepancia de los valores de acuerdo a las variables presentadas.

La investigación beneficiará en el diseño de pavimentos y evaluación superficial de pavimentos ya que actualmente en la provincia, se toma como referencia rangos obtenidos de otros países y sabemos que los rangos de medida de resistencia al deslizamiento pueden variar considerablemente dependiendo de la textura que influye considerablemente en el proyecto geométrico de carreteras, pues se considera en el cálculo de la distancia de visibilidad de frenado y en el diseño de las curvas horizontales (sobreelevación y radio de curvatura).

Los valores obtenidos podrán ser utilizados en la realización de proyectos geométricos, tanto en el campo de la fricción como el deslizamiento que ocurre en la superficie de rodamiento, ya que la evaluación de las condiciones de superficie está involucrada la seguridad operacional de las carreteras y calles de la provincia.

El alcance de la presente investigación es ajustar el modelo PIARC a las superficies de pavimentos rígidos y flexibles en provincia Cercado, tanto en calles como en carreteras, para la obtención de parámetros o rangos del Índice de Fricción Internacional en diferentes variables que se puedan presentar como pendiente, tramo recto, tramo curvo.

Al finalizar la investigación se obtendrán rangos de fricción o resistencia al deslizamiento para diferentes vías de la zona urbana y carreteras de la provincia, que servirán de aporte para futuras investigaciones de los parámetros de fricción en nuestra región, ya que la fricción es un valor que depende de la condición de la textura del pavimento y no se cuenta todavía con equipos sofisticados que aporten en los ensayos de deslizamiento.

Los resultados que se pretende llegar son evaluar la fricción a través de mediciones de resistencia al deslizamiento y la textura de un pavimento, observando la posible variación que existiría si la capa superficial de la vía está sujeta a variables comunes en nuestro medio como tramo recto, tramo curvo y pendiente.

Los ensayos serán sujetos a procedimientos estadísticos aplicados al modelo matemático empleado (modelo PIARC), para así tener certeza y confiabilidad en los resultados, además se hará una comparación con diferentes valores obtenidos en el país de México puesto que son las más parecidas a nuestro medio.

3.- DISEÑO TEORICO

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1.1 SITUACION PROBLEMICA

Dentro de la situación actual de la región, el problema es no contar con escalas o parámetros de referencia sobre la interacción neumático-pavimento que garanticen la seguridad en la operación de calles y carreteras en pavimentos en todo tipo de condiciones, garantizando que la vía sea adecuada, funcional y más que todo segura ya que estos factores condicionan la competitividad y la productividad de la economía.

La fricción en pavimentos es un parámetro definido por la textura que influye en el proyecto geométrico de una carretera, por lo tanto el no contar con rangos y una correlación de los valores en distintas variables del pavimento, influye en la operatividad de las carreteras tanto en la seguridad como en el confort, el manual boliviano de proyecto geométrico no considera tal efecto tanto en microtextura como macrotextura, en especial en la operación de las carreteras.

La obtención del Índice de Fricción Internacional se basa en la determinación de los parámetros de fricción y textura, entonces se establece que al aumentar la velocidad, disminuye la fricción. Esta disminución es tanto menor cuanto mejor es la capacidad de evacuación del agua que proporciona la macrotextura.

Por este motivo el contar con valores o rangos establecidos para la región implica importantes ventajas para minimizar los accidentes, así como la apertura de nuevas líneas de investigación que busquen implementar factores que ayuden a hacer evaluaciones precisas económicas y sistemas de administración de pavimentos que represente de una mejor manera las condiciones prevalecientes del pavimento.

3.1.2 PROBLEMA

Ante la influencia que tiene la fricción del pavimento en la seguridad de calles y carreteras, es recomendable considerar los parámetros de fricción dentro de los diseños geométricos en las superficies de rodamiento rígido y flexible, y establecer una relación de los parámetros del IFI, tomando en cuenta la influencia de las condiciones de cada pavimento (pendiente, tramo recto tramo curvo) tanto en calles como carreteras de la provincia Cercado.

¿En que influye la correlación del IFI a diferentes variables del pavimento como ser tramos rectos tramos curvos y pendientes?

3.2. OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo General

Determinar la correlación del índice de fricción internacional IFI a diferentes texturas en pavimento flexible y condiciones geométricas de pavimentos (tramos rectos, tramos curvos y pendientes), realizando los ensayos exigidos por el modelo internacional PIARC.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información bibliográfica sobre los estudios realizados y rangos, internacionalmente, sobre el índice de Fricción Internacional.
- Analizar las diferentes variables o alternativas de zonas de estudio para determinar el índice de fricción internacional.
- Realizar los ensayos con el péndulo británico para obtener el coeficiente de resistencia al deslizamiento en diferentes condiciones del pavimento.
- Realizar los ensayos con el círculo de arena para determinar la condición de la textura de los pavimentos en estudio.
- Realizar teoría de errores de los datos obtenidos en campo con el péndulo británico y el ensayo de círculo de arena, para así desprestigiar los datos que no sean confiables estadísticamente.
- Determinar los valores de fricción utilizando los parámetros de resistencia al deslizamiento (Péndulo Británico) y la textura del pavimento (círculo de arena), aplicando el método de PIARC (Permanent International Association of Road Congresses).
- Analizar la confiabilidad de los resultados, verificando que se encuentren dentro de los rangos mínimos que puede aceptar el modelo aplicado (método PIARC).

- Determinar rangos del IFI para la provincia Cercado para calles y carreteras en diferentes condiciones de pavimento tanto rígido y flexible,
- Establecer las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

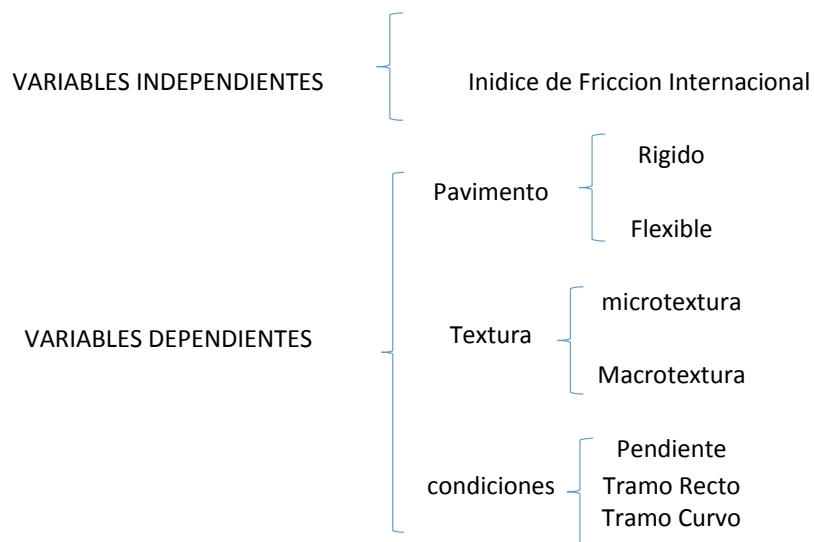
3.3. HIPOTESIS

“Se establece una correlación del IFI para diferentes variables que pueda presentar los pavimentos de la Provincia Cercado (tramo recto, tramo curvo, pendiente)”

3.4. VARIABLES

La investigación del Índice de Fricción Internacional (IFI) contempla las siguientes variables en estudio:

Cuadro 1. Variables en estudio objeto de la investigación



Fuente: Elaboración Propia

3.5. ALCANCE

En resumen el alcance que tendrá la investigación es establecer valores de fricción en calles y carreteras de la Provincia Cercado en diferentes variables como ser tramos rectos curvos, pendiente y tipo de pavimento, establecer una hipótesis de correlación entre dichas variables para así estandarizar el IFI, indicando de manera teórica los ensayos que se utilizaran, en qué condiciones de pavimento, y el modelo matemático a usar para así al final realizar en campo los ensayos tanto del péndulo británico como el círculo de arena y procesar en gabinete los datos aplicando el método PIARC.

En el primer capítulo, se describe de manera general de que trata la investigación del IFI (Índice de Fricción Internacional), donde se presenta un resumen teórico de lo que se verá en el proyecto, el problema que genera el no contar con datos de fricción y correlación en diferentes variables de pavimento para la seguridad de calles y carreteras, los objetivos tanto general como específicos para el cual se realizara el estudio de la fricción en la Provincia Cercado, la hipótesis que establece el tratar de buscar una correlación entre las diferentes variables que puede presentar una carretera para la medición de la fricción, las diferentes unidades de muestra que se realizaran en la investigación y los procedimientos o metodologías de trabajo tanto en campo como en gabinete para la obtención del IFI y su correlación a diferentes variables que presenta un pavimento.

El segundo capítulo, comprende la parte teórica, donde se detalla las características de los pavimentos objeto de la investigación además de la importancia de la condición de la textura que tienen dichos pavimentos para la obtención del IFI, la descripción de los equipos que se utilizaran en la investigación (Círculo de Arena y Péndulo Británico), los procedimientos para realizar los ensayos con dichos equipos en campo y como utilizar el modelo matemático de referencia para la obtención del Índice de Fricción Internacional (Modelo PIARC), sus metodologías y la calibración del modelo para los equipos.

Para la investigación sobre la correlación del IFI ante diferentes condiciones, se procederá primeramente a identificar con exactitud las zonas de estudio del proyecto tomando en cuenta que dichas zonas cuenten con las características que se necesitan como son la pendiente y el tipo de pavimento, luego se realizara la evaluación de los pavimentos procediendo a los ensayos de la textura del pavimento mediante el circulo de arena y la resistencia al deslizamiento mediante el péndulo británico, para finalmente obtener el Índice de Fricción Internacional (IFI) aplicando el modelo de PIARC donde se buscara establecer una correlación entre las diferentes variables en que se medirá el IFI.

Finalmente, se establecerá en conclusión si cumplimos con los objetivos planteados en el capítulo 1, además de mencionar las observaciones que se tuvo durante el procedimiento para la obtención del IFI y su correlación y señalar las recomendaciones que indiquen la obtención con mayor exactitud de la fricción de acuerdo a la experiencia que tengamos en la presente investigación.

4. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 UNIDADES DE MUESTREO

4.1.1 UNIDAD

Para el estudio del IFI se tomara en cuenta como unidad de investigación las calles urbanas y carreteras de la provincia Cercado del departamento de Tarija.

4.1.2 POBLACION

La investigación del Índice de Fricción Internacional (IFI) abarcara como población las principales avenidas y calles de la zona urbana de la provincia Cercado, además de las principales carreteras tanto como salidas al norte y al sur de la provincia Cercado.

4.1.3 MUESTRA

Para la siguiente investigación se tomara en cuenta 5 principales vías urbanas y tramos carreteros de la provincia Cercado detallados a continuación:

Cuadro 2. Tramos en estudio de la provincia Cercado

CALLES Y AVENIDAS	CARRETERAS
Av. Integracion	Carretera al Chaco
Av. Circunvalacion	Carretera a San Jacinto
Av. La Banda	Carretera a Tolomosa
Av. Las Americas	Carretera al Norte
Av. Gamoneda	Carretera a Bermejo

Fuente: Elaboración Propia

Para las avenidas en estudio se tomaran mediciones tomando en cuenta las variables que se presenten y representen importancia en la investigación como ser tramos con pendiente o rotondas, las cuales están descritas en el capítulo 3.

Para los tramos de carretera se tomara longitudes tomando en cuenta las variables que se presenten y representen importancia en la investigación como ser tramos con pendiente tramos curvos, como están descritas en el capítulo 3.

Tanto para calles como para tramos de carretera se realizara mediciones en los perfiles externos de la vía mediante bolos como se describe en el capítulo 3.

4.2 PROCEDIMIENTOS METODOLOGICOS

4.2.1. MANEJO ESTADISTICO

En la presente investigación se manejara el método estadístico no probabilístico, sacando valores promedios de los ensayos a realizarse en campo con los equipos mencionados para el cálculo del IFI. Cabe mencionar que solo se saca el valor promedio de los ensayos debido a que se mide de manera directa la resistencia al deslizamiento y el espesor de la textura del pavimento, no aplicando así otros parámetros de la estadística como la desviación, moda, etc.

La media se obtiene como el promedio aritmético de todos los datos de la muestra; así para x_1, x_2, x_3, x_n , de tamaño “N” obtenida para una población, la media se determina por:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

Expresión estadística de la media

Fuente: Elaboración Propia

Esta media, se interpreta como el valor típico y central de los datos. Si es suficiente representar con un solo número, la media resulta la mejor descripción de los valores observados.

Para sacar la media de los valores de resistencia al deslizamiento con el péndulo Británico, pueden sumarse todos y dividirlo entre el número de lecturas; o bien, eliminar el término más alto y el más bajo, y con las lecturas restantes obtener la media. Esta última operación es más recomendable para evitar que algún valor que se sale de rango afecte significativamente los resultados.

En los valores obtenidos de la macrotectura con el círculo de arena, puede tomarse el mismo criterio. Más si los valores presentan poca dispersión, puede tomarse el promedio de todos los datos.

Luego se procederá a realizar la teoría de errores para así dar confiabilidad estadística a los datos obtenidos en campo.

Se recomienda que sea una sola persona la que realice los ensayos y se entrene previamente para que logre una similitud en resultados, siguiendo adecuadamente los procedimientos indicados en los manuales de los equipos.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS

Las capas de un pavimento están compuestas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema. Los pavimentos rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto hidráulico.

Figura 1 Diferencia entre Pavimento Rígido y flexible



*Fuente: Asociación Técnica de Carreteras, Asociación española de carreteras, "CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE CARRETERAS"
Ignacio Morilla Abad.*

Los pavimentos se definen como:

- Del latín PAVIMENTUM, el pavimento es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural.
- Revestimiento de cualquier material que va sobre el piso que no permite la formación de polvo o lodo.
- Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad

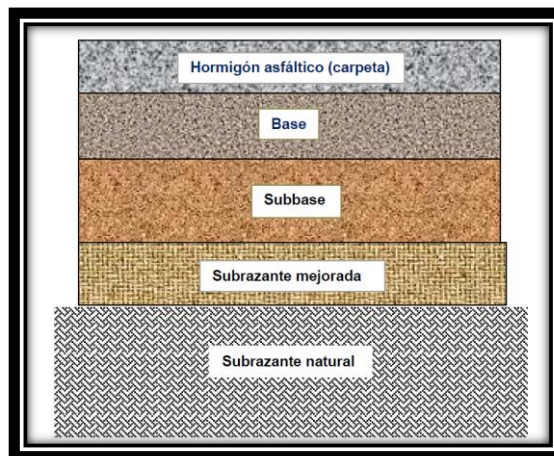
y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.

Es decir, el pavimento es la superestructura de una vía de comunicación (carretera, calle o aeropista), que hace posible el tránsito de vehículos y aeronaves con la comodidad, seguridad y economía, previstos en la etapa de planificación y diseño del proyecto.

2.1.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

Se Denomina pavimento flexible al que está constituido por una carpeta o capa bituminosa, apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, habitualmente de materiales o suelos granulares, denominadas, base y subbase; la primera, situada sobre la segunda. Sin embargo, en función de las características particulares de cada caso, es posible prescindir de cualquiera de estas dos capas.

Figura 2. Esquema de pavimento flexible



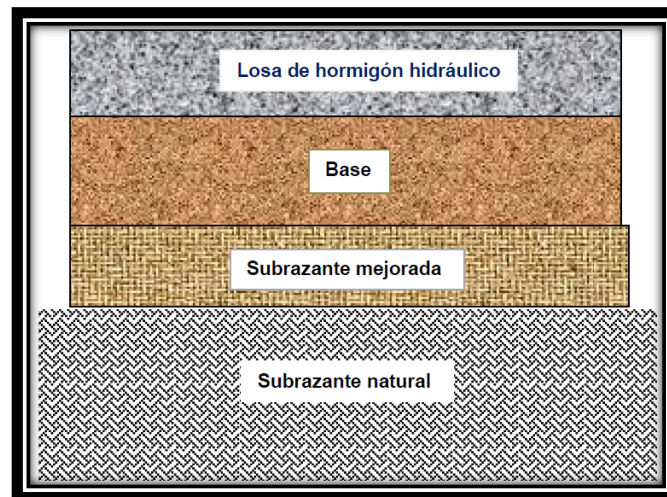
Fuente: Asociación Técnica de Carreteras, Asociación española de carreteras, “CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE CARRETERAS”

Ignacio Morilla Abad.

2.1.2. PAVIMENTO RÍGIDO

Los pavimentos rígidos son aquellos que están constituidos, generalmente, por una losa de hormigón hidráulico, apoyada sobre el suelo de fundación (subrazante) o sobre una capa de material seleccionado denominada subbase. Cuando la subrazante o suelo de fundación tenga una calidad suficientemente buena, la losa de hormigón puede disponerse directamente sobre el mismo, prescindiéndose de la subbase. Se trata de que la losa de hormigón tenga un apoyo suficientemente uniforme, estable y resistente.

Fig. 3 Esquema de pavimento rígido



*Fuente: Asociación Técnica de Carreteras, Asociación española de carreteras, "CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE CARRETERAS"
Ignacio Morilla Abad.*

2.2 TEXTURAS

La Textura del pavimento es un parámetro necesario para la conservación de las carreteras. La textura influye directamente en la capacidad del pavimento para evacuar el agua de la interface neumático-pavimento, evitando el fenómeno de hidroplaneo y, de forma indirecta, en el valor del coeficiente de rozamiento del pavimento, de gran importancia para la adecuada adherencia entre neumático y pavimento.

Además, la textura es la característica determinante en el nivel de ruido del tráfico. En el aspecto económico, la textura del pavimento influye en el consumo de gasolina y en el deterioro de los vehículos.

Ahora bien, para su medición, la textura es la geometría más fina del perfil longitudinal de la carretera, que se define como la desviación de la superficie del firme, respecto a una superficie plana menor o igual que 0.5 metros. Estudios realizados han demostrado que, para interpretar mejor los fenómenos que suceden en el contacto neumático-pavimento, asociados a situaciones de riesgo durante las operaciones de frenado en pavimento mojado, es conveniente subdividir la textura en dos clases: Microtextura y Macrotextura.

2.2.1 MICROTTEXTURA

La Microtextura corresponde a la textura superficial propia de la superficie de los agregados pétreos, las cuales pueden presentar características de tipo áspero o pulida. En general, los áridos utilizados por su mayor dureza presentan un menor desgaste o pulimiento. La microtextura es importante para la adherencia entre el neumático y el pavimento y, por tanto, para la resistencia al derrapamiento, por lo que la microtextura influye en el riesgo de accidentes, independientemente de la velocidad de operación. En todo caso, las irregularidades de este tipo están presentes y en ciertas condiciones es necesaria su existencia.

Así por ejemplo, un árido determinado, ubicado en la superficie de rodamiento, que tenga un alto grado de pulimento producirá valores bajos de microtextura, ya que, ésta se considera particularmente importante en la valoración de la resistencia al deslizamiento (fricción) de la superficie. Una forma indirecta de medir la microtextura consiste en determinar el coeficiente de fricción o rozamiento. Cabe mencionar que la microtextura mide la fricción a velocidades menores a 60 km/hr.

2.2.2 MACROTTEXTURA

La Macrotextura en cambio, se refiere a la textura superficial del pavimento,

proveniente del efecto conjunto de las partículas de los agregados pétreos que sobresalen de la superficie. En este caso, las propiedades de la Macrotextura están dadas por el tipo de mezcla que exista en la superficie. En el caso de mezclas drenantes o tratamientos superficiales, la macrotextura será del tipo grueso, mientras que en el caso de mezclas densas convencionales, la macrotextura será más bien fina. Degradaciones tales como la pérdida de gravilla, las grietas y la existencia de juntas, sólo contribuyen en casos poco frecuentes o si hay escalonamiento notable. En la Figura 4 se puede observar gráficamente la diferencia entre la microtextura y la macrotextura de un pavimento.

Fig. 4 Diferencia entre microtextura y macrotextura



Fuente: *“PENDULO BRITANICO Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO”.

Como mencionamos anteriormente, La macrotextura es necesaria para una adecuada resistencia al deslizamiento, a velocidad media y elevada (más de 60 kph) con pavimento mojado. Además del rozamiento por deformación relacionado con la histéresis elástica del caucho, la rugosidad permite restablecer el contacto con adherencia a alta velocidad. De este modo y mientras que en zonas urbanas (velocidades moderadas) es adecuada una macrotextura moderada y una microtextura áspera, en carreteras será conveniente que exista una macrotextura rugosa.

Fig. 5 Dimensiones de las bandas de Textura Superficial

TEXTURAS	LONGITUD DE ONDA (mm)	AMPLITUD (mm)
Microtextura	0 - 0.5	0.001 - 0.5
Macrotextura	0.5 - 50	0.01 - 20

Fuente:* *“PENDULO BRITANICO Y RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO”.*

La Macrotextura tiene una pequeña influencia en el consumo de combustible, al aumentar la resistencia al rodamiento; pero puede estar compensada por una ligera disminución de la velocidad de circulación.

Mejora la visibilidad y las propiedades ópticas del pavimento, al reducir las proyecciones del agua y producir una reflexión difusa. Un drenaje más eficaz permite también una mejor visibilidad de las marcas viales y una evacuación inmediata del agua superficial que redundará en una mejora en la seguridad de operación, al evitarse el hidroplaneo.

El hidroplaneo se puede resaltar como una de las características de las carreteras que pueden afectar al usuario. El hidroplaneo (o aquaplaning) ocurre cuando una película de agua separa la rueda de la superficie de la carretera. Este fenómeno está asociado fundamentalmente, con la velocidad y peso del vehículo, las características de los neumáticos y la textura y el espesor del agua en el pavimento.

Puesto que el hidroplaneo solamente puede ocurrir cuando hay agua en el pavimento, el riesgo de hidroplaneo de cada tramo de carretera se determina considerando la topografía del pavimento, su geometría superficial, su textura y su peralte, que determina la película de agua.

Hay dos tipos de macrotextura:

1. La Positiva, que es típicamente la que se obtiene a través de los tratamientos superficiales, como los riegos de sello

2. La Negativa, que se refiere a las mezclas porosas o que tienen la capacidad de drenar el agua que escurre longitudinal y transversalmente hacia el arcén (drenaje por escorrentía).

Ambas ofrecen, en diferente grado, las ventajas mencionadas. En cambio, son muy diferentes en lo referente al ruido. Mientras que con macrotextura positiva aumenta el ruido en todas las frecuencias, las mezclas porosas (macrotextura negativas) llegan a disminuir sensiblemente el nivel de ruido, no sólo en el contacto neumático-pavimento, sino también, el producido por el motor, por absorción acústica.

2.3 ENSAYO DEL PÉNDULO BRITÁNICO

El péndulo británico es un equipo dinámico de impacto utilizado para medir la pérdida de energía de un péndulo de características conocidas provisto en su extremo de una zapata de caucho, cuando la arista o borde roza con una presión determinada y en una longitud fija la superficie a ensayar. Este método de ensayo es utilizado tanto en el laboratorio como en el campo, en superficies planas y para medidas de pulimento de muestras de laboratorio curvas, usadas en pruebas de pulimento acelerado con llanta. El valor numérico medido con este péndulo C.R.D (Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento), para superficies planas y los valores del pulimento para muestras de pulimento acelerado con llanta, representan las propiedades friccionantes obtenidas con el aparato, usando el procedimiento aquí establecido y no necesariamente concuerdan con las medidas de rozamiento efectuadas con otros equipos.

La norma no considera los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

2.2.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PÉNDULO BRITÁNICO

Este método consiste en el uso de un equipo de ensayo tipo péndulo, provisto en su extremo de una zapata deslizante de caucho para medir las propiedades friccionantes de la superficie de ensayo.

La superficie de ensayo debe estar limpia y completamente mojada antes de efectuar el ensayo.

Antes de realizar la prueba, la zapata del péndulo se debe fijar de tal manera que apenas se establezca contacto con la superficie que se va a ensayar. El péndulo se levanta a su posición inicial y se asegura allí, luego se suelta permitiendo el contacto entre la zapata y la superficie de ensayo.

Un Indicador o aguja indicadora, mostrará el valor C.R.D. A mayor fricción entre la zapata deslizante y la superficie de ensayo más se retarda el movimiento del indicador y se obtiene una lectura más grande de C.R.D. Se deben hacer cuatro movimientos pendulares sobre cada superficie a ensayar cuando se utiliza un caucho natural en la zapata.

2.2.4 USO Y SIGNIFICADO DEL ENSAYO

Este método entrega una medida de las propiedades friccionantes y de la microtextura de superficies, ya sea en el campo o en el laboratorio.

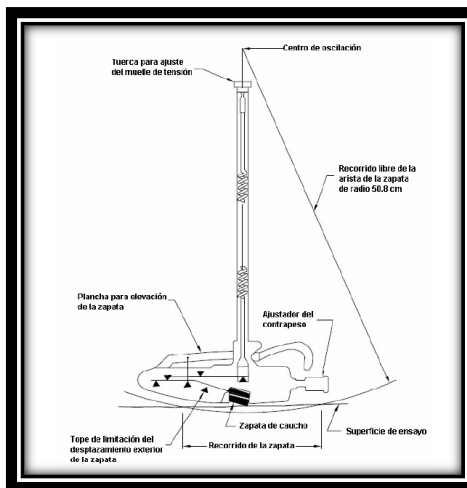
Este método puede ser utilizado para determinar el efecto relativo de varias pruebas de pulimento en materiales o combinación de materiales.

Cabe mencionar que los valores de C.R.D. y valores de pulimento obtenidos en superficies similares no son numéricamente iguales, principalmente por las diferencias en la longitud de rozamiento y por la forma de la superficie. Correcciones teóricas de los valores de pulimento con el fin de obtener una igualdad numérica, ya sea matemáticamente o con el uso de una escala de medición especial no son recomendables.

2.2.5 PARTES DEL EQUIPO

Péndulo británico.- El Péndulo con la zapata deslizante y el montaje de la zapata, debe pesar $1500 \pm 30\text{g}$. Su centro de gravedad estará situado en el eje del brazo a una distancia de $411 \pm 5\text{ mm}$ del centro de oscilación. La zapata debe tener un ajuste vertical capaz de permitir un contacto de la zapata con la superficie en una longitud entre 124 y 127 mm, para pruebas sobre superficies planas y entre 75 y 78 mm para pruebas en muestras sometidas a pulimento con llanta. El arreglo compuesto por el resorte y el elevador como se muestra en la Figura debe permitir que la zapata de 76 mm de ancho ejerza sobre la superficie una fuerza igual a $2500 \pm 100\text{ g}$.

Fig. 6 Detalle del brazo del péndulo

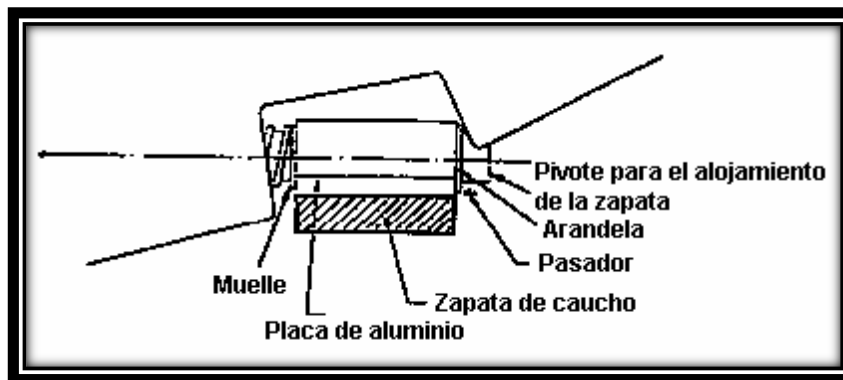


**Fuente: COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO
USANDO EL PÉNDULO BRITÁNICO” I.N.V. E – 792 – 07.**

La zapata de Caucho – La zapata va pegada sobre una placa de aluminio con orificio circular para su fijación al pivote (F) del brazo del péndulo, formando un ángulo de 70° con el eje de este brazo y de manera tal, que solamente la arista posterior de la zapata quede en contacto con la superficie a medir, pudiendo girar alrededor del pivote (F), recorriendo las desigualdades de la superficie de ensayo, manteniéndose en un plano normal al de oscilación del péndulo. Las dimensiones de las zapatas de caucho a emplear en medidas de resistencia al deslizamiento serán de 76.0 por 25.0 por 6.0

mm de espesor para ensayar superficies planas, y de 32.0 por 25.0 por 6.0 mm de espesor para ensayar muestras curvas para pulimento con llanta. El material de la zapata será de caucho natural que cumpla con los requisitos del Road Research Laboratory o caucho

Fig. 7 Detalle de la disposición de la zapata de caucho



***Fuente: COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO
USANDO EL PÉNDULO BRITANICO" I.N.V. E - 792 - 07.***

Las zapatas nuevas se deben acondicionar antes de ser usadas, haciendo 10 giros oscilatorios sobre un paño de carburo de silicona grado No.60 o equivalente en condiciones secas. Los giros se deben hacer con el dispositivo ajustado.

El desgaste del borde de la zapata de caucho (superficie rozada) no debe exceder 3.2 mm en el plano de la zapata (ancho) ó 1.6 mm en la dirección vertical a ésta (alto), Si el desgaste alcanza esta magnitud la zapata se debe cambiar.

Accesorios

Medidor de la longitud de contacto, el cual consiste en una Reglilla graduada capaz de medir la longitud de rozamiento entre zapata y superficie de ensayo en una longitud entre 124 y 127 mm o entre 75 y 78 mm como se requiera para un ensayo en particular.

Equipo auxiliar como recipientes para agua, termómetro para superficie de ensayo y cepillo, es recomendado.

2.2.6 Muestra de Ensayo

En el campo – La superficie de ensayo en el campo debe estar libre de partículas sueltas y se limpiará con un chorro de agua limpia a presión. La superficie de ensayo no tiene que ser horizontal ya que el instrumento puede ser nivelado en la posición de trabajo, utilizando únicamente los tornillos de nivelación y la cabeza del péndulo despejará la superficie.

En el laboratorio – Las muestras de laboratorio deben estar limpias de partículas sueltas y se deben sostener firmemente de tal forma que no se muevan con la fuerza del péndulo.

Las Muestras de laboratorio planas deben tener una superficie de ensayo de al menos 89 x 152 mm.

Las Muestras de laboratorio para la prueba de pulimento acelerado con llanta, deben tener una superficie de ensayo de, al menos, 45 x 90 mm y deben ser curvas en un arco de círculo de 406 mm de diámetro.

2.2.7 PROCEDIMIENTO

Nivelación – Se nivela el instrumento correctamente girando los tornillos de nivelación hasta que la burbuja está centrada en el nivel.

Ajuste de Ceros – Se debe levantar el me canismo del péndulo soltando los tornillos de seguridad (ubicados directamente detrás del pivote del péndulo) y gire cualquier de los pares de tornillos de la cabeza móvil ubicados en el centro del instrumento, para permitir que la zapata realice libremente el movimiento oscilatorio en la superficie de ensayo. Se aprietan firmemente los tornillos de seguridad. Se coloca el péndulo en la posición horizontal y se rota la aguja indicadora en el sentido de las manecillas del reloj hasta que llegue a la posición de reposo contra el tornillo de ajuste en el brazo del péndulo. Se suelta el péndulo y anota la lectura de la aguja indicadora. Si la lectura no es cero, se afloja el anillo del seguro y se gira suavemente el anillo de fricción en el eje de soporte y se asegura nuevamente. Se repite la prueba y se ajusta el anillo de fricción hasta que el movimiento oscilatorio del péndulo lleve la aguja a cero.

Ajuste de la longitud de rozamiento de la zapata: Con el brazo del péndulo colgando libremente, se coloca el espaciador debajo del tornillo de ajuste de la palanca de elevación de la zapata de caucho. Se bajará entonces el péndulo de tal manera que el borde de la zapata justamente toque la superficie a medir. Se asegura la cabeza del péndulo firmemente, se levanta la palanca de elevación y se remueve el espaciador.

Se levanta la zapata por medio de la palanca de elevación, se mueve el péndulo a la derecha, se baja la zapata y se permite que el péndulo se mueva

Lentamente hacia la izquierda hasta que el borde de la zapata toque la superficie de ensayo. Para verificar la longitud de contacto o rozamiento, se fija el medidor de la longitud de contacto a un lado de la zapata y paralelo a la dirección del movimiento oscilatorio. Se levanta la zapata usando la palanca de elevación y se mueve el péndulo a la izquierda y luego lentamente se baja hasta que el borde de la zapata vuelva nuevamente a reposo en la superficie. Si la longitud de contacto no está entre 124 y 127 mm en muestras de superficie plana y entre 75 y 78 mm en muestras curvas de pulimento con llanta, medido entre los sitios de contacto de los bordes de la zapata de caucho en su recorrido, se ajusta levantando o bajando el aparato con el tornillo frontal de nivelación. La longitud de deslizamiento puede también ser ajustada por medio de los tornillos de control de la altura vertical. Se ajusta nuevamente el nivel del aparato, si es necesario. Se coloca el péndulo en posición horizontal y se rota la aguja indicadora en el sentido de las manecillas del reloj hasta que ésta se detenga contra el tornillo de ajuste del brazo del péndulo.

Se debe aplicar suficiente agua para cubrir el área totalmente. Se ejecutan varios movimientos oscilatorios hasta obtener resultados consistentes, pero no se registran las lecturas.

Siempre se debe sostener el péndulo durante la parte inicial de su recorrido de regreso, antes que pase por la posición vertical. Mientras que el péndulo se devuelve a su posición inicial, se levanta la zapata con su palanca de elevación para prevenir el contacto de la zapata con la superficie de contacto. Con anterioridad a cada

movimiento oscilatorio, la aguja indicadora debe ser devuelta a su posición de descanso contra el tornillo de ajuste.

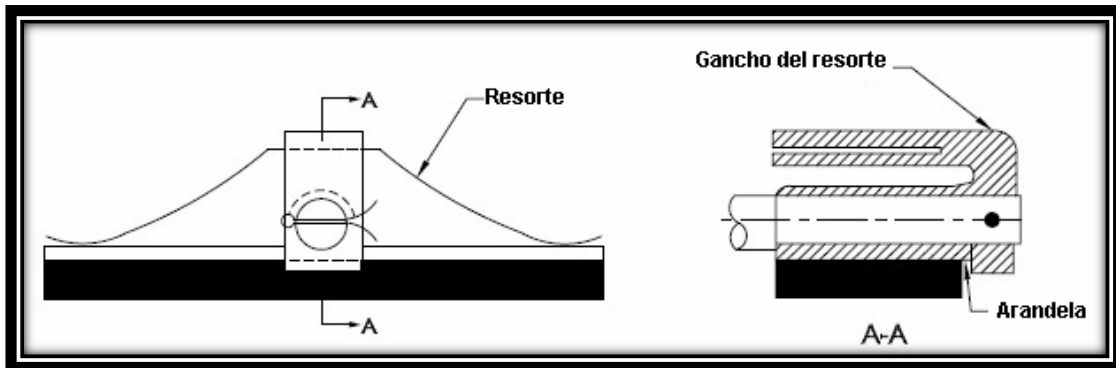
Se vuelve a mojar la superficie de ensayo y sin demora se realizan cuatro nuevos movimientos oscilatorios remojando la zona de ensayo antes de cada disparo y se registran los resultados.

Se deben utilizar cuatro movimientos oscilatorios cuando la zapata tenga caucho natural y cinco si tiene el tipo de caucho recomendado por la AASHTO M 261

Se debe tener cuidado de que la zapata permanezca paralela a la superficie durante el movimiento oscilatorio y no rote, de tal manera que una punta haga el contacto inicial y no todo el borde. Se dispone de información que demuestra que los giros de la zapata pueden dar origen a lecturas erradas. La instalación de un pequeño resorte plano puede atenuar el problema. Este resorte se puede insertarse en una ranura del gancho de resort e y asegurarse con un pasador como se muestra en la Figura. EL borde libre del resorte se puede apoyar sobre la platina posterior de la zapata de tal manera que le impida girar.

Se debe revisar nuevamente la longitud de contacto de la zapata y se debe revisar nuevamente el ajuste del cero.

Fig.8 Gancho del resorte para impedir la rotación de la zapata

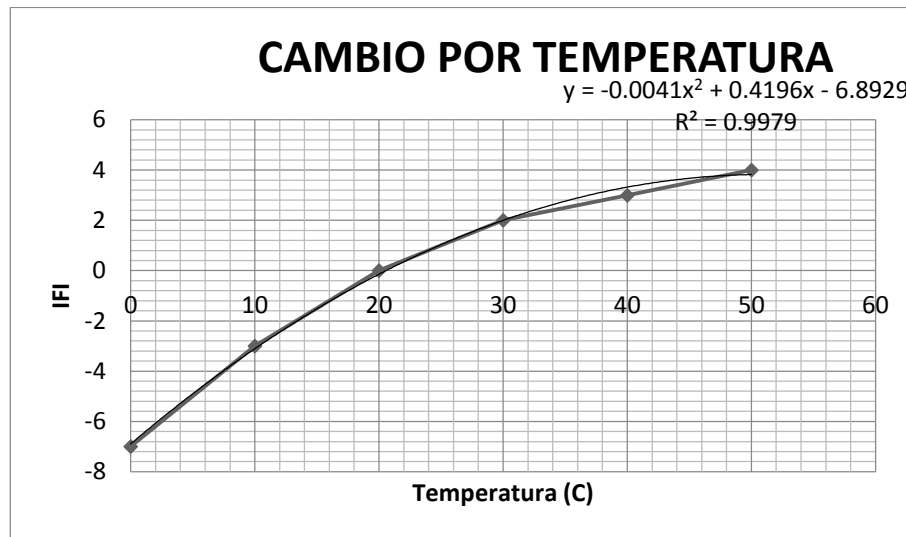


**Fuente: COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO
USANDO EL PÉNDULO BRITANICO” I.N.V. E – 792 – 07.**

Como mencionamos anteriormente se realizara cuatro mediciones en campo para cada muestra en la que se analizara la fricción, para así sacar valores promedios de las cuatro mediciones que se realizaran tomando en cuenta si los valores se encuentran dentro de los rangos permitidos, habiendo la posibilidad de descartar un valor extremo en el promedio.

Las medidas efectuadas sobre el pavimento están siempre afectadas por las variaciones de temperatura de la zapata y de la superficie ensayada; es por esto, que al valor obtenido del péndulo se le adiciona un factor a la lectura efectiva.

Fig. 9 Factor de corrección por temperatura



Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

2.3 ENSAYO DEL CIRCULO DE ARENA

El ensayo del círculo de arena en general, el ensayo es aplicable a cualquier tipo de pavimento, tanto asfáltico como de hormigón, y consiste en extender sobre su superficie un volumen de arena fina, distribuyéndola y enrasándola posteriormente mediante un dispositivo adecuado.

A partir del volumen de arena utilizado y del área cubierta por la misma sobre el pavimento, se calcula una profundidad media de los vacíos superficiales rellenos por la arena

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

Esta norma no pretende dar directrices sobre aspectos de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee, establecer las medidas de seguridad y salubridad apropiadas y determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias antes de su empleo.

2.2.8 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ENSAYO DEL CIRCULO DE ARENA

Este método de prueba es adecuado para pruebas de campo el cual determina el promedio del espesor de la macrotextura de la superficie del pavimento. El conocimiento del espesor de la macrotextura sirve como una herramienta en la caracterización de las texturas superficiales de los pavimentos.

Cuando se utiliza en conjunción con otras pruebas físicas, el espesor de la macrotextura derivada de este método de prueba puede ser utilizado para determinar la capacidad de resistencia al deslizamiento de los materiales en pavimentos o la sugerencia de un mejor acabado. Cuando se utiliza con otras pruebas, se debe tener cuidado de que todas ellas se apliquen al mismo lugar. Se pueden obtener mejoras en la evaluación del acabado de pavimentos y planes de mantenimiento del uso de este método.

Las mediciones del espesor de la textura producida utilizando este método de prueba se ve influenciada por las características de la macrotextura de la superficie. La forma de la partícula del agregado, tamaño y distribución son características de la textura superficial no tomada en cuenta en este procedimiento. Este método de prueba no intenta proporcionar una calificación completa de las características de la textura superficial.

