

# 4

## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL TRAMO COLON NORTE (CRUCE SAN NICOLAS) – COLON SUD

\*Recibido: 26 de Agosto de 2022 \*Aceptado: 31 de Octubre de 2022

**Autor:**

<sup>1</sup> **Canaviri Poma Erika Carla**

**Co autor:**

<sup>2</sup> **Lozano Velásquez Moisés Agustin**

<sup>1,2</sup> Ingeniería en Recursos Hídricos

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología  
UAJMS.

Correspondencia de los autores:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.  
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

## RESUMEN

La evaluación superficial y estructuralmente se realiza por los métodos no destructivos, el estado actual del tramo Colon Norte (Cruce San Nicolas) – Colon Sud del departamento de Tarija, determinando las causas de su deterioro para establecer un adecuado plan de mantenimiento, que brinde información actual del tramo con finalidad de dar solución al problema y prolongar su vida útil.

Se identifica las fallas, los grados de severidad y los daños cuantitativos del pavimento aplicando la metodología del PCI, de cuyos resultados se obtuvo un valor de 79.83%. Por tanto, el estado del pavimento, en cuestión de estudio, reúne las condiciones de calificación, muy buena, conforme a la exigencia de los estándares de calificación. Con el método índice de rugosidad internacional (IRI), se obtuvo un rango de calificación buena, Índice de Fricción Internacional (IFI) se trabajó en 52 unidades de muestra en las cuáles se realizará dos tipos de ensayo, el círculo de arena para determinar la textura del pavimento y el péndulo británico que nos determinara la fricción del mismo; para el ensayo del círculo de arena se realizó un total de 26 de ida y 26 de vuelta; para ensayo del péndulo británico se realizó un total de 52 unidades de muestra.

Finalmente, se realiza la evaluación estructural empleando el método Viga Benkelman, de cuyo efecto, localizamos las deflexiones del pavimento. Identificando puntos críticos del paquete estructural calculando la deflexión máxima que presentó el pavimento, se obtiene un valor de relación con deflexión de característica y Deflexión Admisible= 0.97 mm.

**Palabras Clave:** Pavimento flexible, evaluación superficial, tramo.

## INTRODUCCIÓN

En general los pavimentos son diseñados para soportar de manera adecuada los esfuerzos transmitidos a la superficie de rodadura, asimismo deberán soportar los diferentes cambios climatológicos y las condiciones de drenaje.

La comunidad Colon Norte - Colon Sud y comunidades aledañas, el índice de tasa de crecimiento actual de la región viene aumentando progresivamente como consecuencia obtendremos el aumento del nivel de serviciabilidad de la infraestructura vial. Independientemente del proceso de deterioro “natural” en toda estructura de pavimento, se deben iniciar labores de

mantenimiento y rehabilitación, con el objeto de reducir el impacto que las diferentes fallas puedan afectar a la estructura; las fisuras, deformaciones, agrietamientos, erosión, baches entre otros son problemas comunes que se presentan a lo largo del periodo de vida útil de un pavimento. Para evitar el surgimiento de fallas es importante considerar la conservación de la vía tan pronto se termina la construcción del pavimento.

En cuanto a la evaluación superficial y estructural que se realizó en dicho tramo, cabe mencionar fue puesta a disposición de los usuarios no hace mucho tiempo; esta, a su vez, comenzó a presentar deterioros prematuros que deberían ser resueltos lo más pronto posible antes que los daños sean irreparables, tanto así que se tendría que realizar un recapado de toda la estructura.

Una de las etapas iniciales y fundamentales para establecer las condiciones actuales del pavimento es la evaluación de fallas que se efectuará sobre el tramo Colon Norte (Cruce San Nicolás) – Colon Sud. Para el presente trabajo se realizará una identificación y valoración de las fallas en dicha vía, apoyándose en la metodología PCI (Índice de Condición del Pavimento), la metodología el Índice de Regularidad Internacional (IRI), método del círculo de arena (Mancha de Arena), estos para una evaluación superficial; posteriormente, la evaluación estructural se basará en la metodología Viga Benkelman.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se orienta al enfoque cuantitativo, porque analiza la calibración de un modelo matemático determinista, que aplica métodos destructivos que implican mediciones de campo, de manera que se pueda realizar la evaluación superficial del tramo Colón Norte, Colón Sud.