Los valores del espesor de la macrotextura superficial en el pavimento determinados por este método, con el material y procedimientos establecidos aquí, no necesariamente concuerdan o se correlaciona directamente con otras técnicas de medición de textura superficial. Este método también es adecuado para propósitos de investigación y desarrollo, en donde se realizan comparaciones entre superficies de pavimento en la misma evaluación.

La superficie del pavimento a ser muestreado utilizando este método de prueba debe estar seca y libre de cualquier residuo de construcción, escombros superficiales, y partículas agregados sueltos que se pudieran remover o desplazar durante condiciones ambientales y de servicio normales.

primeramente la brocha de alambre y posteriormente la brocha de cerdas suaves para remover cualquier residuo, escombros o partículas de agregado sueltas de la superficie. Colocar la pantalla contra viento alrededor de la superficie por ensayar.

Material de prueba. - Llene el volumen de material conocido con material seco, golpee suavemente la base del cilindro varias veces sobre una superficie rígida.

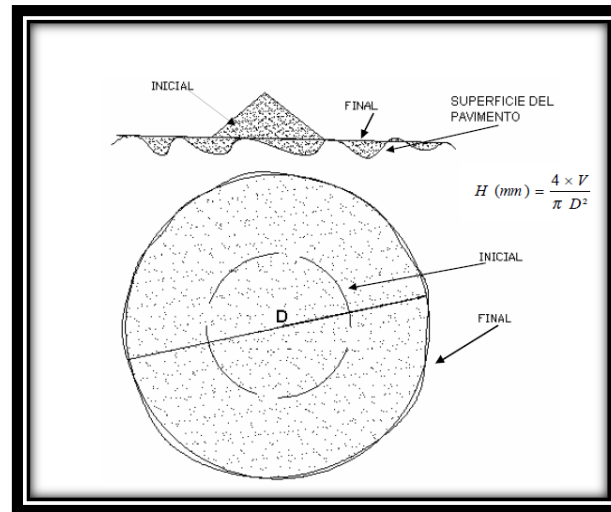
Llene con material hasta la parte superior del cilindro y nivele con una regleta. Si se dispone de una balanza, determine la masa del material en el cilindro y utilice esta misma masa de material de prueba en cada determinación.

Medición del ensaye. – Vierta el volumen del material en la superficie limpia dentro del área protegida por la pantalla contra viento. Disperse cuidadosamente el material en el parche circular con la herramienta de disco, con la parte cubierta con hule hacia abajo, llenando los vacíos superficiales hasta los picos de las partículas de agregados, también puede realizarse con una regleta.

Mida y registre el diámetro del área cubierta por el material como mínimo de cuatro localizaciones igualmente espaciadas alrededor de la circunferencia de la muestra. Calcule y registre el diámetro promedio.

Número de mediciones de prueba. – El mismo operador deberá desarrollar al menos cuatro mediciones del espesor de la macrotextura, espaciadas aleatoriamente sobre un tipo de superficie de pavimento ensayado. El promedio aritmético de los valores de espesor de la macrotextura se deben considerar como el promedio del espesor de la macrotextura de la superficie del pavimento bajo estudio.

Fig. 11 Esquema del ensayo del círculo de arena



Fuente: textura superficial método del círculo de arena

2.2.10 PARTES DEL EQUIPO

Material Esferas de vidrio sólido con 90% de redondez de acuerdo con el método de prueba ASTM D 1155 o podría utilizarse arena graduada de tal manera que tengan un mínimo de 90% en peso que pase la malla No. 60 y se retenga en una No. 80.

Recipiente de prueba. Se puede utilizar un recipiente cilíndrico metálico o de vidrio, con volumen interno predeterminado de al menos 1.5 pulgadas cúbicas (25,000 mm³), el cual se utilizará para determinar el volumen de arena dispersa.

Herramienta de dispersión. Se deberá utilizar un disco plano duro de aproximadamente 1 pulgada (25 mm) de espesor y 2.5 a 3 pulgadas (60 a 75 mm) de diámetro para dispersar la arena. La parte inferior del disco deberá estar cubierta con un material de hule duro y se puede acoplar un asa conveniente a la parte superior del disco. O si no se cuenta con esta herramienta, puede ser remplazada por una regleta, lo suficientemente larga para abarcar el diámetro formado por la arena dispersa.

Brochas. Se deberán utilizar una brocha de alambre y una de cerdas suaves se deberá utilizar para limpiar completamente a la superficie del pavimento antes de la aplicación del material de prueba.

Pantalla contra viento. Se utiliza para proteger al material del viento y la turbulencia creada por el tráfico.

Escala. Se deberá utilizar una escala estándar (regla o cinta métrica) de 12 plg. (305 mm) o de longitud mayor que contenga divisiones de 0.1 plg. (2.5mm) o 1 mm (0.04 plg.).

Utilice una balanza de laboratorio, con sensibilidad de 0.1 g, se recomienda con este método de prueba para proporcionar un control adicional y para asegurar que la cantidad de material utilizado para cada medición del espesor de la macrotextura es igual tanto en masa como en volumen.

2.2.11 PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Volumen del cilindro – Calcule el volumen interno del cilindro de prueba como sigue:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * H$$

Donde:

V = volumen interno del cilindro, plg³ (mm³),

d = diámetro del cilindro de prueba, plg (mm), y

H = altura del cilindro, plg (mm)

Espesor promedio de la macrotextura del pavimento. Calcule el promedio de la macrotextura de la superficie utilizando la siguiente ecuación:

$$H = \frac{4 * V}{\pi * d^2}$$

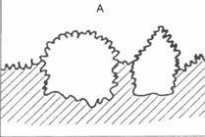
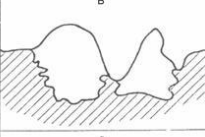
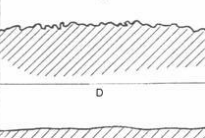

En donde:

H = promedio del espesor de la macrotextura de la superficie, plg (mm),

V = volumen de la muestra, plg³ (mm³), y

d = diámetro promedio del área cubierta por el material plg, (mm)

Fig. 12 Ilustración de los términos utilizados para describir la textura de la superficie de Rodadura

SUPERFICIE		ESCALA DE TEXTURA	
		MACRO	MICRO
R - A	A 	RUGOSA	ASPERA
R - P	B 	RUGOSA	PULIDA
S - A	C 	SUAVE	ASPERA
S - P	D 	SUAVE	PULIDA

Fuente: textura superficial método del círculo de arena

2.3 ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL O RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

El modelo PIARC que se describirá es la base de la definición del Índice de Fricción Internacional, IFI, a través de los parámetros F60 y Sp. Así entonces, el IFI de un pavimento se expresa por el par de valores (F60,Sp) expresados entre paréntesis y separados por una coma; el primer valor representa la fricción y el segundo la macrotextura.

El primero es un número adimensional y el segundo es un número positivo sin límites determinados y con unidades de velocidad (km/h). El valor cero de fricción indica deslizamiento perfecto y el valor uno, adherencia. No es posible, por el momento, describir con una relación sencilla el segundo número que compone el IFI.

El coeficiente de rozamiento (o fricción) es el parámetro que se emplea para determinar el nivel de adherencia entre el neumático y el pavimento. El valor del coeficiente de rozamiento depende de una serie de factores, algunos inherentes a la carretera, mientras que otros son responsabilidad del usuario (como la velocidad y el estado de los neumáticos del vehículo) o de la meteorología (lluvia, nieve o hielo sobre la calzada, etc.). La demanda de rozamiento es función de la velocidad y de la cantidad de agua sobre la carretera. A su vez la capacidad de responder a esa demanda es función del tipo y del estado del pavimento.

Al igual que otras características superficiales, los niveles de adherencia de un pavimento evolucionan con el tiempo, como consecuencia del pulido de la superficie por la acción repetida de los neumáticos de los vehículos. Por tanto, se tiene que comprobar el coeficiente de rozamiento (fricción) mediante técnicas de auscultación. Existe una gran variedad de equipos y de principios de medición, lo que dificulta la interpretación y la comparación de los datos. Para solucionar este inconveniente la PIARC realizó un experimento para establecer correlaciones y comparaciones entre los equipos.

2.4 MODELOS MATEMÁTICOS DE REFERENCIA

La obtención del Índice de Fricción Internacional (IFI) se basa en el modelo PIARC y este a su vez en el modelo de Pennsylvania, por lo que a continuación se hace una breve explicación de estos modelos.

2.4.1 MODELO DE PENNSILVANIA

El modelo de Pennsylvania (Henry. 1992) asocia la fricción $F(S)$ en una prueba de deslizamiento con la correspondiente velocidad de medición (S) en una forma definida por la ecuación siguiente:

$$F(S) = F_o * l^{\frac{-S}{S_o}}$$

Donde:

$F(S)$ = Es la fricción medida con un cierto equipo.

S = Es la velocidad de deslizamiento de la llanta de prueba.

S_0 = Es La velocidad del vehículo afectada por la condición de la llanta de prueba.

F_0 = Es el valor de la fricción a una velocidad de deslizamiento cero, o sea que el equipo se considera estático o estacionario.

El modelo traduce matemáticamente el hecho experimental de que a mayor velocidad menor valor de la fricción. Este modelo se modificó de manera que la velocidad de referencia fuera 10 km/h en lugar de 0 km/h; ésto se debió a que el modelo no se adaptaba lo suficiente a las mediciones experimentales y presentaba mucha dispersión en los resultados. Por tanto, el modelo modificado adopta la siguiente forma:

$$F(S) = F_1 * l^{\frac{10-S}{S_1}}$$

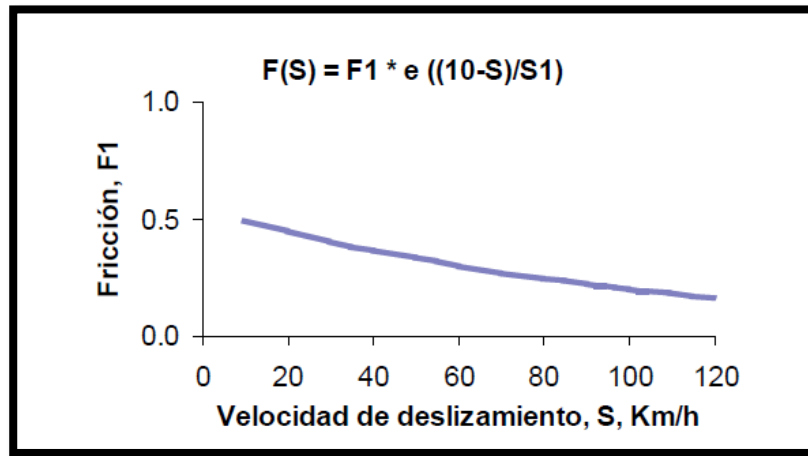
Donde:

F_1 = Es el valor de la fricción obtenida para una velocidad de deslizamiento a 10 km/h

S_1 = Es la velocidad del vehículo afectada por la condición de la llanta de prueba.

En la figura se gráfica la ecuación anterior que muestra la relación típica entre fricción y velocidad de deslizamiento. La fricción varía prácticamente entre un rango de 0 a 1; siendo 0 el valor correspondiente a la condición más lisa y 1 a la más rugosa.

Fig.13 Curva de comportamiento con el modelo de Pensilvania



Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

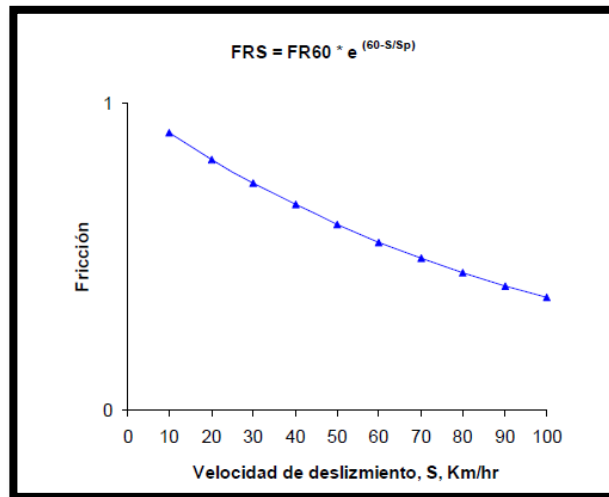
2.4.2 MODELO DE PIARC

El modelo PIARC es simplemente una modificación del de Pensilvania para el caso en que la velocidad de referencia es de 60 km/h. El modelo se describe entonces en función de una constante “FR60” que corresponde al valor de la fricción medida para esa velocidad de deslizamiento y su ecuación queda de la siguiente manera:

$$F(S) = FR_{60} * e^{\frac{60-S}{S_p}}$$

La figura 2 representa de forma genérica el modelo PIARC para un equipo determinado y se pueden apreciar los rangos de velocidad cubiertos por los equipos participantes en el experimento. Para un pavimento dado, se pueden establecer los parámetros FR60 y Sp a partir de las mediciones de fricción FR con cierto equipo para dos velocidades diferentes.

Fig. 14 curva de fricción-velocidad de deslizamiento aplicando el método PIARC



Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

De acuerdo a lo establecido en el experimento internacional de PIARC, al valor de la mejor estimación para el caso de la fricción se le denominará F60 y para el parámetro de velocidad la mejor estimación es directamente Sp.

2.5 CALIBRACIÓN DE LOS DISTINTOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO DE PIARC

2.5.1 DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO SP

Durante la elaboración del modelo, y a partir de los datos del experimento PIARC, se ha comprobado que la constante de velocidad Sp puede ser determinada mediante una regresión lineal en función de la medida en campo de la Macrotextura (Tx) tal que:

$$S_p = a + (b + T_x)$$

Donde los valores de las constantes a y b para cada uno de los equipos que participaron en el experimento se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1 Valores de a y b para la constante de la velocidad

Prueba	a	b
MPD por ASTM E 1845	14.2	89.7
MTD por ASTM E 985	-11.6	113.6

Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

2.5.2 DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO F60

Para la estimación de F60 se establece el tipo de equipo a emplear y se realiza la medición de la fricción FRS en una sección de un pavimento dado. Se determina la velocidad S que depende del tipo de la rueda de medición y de la velocidad V del vehículo de arrastre de acuerdo a lo que se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Ecuaciones para determinar S de acuerdo al tipo de equipo

Tipo de Equipo	Ecuación para determinar S
Con rueda bloqueada	$S = V$
Con rueda parcialmente bloqueada	S = V por el % de deslizamiento
Con rueda oblicua	S = V por el $\text{Sen } \alpha$, donde α = ángulo de esviaje

Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

Se determina el valor de la constante FR60 usando el valor de la fricción FRS obtenida en campo con algún equipo a la velocidad de deslizamiento S a partir de una ecuación , de donde despejando FR60 se obtiene:

$$FR60 = FRS * e^{\frac{S-60}{S_p}}$$

Finalmente se obtiene el valor buscado de F60 a través de la siguiente correlación con FR60 establecida por el experimento PIARC:

$$F60 = A + (B * FR60)$$

Donde A y B son constantes según el equipo utilizado para medir la Fricción y sus valores se muestran en la Tabla 3

Tabla 3. Lista de equipos que fueron calibrados para definir el F60

Llantas lisas		CLAVE	S	A	B	C	
Características	Equipo		Km/hr	Cte.	Cte.	Cte.	
Rueda Bloqueada	ASTM E 274 (USA)	B6	65	0.045	0.925	0	
	LCPC Skid Trailer (F)	D6	60	0.002	1.008	0	
Rueda Parcialmente Bloqueada	OSCAR A 86% (N)	B4E	52	-0.03	0.864	0	
	OSCAR A 20% (N)	B4E	12	0.119	0.643	0	
	Komatsu Skid Trailer (J)	C5	10	0.042	0.849	0	
	DWW Trailer (NL)	C6E	43	0.019	0.868	0	
Rueda Oblicua	Griptester (UK)	D8	9.4	0.082	0.910	0	
	Stradograph	C9	12.5	0.054	0.770	0	
	Odoliograph Wallon (B)	D10	12.9	0.113	0.729	0	
	Odoliograph CRR (B)	D1E	20.5	0.113	0.746	0	
	SCRIM Flemish (B)	C3B	20.5	0.049	0.967	0	
	SCRIM CEDEX €	C4	20.5	0.019	0.813	0	
	SCRIM MOPT €	C8	20.5	0.032	0.873	0	
	SCRIM SRM (D)	D2	20.5	0.017	0.850	0	
	SCRIM GEOCISA €	D3	20.5	0.021	0.928	0	
	SCRIM (F)	D4	20.5	-0.006	0.862	0	
	SUMSS (I)		20.5	0.002	0.987	0	
	SCRIMTEX (UK)	D5	17.1	0.033	0.872	0	
	Equipos con neumáticos grabados						
	Rueda Bloqueada	Stuttgarter Reibungsmesser	B1	60	0.022	0.050	0.082
Skiddometer (CH)		B2	60	0.026	0.504	0.099	
Stuttgarter Reibungsmesser (A)		B5	60	-0.072	0.767	0.086	
ASTM E 274 (USA)		B6	65	-0.023	0.607	0.098	
Rueda Parcialmente Bloqueada	Equipo de fricción (PL)	C1	60	-0.025	0.807	0.068	
	Stuttgarter Reibungsmesser	B1	12	0.141	0.323	0.074	
	Skiddometer	B2	12	0.03	0.918	-0.014	
	BV-11S	B3	12	0.04	0.856	-0.016	
	Stuttgarter Reibungsmesser (A)	B5	12	0.02	0.867	-0.006	
Equipos con zapata							
Estáticos	DF Tester at 60 km/hr (J)	A13	60	-0.034	0.771	0	
	DF Tester at 20 km/hr (J)	A13	20	0.081	0.723	0	
	Pendulo de fricción BPT (USA)	A14	10	0.056	0.008	0	
	Pendulo de fricción SRT (CH)	B7	10	0.078	0.01	0	

Llantas lisas		CLAVE	S	A	B	C
Características	Equipo	E	Km/hr	Cte.	Cte.	Cte.

Rueda Bloqueada	ASTM E 274 (USA)	B6	65	0.04 5	0.92 5	0 0
	LCPC Skid Trailer (F)	D6	60	0.00 2	1.00 8	0 0
Rueda Parcialmente Bloqueada	OSCAR A 86% (N)	B4E	52	- 0.03	0.86 4	0 0
	OSCAR A 20% (N)	B4E	12	0.11 9	0.64 3	0 0
	Komatsu Skid Trailer (J)	C5	10	0.04 2	0.84 9	0 0
	DWW Trailer (NL)	C6E	43	0.01 9	0.86 8	0 0
	Griptester (UK)	D8	9.4	0.08 2	0.91 0	0 0
	Rueda Oblicua	Stradograph	C9	12.5	0.05 4	0.77 0
Odoliograph Wallon (B)		D10	12.9	0.11 3	0.72 9	0 0
Odoliograph CRR (B)		D1E	20.5	0.11 3	0.74 6	0 0
SCRIM Flemish (B)		C3B	20.5	0.04 9	0.96 7	0 0
SCRIM CEDEX €		C4	20.5	0.01 9	0.81 3	0 0
SCRIM MOPT €		C8	20.5	0.03 2	0.87 3	0 0
SCRIM SRM (D)		D2	20.5	0.01 7	0.85 0	0 0
SCRIM GEOCISA €		D3	20.5	0.02 1	0.92 8	0 0
SCRIM (F)		D4	20.5	- 0.00 6	0.86 2	0 0
SUMSS (I)			20.5	0.00 2	0.98 7	0 0
SCRIMTEX (UK)		D5	17.1	0.03 3	0.87 2	0 0
Equipos con neumaticos grabados						
Rueda Bloqueada	Stuttgarter Reibungsmesser	B1	60	0.02 2	0.05 0	0.08 2
	Skiddometer (CH)	B2	60	0.02 6	0.50 4	0.09 9
	Stuttgarter Reibungsmesser (A)	B5	60	- 0.07 2	0.76 7	0.08 6

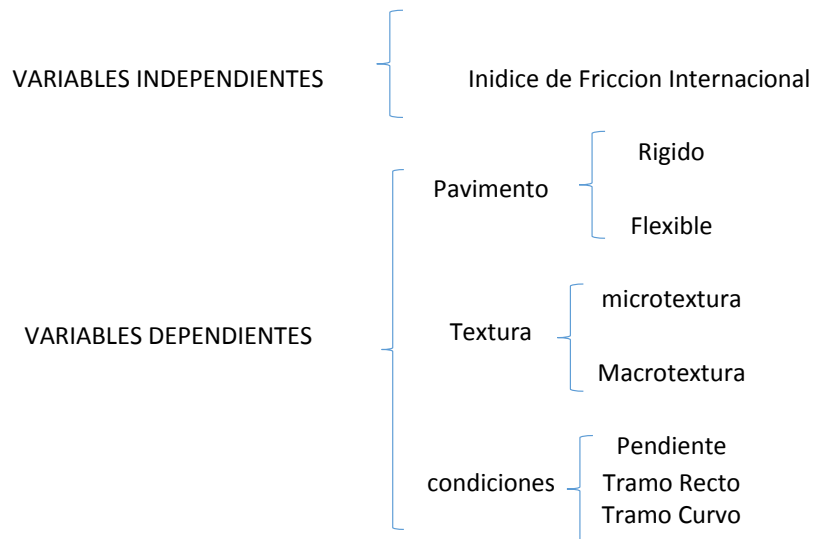
	ASTM E 274 (USA)	B6	65	- 0.02 3	0.60 7	0.09 8
	Equipo de fricción (PL)	C1	60	- 0.02 5	0.80 7	0.06 8
Rueda Parcialmente Bloqueada	Stuttgarter Reibungsmesser	B1	12	0.14 1	0.32 3	0.07 4
	Skiddometer	B2	12	0.03	0.91 8	- 0.01 4
	BV-11S	B3	12	0.04	0.85 6	- 0.01 6
	Stuttgarter Reibungsmesser (A)	B5	12	0.02	0.86 7	- 0.00 6
Equipos con zapata						
Estáticos	DF Tester at 60 km/hr (J)	A13	60	- 0.03 4	0.77 1	0
	DF Tester at 20 km/hr (J)	A13	20	0.08 1	0.72 3	0
	Pendolo de fricción BPT (USA)	A14	10	0.05 6	0.00 8	0
	Pendolo de fricción SRT (CH)	B7	10	0.07 8	0.01	0

Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

2.6 CORRELACIÓN DEL IFI PARA DIFERENTES TIPOS DE TEXTURAS Y CONDICIONES DE PAVIMENTOS

Para lograr una correlación entre los valores de fricción se realizara mediciones en diferentes variables y condiciones que tenga un pavimento. Las variables en estudio son:

Tabla 4 Variables en estudio para la investigación del IFI



Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizadas las mediciones se obtendrán valores de fricción a diferentes velocidades para cada tramo en estudio, pero para su correlación se tomara el valor estándar de fricción que es a una velocidad de 60 km/h. teniendo esos datos y observando la posible variación se introducirá al programa Excel para verificar la tendencia que más se adecue y si la correlación es confiable, es decir mayor a 0.8.

2.6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS PARA REALIZAR LOS ENSAYOS

Las zonas o lugares donde se realizaran los ensayos para sacar muestras tanto de deslizamiento como textura de pavimento estarán relacionadas directamente con las condiciones que necesitamos para llegar al objetivo de la investigación de acuerdo con la tabla 4, variando las mediciones para avenidas y carreteras como se describe a continuación.

- Para las muestras en avenidas se realizaran tomando longitudes de acuerdo a la longitud total de cada avenida la cual se describe en el capítulo 3. Teniendo

identificadas las longitudes se procederá a realizar los ensayos en aquellas progresivas que cuenten con las condiciones descritas en la tabla 4.

- Para las muestras en carreteras se realizaran tomando longitudes de acuerdo a la longitud total de cada carretera la cual se describe en el capítulo 3, donde se identificaran estos lugares mediante progresivas. Teniendo identificadas las longitudes se procederá a realizar los ensayos en aquellas progresivas que cuenten con las condiciones descritas en la tabla 4.

2.6.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA INVESTIGACIÓN DEL IFI Y SU CORRELACIÓN

Para la obtención del índice de fricción internacional y la correlación que pueda tener a diferentes variables que pueda presentar el pavimento, se debe realizar ensayos en campo como se mencionó en los anteriores puntos, pero además se debe procesar los datos en gabinete realizando los cálculos y tabulación de datos como se muestra a continuación:

1. Primeramente se tabulara los datos obtenidos tanto como con el péndulo británico como el círculo de arena

Cabe mencionar que esta tabulación será anexada debido a la amplia cantidad de muestras que tendremos para los diferentes tramos.

Tabla 5 tabulación de los ensayos para la investigación del IFI

PROYECTO: CORRELACION DEL IFI PARA DIFERENTES TEXTURAS Y CONDICIONES DE PAVIMENTO APLICADA A LAS VIAS URBANAS Y CARRETERAS DE LA PROVINCIA CERCADO

TRAMO :

PROGRESIVAS :

SENTIDO :



Progres.	Macha de Arena D cm				Prom.	Pendulo				Prom.	Temp.°C	Lado	Condicion
0+000	a11	a12	a13	a14	A1	b11	b12	b13	b14	B1	C1	izq	pendiente
0+100	a21	a22	a23	a24	A2	b21	b22	b23	b24	B2	C2	der	recto

Fuente: Elaboración Propia

Dónde:

- La primera columna se colocara las progresivas exactas donde se realizaran las muestras de ensayos, tomando siempre los lados externos del carril de la vía para las avenidas y carreteras
- De la columna 2 a la 5, se procederá a colocar los diámetros que serán medidos aplicando la prueba del círculo de arena (a11; a12; a21; a22).
- La columna 6 se promediara los valores de la columna 2 a la 5, sin tomar en cuenta los valores que estén colocados con rojo.
- De la columna 7 a la 10, se procederá a colocar los valores de C.R.D. que serán medidos aplicando el ensayo del círculo de arena (b11; b12; b21; b22).
- La columna 11 se promediara los valores de la columna 7 a la 10 sin tomar en cuenta los valores que estén colocados con rojo.
- La columna 12 se colocara el valor de la temperatura ambiente que afecta en los valores del péndulo británico como mencionamos anteriormente.
- La columna 13 se colocara el perfil del carril donde estamos tomando las muestras que para avenidas y carreteras serán izquierda derecha.
- Finalmente, la columna 14 indicara la condición del tramo en estudio que servirá como objeto de la investigación ya sea pendiente, tramo recto y curvo.

2. Luego de realizar la tabulación de los datos, se procederá a realizar el cálculo del índice de fricción internacional I.F.I., por cada progresiva que se basara en las siguientes tablas:
 - Primero se mencionara los valores de las constantes para la calibración de los equipos

Progresiva 0+000

a. Determinación del parametro "Sp"

Donde los valores de las constantes a y b son:

PRUEBA	a	b
ASTME 965	-11.60	113.60

T_x = Promedio del espesor de la macrotextura de la superficie [mm]

V = Volumen de la muestra [cm³]

V =	50	[cm ³]
-----	----	--------------------

D_p = Diámetro Promedio del área cubierta por el material (Obtenida en Campo) [cm]

b. Determinación del parametro "F60"

Donde los valores de las constantes a y b son

PRUEBA	A	B
ASTME 274	0.078	0.0107

FRSp = Valor de la Fricción (obtenida en Campo)

S = Velocidad de deslizamiento del péndulo

S_p = Velocidad de Referencia

S =	10	[km/hr]
-----	----	---------

- Teniendo los parámetros ya definidos, se calculara el índice de fricción internacional con la siguiente tabla:

Tabla 6 procedimiento de cálculo para la obtención del IFI

FRICCIÓN F(60)		TEXTURA Sp	
F60	Malo desgaste del neumatico	Spn	Textura abierta

Fuente: Elaboración Propia

Cabe mencionar que los valores de fricción y textura serán comparados con rangos establecidos en México de acuerdo a las tablas de fricción y textura:

Tabla 7 rangos del IFI de acuerdo a la norma de México

Fricción, Valor de CDR, adimensional	Calificación
< 0.5	Malo (derrapamiento del vehículo)
0.51 – 0.6	De regular a bueno
0.61 – 0.8	Bueno
0.81 – 0.9	De bueno a regular
> 0.91	Malo (desgaste de neumáticos)

Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

- Finalmente se tendrán valores de fricción a diferentes velocidades haciendo variar el valor constante de la ecuación:

SENTIDO	D _p	T _x	S _p	FRS _p	FR60	F60
		[mm]	km/hr			
NOR-SUR	A1	$T_x1=(4 \cdot V)(\pi \cdot A^2) \cdot 10$	$S_p1=a+(b \cdot T_x1)$	B1	$FR60=B1 \cdot EXP((S-60)/S_p1)$	$F60=A+B \cdot FR60$

$$F(\text{variable}) = A + (B * FRS * e^{\frac{S-\text{variable}}{S_p}})$$

F(0)	F(20)	F(40)	F(60)	F(80)	F(100)	F(120)

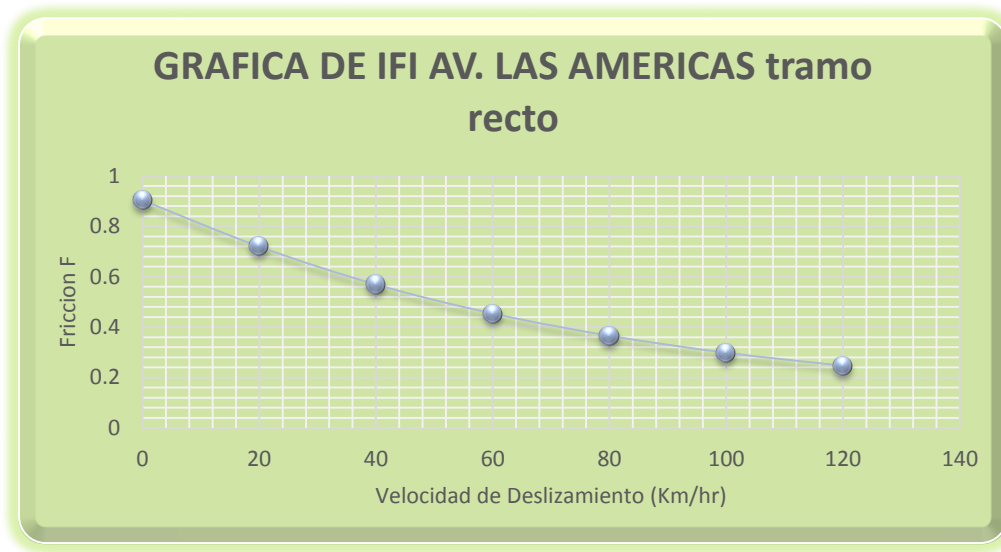


Fig. 19 Grafica de IFI de acuerdo a las condiciones del pavimento

PROYECTO: CORRELACION DEL IFI PARA DIFERENTES TEXTURAS Y CONDICIONES DE PAVIMENTO APLICADA A LAS VIAS URBANAS Y CARRETERAS DE LA PROVINCIA CERCADO

CORRELACION : TRAMO RECTO-TRAMO CURVO

U.A.J.M.S.



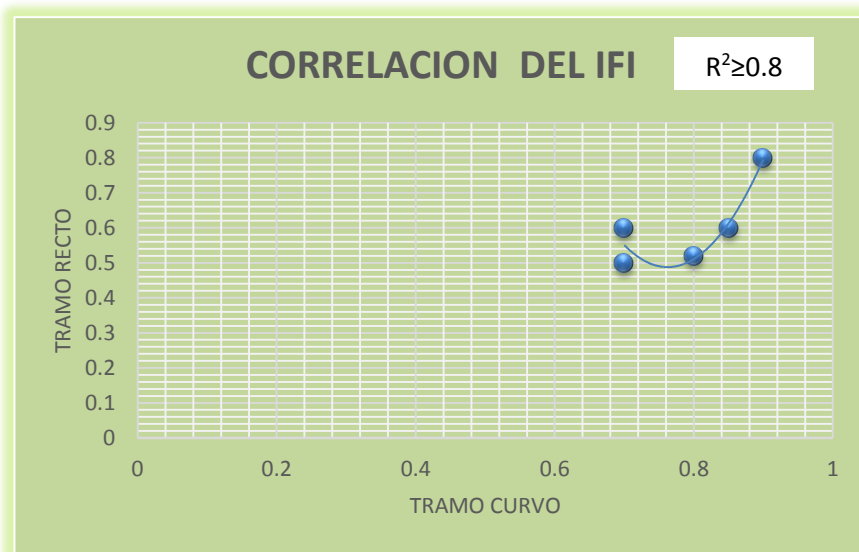
AV-CARRETERA	IFI	
	TRAMO RECTO	TRAMO CURVO
LAS AMERICAS		
LA BANDA		
GAMONEDA		
INTEGRACION		
SAN JACINTO		
TOLOMOSA		
BERMEJO		
NORTE		
CHACO		

Fuente: *Elaboración Propia*

Así se obtendrá una gráfica que represente la fricción a diferentes velocidades de deslizamiento donde analizaremos la influencia del aumento de velocidad en la interacción neumático pavimento.

3. Finalmente, obteniendo los valores del Índice de Fricción Internacional I.F.I. a diferentes texturas (pavimento rígido y flexible) y condiciones (tramo recto, tramo curvo, pendiente), observaremos las posibles variaciones que puedan existir entre los valores con las condiciones dadas para así buscar una correlación entre las mismas.
 - En la primer columna se colocaran todos los valores promedios del índice de fricción internacional que hallamos para tramo recto en las diferentes avenidas y carreteras de la provincia, tomando en cuenta solamente la fricción a una sola velocidad que será de 60 km/hr, la recomendada por la PIARC.
 - En la segunda columna se colocaran todos los valores promedios del índice de fricción internacional que hallamos para tramo curvo en las diferentes avenidas y carreteras de la provincia, tomando en cuenta solamente la fricción a una sola velocidad que será de 60 km/hr, la recomendada por la PIARC.

Fig. 20 correlaciones del IFI para diferentes tipos de texturas y condiciones de pavimentos



Fuente: Elaboración Propia

- Finalmente realizaremos una gráfica tramo recto vs tramo curvo, para los diferentes valores hallados donde se analizara si existe o no una correlación

entre las dos condiciones que presenta el pavimento, verificando la tendencia que tienen los datos y que su correlación sea mayor a 0.8 (confiabilidad del 80%).

Así se repetirá el procedimiento de cálculo para las diferentes condiciones mencionadas anteriormente, para posteriormente analizar los resultados y establecer las conclusiones de la investigación.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Para determinar las zonas de estudio para la investigación de la correlación del índice de fricción internacional IFI, se tomó en cuenta las principales avenidas y carreteras de la provincia Cercado, las avenidas y carreteras se detallan a continuación:

Cuadro 1. Tramos en estudio de la provincia Cercado

CALLES Y AVENIDAS	CARRETERAS
Av. Integracion	Carretera al Chaco
Av. Circunvalacion	Carretera a San Jacinto
Av. La Banda	Carretera a Tolomosa
Av. Las Americas	Carretera al Norte
Av. Gamoneda	Carretera a Bermejo

Fuente: Elaboración Propia

Para avenidas y para carreteras, el procedimiento para los ensayos será mediante bolos tomando progresivas a diferentes distancias entre cada una de estas de acuerdo a la longitud total de la avenida o carretera en estudio.

3.1.1 Avenidas en estudio de la Provincia Cercado

Como mencionamos para las progresivas en las zonas de estudio en avenidas se realizó un análisis de cada avenida para identificar las progresivas donde el cálculo del IFI sea necesario para la investigación (pendiente, tramo recto, tramo curvo). El detalle de cada avenida se presenta a continuación:

Avenida La Banda

La avenida la Banda es una avenida recién construida hace 3 años en la provincia Cercado ubicada en la zona este de la zona urbana de la provincia, bordeando el rio guadalquivir con una longitud de 1.4 km que va desde el puente peregrino hasta la rotonda del puente San Martín.

De acuerdo a la longitud que tiene la avenida se decidió tomar progresivas cada 100 mts. Para analizar la fricción en los tramos rectos de la avenida, para los tramos curvos se realizó los ensayos en dos rotondas de la avenida la rotonda del puente bicentenario y la rotonda de entrada al barrio senac, finalmente para los tramos con pendiente se realizó los ensayos en las progresivas finales de la avenida con una longitud de 40 mt., ya que esa esa es la única zona de la avenida que presenta pendiente.

Fig. 1 Detalle de progresivas avenida La Banda



Fuente: Elaboración Propia

Avenida Gamoneda

La avenida Gamoneda es una avenida ubicada en la parte este de la provincia Cercado, forma parte de la unión principal de los barrios palmarcito, moto Méndez, Luis Espinal y pampa Galana con el centro de la ciudad, con una longitud de 3 km a ser proyectada ya que solo tiene 1 km de tramo pavimentado con pavimento flexible.

De acuerdo a la longitud que tiene la avenida se decidió tomar progresivas cada 50 metros para los tramos rectos de la avenida, para los tramos curvos se analizó la fricción en la única rotonda que tiene la avenida en la progresiva 0+950. Finalmente para los tramos con pendiente se tomó progresivas cada 10 metros entre la progresiva 0+050 y la progresiva 0+100 en ambas direcciones, ya que esta parte es el único tramo de la avenida que cuenta con una pendiente pronunciada.

Fig. 2 Detalle de progresivas avenida Gamoneda



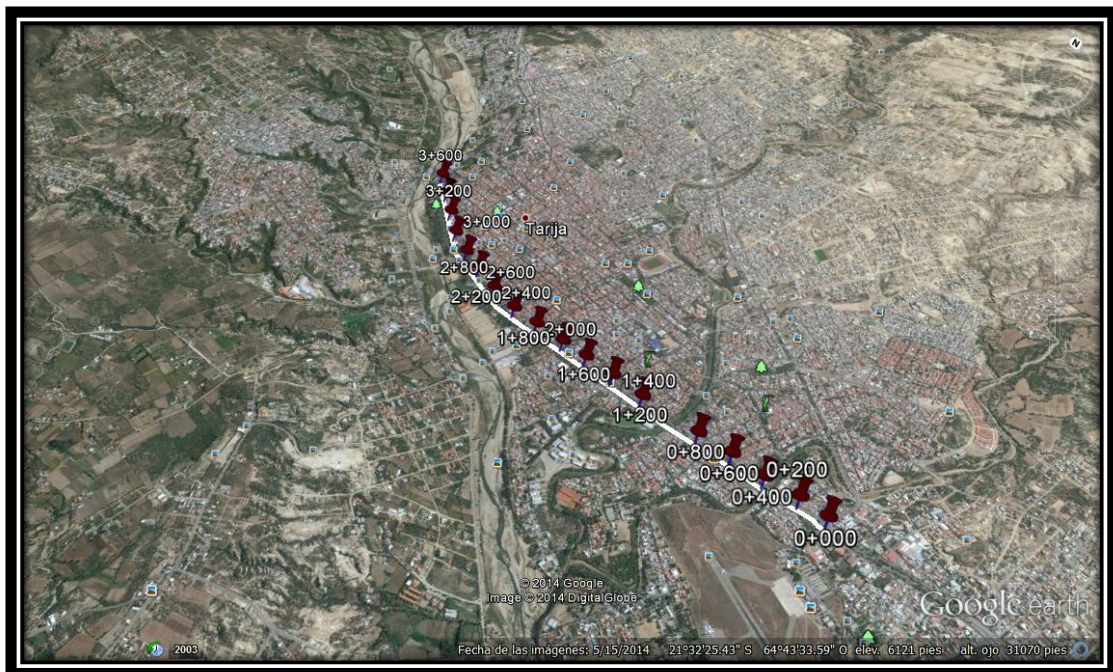
Fuente: Elaboración Propia

Avenida Las Américas

La avenida Las Américas es una de las principales avenidas de la provincia cercado, la cual cruza el casco viejo de la ciudad de Tarija, desde la rotonda del barrio aeropuerto hasta la rotonda del puente San Martín con una longitud de 3.6 km entre dichas rotondas. La avenida cuenta con tres carriles de circulación de la cual solo se tomó dos carriles para el estudio del IFI, debido a que en el carril de doble vía no era posible realizar los ensayos debido al alto tráfico existente en ese carril.

Debido a la longitud de la avenida se tomó progresivas cada 200 metros para tramo recto, para los tramos curvos se realizó los ensayos en tres rotondas de la avenida: la rotonda de san Gerónimo, el tejtar y la rotonda de la fuente de los deseos. Finalmente para los tramos con pendiente se identificó dos zonas en la avenida que presentan pendiente: la comprendida entre las progresivas 0+200-0+320, y las progresivas 0+600-0+700, tomando mediciones cada 20 mts.

Fig. 3 Detalle de progresivas avenida Las Américas



Fuente: Elaboración Propia

Avenida Integración

La avenida Integración es una avenida nueva construida con la función de descongestionar el tráfico vehicular en el sector del mercado campesino, uniendo la zona alta y la zona baja de la ciudad comprendida desde la parte posterior del parque zoológico has la rotonda de inicio de la carretera al norte cuenta con una longitud de 2.6km.

Debido a la longitud de la avenida se tomó progresivas cada 200 mts para tramo recto, para los tramos curvos se analizó la zona curva comprendida entre las progresivas 1+640-1+960 tomando datos cada 20 metros y para los tramos con pendiente se tomó datos cada 20 mts entre las progresivas 2+000-2+200.

Fig. 4 Detalle de progresivas avenida Integración



Fuente: Elaboración Propia

Avenida Circunvalación

La avenida Circunvalación es una de las avenidas más amplias llegando a unir la parte norte con la parte sur de la provincia, comprendida entre la zona del barrio aeropuerto hasta la rotonda de inicio de la carretera al norte con una longitud de 5.6km construida de pavimento rígido.

Para la toma de muestras en la avenida circunvalación, se realizó ensayos cada 200 mts para tramo recto, para tramo curvo se analizó en la rotonda de cruce con la avenida Baldivieso, rotonda de cruce con la calle colon y la rotonda de cruce con la avenida Froilán tejerina.

Finalmente para los tramos con pendiente se analizó tres puntos con pendiente en la avenida: el primero comprendido entre las progresivas 0+340-0+400, es segundo entre las progresivas 1+740-7+800 y el tercero entre las progresivas 4+800-4+960. Para los tres tramos de pendiente se realizó ensayos cada 20 mts.

Fig. 5 Detalle de progresivas avenida Integración



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Carreteras en estudio de la Provincia Cercado

Para identificar las progresivas en las zonas de estudio en carreteras se realizó un análisis de cada carretera para identificar las progresivas donde el cálculo del IFI sea necesario para la investigación (pendiente, tramo recto, tramo curvo). El detalle de cada avenida se presenta a continuación:

Carretera San Jacinto

La carretera a San Jacinto es una carretera ubicada en la parte este de la Provincia con una longitud de 6.5 km, es la ruta encargada de conectar la ciudad con el campo ferial y la represa del mismo nombre.

Para el análisis de las progresivas se decidió tomar muestras cada 500 mts. Para tramo recto, para tramo curvo se analizó la fricción en la denominada subida al gallinazo comprendida entre las cotas 0+100-0+400, finalmente para tramo curvo se realizó los ensayos entre las progresivas 0+600-1+000.

Fig. 6 Detalle de progresivas Carretera San Jacinto



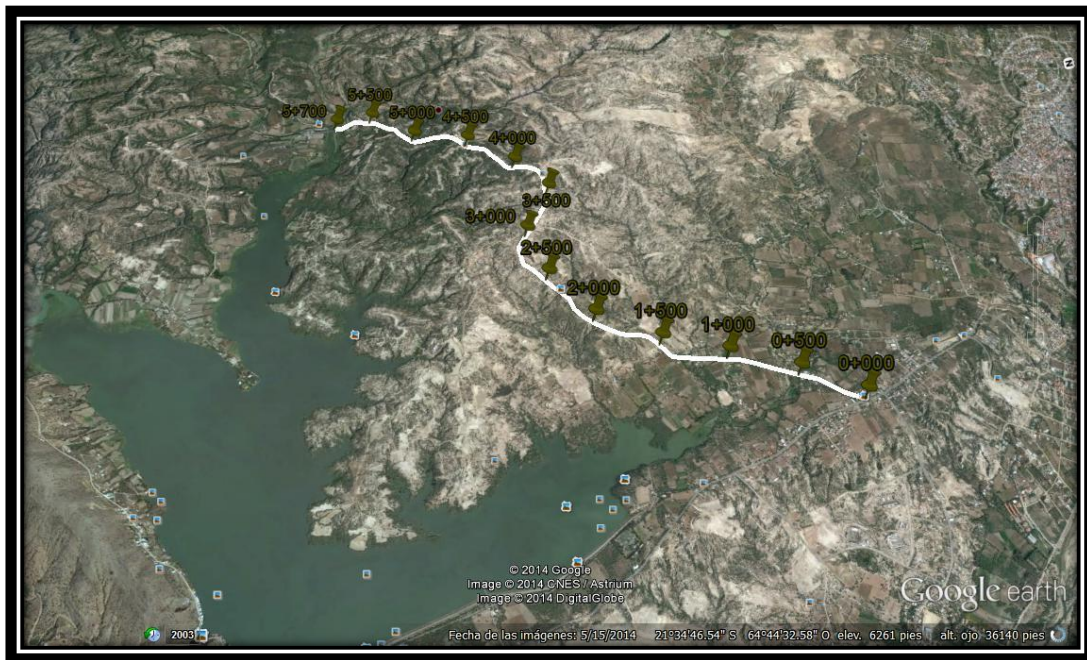
Fuente: Elaboración Propia

Carretera a Tolomosa

La carretera a Tolomosa es una carretera ubicada en la parte este de la provincia con una longitud de 5.7 km, la función de la carretera es unir la parte urbana de la ciudad con la comunidad de Tolomosa.

Para el análisis de progresivas se decidió por tomar progresivas cada 500 mts. Para tramo recto, para tramo curvo se analizó cada 100 metros comprendido entre las progresivas 4+500-5+000, finalmente para el tramo con pendiente se analizó cada 100 mts entre las progresivas 5+000-5+500.

Fig. 7 Detalle de progresivas Carretera Tolomosa



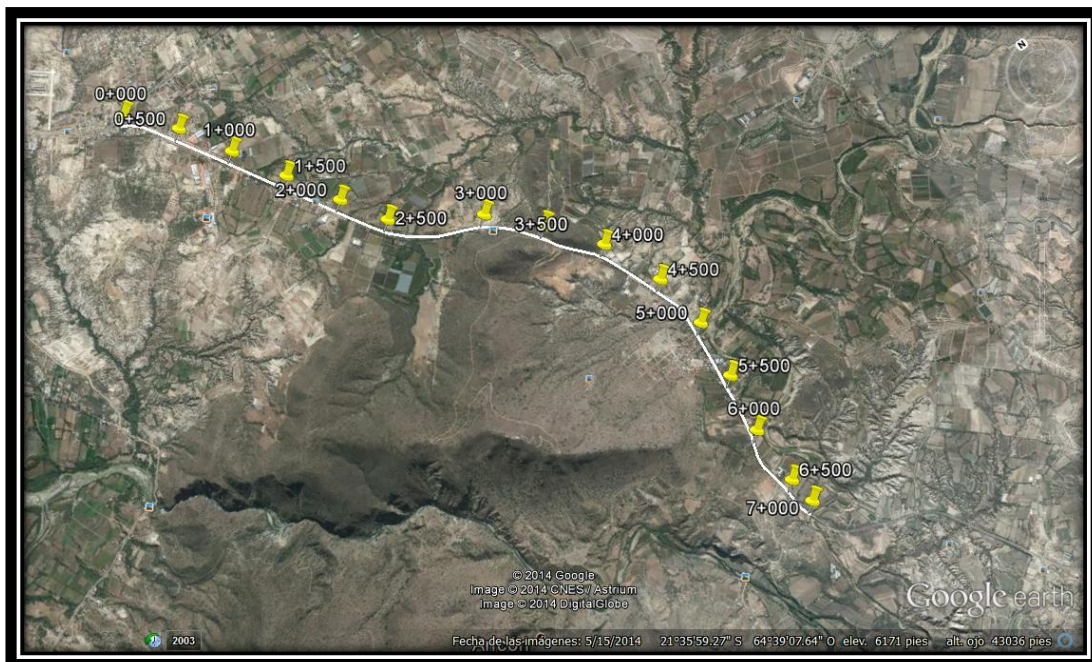
Fuente: Elaboración Propia

Carretera a Bermejo

La carretera a Bermejo está ubicada en la parte sur de la provincia, es la encargada de conectar a la ciudad con la población de Padcaya y con la capital de la provincia Arce que es Bermejo. Dentro de lo que es la provincia cercado la carretera tiene una longitud de 7 km que va desde la zona el portillo hasta el puente de Santa Ana.

Para la toma de muestras de opto por tomar progresivas cada 500 mts para los tramos recto, para tramo curvo se tomó la curva más pronunciada en la carretera que está entre las progresivas 2+500-3+000 y para tramo con pendiente se tomó la longitud comprendida entre las progresivas 5+000-5+500.

Fig. 8 Detalle de progresivas Carretera a Bermejo



Fuente: Elaboración Propia

Carretera al Norte

La carretera al norte, como su nombre lo indica está ubicada al norte de la provincia, con tan solo una longitud de 2km dentro de la provincia conecta la ciudad a la provincia Méndez, va desde la rotonda de conexión con la avenida integración y la avenida circunvalación hasta el puente de la comunidad tomatitas.

Para el análisis de progresivas se decidió tomar progresivas cada 200 mts para tramo recto, para tramo curvo se analizó la fricción en las dos rotondas que existen en este tramo, finalmente para la condición de pendiente se realizó los ensayos cada 20 metros entre las progresivas 1+800-2+000.

Fig. 9 Detalle de progresivas Carretera al Norte



Fuente: Elaboración Propia

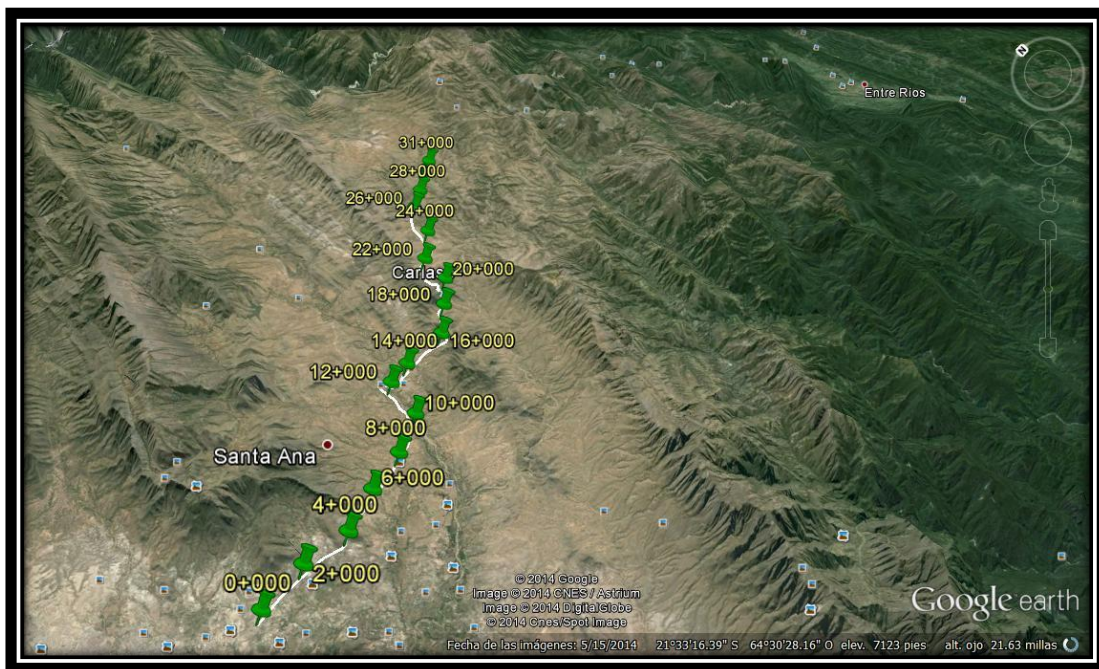
Carretera al Chaco

La carretera al chaco es una carretera ubicada en la parte sur de la provincia, su función es conectar la provincia gran chaco con la provincia cercado. La longitud de la carretera es de 31.1 km y va desde la zona el portillo hasta la comunidad de Junacas.

De acuerdo a la amplia longitud de la carretera se decidió tomar muestras cada 2000 mts para tramo recto, para tramo curvo se analizó la fricción cada 200 metros comprendida entre las progresivas 12+000-14+000.

Finalmente para la condición de pendiente se realizó los ensayos cada 200 metros entre las progresivas 18+000-20+000.

Fig. 10 Detalle de progresivas Carretera al Chaco



Fuente: Elaboración Propia

3.2 Características actuales del pavimento en el área de estudio

Las características necesarias para el estudio de la fricción en un pavimento son: la evaluación de la textura que puede presentar un pavimento y la evaluación del coeficiente de resistencia a deslizamiento (C.R.D).

Entonces para la investigación se evaluara las características de los pavimentos en estudio de acuerdo a estas dos variables mencionadas.

3.2.1 Evaluación del pavimento con el círculo de arena

La prueba del círculo de arena, es un método adecuado para pruebas de campo el cual determina el promedio del espesor de la macro textura de la superficie del pavimento. El conocimiento del espesor de la macrotextura sirve como una herramienta en la caracterización de las texturas superficiales de los pavimentos.

Cuando se utiliza en conjunción con otras pruebas físicas, el espesor de la macrotextura derivada de este método de prueba puede ser utilizado para determinar la capacidad de resistencia al deslizamiento de los materiales en pavimentos o la sugerencia de un mejor acabado.

3.2.1.1 Medición de la textura de pavimento

Para la medición y el cálculo de la textura del pavimento el procedimiento de prueba involucra la dispersión de un volumen conocido (en nuestro caso 50 cm^3) de material sobre una superficie de pavimento limpia y seca, la medición de dicha área cubierta, y subsecuentemente se calcula el promedio del espesor entre la parte inferior de los vacíos y la parte superior de los agregados. Esta medición del espesor de la textura superficial refleja las características de la macrotextura.

Entonces el procedimiento de ensayo y cálculo de la macrotextura es el siguiente:

1. Primeramente se inspecciona la superficie del pavimento por ser evaluada y se selecciona un área seca y homogénea que no contenga características únicas localizadas tales como grietas y juntas. La superficie debe estar completamente

limpia, para ello utilizamos una brocha de alambre para remover cualquier residuo, escombros o partículas de agregado sueltas de la superficie.

2. Luego se procedió a llenar de arena fina una probeta graduada de 50 cm³ de volumen para tener un volumen conocido de material y así poder realizar el ensayo.

3. Fig. 11 Volumen conocido de arena fina prueba círculo de arena



Fuente: Elaboración Propia

4. Luego se procedió a esparcir el volumen del material en la superficie limpia, dispersar cuidadosamente el material, llenando los vacíos superficiales hasta los picos de las partículas de agregados con una regla, para así registrar el diámetro del área cubierta por el material como mínimo de cuatro localizaciones igualmente espaciadas alrededor de la circunferencia de la muestra. Finalmente se promedia los cuatro diámetros registrados.

Fig. 12 Medición de diámetros para la prueba circulo de arena



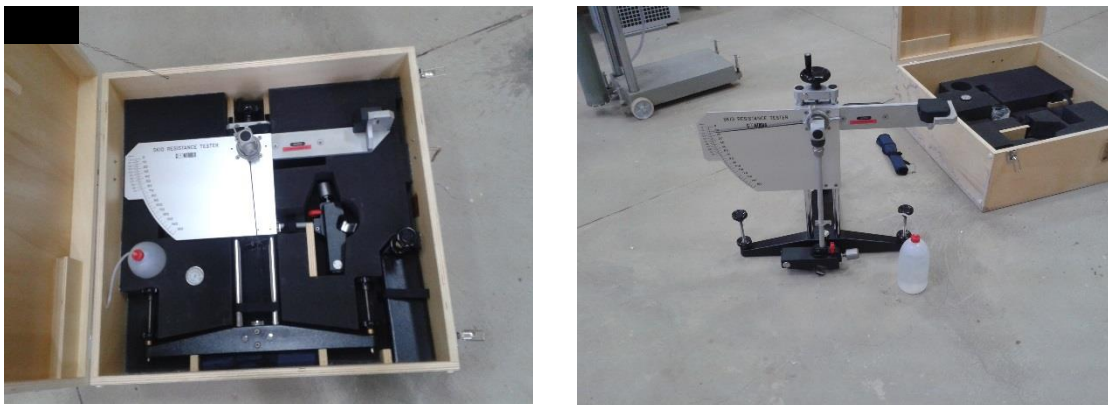
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo el promedio de las cuatro mediciones del diámetro se procede al cálculo de la altura o espesor de la macrotextura del pavimento como describimos en el capítulo 2.

4.2.2 Evaluación del pavimento con el péndulo británico

El péndulo británico es un equipo dinámico de alto impacto, su función es obtener un Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (C.D.R) que, manteniendo una correlación con el coeficiente físico de rozamiento, valore las características antideslizantes de la superficie de un pavimento. Los resultados obtenidos mediante este ensayo no son necesariamente proporcionales o correlativos con medidas de rozamiento hechas con otros equipos o procedimientos.

Fig. 13 Equipo Péndulo Británico Lab. De Asfaltos U.A.J.M.S.



Fuente: Elaboración Propia

El péndulo británico nos brindara datos de coeficiente de resistencia al deslizamiento en la microtextura de pavimento a velocidades menores a 60 km/hr.

4.2.2.1 Medición de la resistencia al deslizamiento

Para la medición de la resistencia al deslizamiento se realizara paso a paso el siguiente procedimiento:

1. Primeramente se procederá a limpiar el mismo lugar donde se realizó la muestra del círculo de arena, teniendo una superficie libre de partículas de arena.
2. Luego se procederá a colocar el equipo en la superficie de ensayo, para así nivelarlo girando los tornillos niveladores hasta que la burbuja este centrada en el ojo de la burbuja niveladora.

3. Fig. 14 Nivelación del Péndulo Británico tramo pendiente



Fuente: Elaboración Propia

4. Posteriormente con el péndulo colgando libre se coloca el espaciador abajo del tornillo de ajuste o regulación del brazo del péndulo. Se baja el brazo del péndulo de manera que la superficie de la goma apenas toque la superficie. Se bloquea la cabeza del péndulo firmemente, se levanta el brazo del péndulo, y se remueve el espaciador. Se coloca el calibrador al lado y paralelo a la

dirección del balanceo para verificar la longitud de la trayectoria de contacto y se regula hasta que la zapata rose solo la longitud que tiene el calibrador.

5. Finalmente se procede a bloquear en la parte superior derecha el brazo del péndulo, se coloca la aguja en su posición inicial, se moja la superficie donde se realizara el ensayo y se larga el brazo del péndulo, se anota la lectura del equipo y se repite el ensayo cuatro veces en cada muestra para promediar los valores registrados.

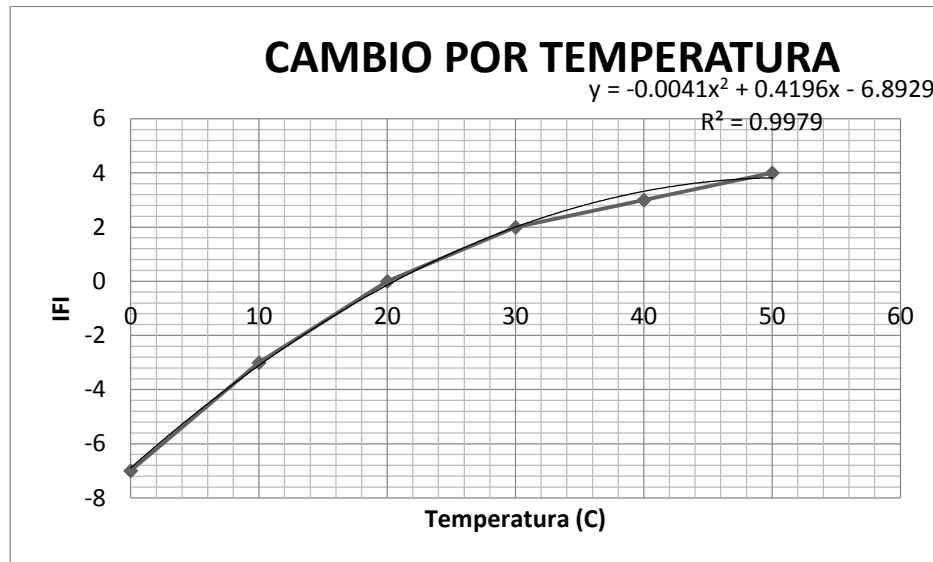
6. Fig. 15 Determinación del coeficiente de resistencia al Deslizamiento



Fuente: Elaboración Propia

Las mediciones efectuadas están afectadas por la temperatura de la superficie ensayada, es por esto que al valor de C.R.D. se le adiciona un factor a la lectura efectiva de acuerdo a la siguiente figura:

Fig. 16 Factor de corrección por temperatura



Fuente: Consideraciones para la aplicación del índice de fricción internacional en carreteras de México

3.3 Correlación del Índice de Fricción Internacional (IFI) para diferentes condiciones de pavimento

Luego de obtener los datos tanto de la textura del pavimento como el coeficiente de resistencia al deslizamiento C.R.D., se procede a realizar el cálculo del Índice de Fricción Internacional IFI, llenando las tablas mencionadas en el capítulo 2, debido a la amplia cantidad de datos para tener una buena estadística, el cálculo del IFI será anexado por lo que ahora presentaremos los resultados de cada tramo en estudio.

Avenida La Banda.

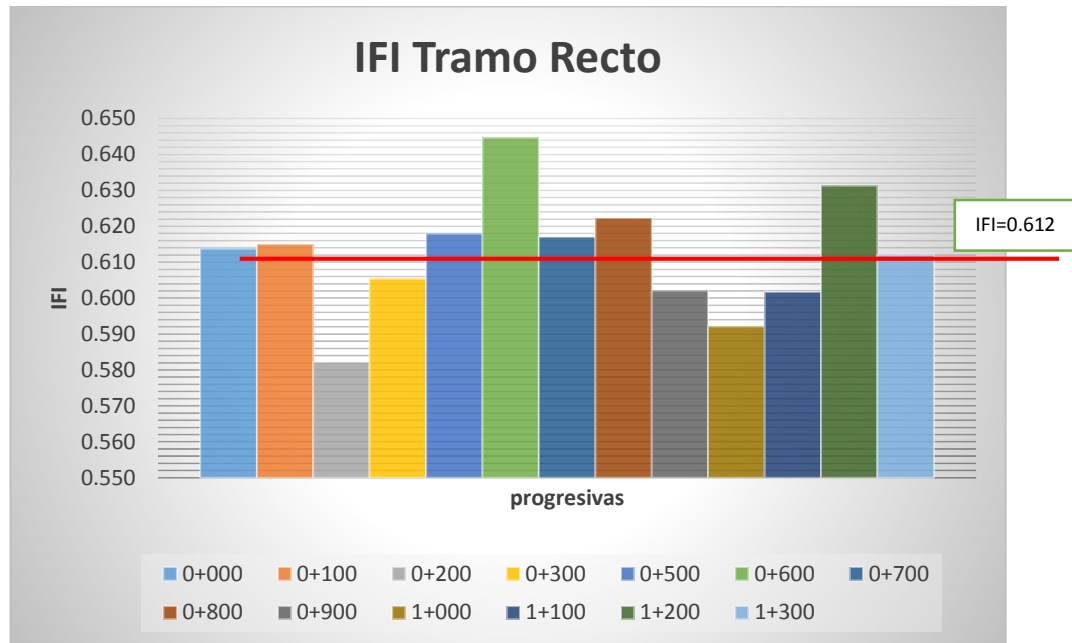
Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.614	Bueno
0+100	recto	0.615	Bueno
0+200	recto	0.582	De regular a Bueno
0+300	recto	0.605	Bueno
0+390	curvo	0.575	De regular a Bueno
0+395	curvo	0.622	Bueno
0+395	curvo	0.628	Bueno
0+400	curvo	0.623	Bueno
0+400	curvo	0.594	De regular a Bueno
0+405	curvo	0.577	De regular a Bueno
0+405	curvo	0.602	Bueno
0+410	curvo	0.604	Bueno
0+500	recto	0.618	Bueno
0+600	recto	0.645	Bueno
0+700	recto	0.617	Bueno
0+800	recto	0.622	Bueno
0+900	recto	0.602	Bueno
1+000	recto	0.592	De regular a Bueno
1+050	curvo	0.565	De regular a Bueno
1+055	curvo	0.586	De regular a Bueno
1+055	curvo	0.597	De regular a Bueno
1+060	curvo	0.590	De regular a Bueno
1+060	curvo	0.570	De regular a Bueno
1+065	curvo	0.597	De regular a Bueno
1+065	curvo	0.614	Bueno
1+070	curvo	0.621	Bueno
1+100	recto	0.602	Bueno
1+200	recto	0.631	Bueno
1+300	recto	0.612	Bueno
1+350	pendiente	0.579	De regular a Bueno
1+350	pendiente	0.577	De regular a Bueno
1+360	pendiente	0.550	De regular a Bueno
1+360	pendiente	0.554	De regular a Bueno
1+370	pendiente	0.555	De regular a Bueno
1+370	pendiente	0.543	De regular a Bueno
1+380	pendiente	0.593	De regular a Bueno

1+380	pendiente	0.557	De regular a Bueno
1+390	pendiente	0.558	De regular a Bueno
1+390	pendiente	0.534	De regular a Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

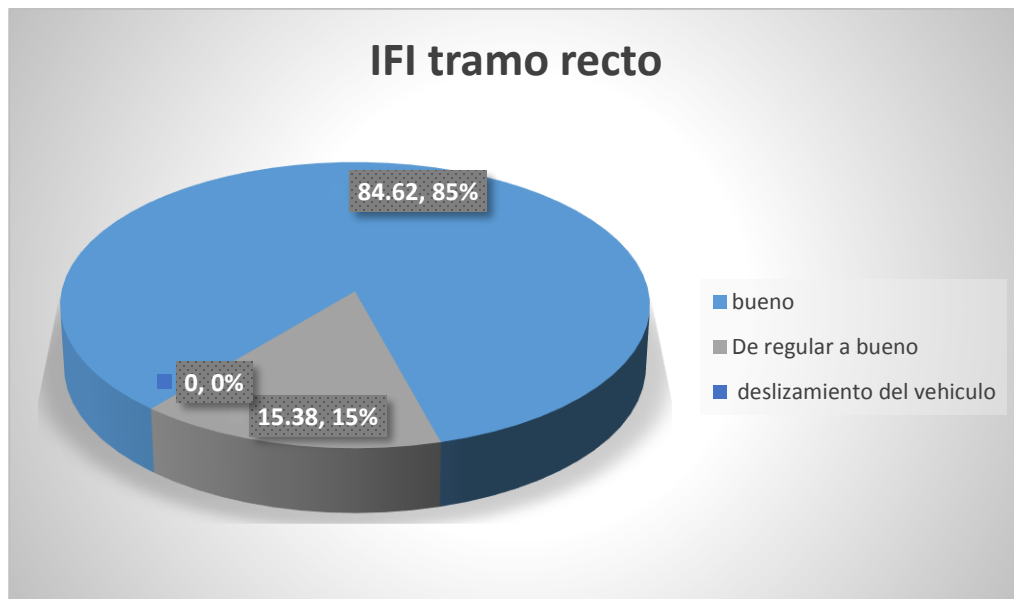
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.612	Bueno
tramo curvo	0.598	De regular a Bueno
pendiente	0.560	De regular a Bueno
total	0.590	De regular a Bueno

Grafica 1 I.F.I. para tramo recto Av. La Banda



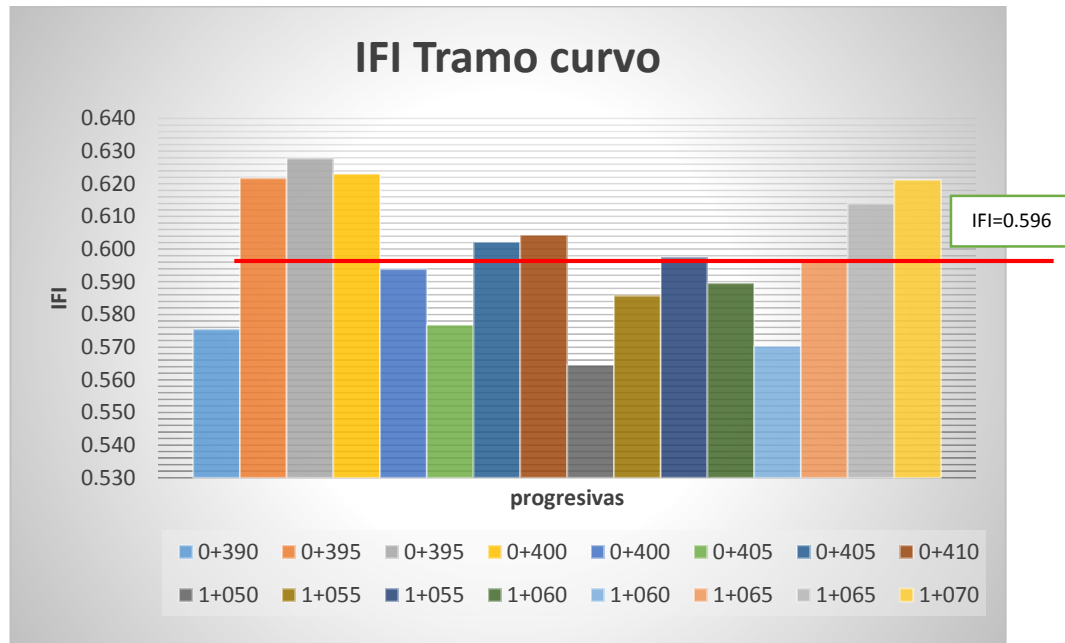
Fuente: Elaboración propia

Grafica 2 Porcentaje del estado de pavimento tramo recto



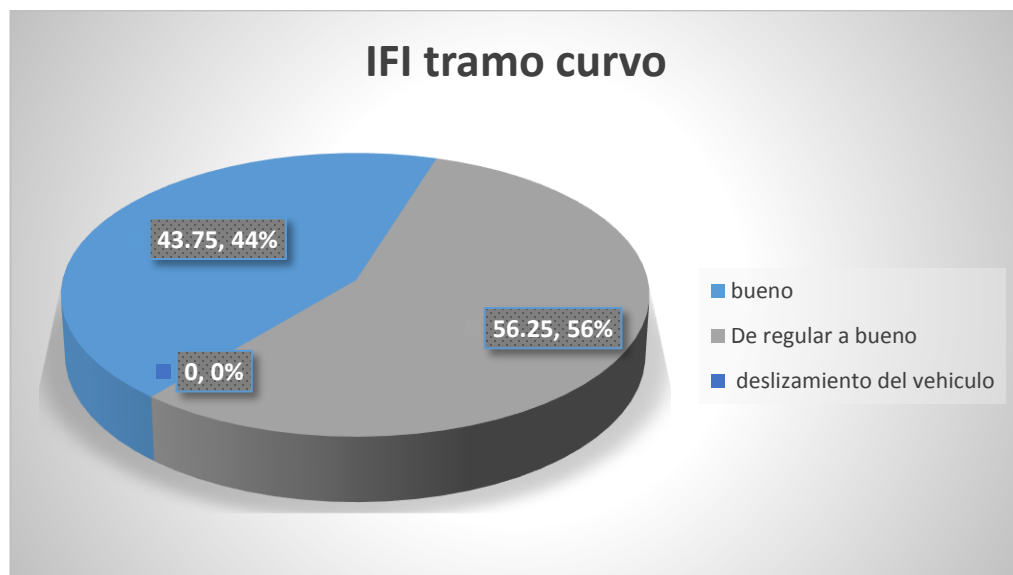
Fuente: Elaboración propia

Grafica 3 I.F.I. para tramo Curvo Av. La Banda



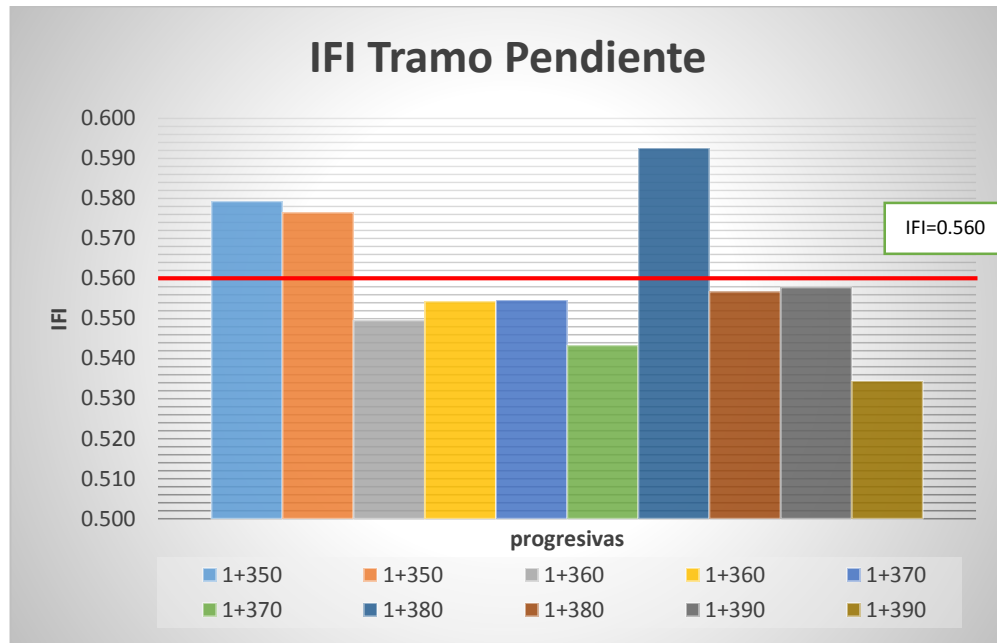
Fuente: Elaboración propia

Grafica 4 Porcentaje del estado de pavimento tramo curvo



Fuente: Elaboración propia

Grafica 5 I.F.I. para tramo con Pendiente Av. La Banda



Fuente: Elaboración propia

Grafica 6 Porcentaje del estado de pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboración propia

Avenida Gamoneda

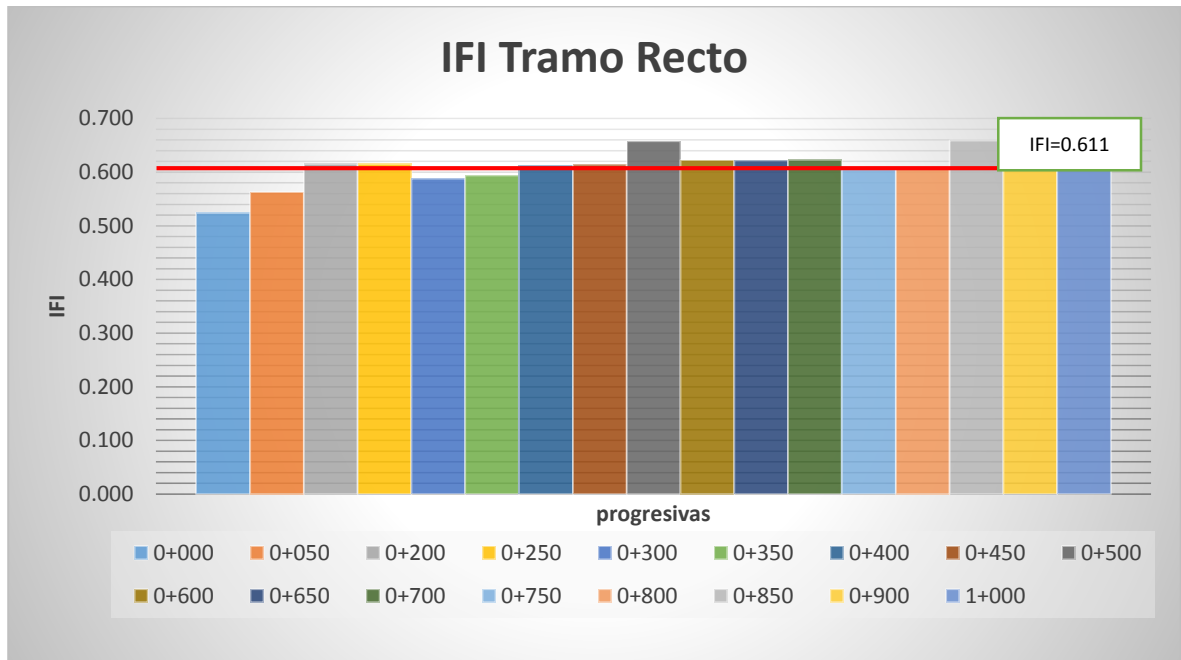
Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.524	De regular a Bueno
0+050	recto	0.563	De regular a Bueno
0+100	pendiente	0.619	Bueno
0+100	pendiente	0.577	De regular a Bueno
0+110	pendiente	0.575	De regular a Bueno
0+110	pendiente	0.618	Bueno
0+120	pendiente	0.584	De regular a Bueno
0+120	pendiente	0.606	Bueno
0+130	pendiente	0.598	De regular a Bueno
0+130	pendiente	0.583	De regular a Bueno
0+140	pendiente	0.595	De regular a Bueno
0+140	pendiente	0.561	De regular a Bueno
0+150	pendiente	0.595	De regular a Bueno
0+150	pendiente	0.599	De regular a Bueno
0+200	recto	0.615	Bueno
0+250	recto	0.615	Bueno
0+300	recto	0.588	De regular a Bueno
0+350	recto	0.594	De regular a Bueno
0+400	recto	0.613	Bueno
0+450	recto	0.614	Bueno
0+500	recto	0.658	Bueno
0+600	recto	0.623	Bueno
0+650	recto	0.622	Bueno
0+700	recto	0.623	Bueno
0+750	recto	0.605	Bueno
0+800	recto	0.606	Bueno
0+850	recto	0.659	Bueno
0+900	recto	0.630	Bueno
0+940	curvo	0.628	Bueno
0+940	curvo	0.615	Bueno
0+945	curvo	0.631	Bueno
0+945	curvo	0.657	Bueno
0+950	curvo	0.694	Bueno
0+950	curvo	0.667	Bueno
0+955	curvo	0.679	Bueno
0+955	curvo	0.679	Bueno

0+960	curvo	0.644	Bueno
0+960	curvo	0.652	Bueno
0+965	curvo	0.647	Bueno
0+965	curvo	0.604	Bueno
0+970	curvo	0.626	Bueno
0+970	curvo	0.622	Bueno
0+975	curvo	0.623	Bueno
0+975	curvo	0.645	Bueno
1+000	recto	0.631	Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