Los métodos de investigación utilizados fueron el método deductivo, inductivo y analítico en la evaluación superficial estructural –Ver Figura 1-.

## RESULTADOS

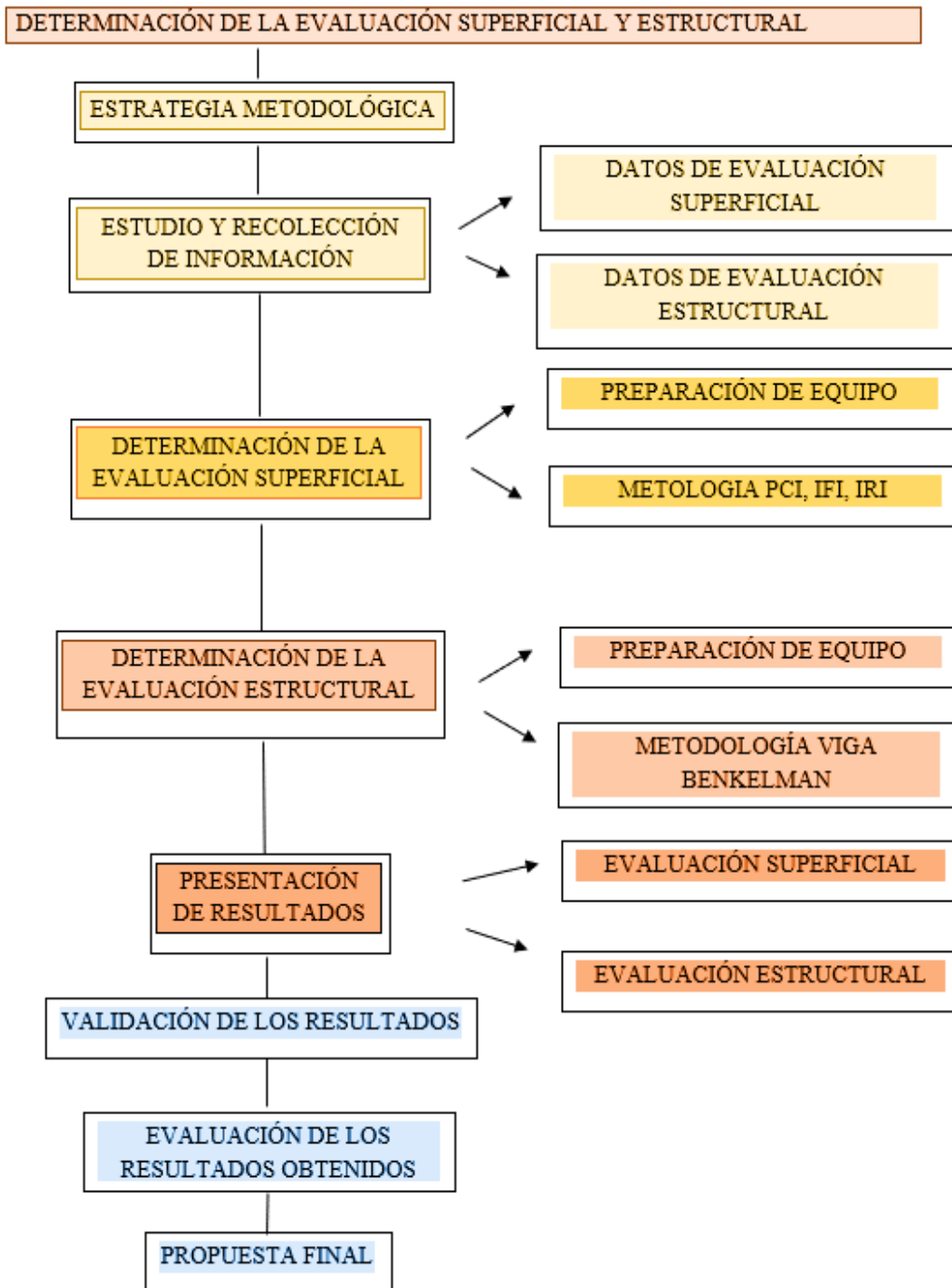
El resumen de los resultados obtenidos se muestra en la figura 2; y comprenden:

### Ensayos de evaluación superficial

La dispersión de los datos obtenidos con el Merlín se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cual puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma. Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. Efectuado el descarte de datos, se calcula el “ancho del histograma” en unidades de la escala,

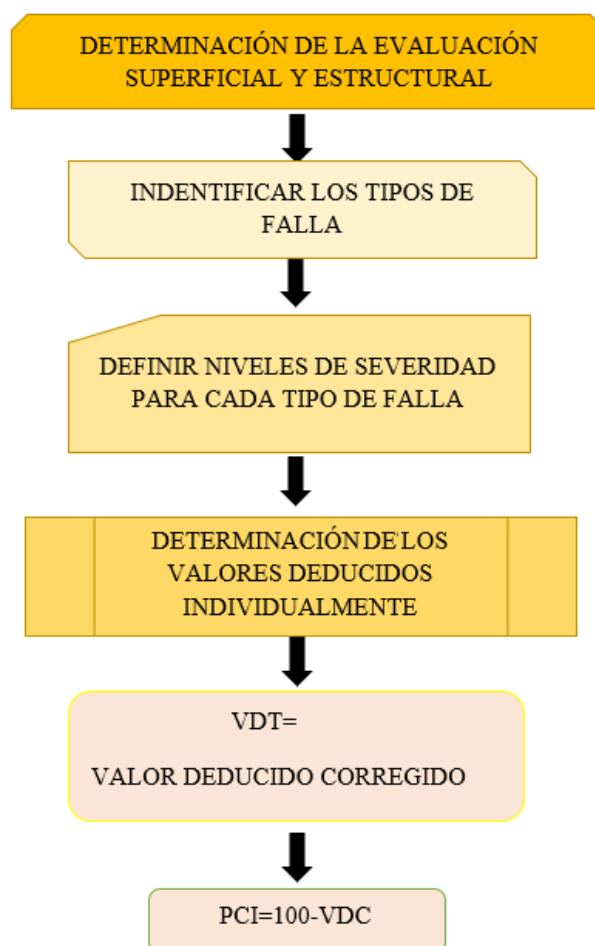
considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos –Ver Figura 3-.

**Figura 1:** Evaluación superficial estructural.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Figura 2. Índice de condición del pavimento (PCI).