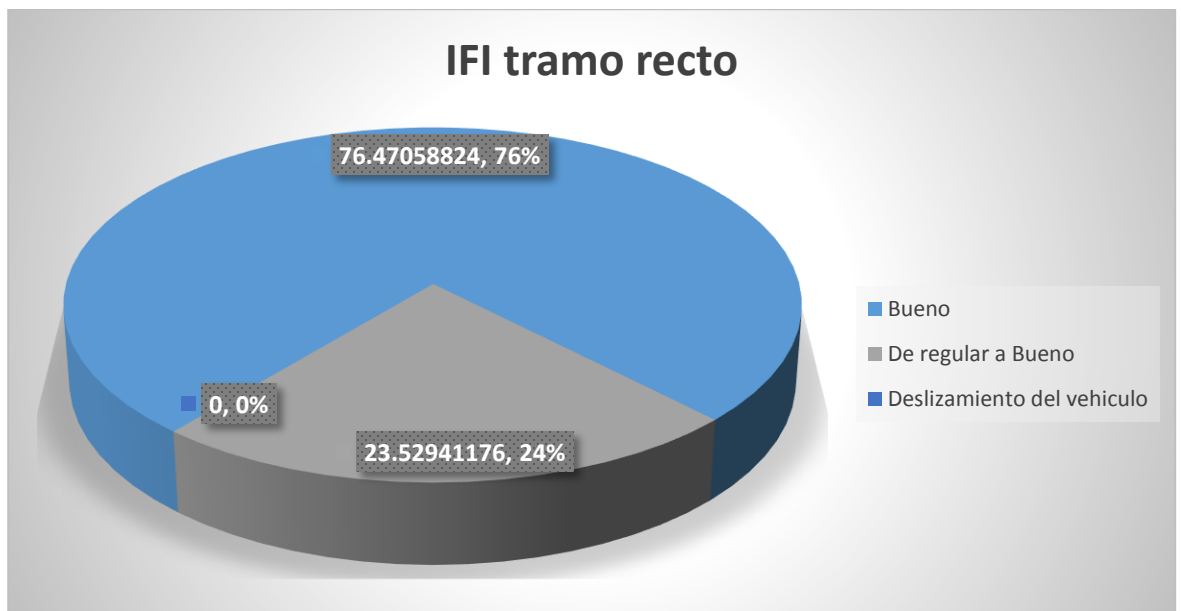
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.611	Bueno
tramo curvo	0.645	Bueno
pendiente	0.592	De regular a Bueno
total	0.616	Bueno

Grafica 7. I.F.I. para tramo recto- Av. Gamoneda



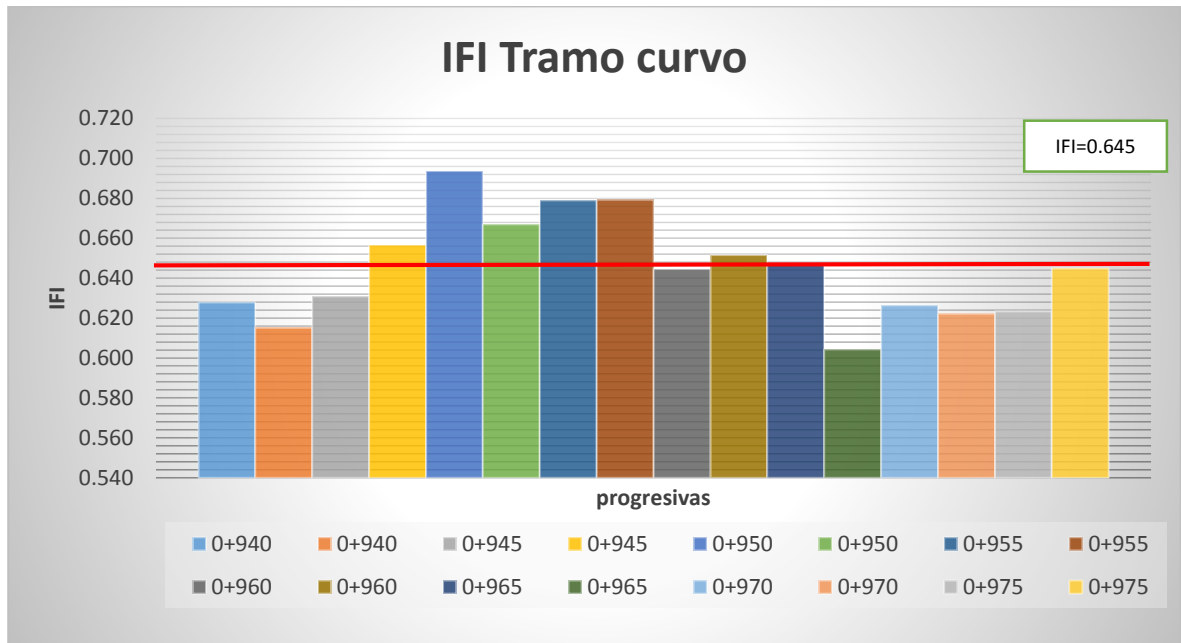
Fuente: Elaboración propia

Grafica 8. Porcentaje del estado del pavimento- tramo recto



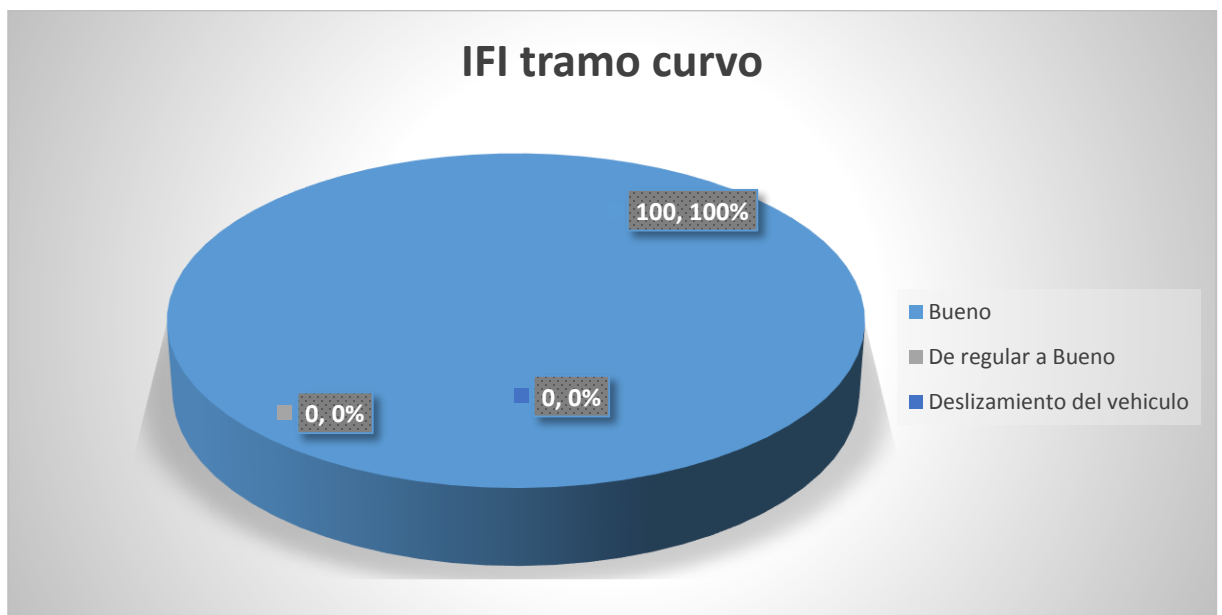
Fuente: Elaboración propia

Grafica 9. I.F.I. para tramo curvo- Av. Gamoneda



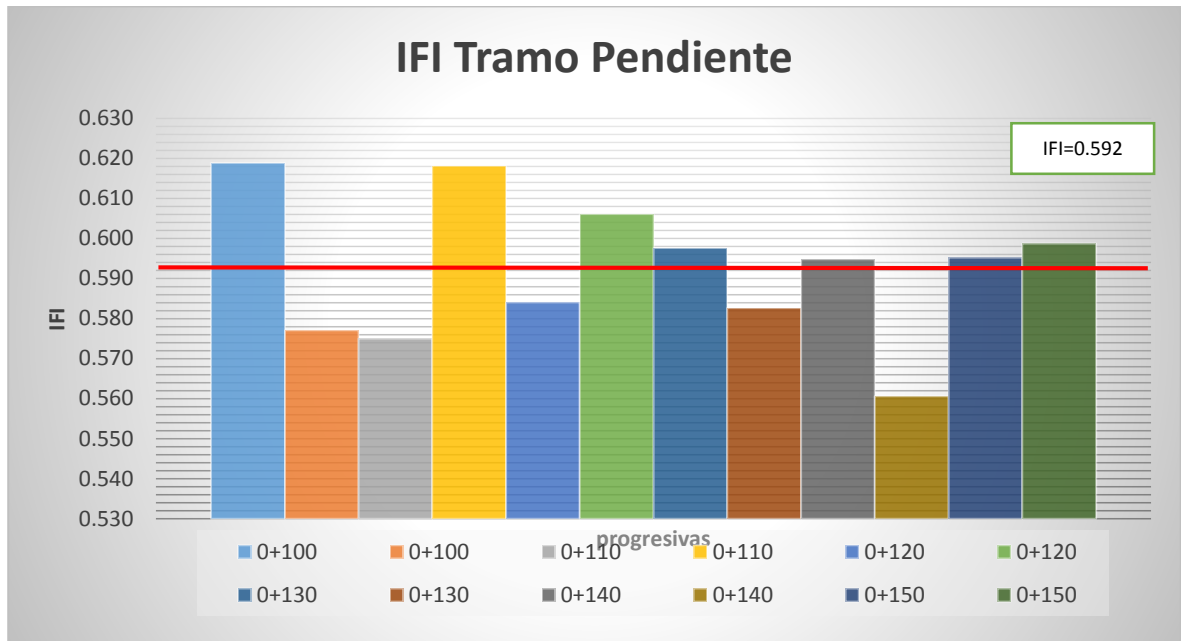
Fuente: Elaboración propia

Grafica 10. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



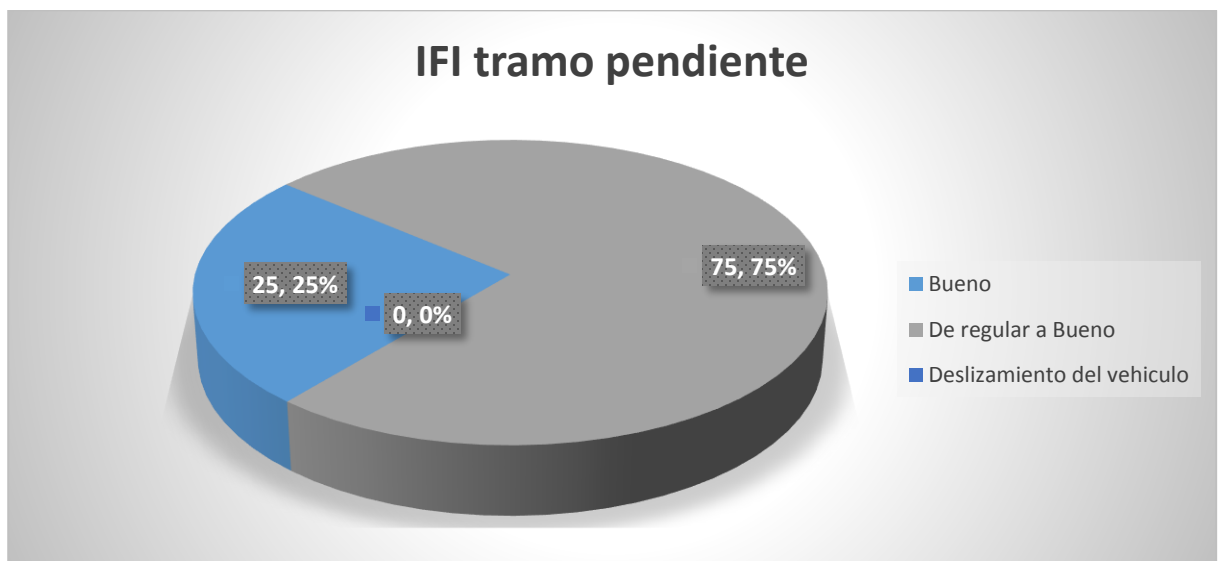
Fuente: Elaboración propia

Grafica 11. I.F.I. para tramo con pendiente- Av. Gamoneda



Fuente: Elaboración propia

Grafica 12. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

Avenida Las Américas

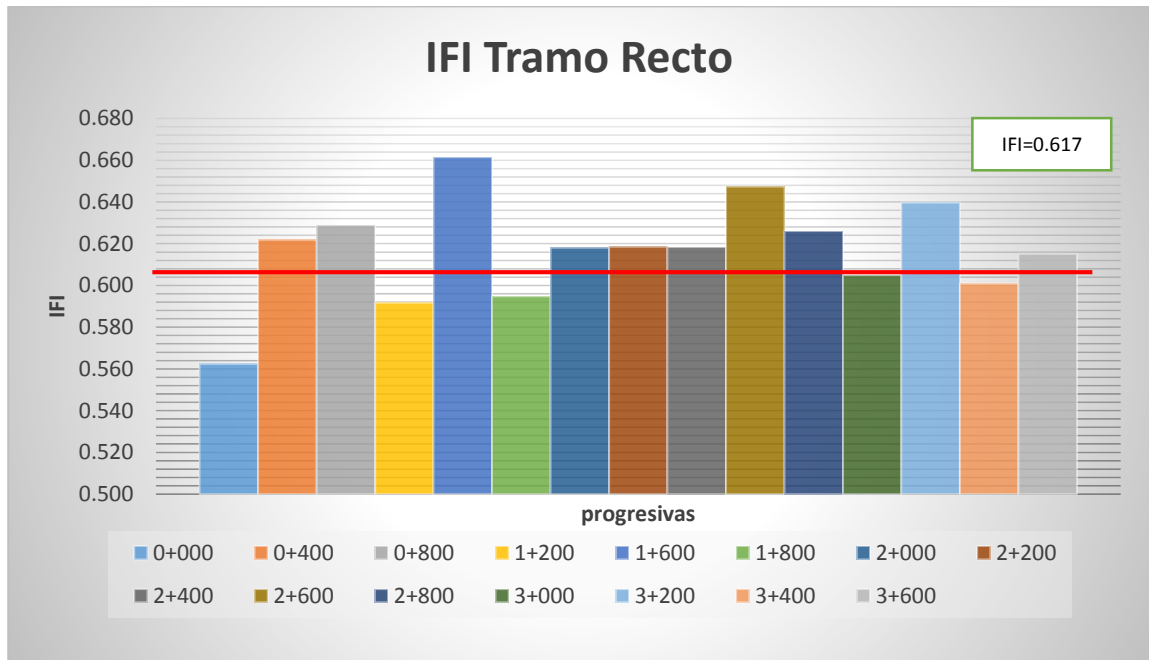
Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.562	De regular a Bueno
0+010	curvo	0.627	Bueno
0+010	curvo	0.624	Bueno
0+035	curvo	0.646	Bueno
0+035	curvo	0.658	Bueno
0+200	pendiente	0.631	Bueno
0+220	pendiente	0.655	Bueno
0+240	pendiente	0.662	Bueno
0+260	pendiente	0.589	De regular a Bueno
0+280	pendiente	0.586	De regular a Bueno
0+300	pendiente	0.625	Bueno
0+320	pendiente	0.610	Bueno
0+400	recto	0.622	Bueno
0+600	pendiente	0.645	Bueno
0+620	pendiente	0.643	Bueno
0+640	pendiente	0.629	Bueno
0+660	pendiente	0.642	Bueno
0+680	pendiente	0.618	Bueno
0+700	pendiente	0.650	Bueno
0+720	curvo	0.635	Bueno
0+720	curvo	0.641	Bueno
0+770	curvo	0.656	Bueno
0+770	curvo	0.621	Bueno
0+800	recto	0.629	Bueno
1+200	recto	0.592	De regular a Bueno
1+380	curvo	0.599	De regular a Bueno
1+380	curvo	0.607	Bueno
1+400	curvo	0.655	Bueno
1+400	curvo	0.608	Bueno
1+600	recto	0.661	Bueno
1+800	recto	0.595	De regular a Bueno
2+000	recto	0.618	Bueno
2+200	recto	0.618	Bueno
2+400	recto	0.618	Bueno
2+600	recto	0.647	Bueno
2+800	recto	0.626	Bueno

2+850	curvo	0.622	Bueno
2+850	curvo	0.643	Bueno
2+880	curvo	0.678	Bueno
2+880	curvo	0.606	Bueno
3+000	recto	0.605	Bueno
3+200	recto	0.640	Bueno
3+400	recto	0.601	Bueno
3+600	recto	0.615	Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

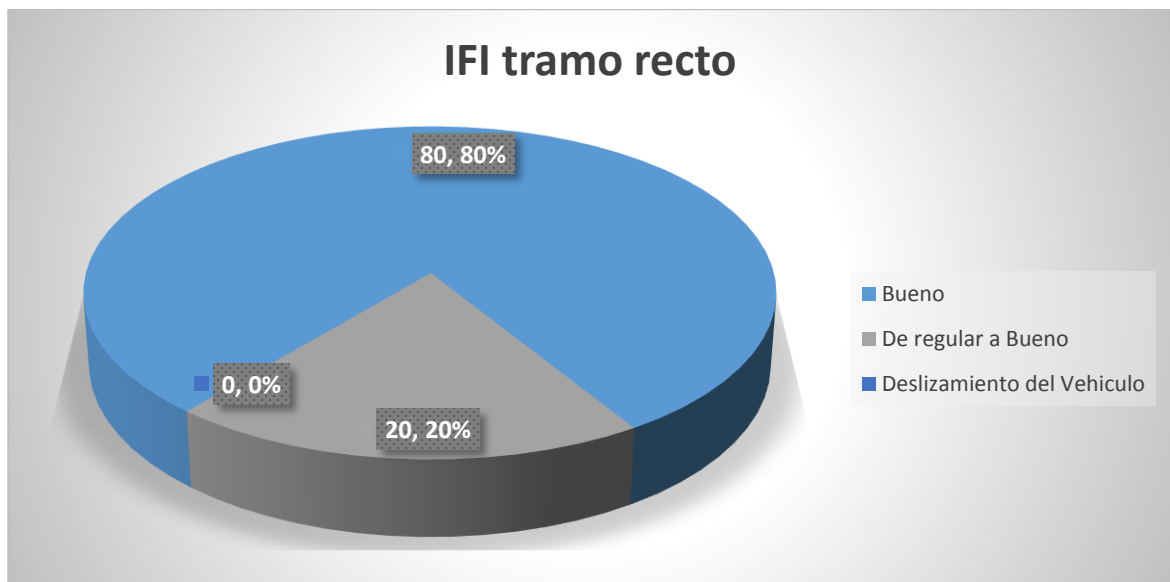
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.617	Bueno
tramo curvo	0.633	Bueno
pendiente	0.630	Bueno
total	0.626	Bueno

Grafica 13. I.F.I. para tramo recto- Av. Las Américas



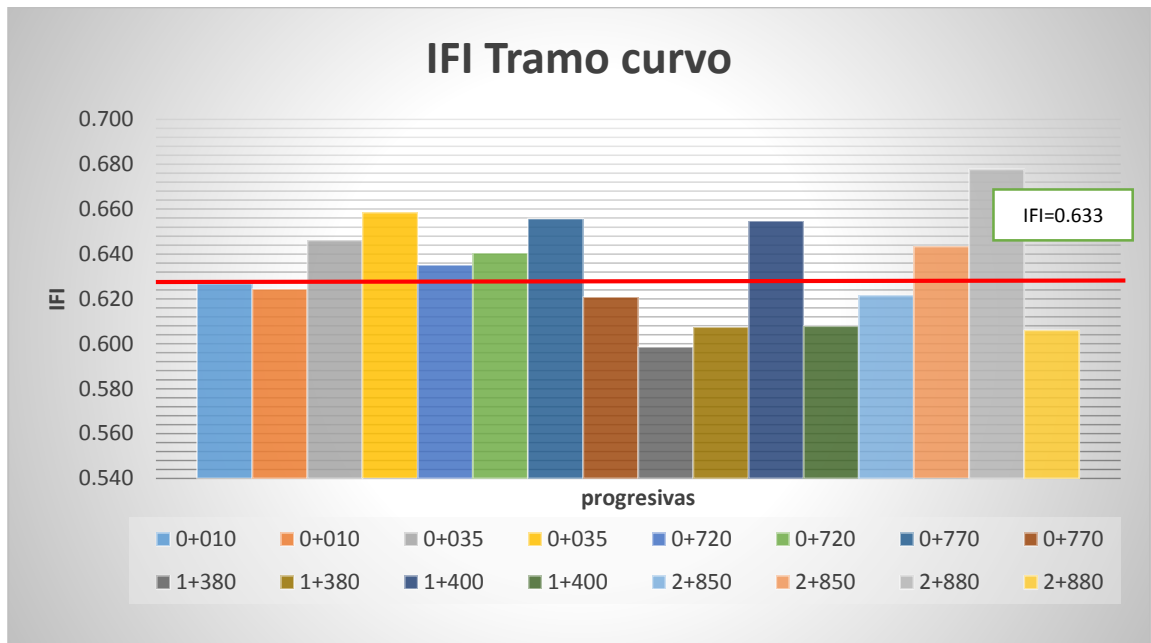
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 14. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



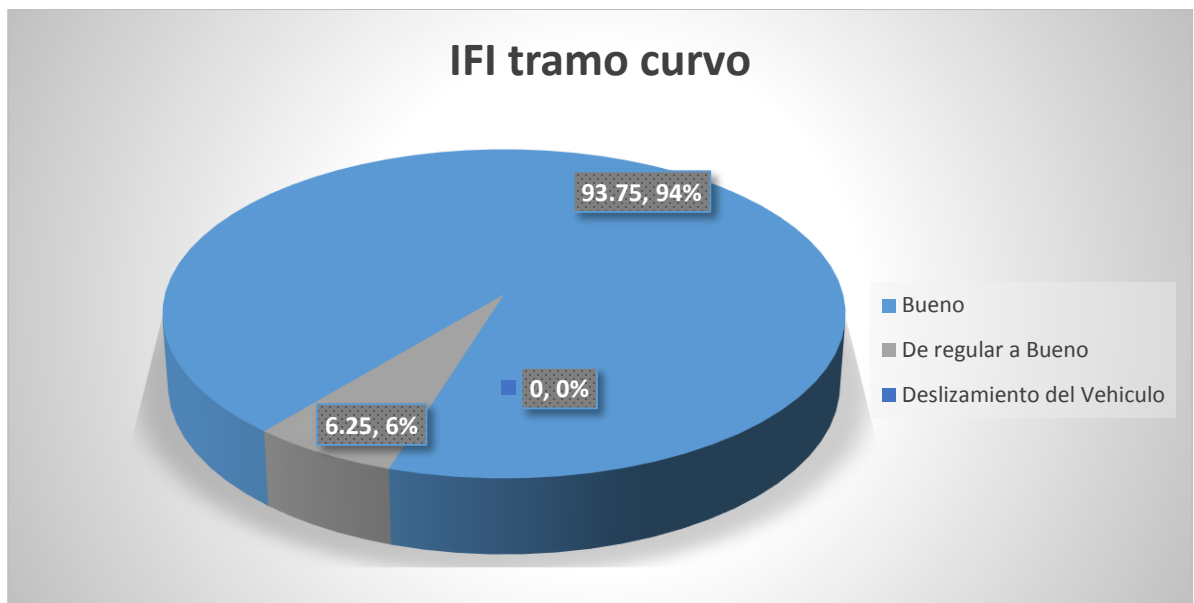
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 15. I.F.I. para tramo curvo- Av. Las Américas



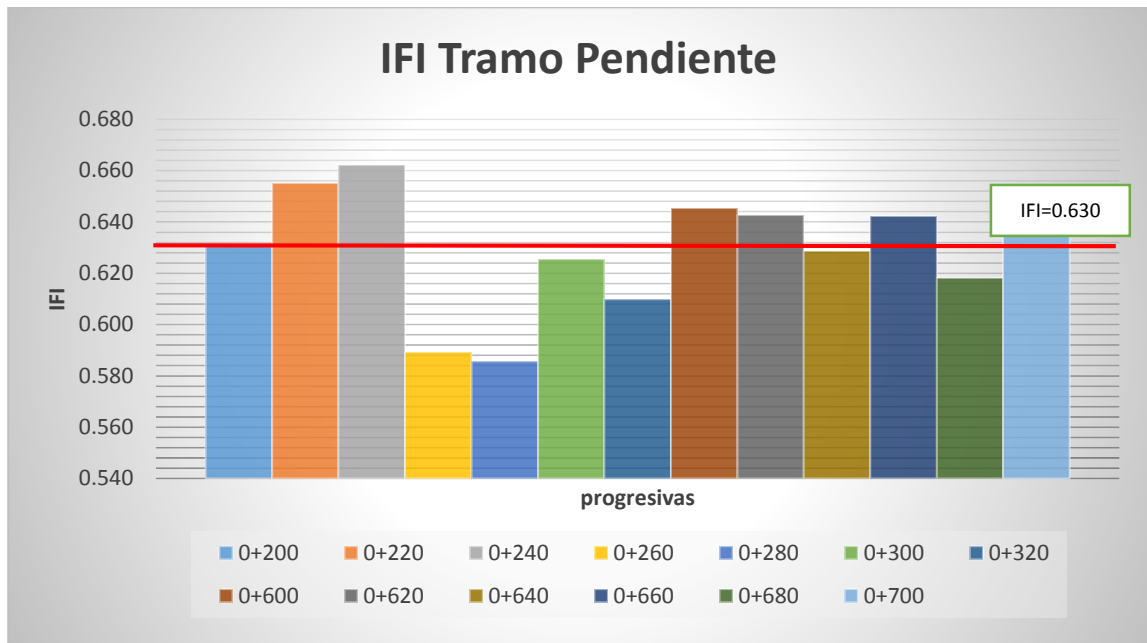
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 16. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



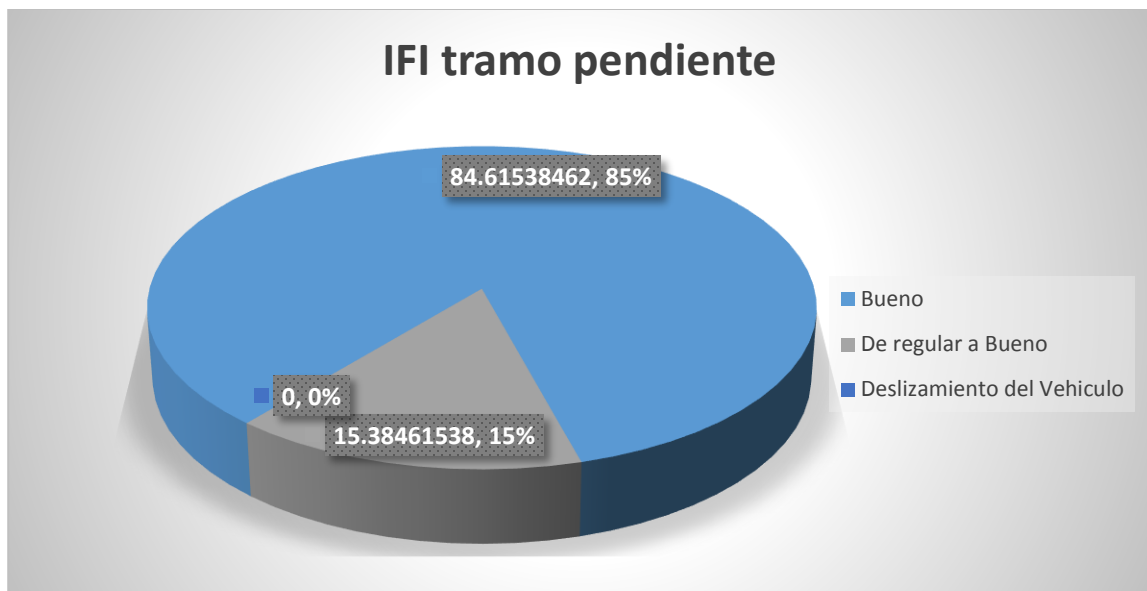
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 17. I.F.I. para tramo pendiente- Av. Las Américas



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 18. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

Avenida Integración

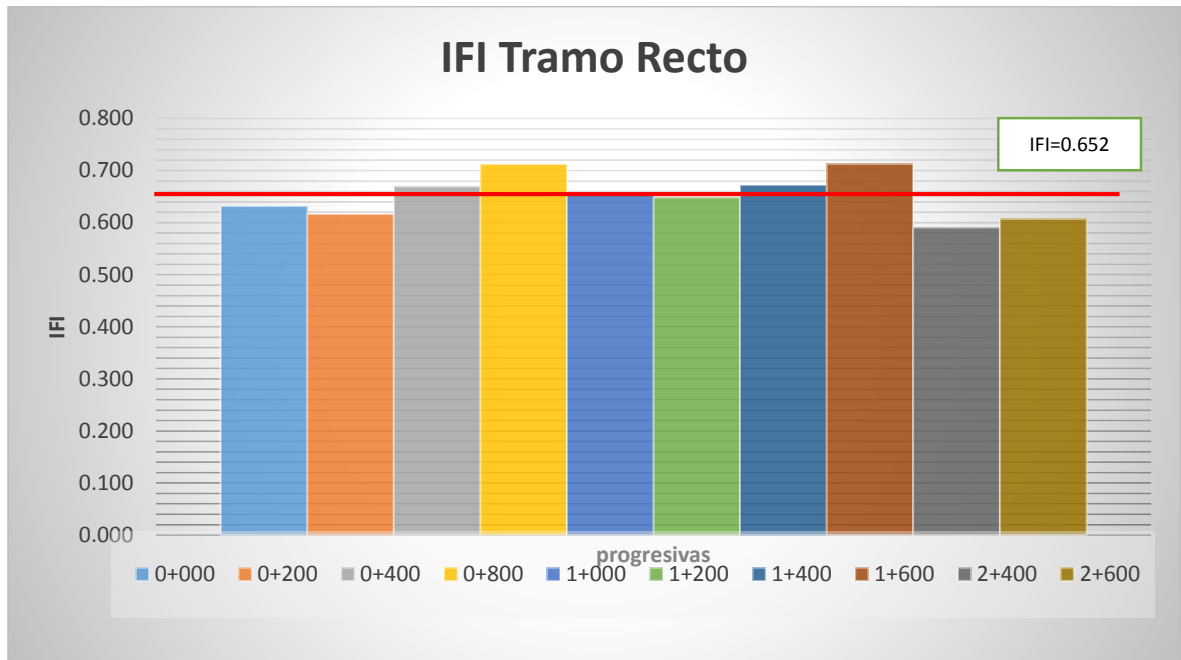
Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.632	Bueno
0+200	recto	0.617	Bueno
0+400	recto	0.669	Bueno
0+800	recto	0.712	Bueno
1+000	recto	0.655	Bueno
1+200	recto	0.648	Bueno
1+400	recto	0.672	Bueno
1+600	recto	0.713	Bueno
1+640	curvo	0.727	Bueno
1+660	curvo	0.660	Bueno
1+680	curvo	0.660	Bueno
1+700	curvo	0.638	Bueno
1+720	curvo	0.604	Bueno
1+740	curvo	0.644	Bueno
1+760	curvo	0.642	Bueno
1+780	curvo	0.612	Bueno
1+800	curvo	0.622	Bueno
1+820	curvo	0.656	Bueno
1+840	curvo	0.627	Bueno
1+860	curvo	0.626	Bueno
1+880	curvo	0.641	Bueno
1+900	curvo	0.617	Bueno
1+920	curvo	0.707	Bueno
1+940	curvo	0.647	Bueno
1+960	curvo	0.676	Bueno
2+000	pendiente	0.598	De regular a Bueno
2+020	pendiente	0.599	De regular a Bueno
2+040	pendiente	0.615	Bueno
2+060	pendiente	0.619	Bueno
2+080	pendiente	0.628	Bueno
2+100	pendiente	0.604	Bueno
2+120	pendiente	0.623	Bueno
2+140	pendiente	0.624	Bueno
2+160	pendiente	0.603	Bueno
2+180	pendiente	0.568	De regular a Bueno
2+200	pendiente	0.607	Bueno

2+400	recto	0.591	De regular a Bueno
2+600	recto	0.607	Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

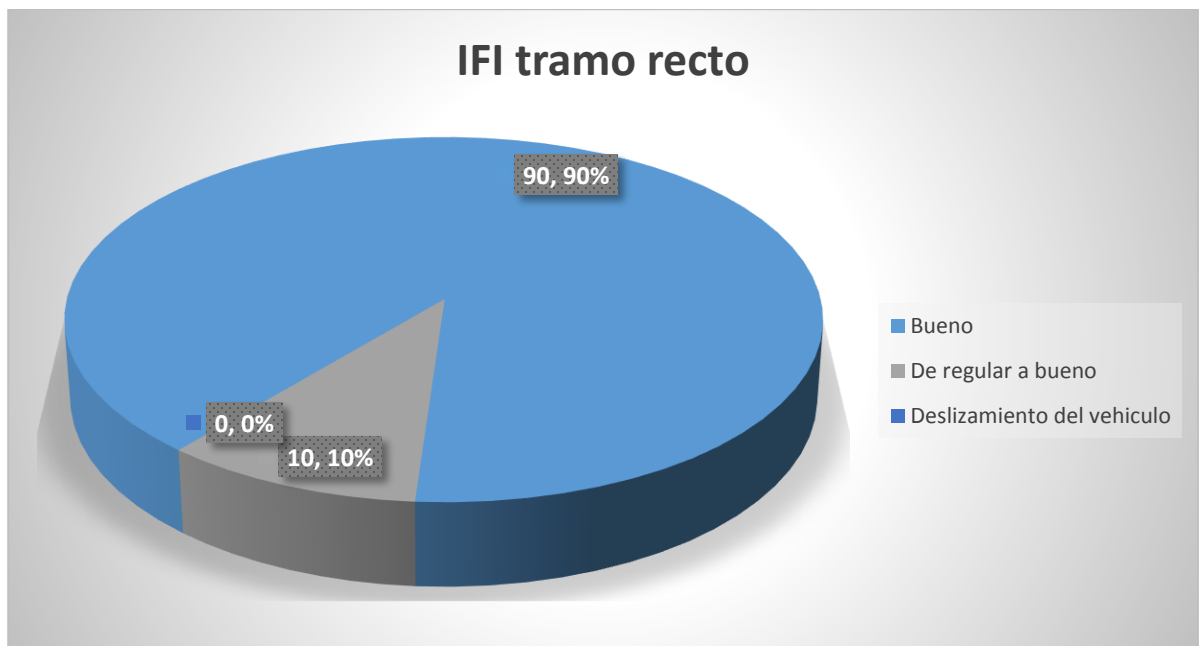
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.652	Bueno
tramo curvo	0.647	Bueno
pendiente	0.608	Bueno
total	0.636	Bueno

Grafica 19. I.F.I. para tramo recto- Av. Integración



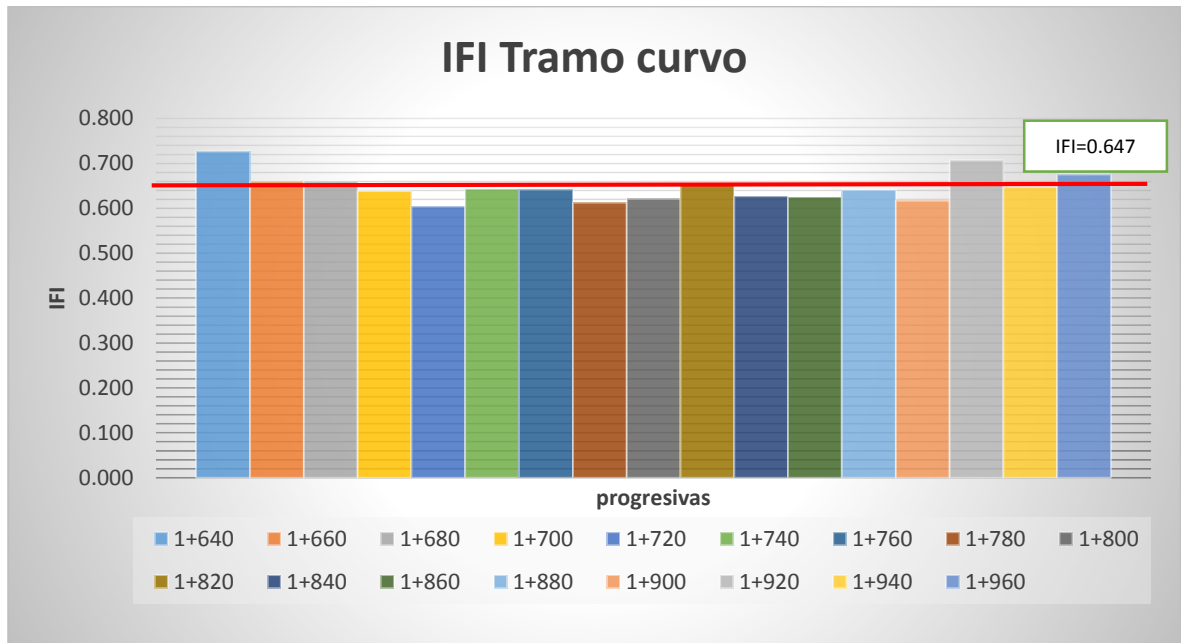
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 20. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



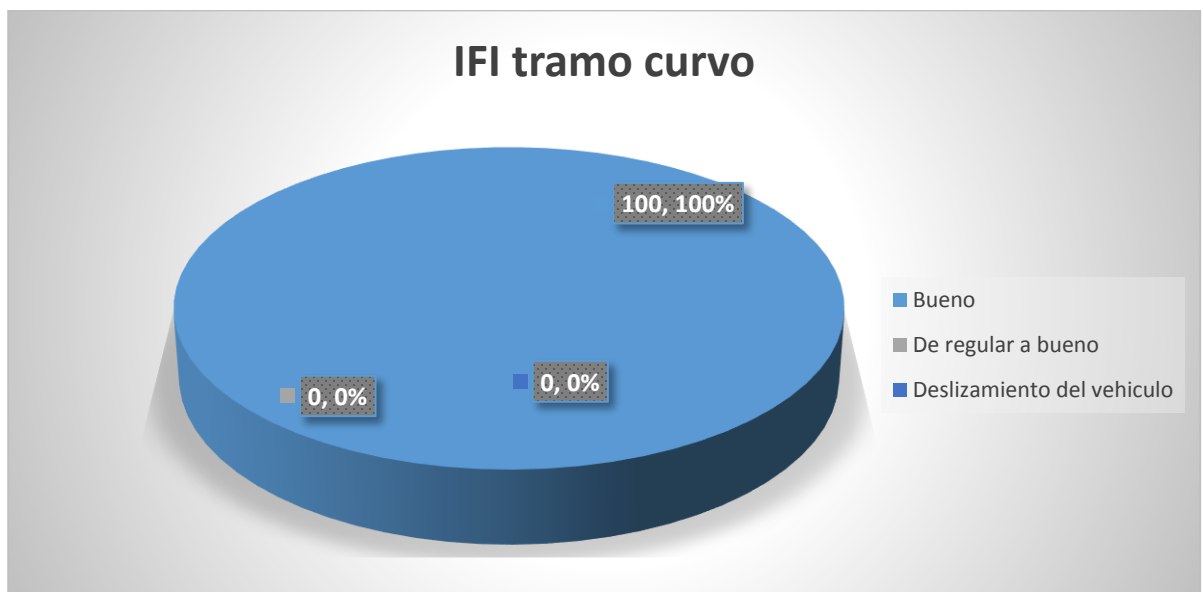
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 21. I.F.I. para tramo curvo- Av. Integración



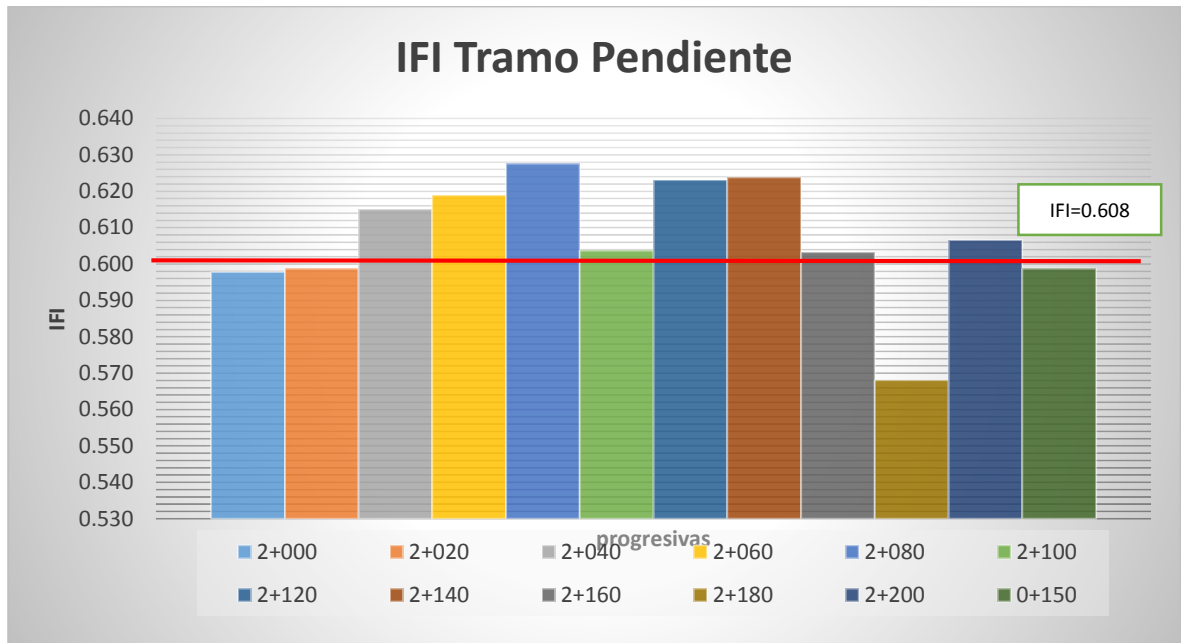
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 22. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



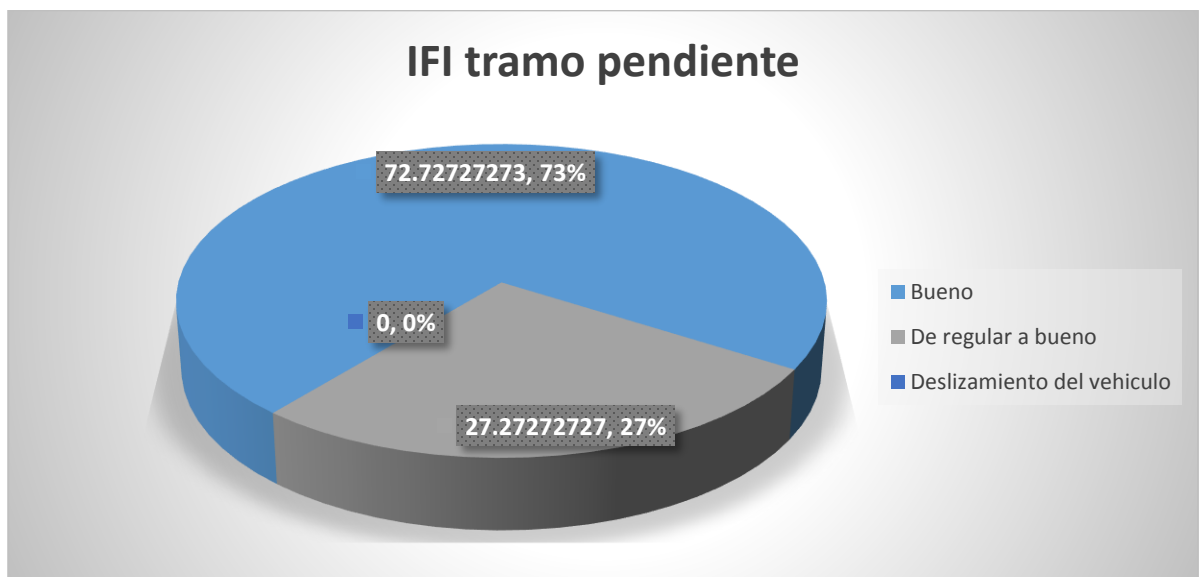
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 23. I.F.I. para tramo pendiente- Av. Integración



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 24. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

Avenida Circunvalación

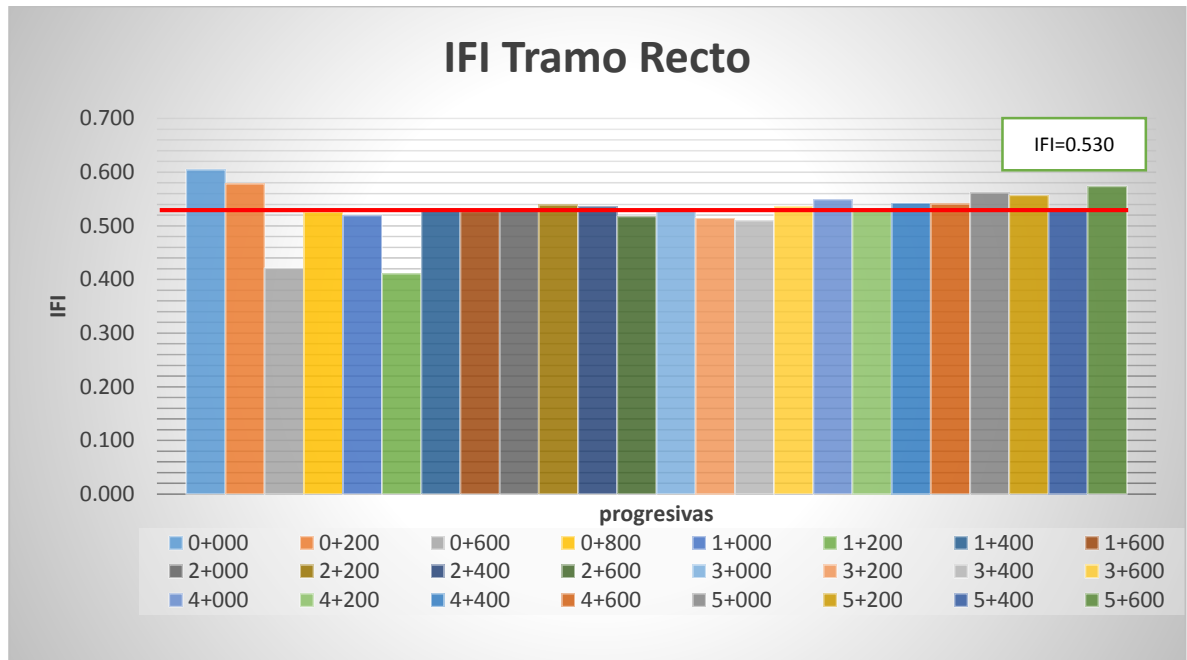
Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.605	Bueno
0+200	recto	0.579	De regular a Bueno
0+340	pendiente	0.605	Bueno
0+360	pendiente	0.578	De regular a Bueno
0+380	pendiente	0.578	De regular a Bueno
0+400	pendiente	0.564	De regular a Bueno
0+420	curvo	0.528	De regular a Bueno
0+420	curvo	0.527	De regular a Bueno
0+425	curvo	0.523	De regular a Bueno
0+425	curvo	0.485	malo deslizamiento del vehiculo
0+430	curvo	0.516	De regular a Bueno
0+430	curvo	0.554	De regular a Bueno
0+600	recto	0.477	malo deslizamiento del vehiculo
0+800	recto	0.526	De regular a Bueno
1+000	recto	0.520	De regular a Bueno
1+200	recto	0.526	De regular a Bueno
1+400	recto	0.532	De regular a Bueno
1+600	recto	0.527	De regular a Bueno
1+740	pendiente	0.528	De regular a Bueno
1+760	pendiente	0.527	De regular a Bueno
1+780	pendiente	0.523	De regular a Bueno
1+800	pendiente	0.485	malo deslizamiento del vehiculo
2+000	recto	0.532	De regular a Bueno
2+200	recto	0.539	De regular a Bueno
2+400	recto	0.536	De regular a Bueno
2+600	recto	0.518	De regular a Bueno
3+000	recto	0.532	De regular a Bueno
3+090	curvo	0.510	De regular a Bueno
3+090	curvo	0.538	De regular a Bueno
3+100	curvo	0.557	De regular a Bueno
3+100	curvo	0.579	De regular a Bueno
3+110	curvo	0.548	De regular a Bueno
3+110	curvo	0.556	De regular a Bueno
3+200	recto	0.514	De regular a Bueno
3+400	recto	0.510	De regular a Bueno
3+600	recto	0.536	De regular a Bueno

4+000	recto	0.550	De regular a Bueno
4+200	recto	0.529	De regular a Bueno
4+370	curvo	0.540	De regular a Bueno
4+370	curvo	0.541	De regular a Bueno
4+380	curvo	0.531	De regular a Bueno
4+380	curvo	0.530	De regular a Bueno
4+390	curvo	0.542	De regular a Bueno
4+400	recto	0.543	De regular a Bueno
4+600	recto	0.541	De regular a Bueno
4+800	pendiente	0.516	De regular a Bueno
4+820	pendiente	0.554	De regular a Bueno
4+840	pendiente	0.514	De regular a Bueno
4+860	pendiente	0.502	De regular a Bueno
4+880	pendiente	0.530	De regular a Bueno
4+900	pendiente	0.519	De regular a Bueno
4+940	pendiente	0.456	malo deslizamiento del vehiculo
4+960	pendiente	0.559	De regular a Bueno
5+000	recto	0.562	De regular a Bueno
5+200	recto	0.557	De regular a Bueno
5+400	recto	0.532	De regular a Bueno
5+600	recto	0.574	De regular a Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

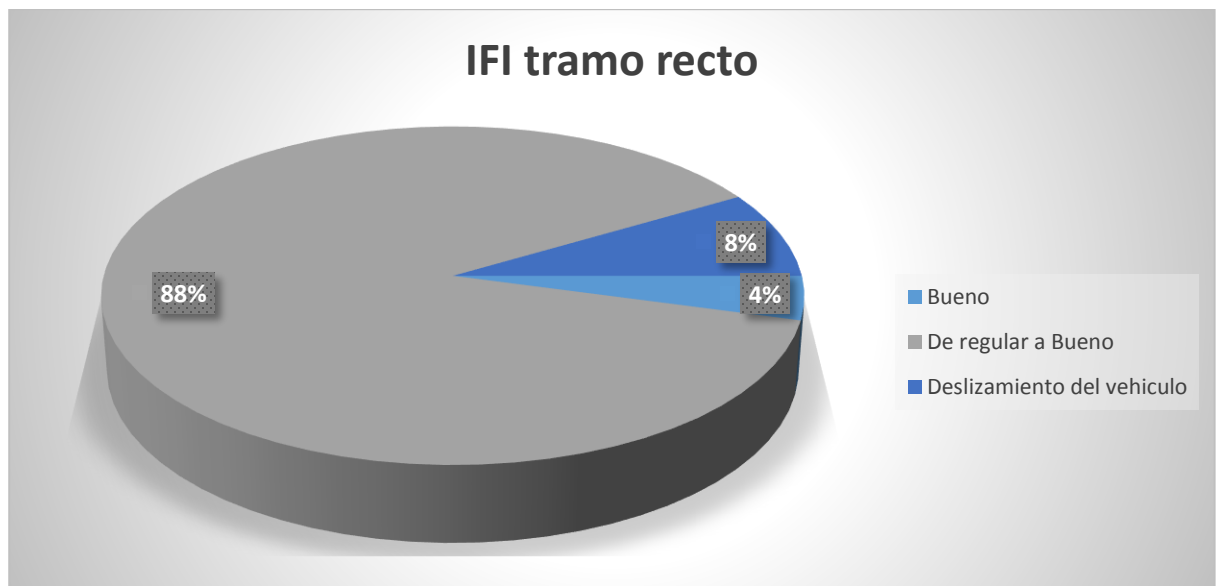
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.537	De regular a Bueno
tramo curvo	0.536	De regular a Bueno
pendiente	0.534	De regular a Bueno
total	0.536	De regular a Bueno

Grafica 25. I.F.I. para tramo recto- Av. Circunvalación



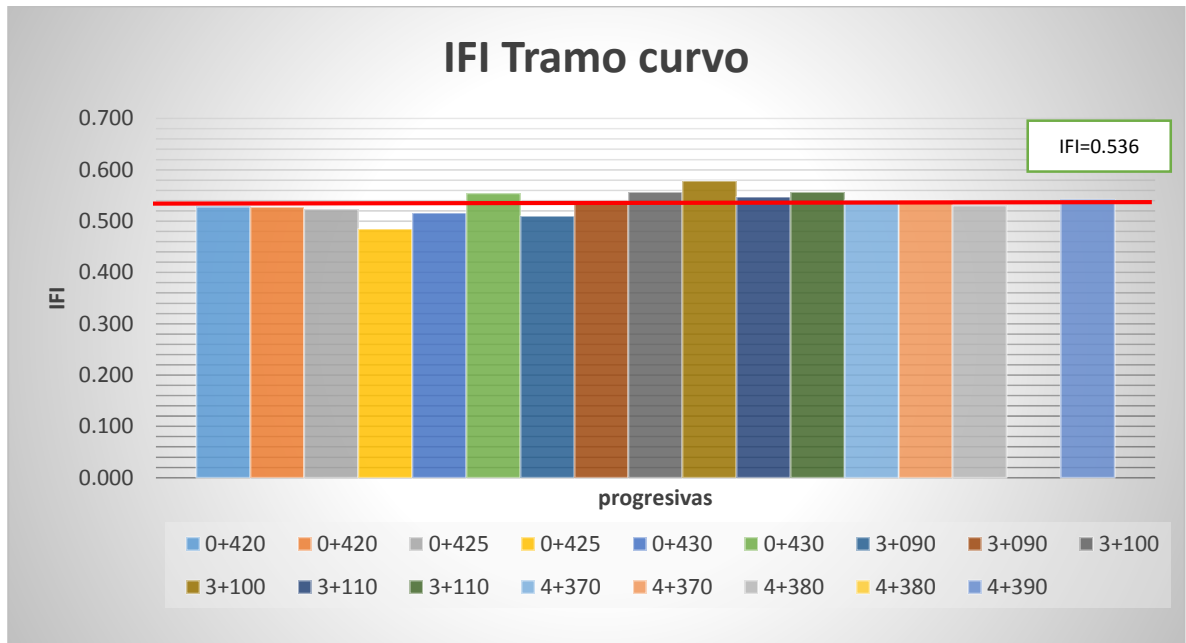
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 26. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



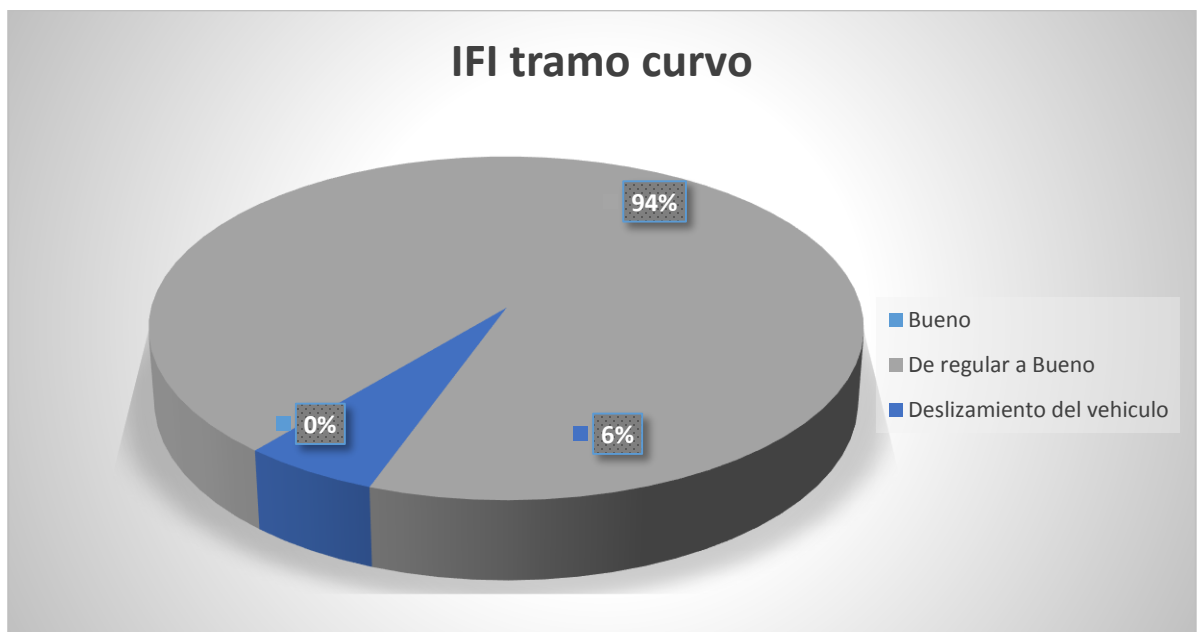
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 27. I.F.I. para tramo curvo- Av. Circunvalación



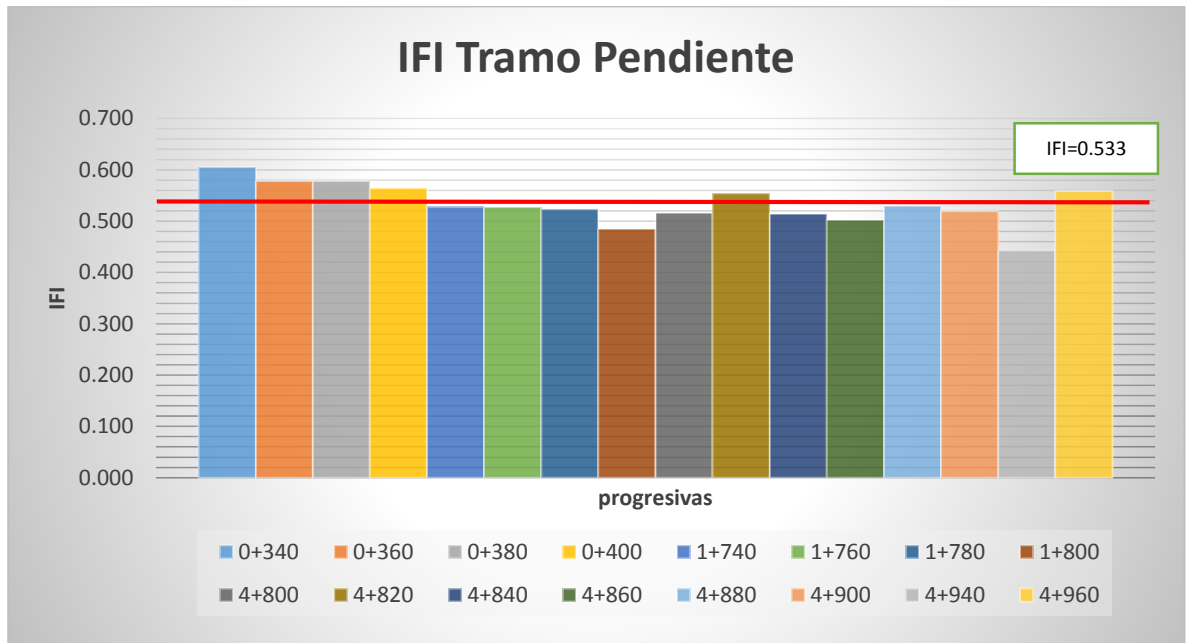
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 28. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



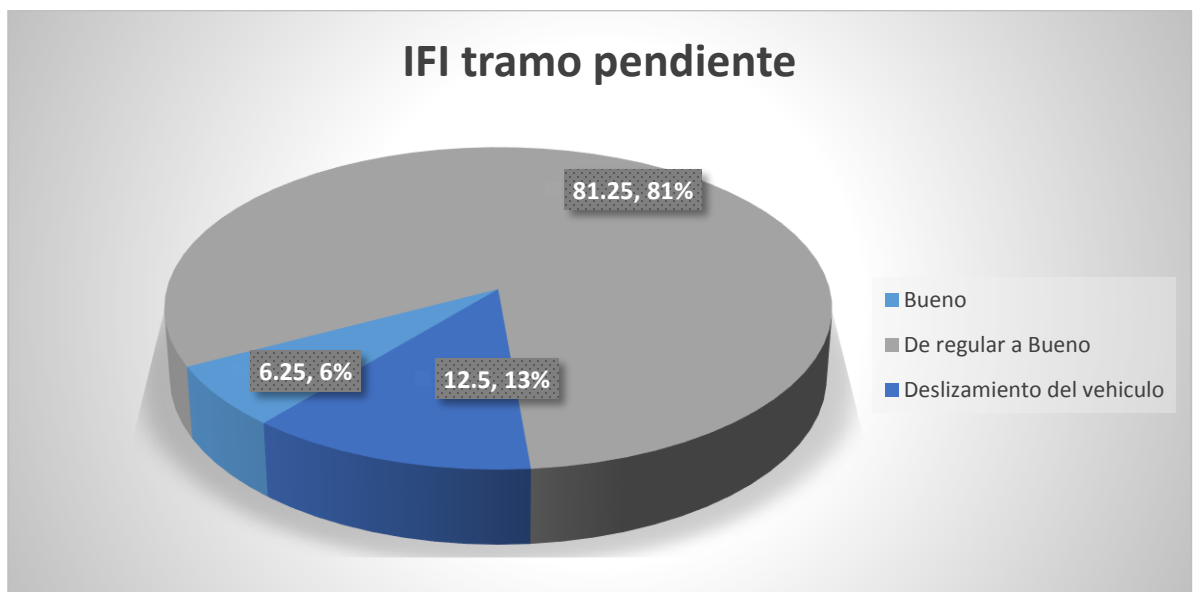
Fuente: elaboración propia

Grafica 29. I.F.I. para tramo pendiente- Av. Circunvalación



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 30. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboración propia

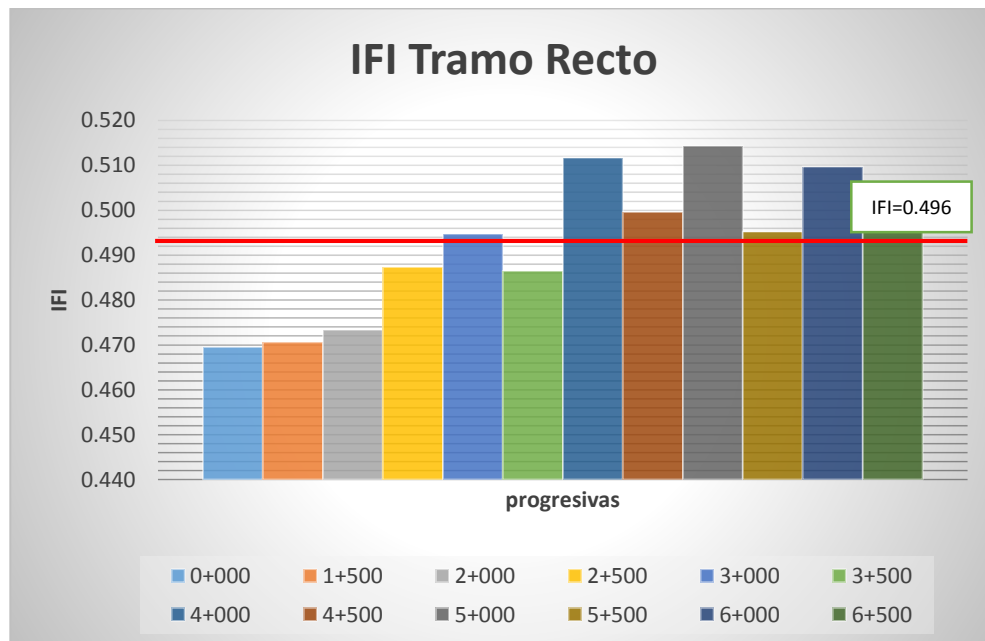
Carretera a San Jacinto

Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.470	malo deslizamiento del vehiculo
0+100	pendiente	0.485	malo deslizamiento del vehiculo
0+100	pendiente	0.471	malo deslizamiento del vehiculo
0+200	pendiente	0.473	malo deslizamiento del vehiculo
0+200	pendiente	0.472	malo deslizamiento del vehiculo
0+300	pendiente	0.485	malo deslizamiento del vehiculo
0+300	pendiente	0.486	malo deslizamiento del vehiculo
0+400	pendiente	0.492	malo deslizamiento del vehiculo
0+400	pendiente	0.493	malo deslizamiento del vehiculo
0+500	pendiente	0.499	malo deslizamiento del vehiculo
0+500	pendiente	0.489	malo deslizamiento del vehiculo
0+600	curvo	0.516	De regular a Bueno
0+600	curvo	0.525	De regular a Bueno
0+700	curvo	0.530	De regular a Bueno
0+700	curvo	0.529	De regular a Bueno
0+800	curvo	0.489	malo deslizamiento del vehiculo
0+800	curvo	0.485	malo deslizamiento del vehiculo
0+900	curvo	0.485	malo deslizamiento del vehiculo
0+900	curvo	0.479	malo deslizamiento del vehiculo
1+000	curvo	0.484	malo deslizamiento del vehiculo
1+000	curvo	0.476	malo deslizamiento del vehiculo
1+500	recto	0.471	malo deslizamiento del vehiculo
2+000	recto	0.473	malo deslizamiento del vehiculo
2+500	recto	0.487	malo deslizamiento del vehiculo
3+000	recto	0.495	malo deslizamiento del vehiculo
3+500	recto	0.486	malo deslizamiento del vehiculo
4+000	recto	0.512	De regular a Bueno
4+500	recto	0.500	malo deslizamiento del vehiculo
5+000	recto	0.514	De regular a Bueno
5+500	recto	0.495	malo deslizamiento del vehiculo
6+000	recto	0.510	De regular a Bueno
6+500	recto	0.506	De regular a Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

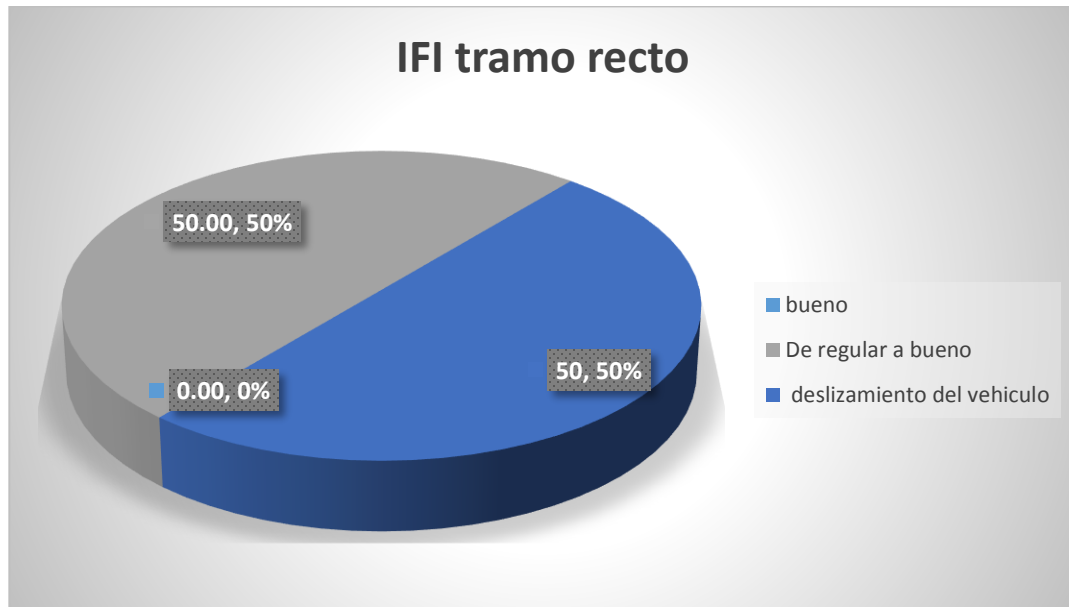
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.493	malo deslizamiento del vehiculo
tramo curvo	0.500	malo deslizamiento del vehiculo
pendiente	0.484	malo deslizamiento del vehiculo
total	0.493	malo deslizamiento del vehiculo

Grafica 31. I.F.I. para tramo recto- Carretera a San Jacinto



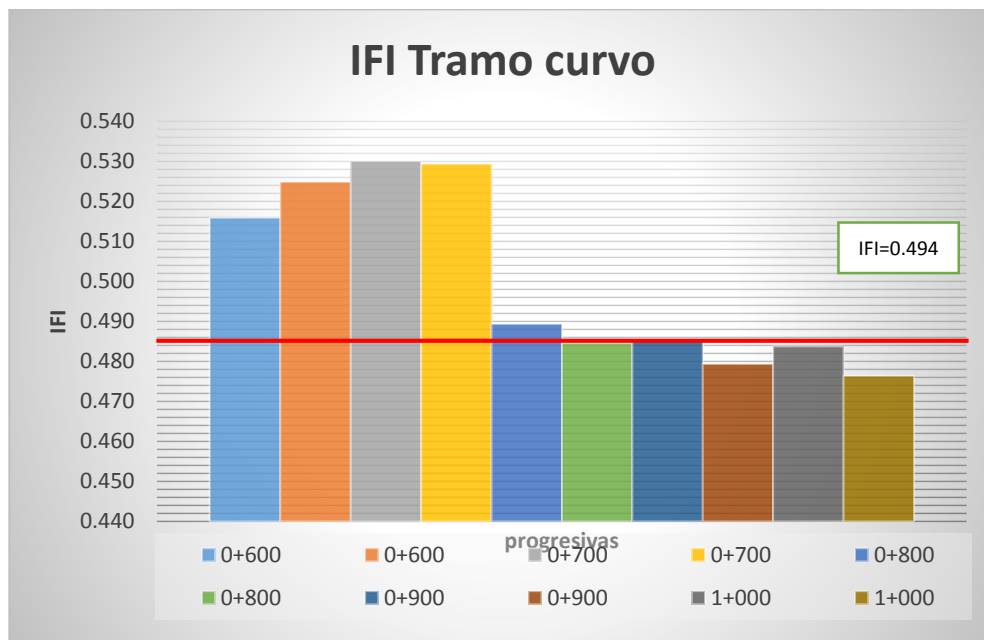
Feunte: Elaboracion propia

Grafica 32. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



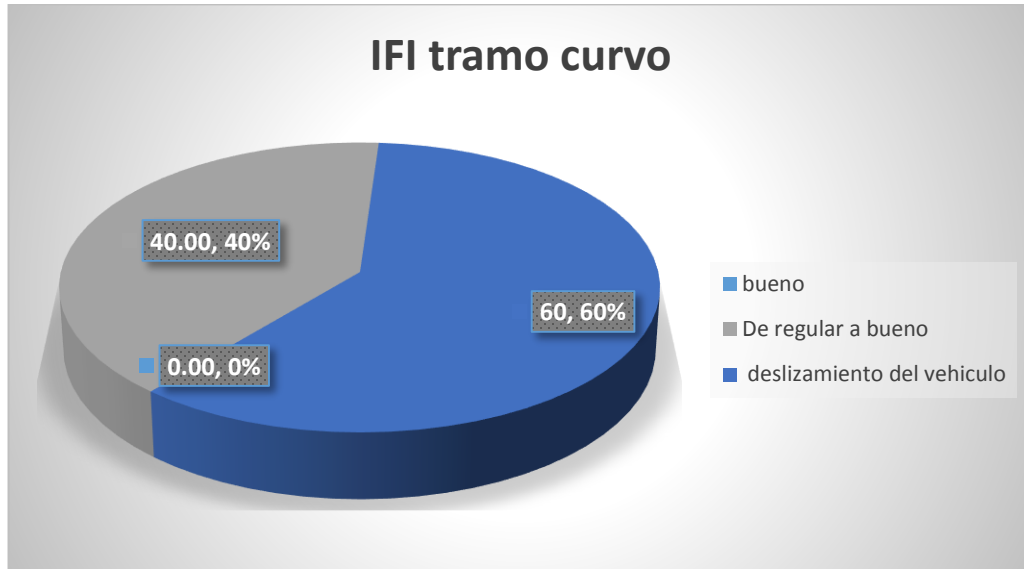
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 33. I.F.I. para tramo curvo- Carretera a San Jacinto



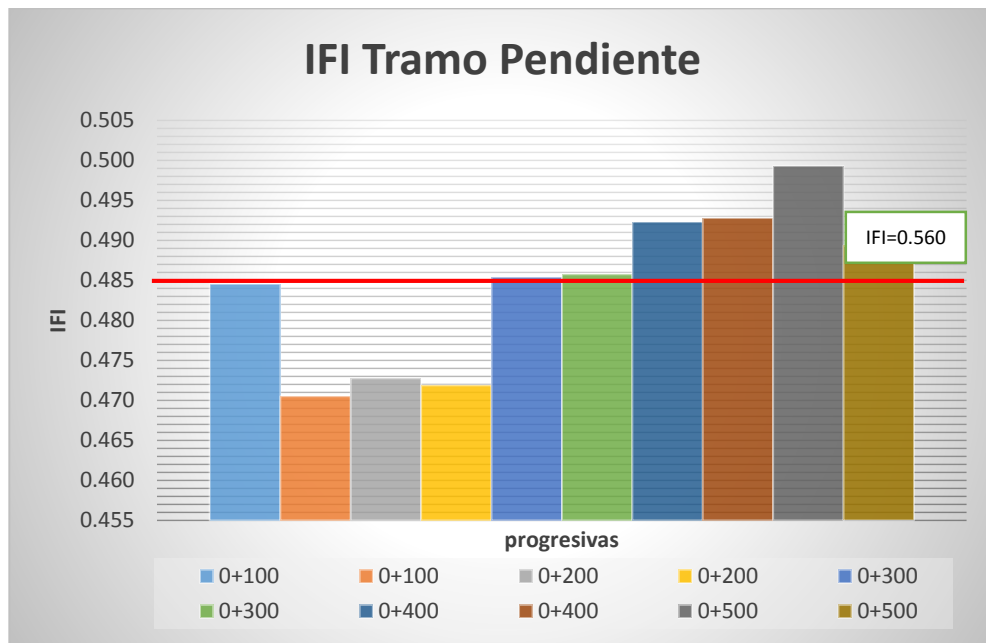
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 34. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 35. I.F.I. para tramo pendiente- Carretera a San Jacinto



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 36. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

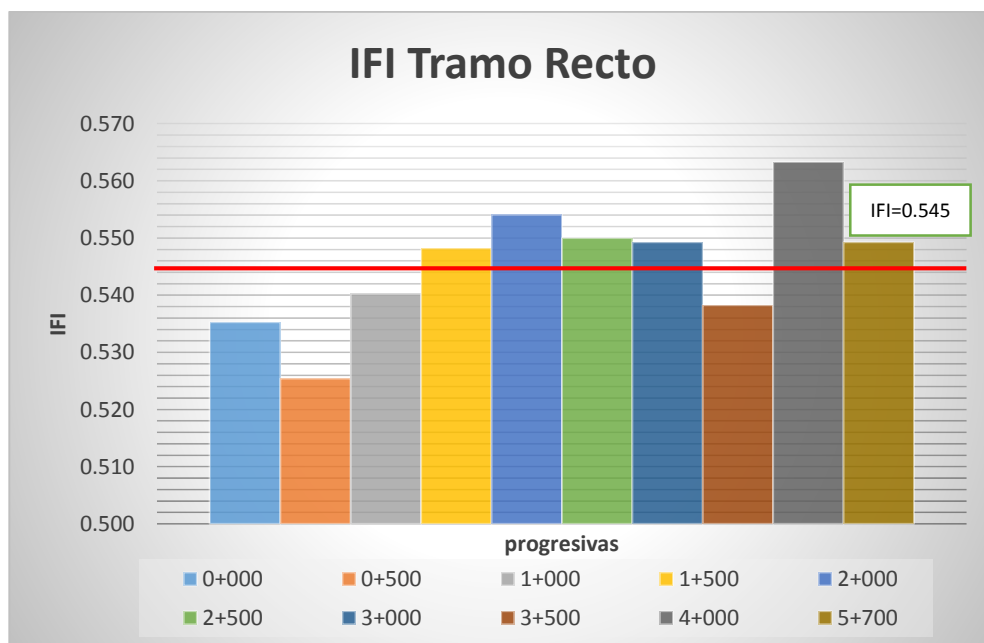
Carretera a Tolomosa

Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.535	De regular a Bueno
0+500	recto	0.525	De regular a Bueno
1+000	recto	0.540	De regular a Bueno
1+500	recto	0.548	De regular a Bueno
2+000	recto	0.554	De regular a Bueno
2+500	recto	0.550	De regular a Bueno
3+000	recto	0.549	De regular a Bueno
3+500	recto	0.538	De regular a Bueno
4+000	recto	0.563	De regular a Bueno
4+500	curvo	0.563	De regular a Bueno
4+500	curvo	0.551	De regular a Bueno
4+600	curvo	0.545	De regular a Bueno
4+600	curvo	0.549	De regular a Bueno
4+700	curvo	0.547	De regular a Bueno
4+700	curvo	0.546	De regular a Bueno
4+800	curvo	0.545	De regular a Bueno
4+800	curvo	0.548	De regular a Bueno
4+900	curvo	0.530	De regular a Bueno
4+900	curvo	0.524	De regular a Bueno
5+000	pendiente	0.524	De regular a Bueno
5+000	pendiente	0.514	De regular a Bueno
5+100	pendiente	0.506	De regular a Bueno
5+100	pendiente	0.508	De regular a Bueno
5+200	pendiente	0.491	malo deslizamiento del vehiculo
5+200	pendiente	0.494	malo deslizamiento del vehiculo
5+300	pendiente	0.500	De regular a Bueno
5+300	pendiente	0.505	De regular a Bueno
5+400	pendiente	0.489	malo deslizamiento del vehiculo
5+400	pendiente	0.488	malo deslizamiento del vehiculo
5+500	pendiente	0.533	De regular a Bueno
5+500	pendiente	0.536	De regular a Bueno
5+700	recto	0.549	De regular a Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

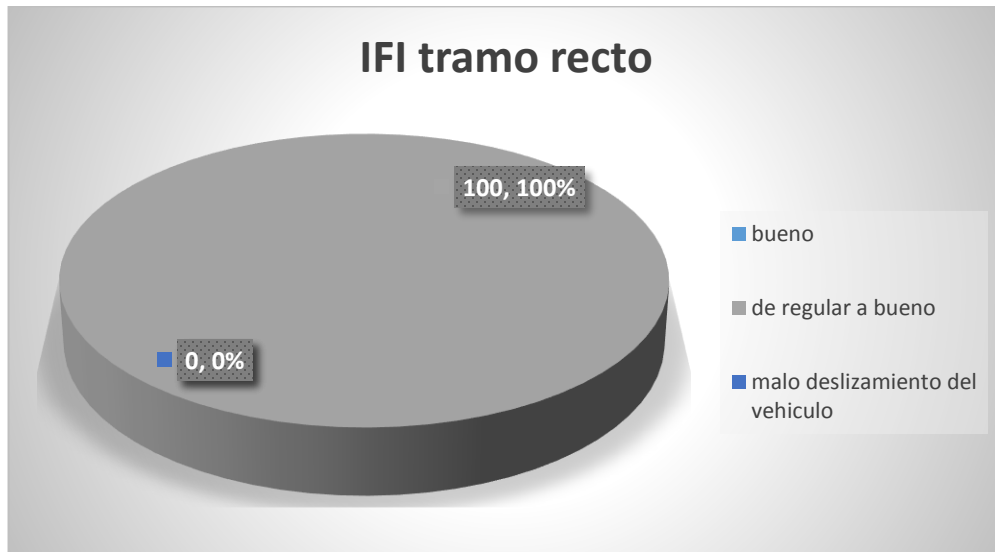
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.545	De regular a Bueno
tramo curvo	0.545	De regular a Bueno
pendiente	0.507	De regular a Bueno
total	0.532	De regular a Bueno