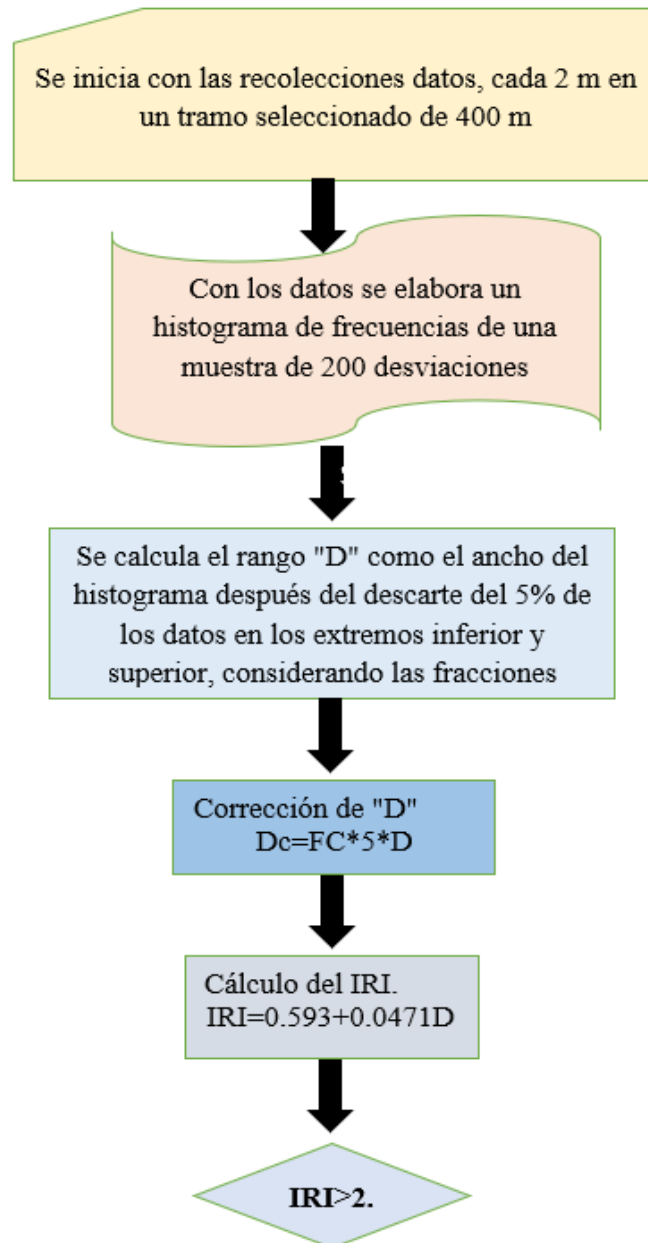
Fuente: Elaboración Propia.

La nivelación consiste en nivelar el instrumento exactamente (con precisión) girando los tornillos niveladores hasta que la burbuja este centrada en el ojo la burbuja niveladora.

Ajuste a ceros.- se eleva la cabeza del aparato, de tal forma que el brazo del péndulo oscile sin rozar la superficie a medir y se procede a comprobar el cero de la escala de medida. Para ello se lleva el brazo del péndulo a su posición horizontal hacia la derecha del aparato, quedando enganchado automáticamente en el mecanismo de disparo. Después se desplaza la aguja indicadora hasta el tope situado en la cabeza del aparato, de forma que quede paralela al eje del brazo del péndulo. Este tope, constituido por un tornillo, permite corregir el paralelismo entre la aguja y el brazo. Seguidamente, por presión sobre el pulsador se dispara el brazo del péndulo, que arrastrará la aguja indicadora solamente en su oscilación hacia delante. Se denota la lectura señalada por la aguja de la escala del panel y se vuelve el brazo a su posición inicial de disparo. La correlación de la lectura del cero se realiza mediante el ajuste de los anillos de fricción. Si la aguja sobre pasa el cero de la escala, la corrección exigirá apretar los anillos de

fricción. Si la aguja no alcanza el cero de la escala, la corrección exigirá aflojar los anillos de fricción.

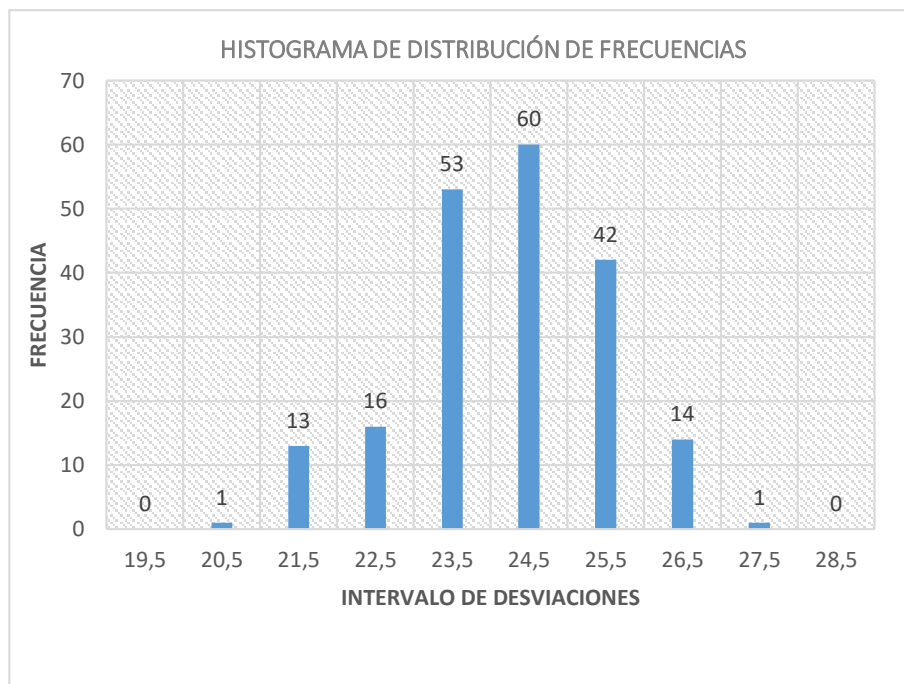
**Figura 3.** Índice de condición del pavimento (PCI).