Grafica 37. I.F.I. para tramo recto- Carretera a Tolomosa



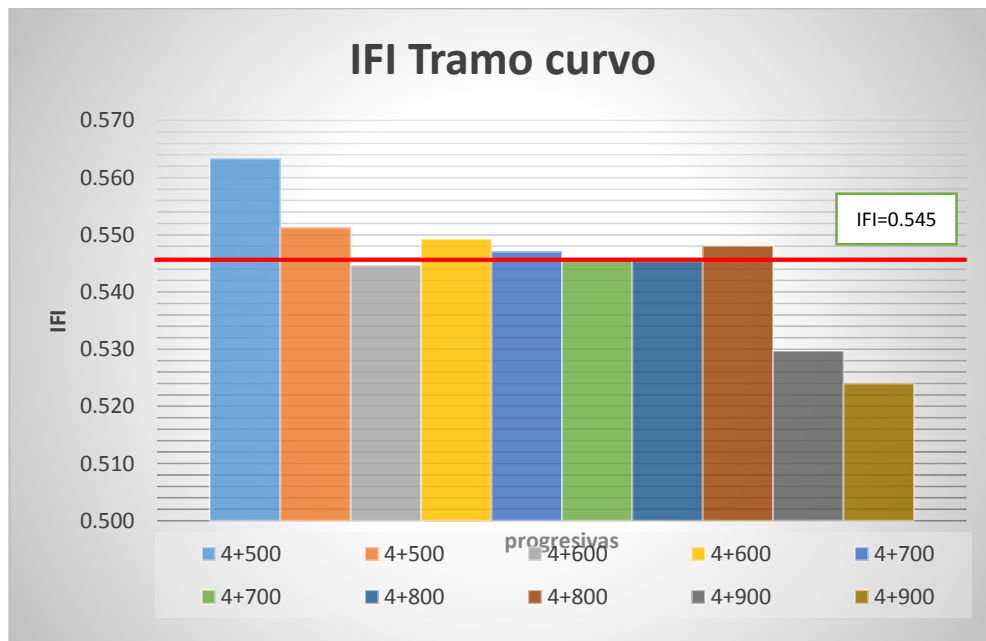
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 38. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



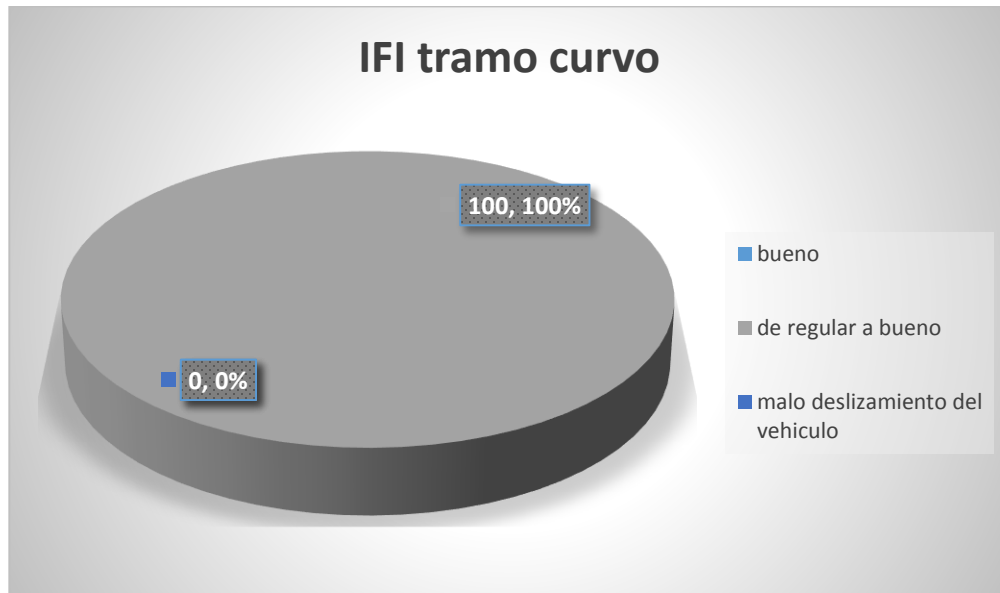
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 39. I.F.I. para tramo curvo- Carretera a Tolomosa



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 40. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 41. I.F.I. para tramo pendiente- Carretera a Tolomosa



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 42. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

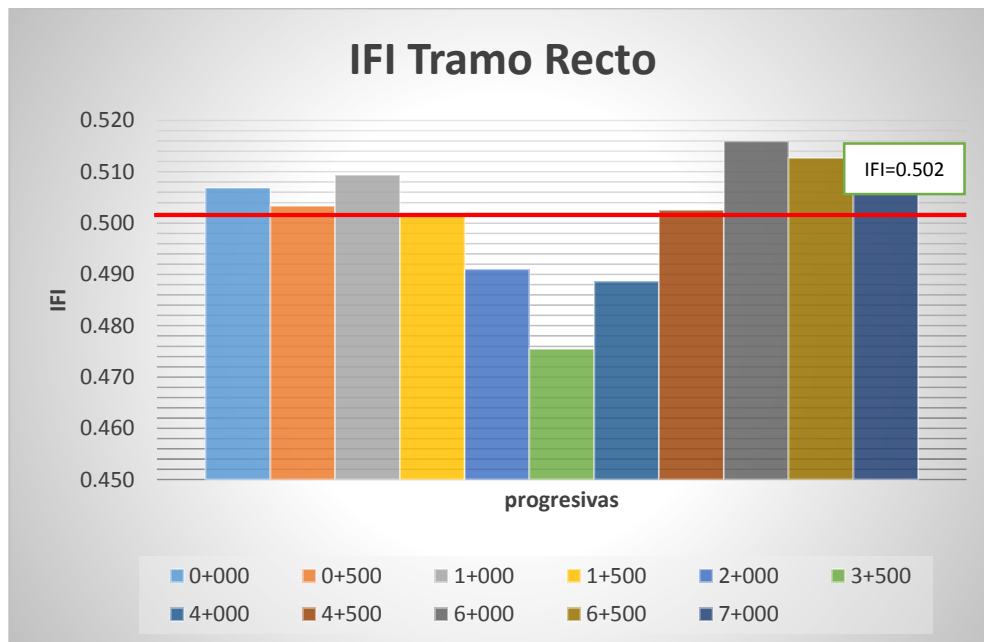
Carretera a Bermejo

Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.507	De regular a Bueno
0+500	recto	0.503	De regular a Bueno
1+000	recto	0.509	De regular a Bueno
1+500	recto	0.502	De regular a Bueno
2+000	recto	0.491	malo deslizamiento del vehiculo
2+500	curvo	0.480	malo deslizamiento del vehiculo
2+500	curvo	0.487	malo deslizamiento del vehiculo
2+600	curvo	0.501	De regular a Bueno
2+600	curvo	0.520	De regular a Bueno
2+700	curvo	0.522	De regular a Bueno
2+700	curvo	0.522	De regular a Bueno
2+800	curvo	0.516	De regular a Bueno
2+800	curvo	0.527	De regular a Bueno
2+900	curvo	0.488	malo deslizamiento del vehiculo
2+900	curvo	0.481	malo deslizamiento del vehiculo
3+000	curvo	0.508	De regular a Bueno
3+000	curvo	0.505	De regular a Bueno
3+500	recto	0.475	malo deslizamiento del vehiculo
4+000	recto	0.489	malo deslizamiento del vehiculo
4+500	recto	0.503	De regular a Bueno
5+000	pendiente	0.496	malo deslizamiento del vehiculo
5+000	pendiente	0.505	De regular a Bueno
5+100	pendiente	0.504	De regular a Bueno
5+100	pendiente	0.504	De regular a Bueno
5+200	pendiente	0.520	De regular a Bueno
5+200	pendiente	0.503	De regular a Bueno
5+300	pendiente	0.530	De regular a Bueno
5+300	pendiente	0.502	De regular a Bueno
5+400	pendiente	0.479	malo deslizamiento del vehiculo
5+400	pendiente	0.486	malo deslizamiento del vehiculo
5+500	pendiente	0.482	malo deslizamiento del vehiculo
5+500	pendiente	0.480	malo deslizamiento del vehiculo
6+000	recto	0.516	De regular a Bueno
6+500	recto	0.513	De regular a Bueno
7+000	recto	0.513	De regular a Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

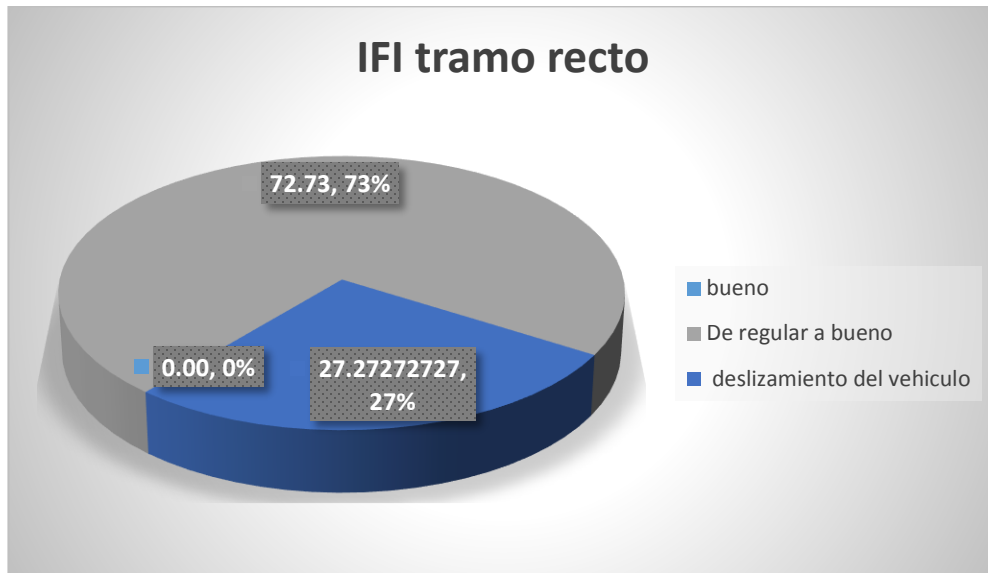
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.502	De regular a Bueno
tramo curvo	0.505	De regular a Bueno
pendiente	0.499	malo deslizamiento del vehiculo
total	0.502	De regular a Bueno

Grafica 43. I.F.I. para tramo recto- Carretera a Bermejo



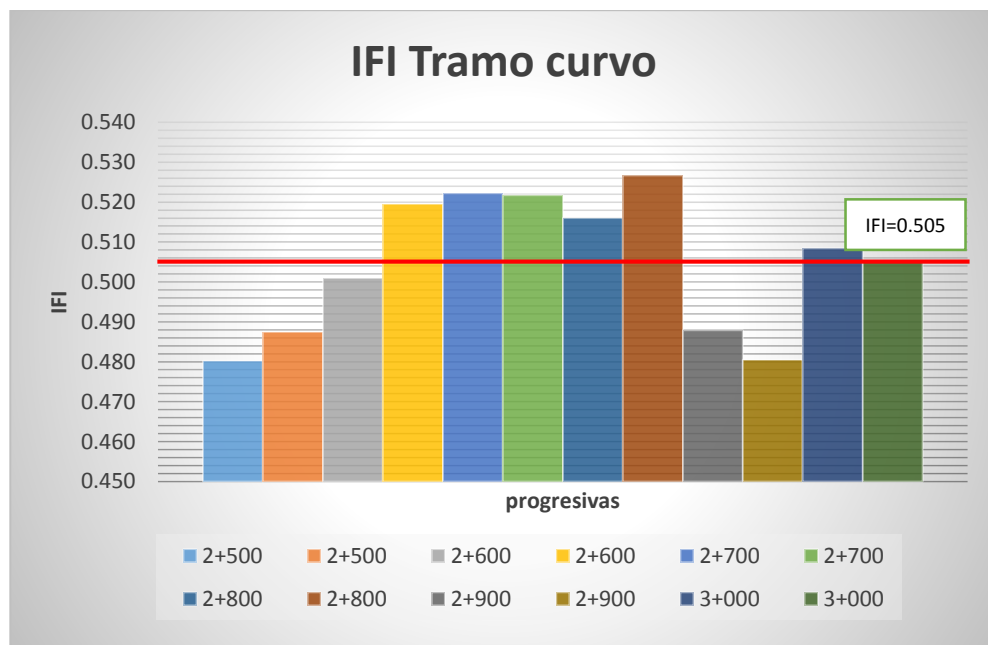
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 44. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



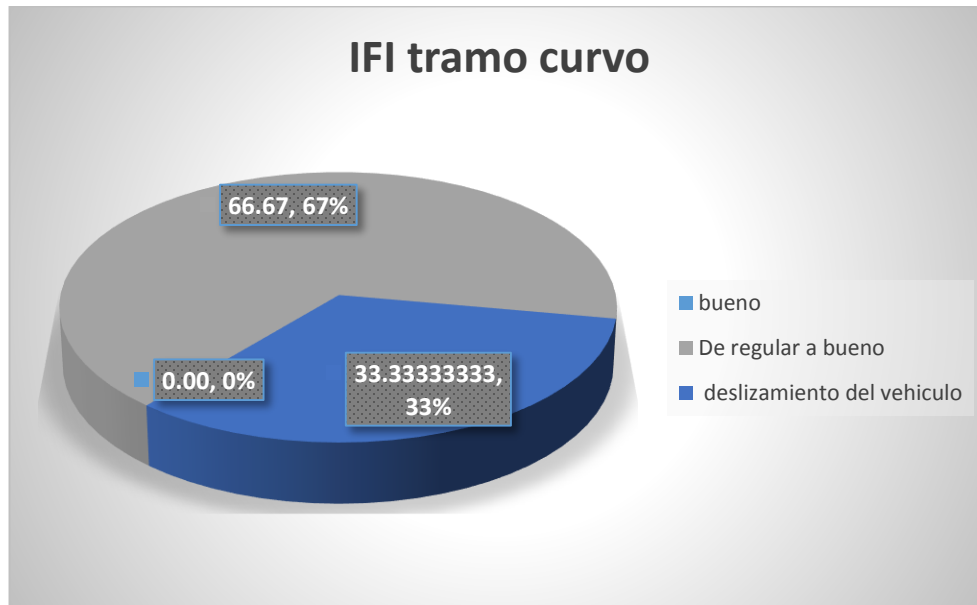
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 45. I.F.I. para tramo recto- Carretera a Bermejo



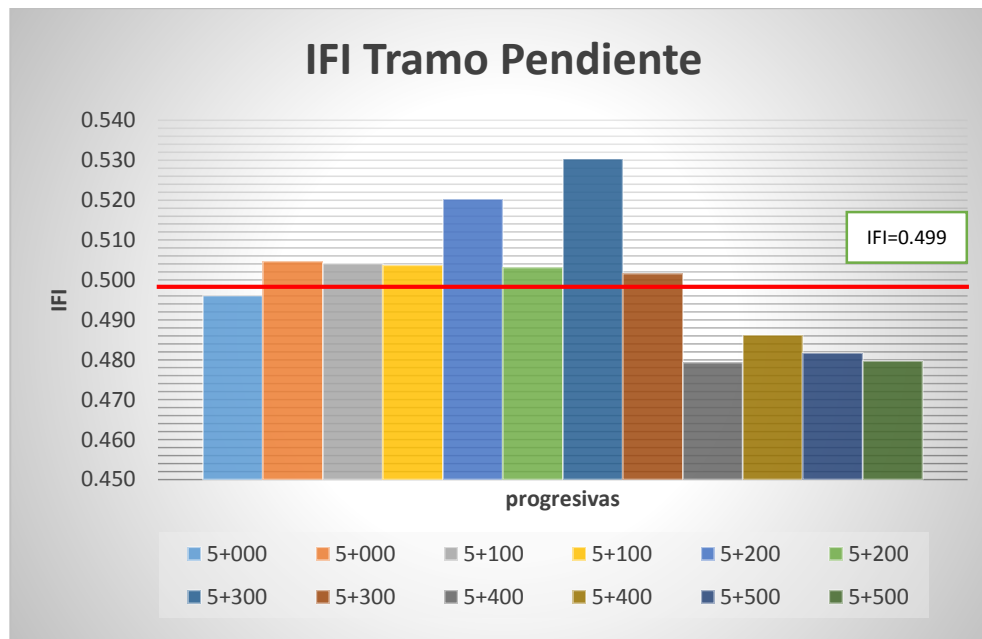
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 46. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



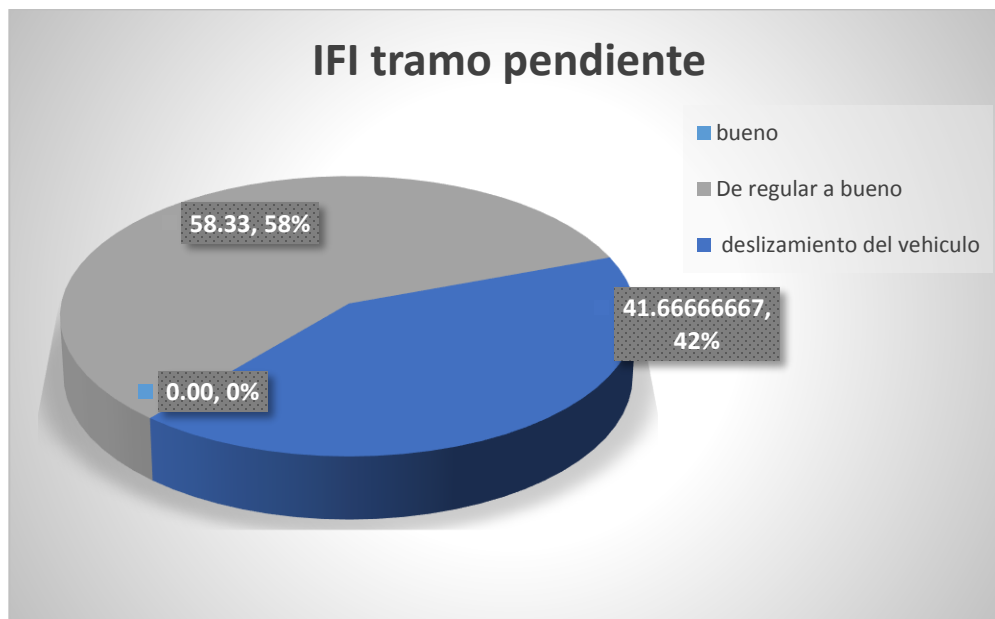
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 47. I.F.I. para tramo pendiente- Carretera a Bermejo



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 48. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

Carretera al Norte

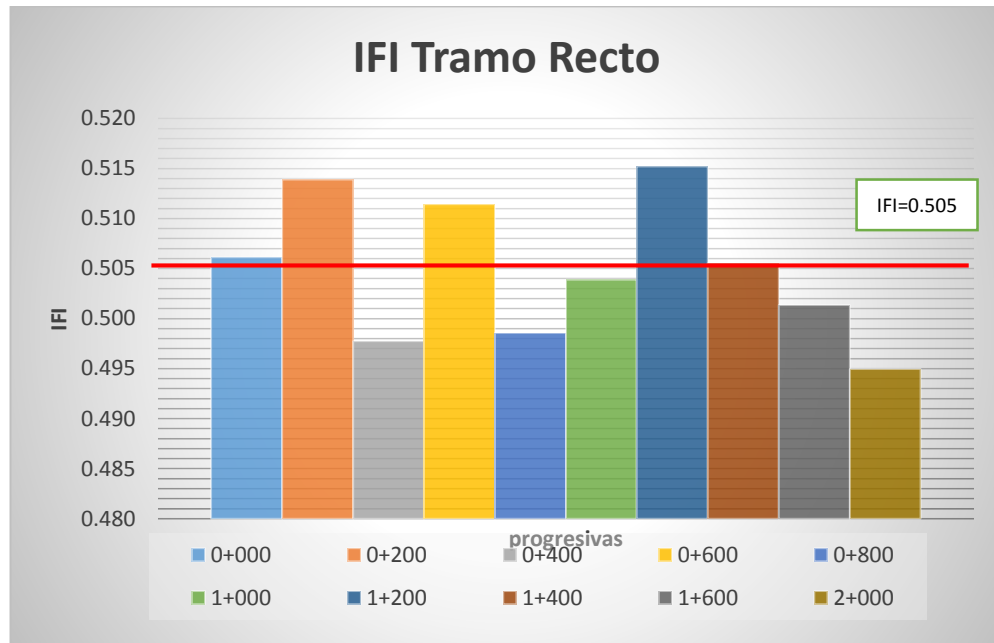
Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.506	De regular a Bueno
0+010	curvo	0.520	De regular a Bueno
0+010	curvo	0.522	De regular a Bueno
0+050	curvo	0.509	De regular a Bueno
0+050	curvo	0.507	De regular a Bueno
0+080	curvo	0.516	De regular a Bueno
0+080	curvo	0.519	De regular a Bueno
0+200	recto	0.514	De regular a Bueno
0+400	recto	0.498	malo deslizamiento del vehiculo
0+600	recto	0.511	De regular a Bueno
0+800	recto	0.499	malo deslizamiento del vehiculo
1+000	recto	0.504	De regular a Bueno
1+080	curvo	0.525	De regular a Bueno
1+080	curvo	0.510	De regular a Bueno
1+100	curvo	0.514	De regular a Bueno
1+100	curvo	0.502	De regular a Bueno
1+120	curvo	0.527	De regular a Bueno

1+120	curvo	0.527	De regular a Bueno
1+200	recto	0.515	De regular a Bueno
1+400	recto	0.506	De regular a Bueno
1+600	recto	0.501	De regular a Bueno
1+800	pendiente	0.502	De regular a Bueno
1+820	pendiente	0.506	De regular a Bueno
1+840	pendiente	0.497	malo deslizamiento del vehiculo
1+860	pendiente	0.492	malo deslizamiento del vehiculo
1+880	pendiente	0.482	malo deslizamiento del vehiculo
1+900	pendiente	0.501	De regular a Bueno
1+920	pendiente	0.510	De regular a Bueno
1+940	pendiente	0.505	De regular a Bueno
1+960	pendiente	0.492	malo deslizamiento del vehiculo
1+980	pendiente	0.496	malo deslizamiento del vehiculo
2+000	recto	0.495	malo deslizamiento del vehiculo

RESUMEN POR TRAMOS

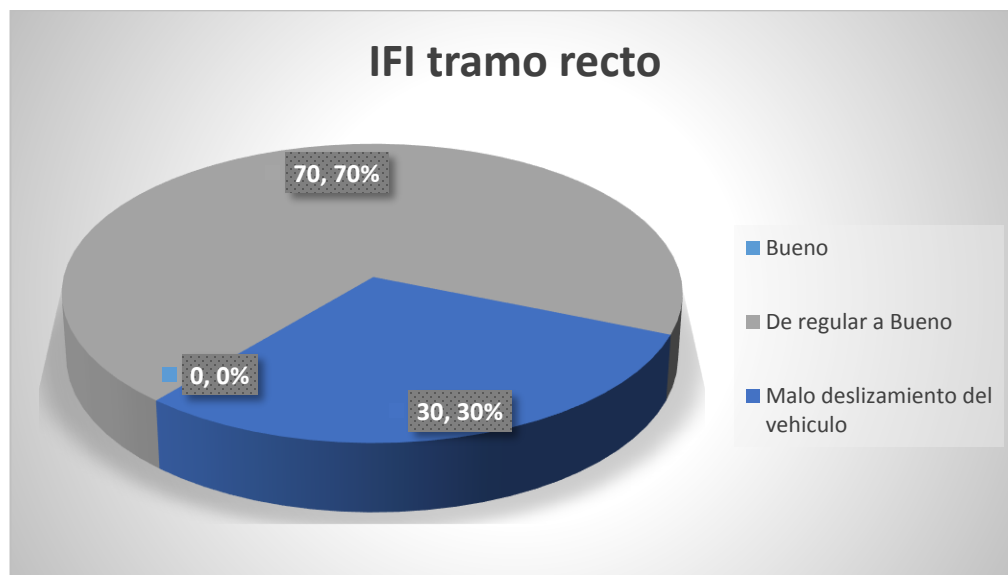
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.505	De regular a Bueno
tramo curvo	0.516	De regular a Bueno
pendiente	0.498	malo deslizamiento del vehiculo
total	0.507	De regular a Bueno

Grafica 49. I.F.I. para tramo recto- Carretera al Norte



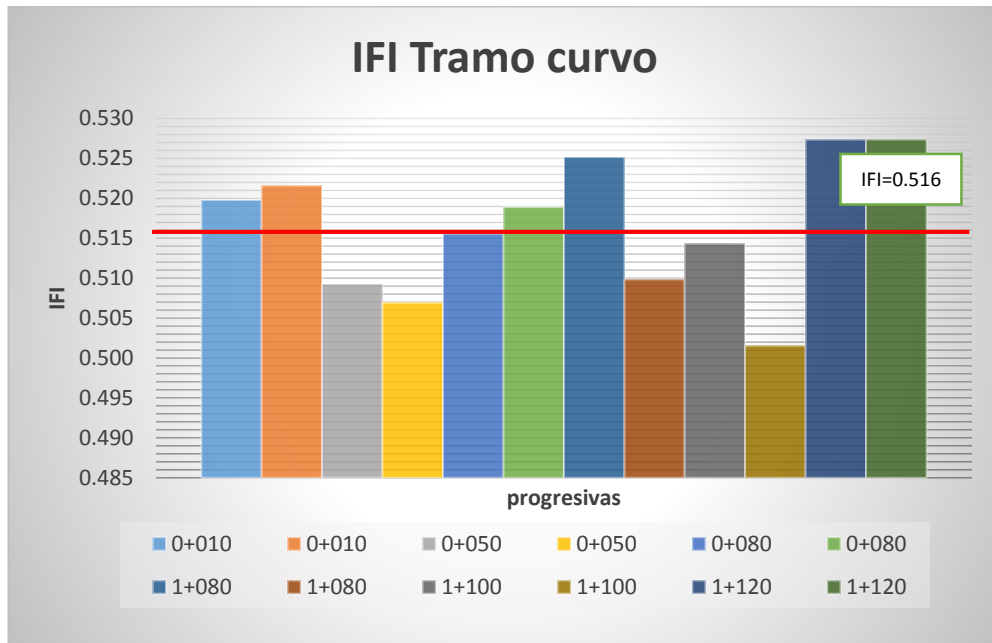
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 50. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



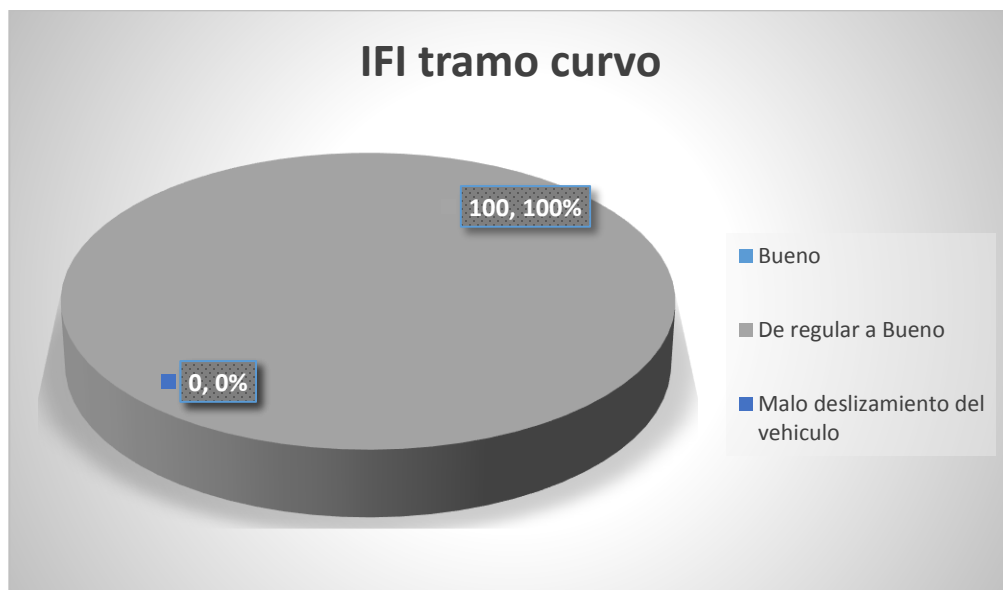
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 51. I.F.I. para tramo curvo- Carretera al Norte



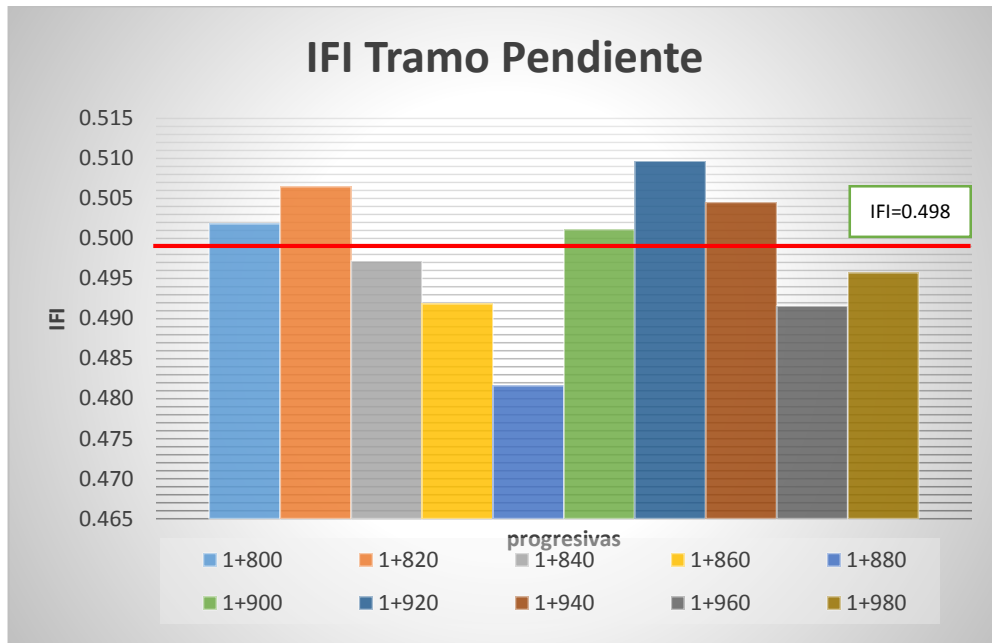
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 52. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



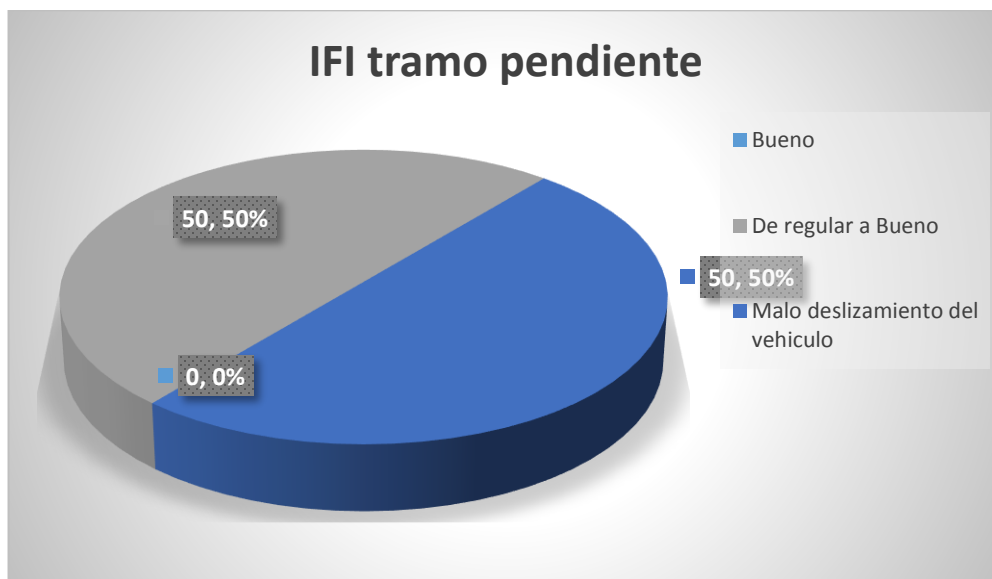
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 53. I.F.I. para tramo pendiente- Carretera al Norte



Fuente; Elaboracion propia

Grafica 54. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

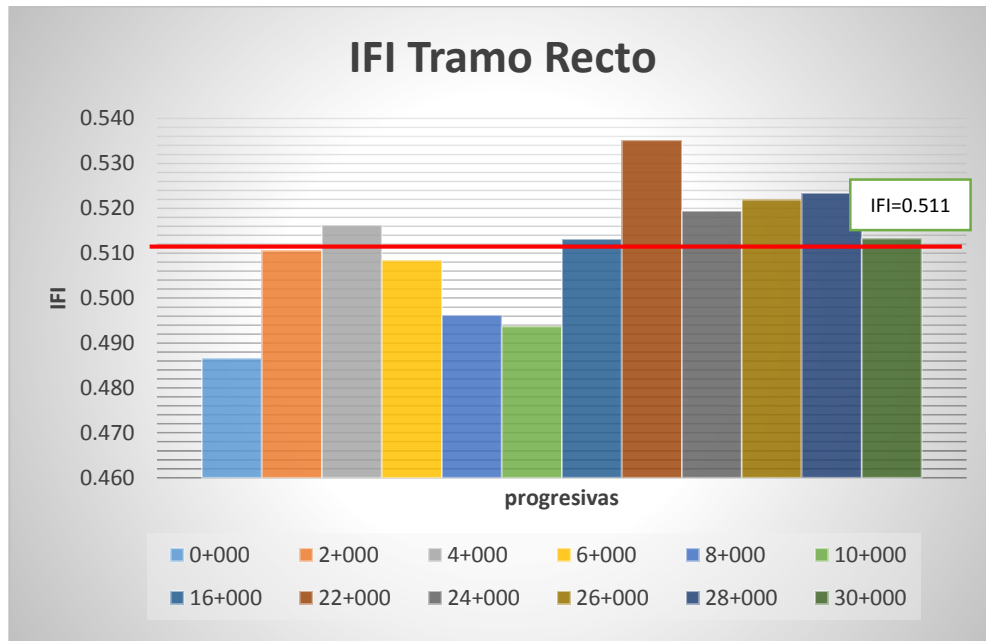
Carretera al Chaco

Progres.	Condicion	IFI	Estado del Pavimento
0+000	recto	0.487	malo deslizamiento del vehiculo
2+000	recto	0.511	De regular a Bueno
4+000	recto	0.516	De regular a Bueno
6+000	recto	0.508	De regular a Bueno
8+000	recto	0.496	malo deslizamiento del vehiculo
10+000	recto	0.494	malo deslizamiento del vehiculo
12+000	curvo	0.509	De regular a Bueno
12+200	curvo	0.516	De regular a Bueno
12+400	curvo	0.533	De regular a Bueno
12+600	curvo	0.529	De regular a Bueno
12+800	curvo	0.527	De regular a Bueno
13+000	curvo	0.527	De regular a Bueno
13+200	curvo	0.532	De regular a Bueno
13+400	curvo	0.547	De regular a Bueno
13+600	curvo	0.530	De regular a Bueno
13+800	curvo	0.521	De regular a Bueno
14+000	curvo	0.545	De regular a Bueno
16+000	recto	0.513	De regular a Bueno
18+000	pendiente	0.516	De regular a Bueno
18+200	pendiente	0.520	De regular a Bueno
18+400	pendiente	0.494	malo deslizamiento del vehiculo
18+600	pendiente	0.498	malo deslizamiento del vehiculo
18+800	pendiente	0.488	malo deslizamiento del vehiculo
19+000	pendiente	0.492	malo deslizamiento del vehiculo
19+200	pendiente	0.489	malo deslizamiento del vehiculo
19+400	pendiente	0.508	De regular a Bueno
19+600	pendiente	0.526	De regular a Bueno
19+800	pendiente	0.531	De regular a Bueno
20+000	pendiente	0.540	De regular a Bueno
22+000	recto	0.535	De regular a Bueno
24+000	recto	0.519	De regular a Bueno
26+000	recto	0.522	De regular a Bueno
28+000	recto	0.523	De regular a Bueno
30+000	recto	0.513	De regular a Bueno

RESUMEN POR TRAMOS

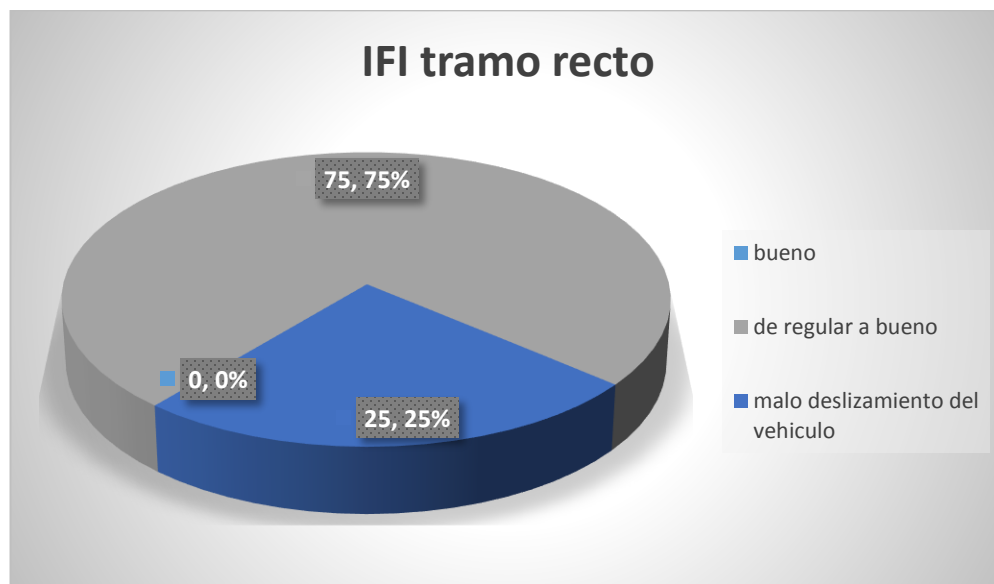
Condicion	IFI	Estado del Pavimento
Tramo recto	0.511	De regular a Bueno
tramo curvo	0.529	De regular a Bueno
pendiente	0.509	De regular a Bueno
total	0.516	De regular a Bueno

Grafica 55. I.F.I. para tramo recto- Carretera al Chaco



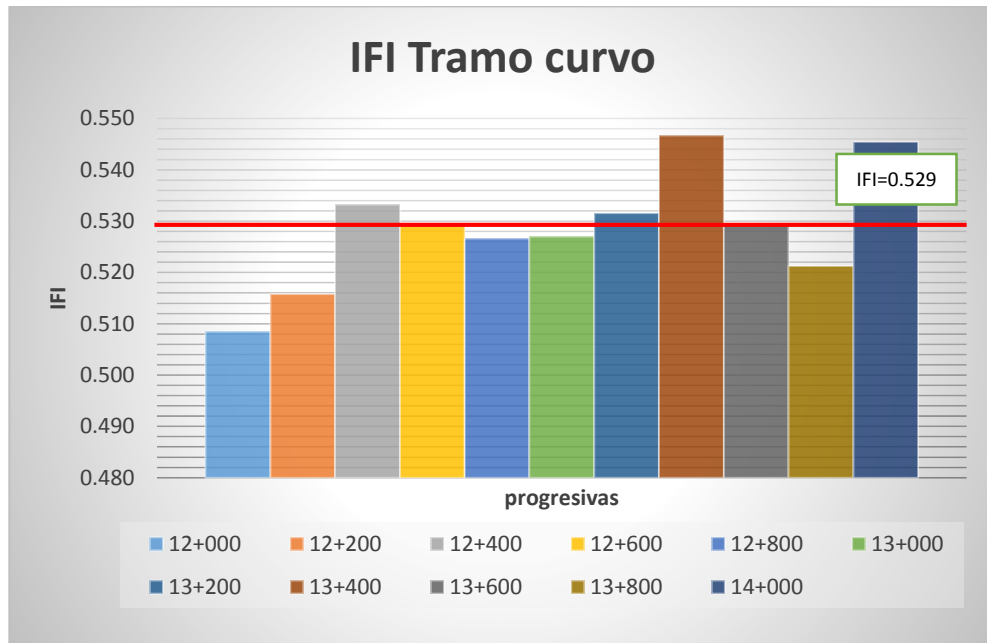
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 56. Porcentaje del estado del pavimento tramo recto



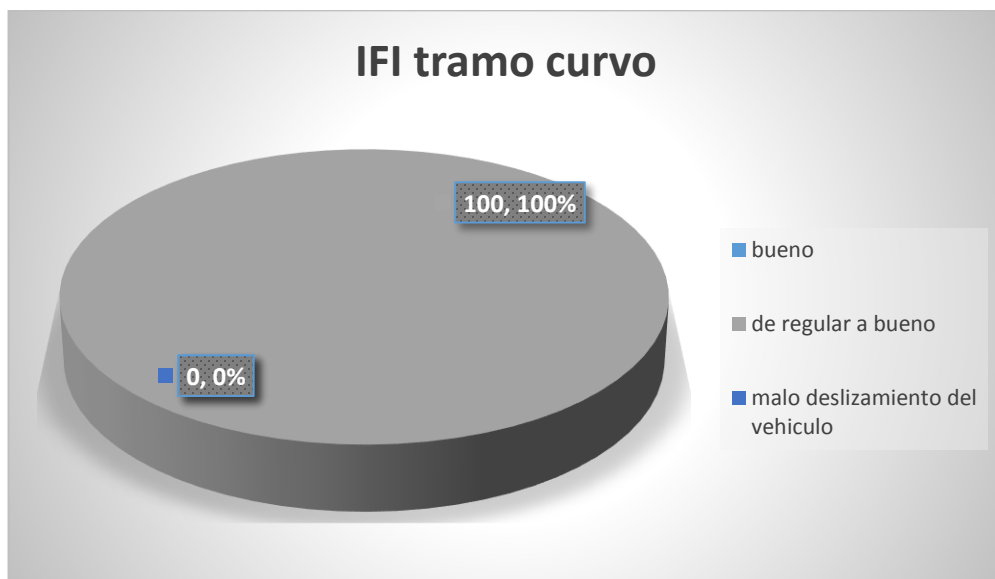
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 57. I.F.I. para tramo curvo- Carretera al Chaco



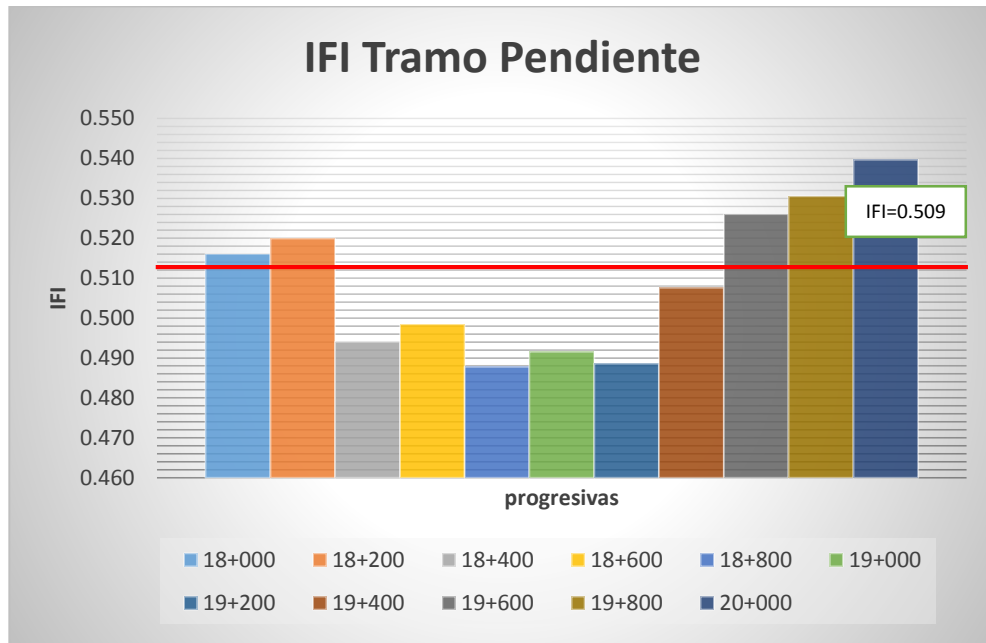
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 58. Porcentaje del estado del pavimento tramo curvo



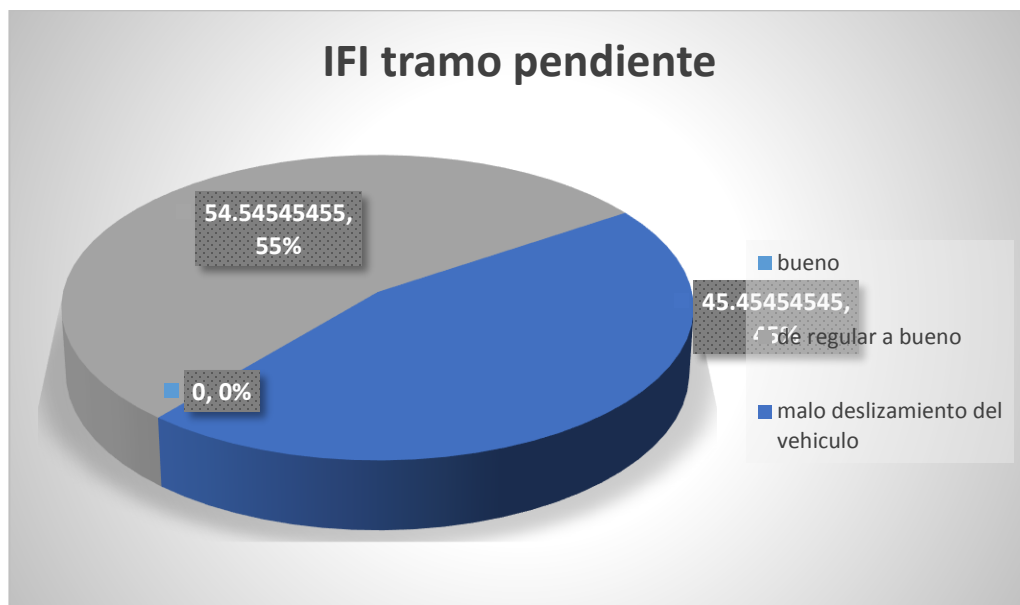
Fuente: Elaboracion propia

Grafica 59. I.F.I. para tramo pendiente- Carretera al Chaco



Fuente: Elaboracion propia

Grafica 60. Porcentaje del estado del pavimento tramo pendiente



Fuente: Elaboracion propia

3.4 Análisis de resultados

Una vez determinado los resultados de fricción para avenidas y carreteras en diferentes condiciones y textura del pavimento de la provincia Cercado, haremos un análisis por cada avenida y carretera de los resultados obtenidos tanto por progresivas por tramos y las diferentes gráficas y porcentajes que nos botaron los cálculos realizados.

Avenida La Banda

En el Caso de la avenida la banda analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.582 hasta 0.645 haciendo un promedio de 0.612 tomando como buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 1. En la gráfica 2 podemos observar que un 84.62% de la avenida tiene una buena adherencia, en un 15.38% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala.



Fig. 17 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Av. La Banda

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.554 hasta 0.628 haciendo un promedio de 0.596 tomando de regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 3. En la gráfica 4 podemos observar que un 43.75% de la avenida tiene una

buena adherencia, en un 56.25% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala para tramo curvo.



Fig. 18 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Av. La Banda

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.534 hasta 0.593 haciendo un promedio de 0.560 tomando de regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 5. En la gráfica 6 podemos observar que un 100% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea buena ni mala para tramo con pendiente.



Fig. 19 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Av. La Banda

Avenida Gamoneda

En el Caso de la avenida Gamoneda analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.524 hasta 0.631 haciendo un promedio de 0.611 tomando como buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 7. En la gráfica 8 podemos observar que un 76.47% de la avenida tiene una buena adherencia, en un 23.53% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala.



Fig. 20 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Av. Gamoneda

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.615 hasta 0.694 haciendo un promedio de 0.645 tomando buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 9. En la gráfica 10 podemos observar que un 100% de la avenida tiene una buena adherencia, y no existen tramos donde la fricción sea mala para tramo curvo.



Fig. 21 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Av. Gamoneda

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.561 hasta 0.619 haciendo un promedio de 0.592 tomando de regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 11. En la gráfica 12 podemos observar que un 75% de la avenida la adherencia es buena, un 25% de la avenida es de buena a regular y no existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.

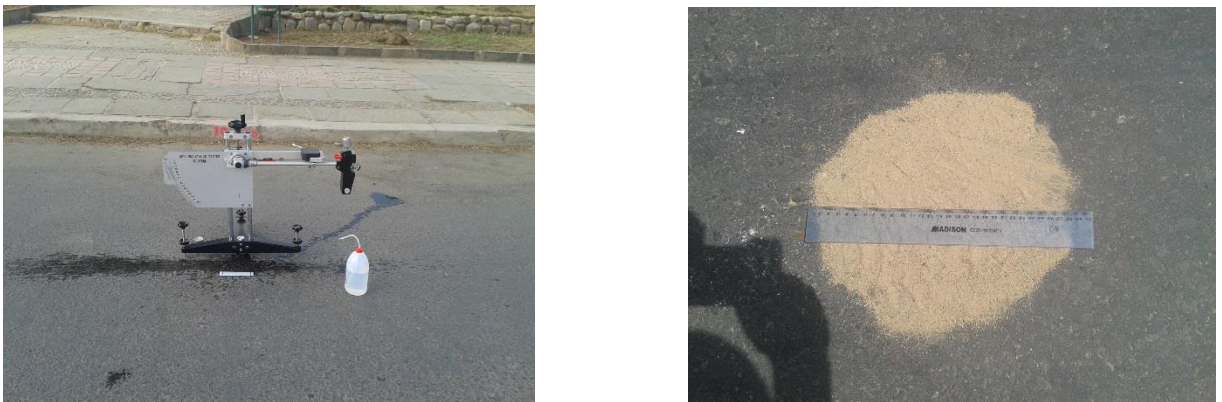


Fig. 22 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Av. Gamoneda

Avenida Las Américas

En el Caso de la avenida Las Américas analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.524 hasta 0.631 haciendo un promedio de 0.611 tomando como buena la

adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 13. En la gráfica 14 podemos observar que un 76.47% de la avenida tiene una buena adherencia, en un 23.53% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala.



Fig. 23 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Av. Las Américas

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.599 hasta 0.678 haciendo un promedio de 0.633 tomando buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 15. En la gráfica 16 podemos observar que un 93.75% de la avenida tiene una buena adherencia, un 6.25% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala para tramo curvo.



Fig. 24 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Av. Las Americas

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.586 hasta 0.662 haciendo un promedio de 0.630 tomando de buena la

adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 16. En la gráfica 17 podemos observar que un 85% de la avenida la adherencia es buena, un 15% de la avenida es de buena a regular y no existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.



Fig. 25 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Av. Las Américas

Av. Integración

En el Caso de la avenida Integración analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.591 hasta 0.712 haciendo un promedio de 0.652 tomando como buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 18. En la gráfica 19 podemos observar que un 90% de la avenida tiene una buena adherencia, en un 10% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala.



Fig. 26 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Av. integración

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.612 hasta 0.727 haciendo un promedio de 0.647 tomando buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 20. En la gráfica 21 podemos observar que un 100% de la avenida tiene una buena adherencia, y no existen tramos donde la fricción sea de regular a buena y mala para tramo curvo.

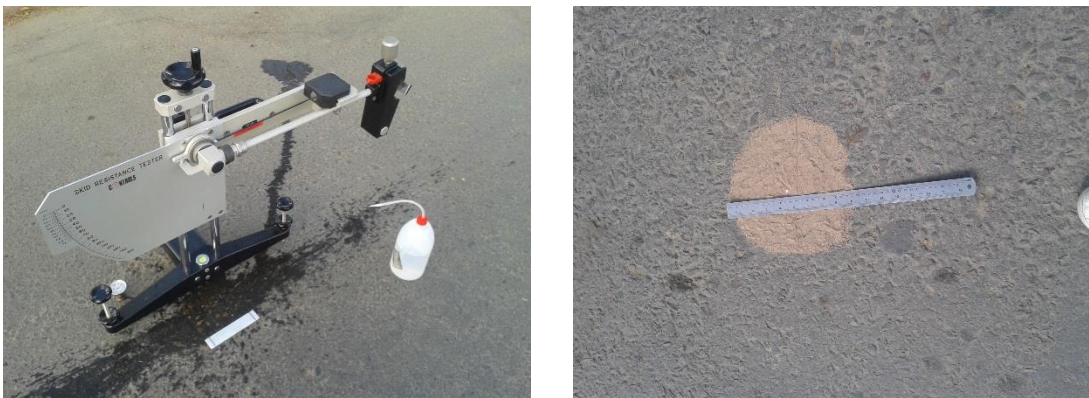


Fig. 27 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Av. Integración

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.568 hasta 0.628 haciendo un promedio de 0.608 tomando de buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 22. En la gráfica 23 podemos observar que un 73% de la avenida la adherencia es buena,

un 27% de la avenida es de buena a regular y no existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.



Fig. 28 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Av. Circunvalación

Avenida Circunvalación

En el Caso de la avenida Circunvalación analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.411 hasta 0.605 haciendo un promedio de 0.530 tomando como de regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 24. En la gráfica 25 podemos observar que un 4% de la avenida tiene una buena adherencia, en un 88% de la avenida la adherencia es de regular a buena y un 8% de la avenida tiene una mala fricción.



Fig. 29 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Av. Circunvalación

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.485 hasta 0.519 haciendo un promedio de 0.536 tomando de regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 26. En la gráfica 27 podemos observar que ningún tramo de la avenida tiene una buena adherencia, un 94% la fricción es de regular a buena y un 6% es mala.



Fig. 30 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Av. Circunvalación

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.442 hasta 0.578 haciendo un promedio de 0.533 tomando de regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 28. En la gráfica 29 podemos observar que un 6% de la avenida la adherencia es buena, un 81% de la avenida es de buena a regular y un 13 % existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.



Fig. 31 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Av. Circunvalación

Carretera a San Jacinto

En el Caso de la Carretera a San Jacinto analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.470 hasta 0.514 haciendo un promedio de 0.493 tomando como mala la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 29. En la gráfica 30 podemos observar que la carretera no tiene una buena adherencia, en un 50% de la avenida la adherencia es de regular a buena y un 50% de la avenida tiene una mala fricción.



Fig. 32 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Carretera a San Jacinto

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.476 hasta 0.530 haciendo un promedio de 0.500 tomando como mala

la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 31. En la gráfica 32 podemos observar que ningún tramo de la carretera tiene una buena adherencia, un 40% la fricción es de regular a buena y un 60% es mala.



Fig. 33 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Carretera a San Jacinto

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.471 hasta 0.479 haciendo un promedio de 0.484 tomando de como mala la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 32. En la gráfica 33 podemos observar que la carretera no tiene buena adherencia, al igual que de buena a regular así que un 100 % de la carretera existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.



Fig. 34 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Carretera a San Jacinto

Carretera a Tolomosa

En el Caso de la Carretera a Tolomosa analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.525 hasta 0.563 haciendo un promedio de 0.545 tomando como de buena a regular la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 34. En la gráfica 35 podemos observar que la carretera no tiene una buena adherencia, en un 100% de la avenida la adherencia es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala.



Fig. 35 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Carretera a Tolomosa

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.524 hasta 0.563 haciendo un promedio de 0.545 tomando como regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 36. En la gráfica 37 podemos observar que ningún tramo de la carretera tiene una buena adherencia, un 100% la fricción es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala.



Fig. 36 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Carretera a Tolomosa

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.488 hasta 0.536 haciendo un promedio de 0.507 tomando de como de regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 38. En la gráfica 39 podemos observar que la carretera no tiene buena adherencia, un 67% de la carretera de buena a regular así que un 33 % de la carretera existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.



Fig. 37 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Carretera a Tolomosa

Carretera a Bermejo

En el Caso de la Carretera a Bermejo analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.475 hasta 0.516 haciendo un promedio de 0.505 tomando como de buena a regular la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 40. En la gráfica 41 podemos observar que la carretera no tiene una buena adherencia, en un 73% de la avenida la adherencia es de regular a buena y en un 27% existen tramos donde la fricción es mala.

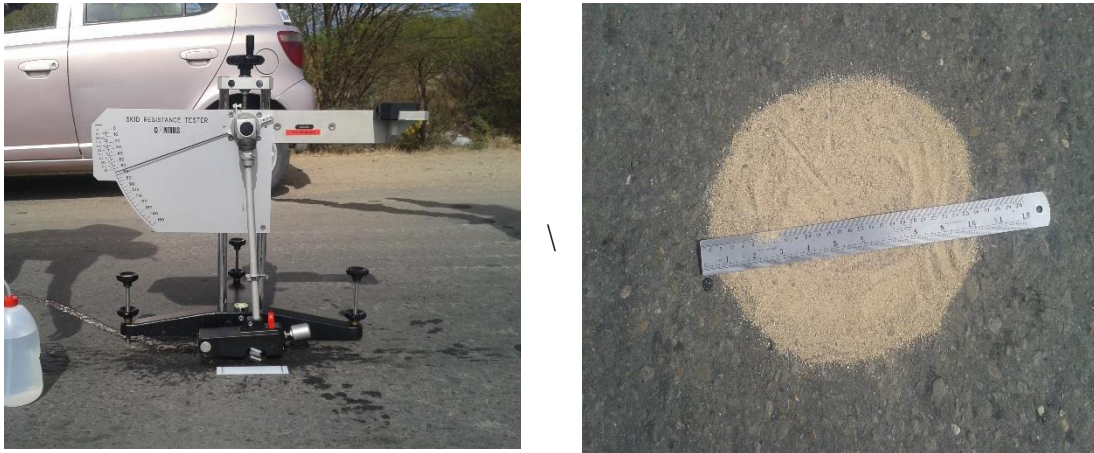


Fig. 38 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Carretera a Bermejo

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.480 hasta 0.527 haciendo un promedio de 0.505 tomando como regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 42. En la gráfica 43 podemos observar que ningún tramo de la carretera tiene una buena adherencia, un 67% la fricción es de regular a buena y en un 33% existen tramos donde la fricción es mala.



Fig. 39 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Carretera a Bermejo

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.479 hasta 0.530 haciendo un promedio de 0.499 tomando de como mala la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 44. En la gráfica 45 podemos observar que la carretera no tiene buena adherencia, un 58% de la carretera de buena a regular así que un 42 % de la carretera existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.



Fig. 40 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Carretera a Bermejo

Carretera al Norte

En el Caso de la Carretera al norte analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.495 hasta 0.514 haciendo un promedio de 0.505 tomando como de buena a regular la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 46. En la gráfica 47 podemos observar que la carretera no tiene una buena adherencia, en un 70% de la carretera la adherencia es de regular a buena y en un 30% existen tramos donde la fricción es mala.



Fig. 41 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Carretera al Norte

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.507 hasta 0.527 haciendo un promedio de 0.516 tomando como regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica

48. En la gráfica 49 podemos observar que ningún tramo de la carretera tiene una buena adherencia, un 100% la fricción es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción es mala.



Fig. 42 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Carretera al Norte

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.482 hasta 0.510 haciendo un promedio de 0.498 tomando de como mala la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 50. En la gráfica 51 podemos observar que la carretera no tiene buena adherencia, un 50% de la carretera de buena a regular así que un 50 % de la carretera existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.

•



Fig. 43 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Carretera al Norte

Carretera al Chaco

En el Caso de la Carretera al chaco analizaremos para cada condición que presentamos en los resultados:

- Primeramente en el tramo recto en las progresivas se nota una diferencia entre 0.487 hasta 0.535 haciendo un promedio de 0.511 tomando como de buena a regular la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 52. En la gráfica 53 podemos observar que la carretera no tiene una buena adherencia, en un 75% de la carretera la adherencia es de regular a buena y en un 25% existen tramos donde la fricción es mala.



Fig. 44 Medición de la textura y C.R.D. tramo recto-Carretera al Chaco

- Posteriormente en el tramo curvo en las progresivas se nota una diferencia entre 0.509 hasta 0.547 haciendo un promedio de 0.529 tomando como regular a buena la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 54. En la gráfica 55 podemos observar que ningún tramo de la carretera tiene una buena adherencia, un 100% la fricción es de regular a buena y no existen tramos donde la fricción es mala.



Fig. 45 Medición de la textura y C.R.D. tramo curvo-Carretera al Chaco

- Finalmente en el tramo con pendiente en las progresivas se nota una diferencia entre 0.488 hasta 0.540 haciendo un promedio de 0.509 tomando como buena a regular la adherencia entre el neumático y pavimento como muestra la gráfica 56. En la gráfica 57 podemos observar que la carretera no tiene buena adherencia, un 55% de la carretera de buena a regular así que un 45 % de la carretera existen tramos donde la fricción sea mala para tramo con pendiente.



Fig. 43 Medición de la textura y C.R.D. tramo con pendiente-Carretera al Norte

3.5 Planteamiento de Parámetros y su correlación

Una vez teniendo el análisis del Índice de Fricción Internacional IFI para las principales avenidas y carreteras de la provincia Cercado buscaremos cumplir el objetivo principal y la hipótesis planteada en el capítulo 1 que es buscar una correlación del IFI ante diferentes condiciones y texturas de pavimento. Para ello analizaremos los resultados de la fricción a una sola velocidad de 60 km/hr, para las

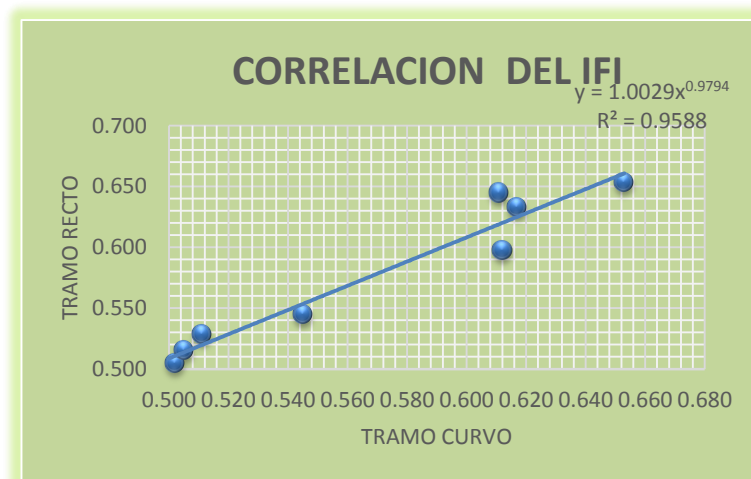
diferentes condiciones mediante la tabla y gráfica descrita en el capítulo 2. Cabe mencionar que no se tomara en cuenta en la correlación la avenida circunvalación debido a la falta de datos en tramos con pavimento rígido para tener una buena estadística, por lo que la avenida circunvalación solo será tomada en cuenta dentro de la evaluación de pavimentos descrita en las conclusiones y recomendaciones

A continuación presentamos la correlación de los valores de fricción ante diferentes variables estudiadas en la investigación:

Correlación para el IFI entre tramo recto y tramo curvo

AV-CARRETERA	IFI	
	TRAMO RECTO	TRAMO CURVO
LAS AMERICAS	0.617	0.633
LA BANDA	0.612	0.598
GAMONEDA	0.611	0.645
INTEGRACION	0.653	0.654
SAN JACINTO	0.493	0.500
TOLOMOSA	0.545	0.545
BERMEJO	0.502	0.505
CHACO	0.511	0.529
NORTE	0.505	0.516

Grafica 61. Correlación del IFI entre tramo recto y tramo curvo



Fuente: Elaboracion propia

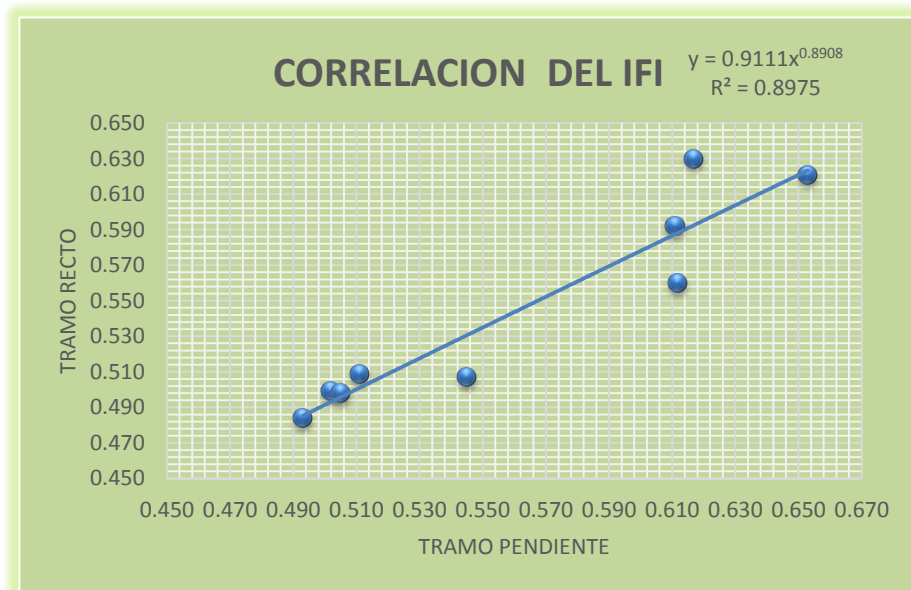
Como podemos observar en la Grafica 61 existe una correlación para el índice de fricción entre tramo recto (fricción longitudinal) y tramo curvo (fricción transversal), la cual sigue una tendencia potencial ya que es la que más se ajusta a los datos obtenidos, con una confiabilidad del 96% mediante la siguiente expresión:

$$IFI_{tramo\ recto} = 1.0029 * IFI_{tramo\ curvo}^{0.9794}$$

Correlación para el IFI entre tramo recto y tramos con pendiente

AV-CARRETERA	IFI	
	TRAMO RECTO	TRAMO PENDIENTE
LAS AMERICAS	0.617	0.630
LA BANDA	0.612	0.560
GAMONEDA	0.611	0.592
INTEGRACION	0.653	0.621
SAN JACINTO	0.493	0.484
TOLOMOSA	0.545	0.507
BERMEJO	0.502	0.499
CHACO	0.511	0.509
NORTE	0.505	0.498

Grafica 62. Correlación del IFI entre tramo recto y tramo con pendiente



Fuente: Elaboracion propia

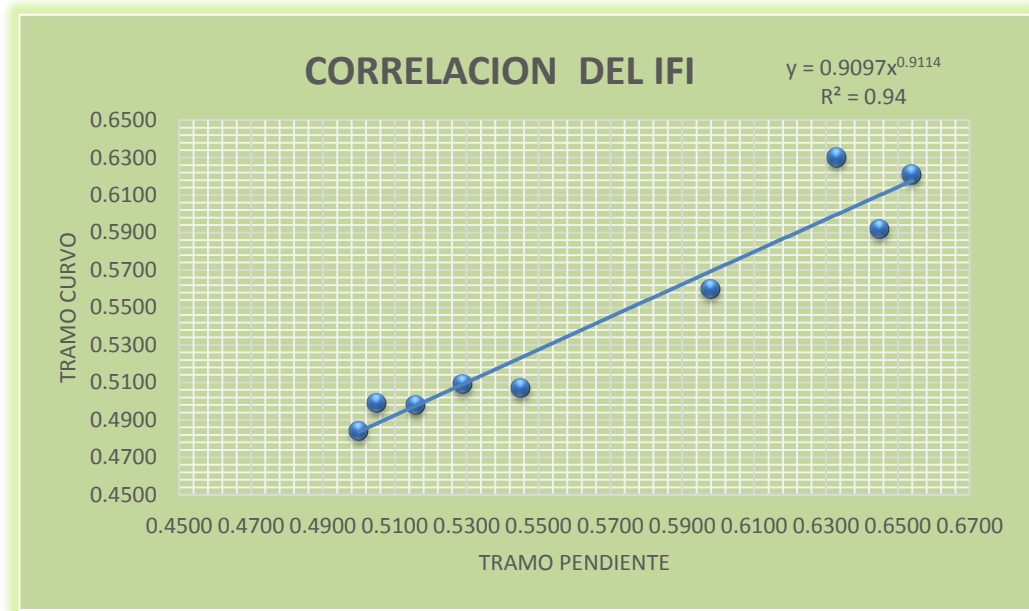
Como podemos observar en la Grafica 62 existe una correlación para el índice de fricción entre tramo recto (fricción longitudinal) y tramo con pendiente, la cual sigue una tendencia potencial ya que es la que más se ajusta a los datos obtenidos, con una confiabilidad del 90% mediante la siguiente expresión:

$$IFI_{tramo\ recto} = 0.9111 * IFI_{tramo\ pendiente}^{0.8908}$$

Correlación para el IFI entre tramo curvo y tramos con pendiente

AV-CARRETERA	IFI	
	TRAMO CURVO	TRAMO PENDIENTE
LAS AMERICAS	0.6330	0.6300
LA BANDA	0.5980	0.5600
GAMONEDA	0.6450	0.5920
INTEGRACION	0.6540	0.6210
SAN JACINTO	0.5000	0.4840
TOLOMOSA	0.5450	0.5070
BERMEJO	0.5050	0.4990
CHACO	0.5290	0.5090
NORTE	0.5160	0.4980

Grafica 63. Correlación del IFI entre tramo curvo y tramo con pendiente



Fuente: Elaboracion propia

Como podemos observar en la Grafica 63 existe una correlación para el índice de fricción entre tramo curvo (fricción transversal) y tramo con pendiente, la cual sigue una tendencia potencial ya que es la que más se ajusta a los datos obtenidos, con una confiabilidad del 94% mediante la siguiente expresión:

$$IFI_{tramo\ curvo} = 0.9097 * IFI_{tramo\ pendiente}^{0.9114}$$

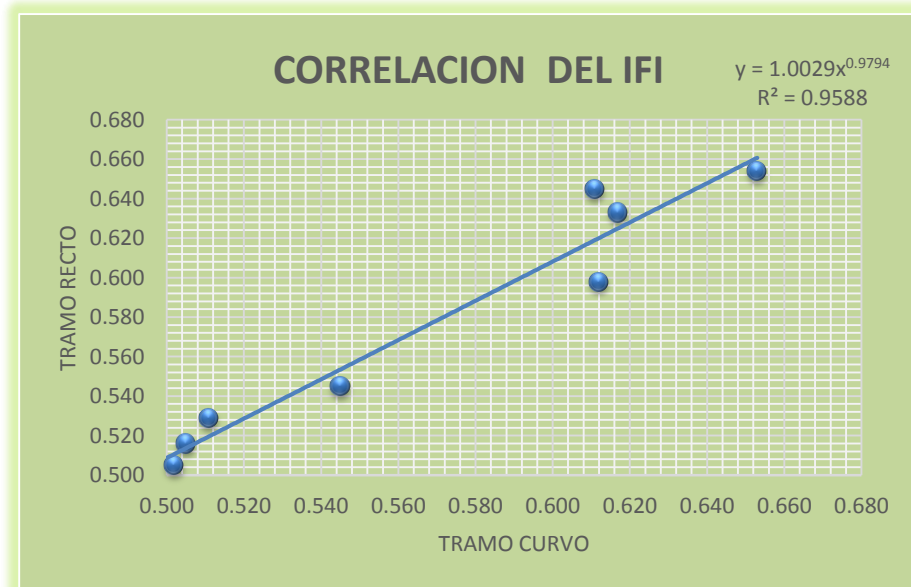
4.1 CONCLUSIONES

Terminando la investigación, llegamos a las siguientes conclusiones:

- Se logró cumplir el objetivo principal de la investigación que es la CORRELACION DEL INDICE DE FRICCION INTERNACIONAL PARA DIFERENTES TEXTURAS Y CONDICIONES DE PAVIMENTO APLICADA A LAS VIAS URBANAS Y CARRETERAS DE LA PROVINCIA CERCADO, identificando las zonas de estudio donde se realizaron los ensayos, para obtener el índice de fricción internacional IFI en diferentes condiciones y encontrar la correlación existente entre dichas condiciones, así llegando a tener una correlación entre las siguientes condiciones:

Tramo Recto-Tramo Curvo

Grafica 1. Correlación del IFI para tramo recto-tramo curvo



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la Grafica 1 existe una correlación para el índice de fricción entre tramo recto (fricción longitudinal) y tramo curvo (fricción

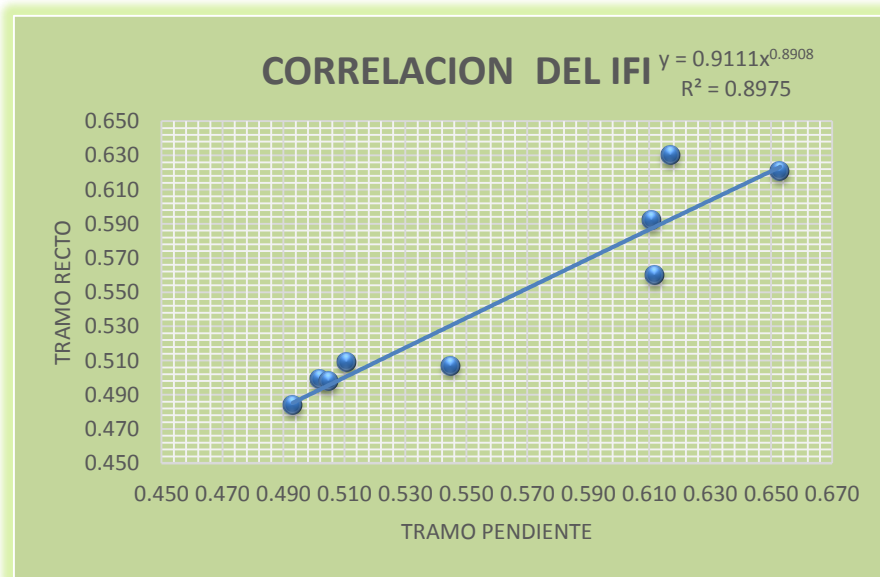
transversal), la cual sigue una tendencia potencial ya que es la que más se ajusta a los datos obtenidos, con una confiabilidad del 96% mediante la siguiente expresión:

$$IFI_{tramo\ recto} = 1.0029 * IFI_{tramo\ curvo}^{0.9794}$$

CORRELACION = 0.9588

Tramo Recto-Tramo Pendiente

Grafica 2. Correlación del IFI para tramo recto-tramo pendiente



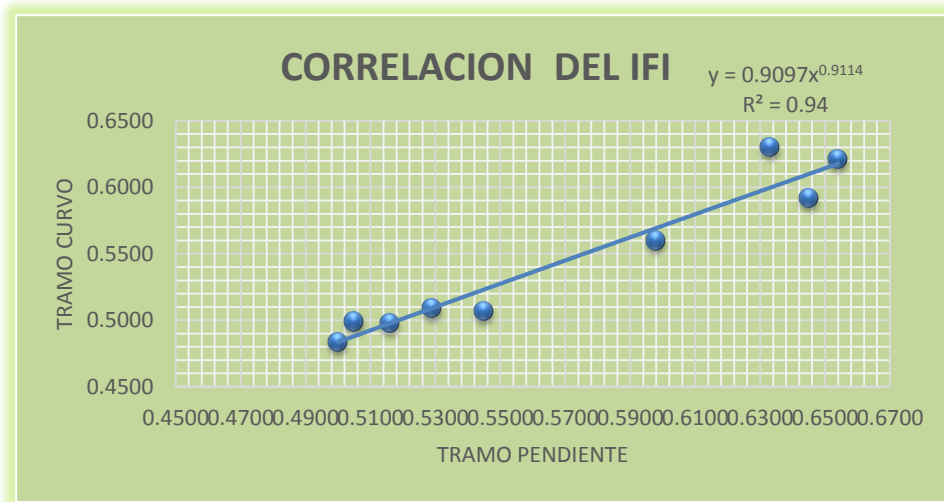
Fuente: Elaboracion propia

Como podemos observar en la Grafica 2 existe una correlación para el índice de fricción entre tramo recto (fricción longitudinal) y tramo con pendiente, la cual sigue una tendencia potencial ya que es la que más se ajusta a los datos obtenidos, con una confiabilidad del 90% mediante la siguiente expresión:

$$IFI_{tramo\ recto} = 0.9111 * IFI_{tramo\ pendiente}^{0.8908}$$

CORRELACION = 0.889

Tramo Curvo-Tramo Pendiente

Grafica 3. Correlación del IFI para tramo curvo-pendiente

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la Grafica 3 existe una correlación para el índice de fricción entre tramo curvo (fricción transversal) y tramo con pendiente, la cual sigue una tendencia potencial ya que es la que más se ajusta a los datos obtenidos, con una confiabilidad del 94% mediante la siguiente expresión:

$$IFI_{tramo\ curvo} = 0.9097 * IFI_{tramo\ pendiente}^{0.9114}$$

CORRELACION = 0.94

Con estos resultados llegamos a la conclusión de que si existe una correlación entre estas tres variables que presentan tanto avenidas como carreteras, ya que una correlación mayor a 0.8 nos representa la confiabilidad necesaria para que nuestros resultados sean seguros según el método PIARC.

- Dentro del análisis de la correlación del IFI, no se logró establecer una correlación entre pavimento rígido y flexible, ya que de los diez tramos solo uno cuenta con pavimento rígido, por lo que los resultados de la avenida circunvalación solo servirán para hacer una evaluación actual de las propiedades antideslizantes en el pavimento de dicha avenida.

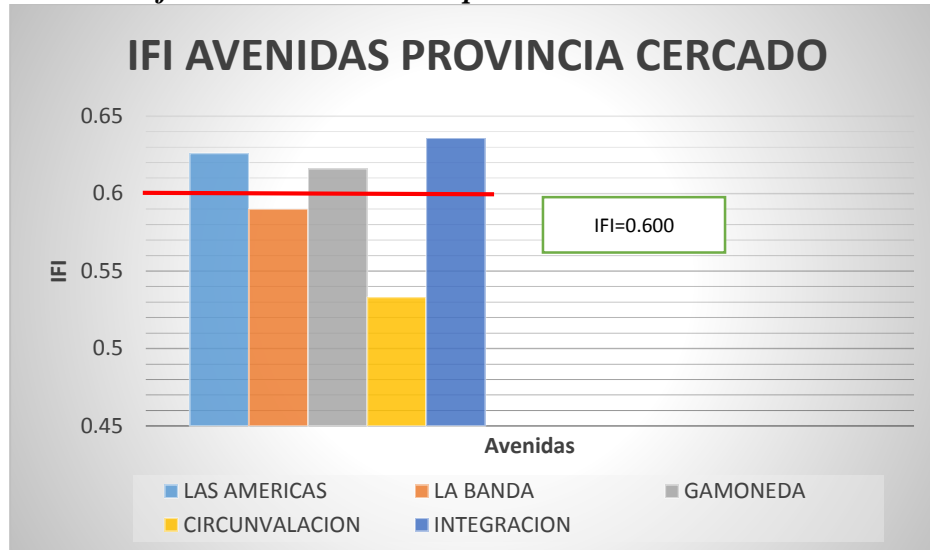
- Para los resultados se analizó el Índice de fricción para cada velocidad máxima permitida tanto en avenidas (40 km/hr) y carreteras a 60 km/hr que es la velocidad recomendada por la PIARC para tener menos dispersión de los resultados.
- Con la investigación se lograron obtener valores de IFI por progresivas y por condiciones para avenidas y carreteras, ahora presentamos los valores globales de la provincia representados por las principales avenidas y carreteras.

Cuadro 1 Valores de IFI para avenidas y carreteras de la Provincia Cercado

AV-CARRETERA	IFI	ESTADO DEL PAVIMENTO
LAS AMERICAS	0.626	Bueno
LA BANDA	0.590	De regular a Bueno
GAMONEDA	0.616	Bueno
CIRCUNVALACION	0.533	De regular a Bueno
INTEGRACION	0.636	Bueno
SAN JACINTO	0.493	malo deslizamiento del vehiculo
TOLOMOSA	0.532	De regular a Bueno
BERMEJO	0.502	De regular a Bueno
CHACO	0.516	De regular a Bueno
NORTE	0.507	De regular a Bueno

Fuente: Elaboracion Propia

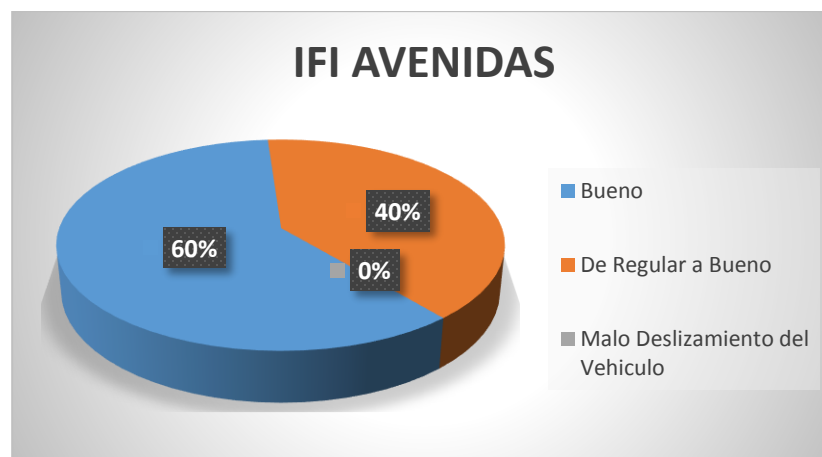
Grafica 4 Resumen de IFI por Avenidas de la Provincia



Fuente: Elaboracion propia

Como observamos en la gráfica 4 el valor del Índice de Fricción internacional para avenidas de la provincia Cercado se encuentra de manera general como bueno (mayor o igual a 0.6), pero existen avenidas donde el estado de la superficie para la fricción es de regular a bueno (entre 0.5y0.6) como es el caso de la avenida la Banda y en especial la Avenida Circunvalación.