**Fuente:** Elaboración Propia.

En el tramo Colon Norte (Cruce San Nicolas) – Colon Sud se hizo las mediciones de rugosidad con el equipo Merlín, cabe mencionar que las velocidades de medición no se mantienen constantes en todo el recorrido, debido a la topografía del terreno y el tramo en planta que obligan al conductor a disminuir la velocidad de recorrido, detectando así el odómetro cualquier variación de la velocidad que sea de  $\pm 3$  a la velocidad deseada.

**Cuadro 1.** Panel de fallas en general



**Fuente:** Elaboración Propia.

Ajuste de la longitud de deslizamiento. Con el péndulo colgando libre colocar el espaciado abajo del tornillo de ajuste o regulación del brazo del péndulo. Bajar el brazo del péndulo de manera que la superficie de la goma apenas toque la superficie. Bloquear la cabeza del péndulo firmemente, levantar el brazo del péndulo, y remover el espaciador. Colocar el calibrador al lado y paralelo a la dirección del balanceo para verificar la longitud de la trayectoria de contacto. Elevar el brazo del péndulo, entonces suavemente bajar hasta la superficie de deslizamiento y otra vez se apoye o descansa en la superficie. Si la longitud de la trayectoria de contacto no está entre 124 y 127 mm (4 7/8 y 5.0 pulgadas) en superficies de prueba planos o entre 75 y 78 mm (2 15/16 y 3 1/16 de pulgada) en superficies curvas del ensayo medidos con la zapata de goma, se puede corregir ajustando la elevación del péndulo o bajar el instrumento con los tornillos niveladores frontales.

El tramo Colon Norte (Cruce San Nicolas) – Colon Sud obtiene un promedio de 0.56 con una calificación de regular a bueno.

Una vez obtenidos las mediciones del ensayo del péndulo británico y las mediciones del ensayo del círculo de arena se procede de la siguiente manera para el cálculo del IFI (Índice de Fricción Internacional); se calcula el valor de la fricción del pavimento para una velocidad de 60 km/h “FR60”, se utiliza el valor promedio de fricción de las mediciones obtenidas en campo “FRS”.

**Figura 4.** Ensayo círculo de arena.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la calificación por textura los resultados predominantes en la carpeta asfáltica son las de textura fina en un 100 % y en la calificación por fricción se presentan un 100 % de superficie asfáltica de regular a bueno; cabe recalcar que la evaluación se la realizó en los puntos más desfavorables con altos índices de severidad.

El análisis general de los ensayos realizados tanto del círculo de arena como también del péndulo británico para los 5+200 km considerando ambos tramos tanto de izquierdo y derecho de la ya mencionada en el tramo Colon Norte (Cruce San Nicolas) – Colon Sud, se ubicaron unidades de muestra basándose en las progresivas de mayor afectación del PCI (Índice de Condición del Pavimento) realizándose así los ensayos del IFI (Índice de Fricción Internacional).