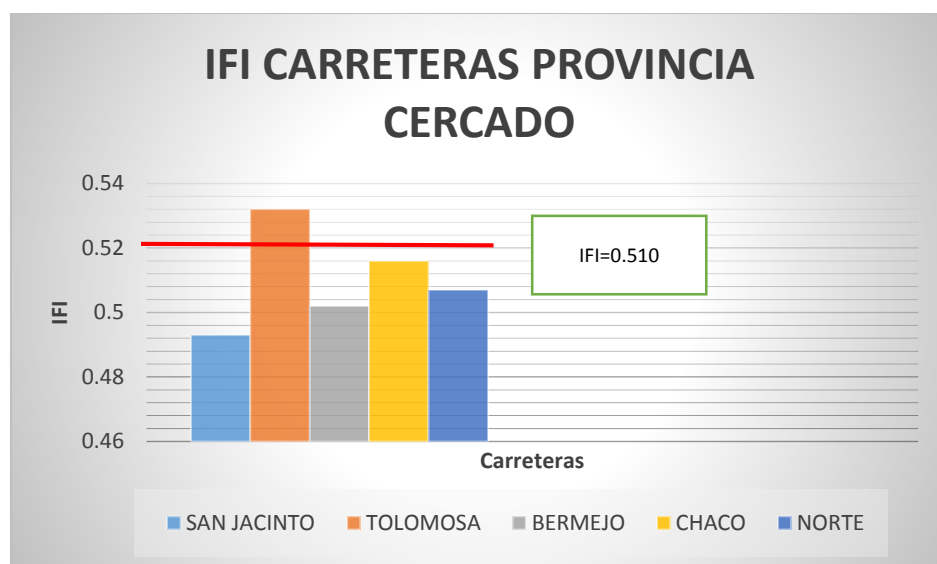
Grafica 5. Porcentaje del estado de pavimento para avenidas en la Provincia



Fuente: Elaboracion propia

Como podemos observar en la barra de tortas de acuerdo a la investigación presente, un 60% de las principales avenidas de la provincia presentan una buena adherencia o fricción entre el neumático y pavimento, un 40 % de la superficie de las avenidas presenta una fricción de regular a buena y no existen tramos donde la fricción sea mala, lo que representa mayor seguridad para los usuarios ante una frenada de emergencia o ante un posible derrapamiento en una curva.

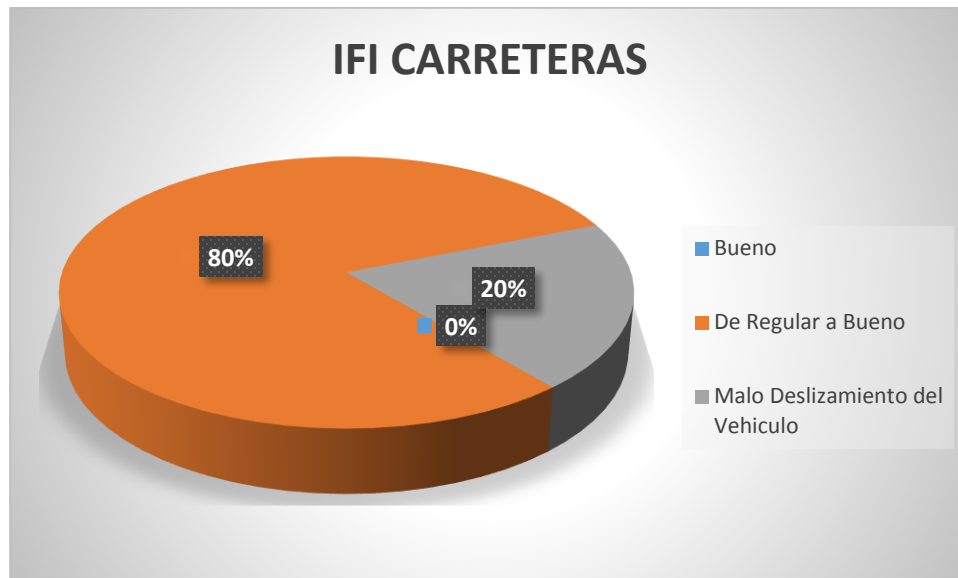
Grafica 6. Resumen de IFI por carreteras en la provincia



Fuente: Elaboracion propia

Como observamos en la gráfica 6 el valor del Índice de Fricción internacional para carreteras de la provincia Cercado se encuentra de manera general como de regular a bueno (entre 0.5 y 0.6) donde se puede apreciar que en resumen de la carretera a San Jacinto, la fricción entre el neumático y el pavimento es malo (menor a 0.5), convirtiéndose así en un alto riesgo para la seguridad de los usuarios, teniendo menor riesgo las demás carreteras en estudio que tienen una adherencia de regular a buena.

Grafica 7. Porcentaje del estado de pavimento para Carreteras en la Provincia

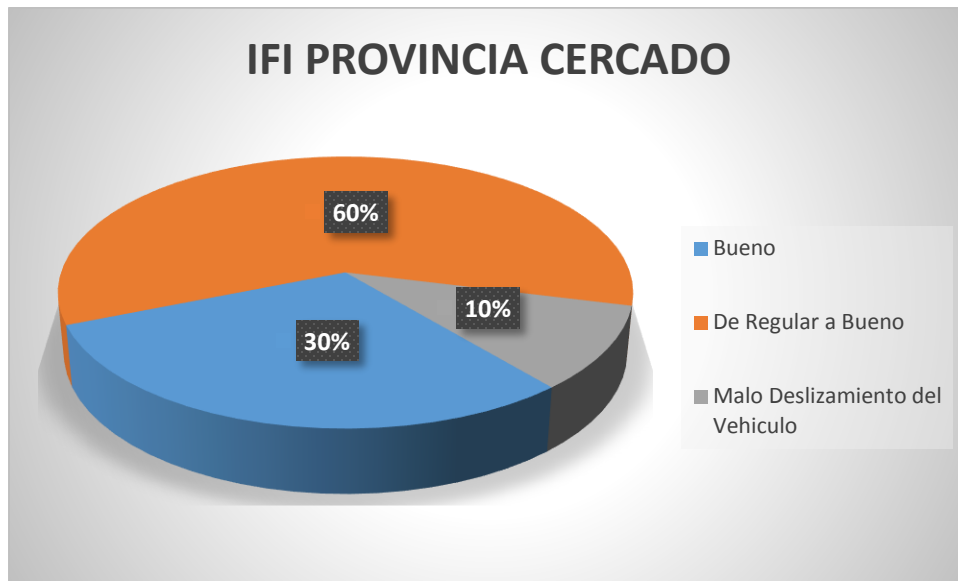


Fuente: Elaboracion propia

Como podemos observar en la barra de tortas de acuerdo a la investigación presente, un 80% de las principales carreteras de la provincia presentan una adherencia de regular a buena, un 40 % de la superficie de las carreteras presenta una fricción de mala y particularmente no existen tramos donde la fricción sea buena, lo que representa muy poca seguridad para los usuarios ante una frenada de emergencia o ante un posible derrapamiento en una curva, por lo que se debe tomar medidas de prevención.

Finalmente en la gráfica 8 presentamos un resumen del estado del Índice de Fricción Internacional para la Provincia Cercado, tanto en avenidas como carreteras, donde vemos que un 30% de la superficie del pavimento es buena la fricción (mayor a 0.6), un 60 % presenta una fricción de regular a buena (entre 0.5 y 0.6) y un 10 % presenta una mala fricción (menor a 0.5)

Grafica 8. Porcentaje del estado de pavimento general para la Provincia Cercado



Fuente: Elaboracion propia

- A partir de las gráficas mostradas, ahora la provincia tendrá una escala común de valores de fricción denominado IFI (Graficas 4 a 8) y la correlación de valores del IFI (Grafica 1 al 3) a diferentes condiciones que presenten los pavimentos, que servirá como aporte del estado actual del pavimento y el tratamiento que necesite para mejorar los tramos donde el IFI sea malo, para brindar mayor seguridad a la población de la Provincia.
- Diferentes instituciones encargadas de la evaluación y mejora de pavimentos de la provincia recibirán informes actuales sobre las condiciones de fricción en una escala idéntica en cualquier avenida y carretera principal, lo que servirá como aporte para la mejora del IFI en diferentes sectores de avenidas y carreteras y contribuir a la mejora de la seguridad.
- Dentro del análisis de la influencia de la macrotextura del pavimento mediante el círculo de arena, pudimos observar que para un volumen

constante de 50 cm³ de arena, un espesor de la macrotextura mayores o iguales a 1mm (diámetros menores o iguales a 25.5 cm en la prueba del círculo de arena), representa una textura abierta del pavimento, y valores menores a 1 mm (diámetros mayores a 25.5 cm) representa una textura cerrada, donde es más recomendable tener una textura abierta ya que evita el fenómeno del hidroplaneo y aumenta el valor de la fricción al desalojar el agua superficial con mayor facilidad que un pavimento que tenga una textura cerrada, como es el caso de las carreteras de la provincia que la gran mayoría de los tramos presenta una textura abierta, al contrario de las avenidas de la provincia Cercado que presentan una textura cerrada.

- Con lo mencionado anteriormente se comprueba que la utilización de la macrotextura para modificar el C.R.D. no sólo da mejores correlaciones, sino que reduce los errores y la dispersión en los equipos. Esto se nota aún más cuando aumenta la velocidad de deslizamiento, constituyendo uno de los motivos para utilizar 60 km/h en vez de una velocidad de deslizamiento más alta en caso de carreteras.
- Debido a la influencia de la macrotextura pudimos observar la variación de la fricción entre pavimento rígido y flexible, ya que la mayor parte del tramo con pavimento rígido en el sector de la circunvalación presenta una textura abierta, por lo que el pavimento rígido contiene menor fricción que el pavimento flexible.
- Diferentes técnicos e investigadores a futuro del IFI para la región tendrán un claro conocimiento de los fenómenos del deslizamiento y de los efectos de la textura a partir de la presente investigación.

4.2 RECOMENDACIONES

Según el proceso de la investigación se puede mencionar las siguientes recomendaciones:

- Los valores de fricción obtenidos pueden variar con respecto al tiempo, debido al pulimento de la superficie del pavimento a causa del tráfico, así que será necesario hacer una calibración anual (como mínimo) con los equipos utilizados para tener datos más exactos del IFI para la región.
- Una vez obtenidos los valores de fricción a nivel anual, se obtendrá una correlación más ajustada para diferentes condiciones que pueda presentar el pavimento y se podrá establecer una clasificación del IFI en la evaluación de pavimentos, de tal forma que se establezca una política de seguridad vial y mejora de las superficies de rodadura.
- Dentro de los ensayos realizados mediante el círculo de arena, se recomienda mantener limpio y libre de partículas las zonas donde se realizara la muestra, ya que esto provoca error en los ensayos, además de tratar de no realizar los ensayos en superficies que cuenten con grietas o juntas como recomienda la norma.
- Dentro de los ensayos realizados con el péndulo británico, se recomienda tener muy en cuenta la nivelación del equipo, en especial de la zapata de caucho y el cuerpo del péndulo, ya que la mala nivelación trae mucha variación de los datos obtenidos, además de tener siempre la superficie del pavimento mojada que representa el caso más crítico en la obtención del coeficiente de resistencia al deslizamiento CRD.
- Dentro del proceso de datos y cálculo del IFI, se recomienda tener en cuenta el cambio de valores de CRD por efecto de la temperatura del

pavimento, ya que en la toma de muestras varia este factor a diferentes temperaturas de acuerdo al gráfico mostrado en el capítulo 3.

- De acuerdo al cuadro 1 los valores obtenidos del IFI se observa una mayor tendencia a que el pavimento cuenta con una fricción de regular a buena y mala que produce deslizamiento del vehículo en caso de frenado de emergencia especialmente en carreteras, para ello se recomienda un recabado de la superficie del pavimento en los tramos donde la fricción tenga estos problemas en especial en los tramos de la carretera a San Jacinto, para así brindar mayor seguridad a los usuarios en la región. Para ello se deberá realizar un recabado en los tramos de cada avenida mostrados a continuación:

AVENIDA LA BANDA

Fig.1. Estado de Pavimento Av. La Banda

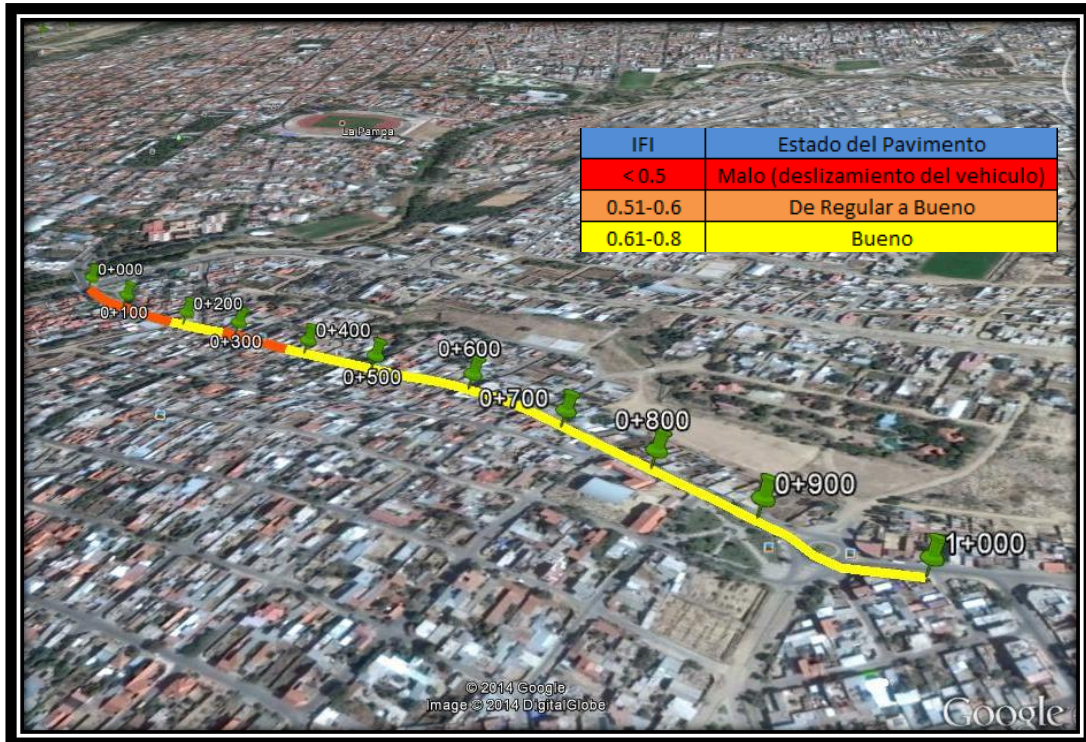


Fuente: Elaboracion propia

En La Grafica 1 podemos observar que el estado de pavimento es por lo general bueno en la Av. La Banda, a excepción de distintos tramos en las progresivas 0+200-1+000-1+300, donde se recomienda un recabado a la superficie de pavimento para brindar la seguridad necesaria a los usuarios.

AVENIDA GAMONEDA

Fig.2. Estado de Pavimento Av. Gamoneda

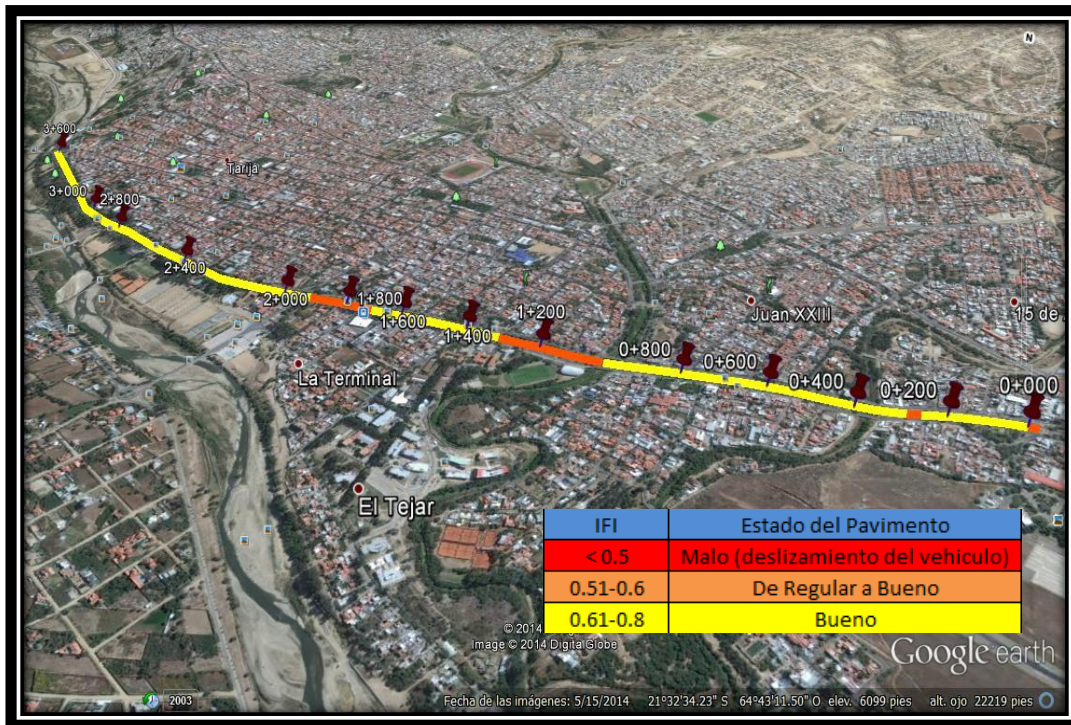


Fuente: Elaboracion propia

En la Av. Gamoneda podemos observar que el estado de pavimento es por lo general bueno de acuerdo a la figura 2, a excepción de distintos tramos en las progresivas 0+000-0+150-0+300, donde se recomienda un recabado a la superficie de pavimento para brindar la seguridad necesaria a los usuarios.

AVENIDA LAS AMERICAS

Fig.3. Estado de Pavimento Av. Las Américas

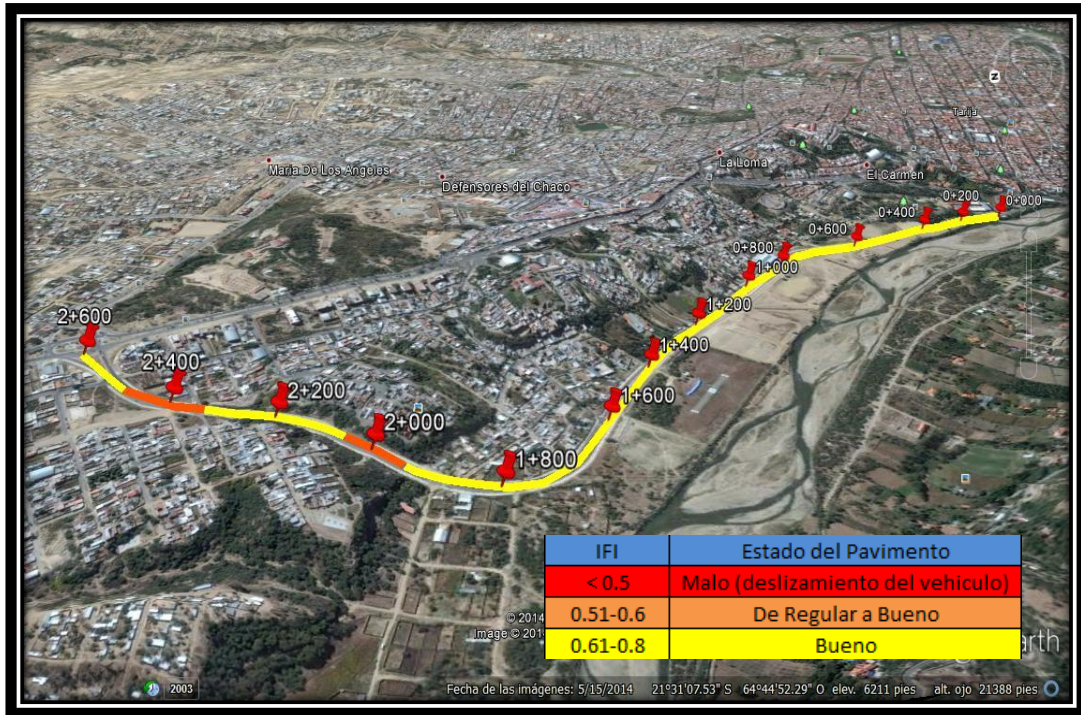


Fuente: Elaboracion propia

En La Grafica 3 podemos observar que el estado de pavimento es por lo general bueno en la Av. Las Americas, a excepción de distintos tramos en las progresivas 0+000-0+250-1+200-1+800, dichos tramos presentan un IFI de regular a bueno donde se recomienda un recabado a la superficie de pavimento para brindar la seguridad necesaria a los usuarios.

AVENIDA INTEGRACION

Fig.4. Estado de Pavimento Av. Integración

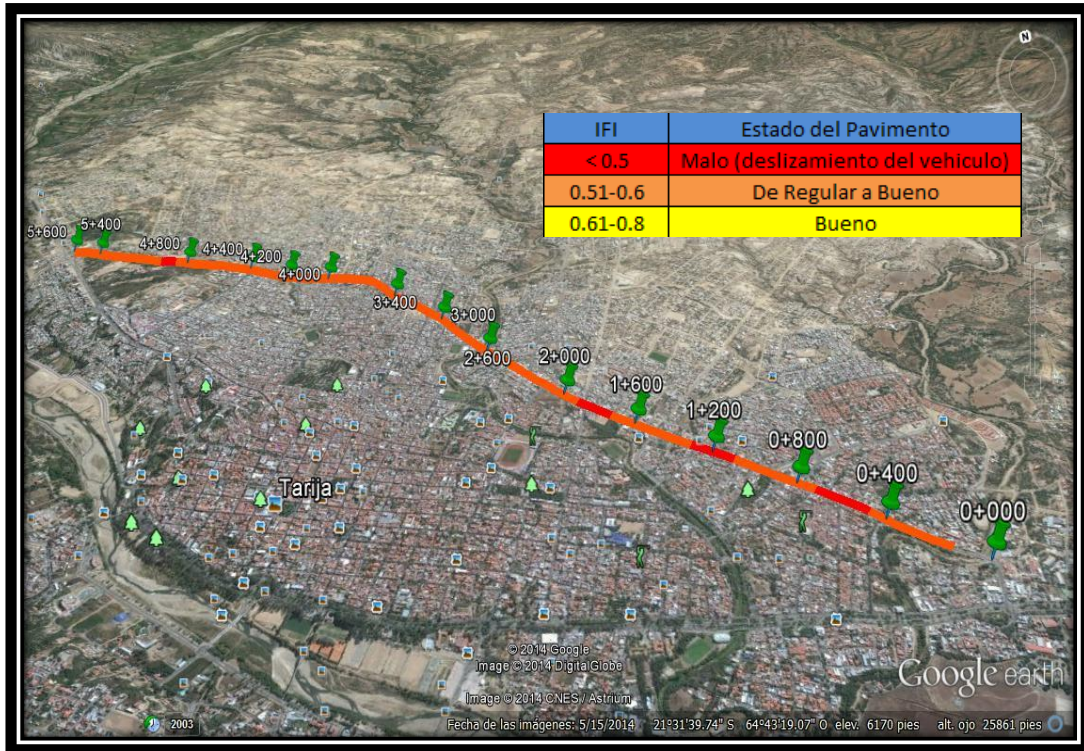


Fuente: Elaboracion propia

En la Av. Integración podemos observar que el estado de pavimento es por lo general bueno de acuerdo a la figura 4, a excepción de distintos tramos en las progresivas 2+000-2+400, donde el valor de IFI es de regular a bueno por lo que se recomienda un recabado a la superficie de pavimento para brindar la seguridad necesaria a los usuarios.

AVENIDA CIRCUNVALACION

Fig.5. Estado de Pavimento Av. Circunvalación

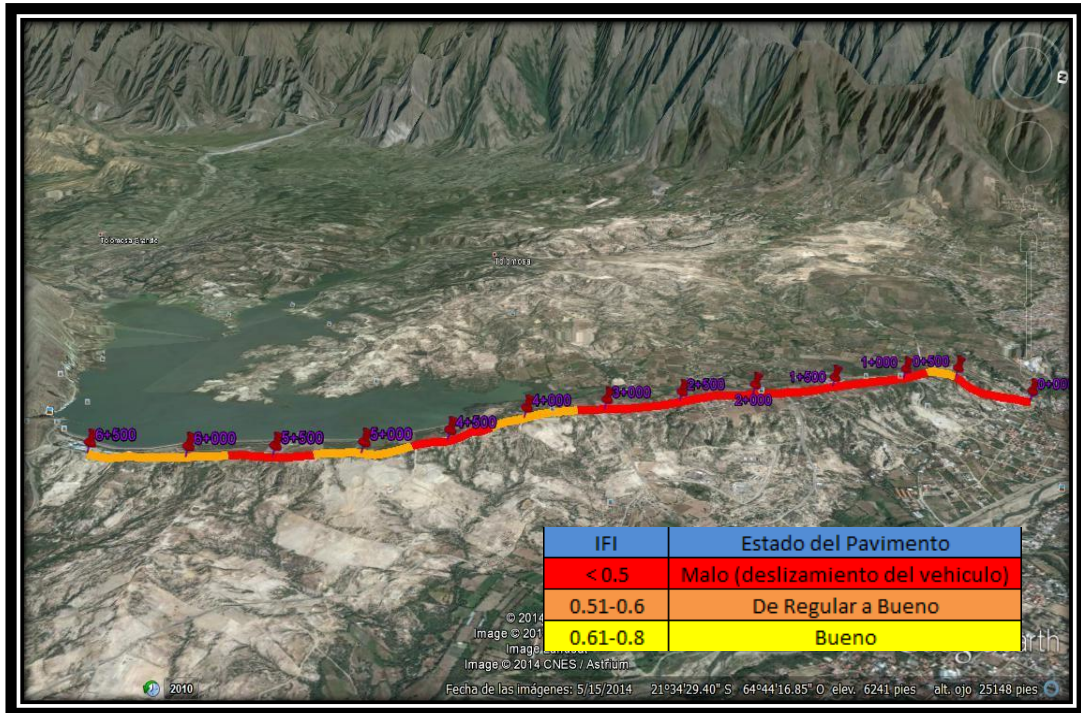


Fuente: Elaboracion propia

En la Av. Circunvalacion podemos observar de acuerdo al IFI que el estado de pavimento se encuentra en malas condiciones, ya que ningún tramo de la avenida circunvalación cuenta con un estado bueno del pavimento, la mayoría de los tramos presenta un estado de regular a bueno y en las progresivas 0+450-1+2001+700-5+000, el IFI es malo lo que representa un peligro para los usuarios, para lo que se recomienda un recabado en toda la avenida para brindar la seguridad necesaria en la circulación de vehículos.

CARRETERA A SAN JACINTO

Fig.6. Estado de Pavimento Carretera a San Jacinto

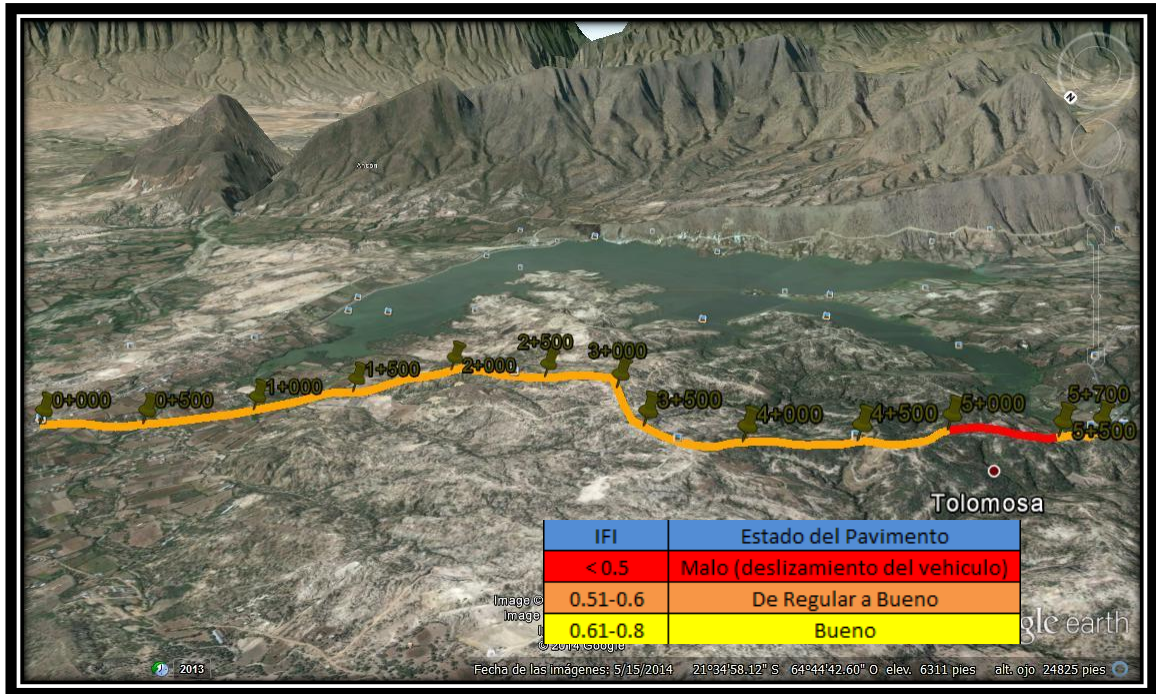


Fuente: Elaboracion propia

En la carretera a San Jacinto de acuerdo al análisis de resultados planteados en el capítulo 3, se observa que la mayoría de los tramos de la carretera tiene mala adherencia entre el neumático y pavimento (figura 6), lo que representa inseguridad a la hora de transitar por dicha carretera ante el deslizamiento del neumático por una frenada de emergencia o el posible derrapamiento en curva, por lo que se recomienda un recapado de la superficie del pavimento de la carretera a San Jacinto y un estudio total del estado de pavimento lo que implica el IRI y el PSI, para así dar una recomendación del rediseño de la capa estructural de la carretera.

CARRETERA A TOLOMOSA

Fig.7. Estado de Pavimento Carretera a Tolomosa

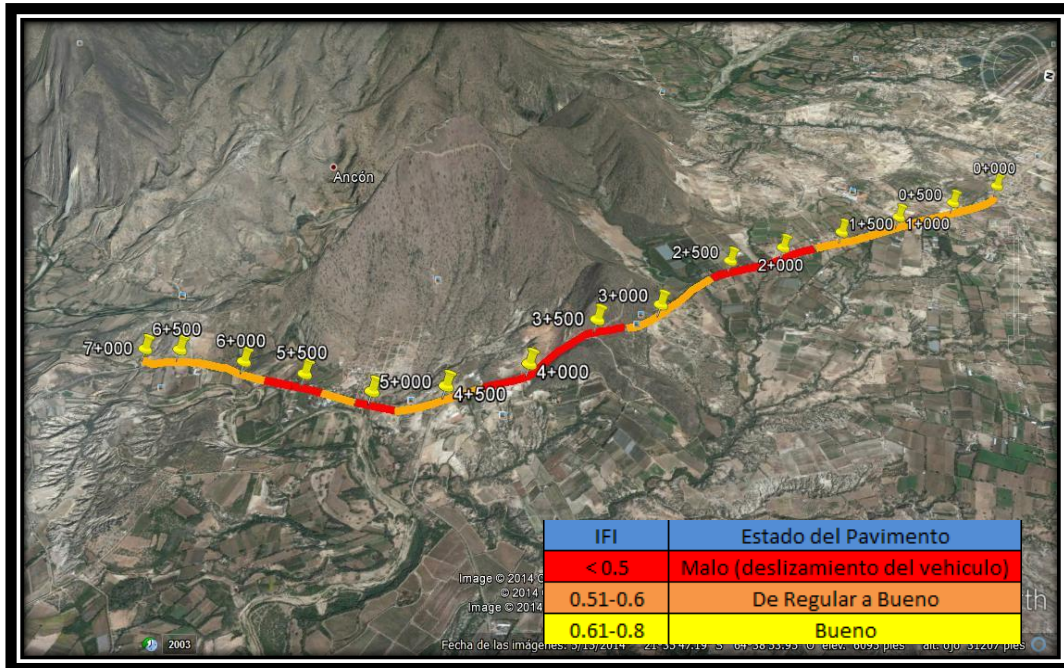


Fuente: Elaboracion propia

De acuerdo a la Grafica 7 se muestra que la mayor parte de la carretera a Tolomosa Presenta valores de IFI de regular a bueno, a excepción de los tramos 5+000-5+500, donde la adherencia entre neumático y pavimento es mala, por lo que se recomienda un recabado en toda la carretera para tener una buena resistencia al deslizamiento y así brindar la seguridad necesaria a los usuarios.

CARRETERA A BERMEJO

Fig.8. Estado de Pavimento Carretera a Bermejo

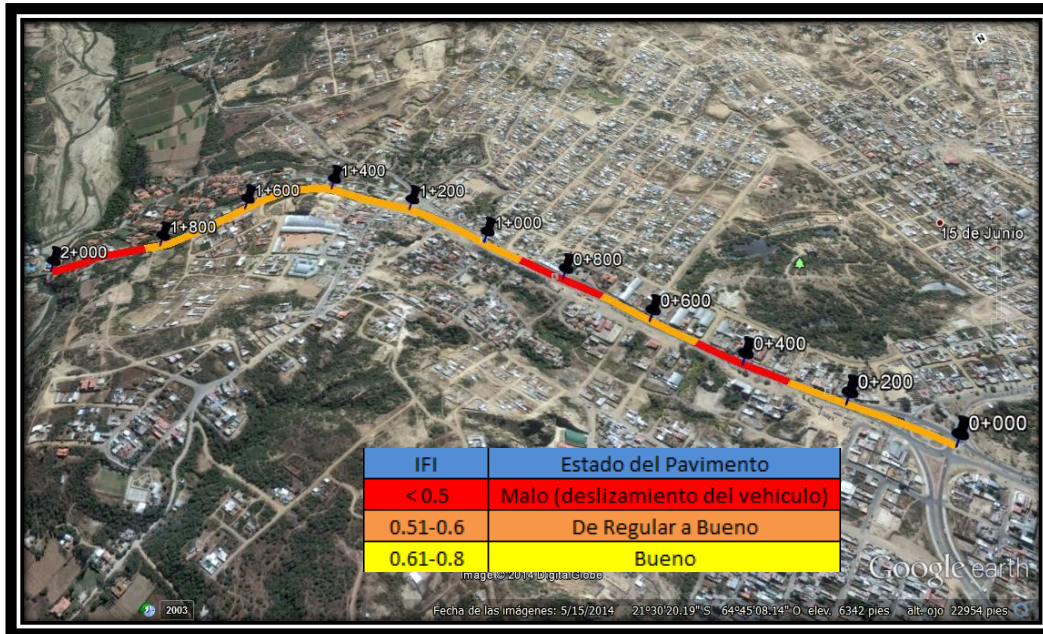


Fuente: Elaboracion propia

En la carretera a Bermejo de acuerdo a la Figura 8, podemos observar que ningún tramo de la carretera presenta una buena resistencia al deslizamiento, una mayor parte presenta un IFI de regular a bueno y en los tramos 2+000-2+500-3+500-4+000-5+000-5+500 el valor de IFI es malo por lo que se recomienda un recabado en estos sectores donde el IFI tenga un valor que produzca deslizamiento del vehículo.

CARRETERA AL NORTE

Fig.9. Estado de Pavimento Carretera al Norte

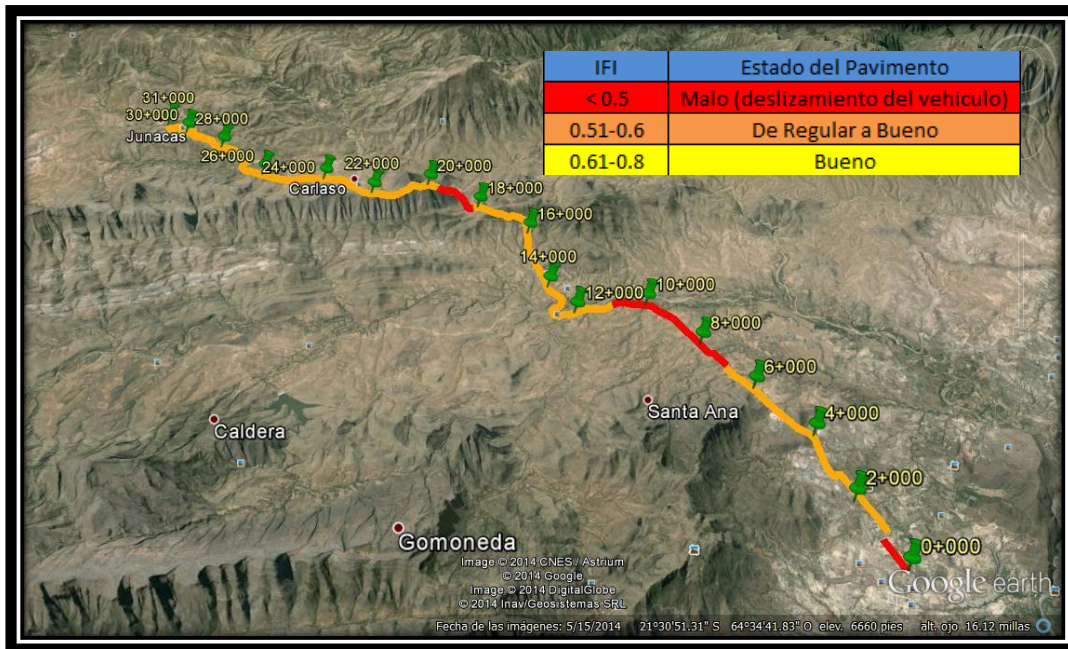


Fuente: Elaboracion propia

La carretera al Norte no presenta valores de IFI buenos de acuerdo a la gráfica 9, la mayor parte de la carretera representa un IFI de regular a bueno, y en los tramos 0+400-0+800-1+900-2+000 la adherencia neumático-pavimento es mala, por lo que se recomienda un recabado de pavimento flexible en las zonas donde el IFI represente un peligro para los usuarios.

CARRETERA AL CHACO

Fig.10. Estado de Pavimento Carretera al Chaco



Fuente: Elaboracion propia

De acuerdo a la Grafica 10 se muestra que la mayor parte de la carretera al Chaco presenta valores de IFI de regular a bueno, a excepción de los tramos 0+000-8+000-10+000-18+000, donde la adherencia entre neumático y pavimento es mala, por lo que se recomienda un recabado en toda la carretera para tener una buena resistencia al deslizamiento y así brindar la seguridad necesaria a los usuarios.

- Observando los valores bajos de fricción en la mayor parte de las carreteras y en gran parte de las avenidas es recomendable la implementación de este parámetro dentro de la evaluación de pavimentos de la región, ya que la mayoría de los accidentes de tránsito provincia podrían ser causados por la mala adherencia que existe en la actualidad en las principales avenidas y carreteras de la región.