Aplicando así esta referencia pudimos obtener valores de IFI que, según tablas, nos indican que la calificación por fricción es de regular a buena, es decir que el pavimento aún no presenta desgaste en los neumáticos; por otro lado, el parámetro de la textura calificó como fina lo cual hace referencia a que existe pérdida de ligante asfáltico en la carpeta de rodadura.

#### **Evaluación estructural.**

La evaluación estructural se ha llevado a cabo mediante ensayos no destructivos empleando la mediación de las deflexiones con la viga Benkelman que consiste en estudiar las deformaciones verticales que experimenta las diferentes capas del paquete estructural cuando está actuando sobre el pavimento.



El primer paso se verificó si están todos los materiales requeridos. Se efectuó inicialmente la calibración de la viga Benkelman con una relación del brazo que es de 1 a 2 para optimizar el instrumento. Se utilizó para el cálculo de las deflexiones, la constante  $k=2$ . Para proceder el ensayo se realizó una medición de presión de las llantas de 80 Psi, posteriormente se realizó el peso de la volqueta en una balanza eléctrica. Obteniendo un peso de (8.2) toneladas de capacidad con eje trasero simple y llantas dobles.

Se procedió ensamblar la viga ya que se tiene un brazo desplegable de dos módulos con cual se ajustan con tornillos, posterior se nivela en el apoyo principal con una regla niveladora para lograr que el puntero del brazo de la viga este en contacto mínimo con la superficie asfáltica. Se realizó de igual manera en los siguientes puntos definidos de estudio, En cada punto de ensayo se registraron lecturas a 0.25 – 0.50 – 0.75 – 1 – 2 – 3 – 5 m. ensayo como se puede observar, un extremo de la viga se colocó entre las ruedas traseras de la volqueta a usarse sobre el punto de manera tal que este coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de la llanta, dejando el otro extremo fijo sobre el pavimento; en cada punto de ensayo se registraron las temperaturas del pavimento, se repitieron las operaciones descritas a lo largo de ambos tramos de estudio.

**Figura 5.** Ensayo de viga Bekelman.

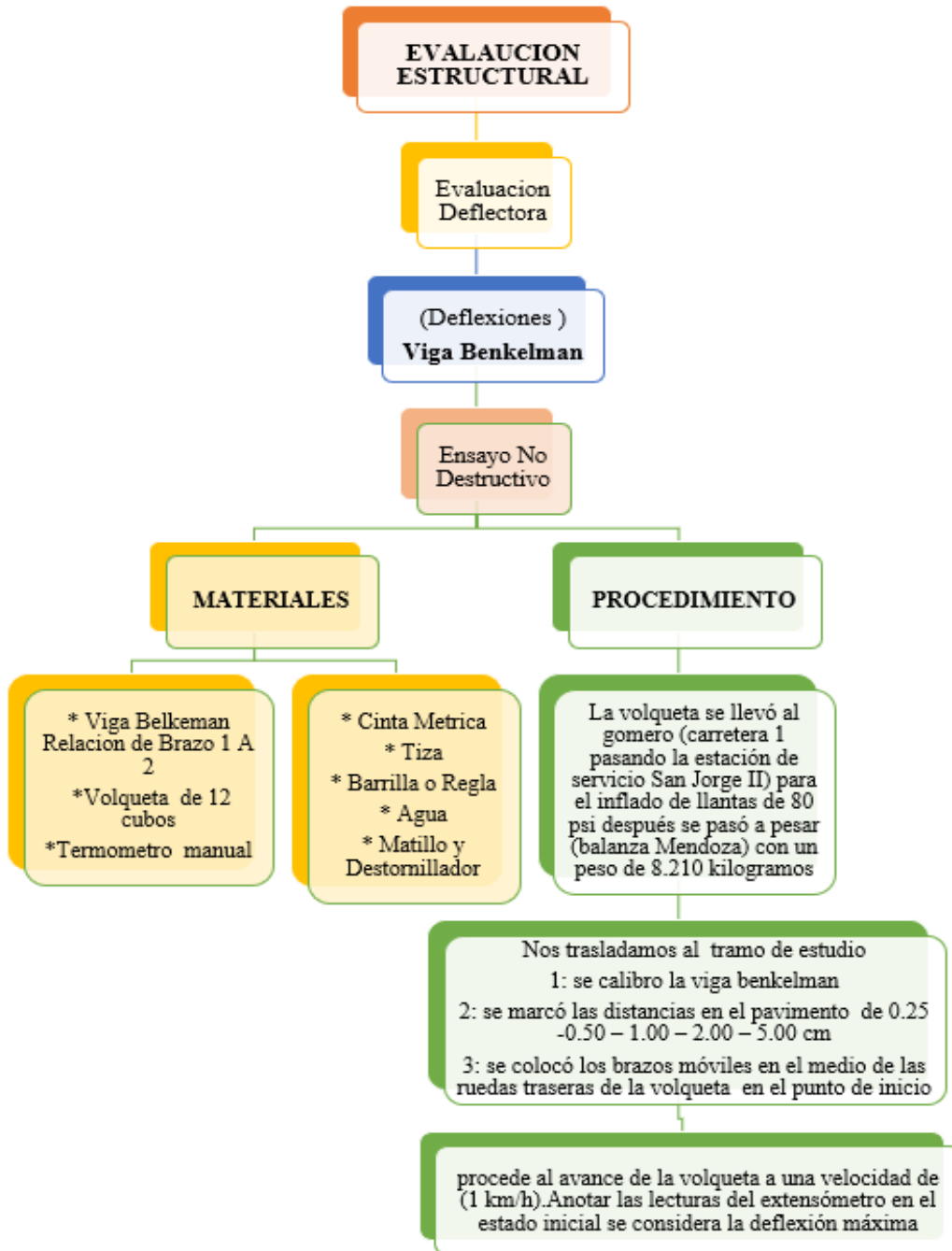


**Fuente:** Elaboración Propia.

El pavimento flexible del tramo Colon Norte (San Nicolás) – Colon Sud tiene capacidad estructural suficiente para resistir las solicitaciones del tráfico de diseño, siempre que la deflexión máxima sea menor que la deflexión admisible. Cabe mencionar que la planilla de

resultados obtenidos aplicada a esta metodología se encuentra adjunta en el (Anexo 11 Cálculo de la Viga Benkelman).

**Figura 6.** Esquema de ensayo de viga Bekelman.



**Fuente:** Elaboración Propia.

La evaluación superficial Tramo Colon Norte (Cruce San Nicolas) – Colon Sud tiene 79 PCI, condición Buena, una característica que el pavimento no requiere una acción especial solo mantenimiento menor.

Evaluación estructural tenemos en los 5 tramos tenemos una curvatura de radio de promedio de 310 los valores de radio superior a 300 m indican un adecuado comportamiento de la estructura haciendo una relación de la deflexión admisible, en la deflexión característica tenemos un valor de 0.97 en el rango de calificaciones que es un rango de calificación bueno.

## DISCUSIÓN

Con la metodología PCI (Índice de Condición del Pavimento) Se identificó 13 fallas superficiales diferentes. Con diferentes niveles de severidades que existen en el tramo Colon Norte (Cruce San Nicolas) – Colon Sud.

Realizando una evaluación superficial aplicando la metodología PCI (índice de condición del pavimento), tenemos que, el pavimento en estudio se encuentra en condiciones óptimas a nivel promedio con un índice numérico de 79.83 % que proyectado en el rango de calificación se encuentra en el intervalo (70–85%) el cual lo califica como muy bueno, por lo tanto, el pavimento en cuestión se encuentra en condiciones aptas de circulación.

Los resultados del IFI (Índice de Fricción Internacional) nos indica que la calificación por textura que presenta el pavimento es media lo cual se debe a una disgregación en el pavimento por la pérdida del ligante asfáltico; por otro lado, la calificación por fricción se encuentra de regular a bueno esto quiere decir que existe una buena adherencia de contacto entre la superficie del pavimento y los neumáticos del vehículo. Los resultados obtenidos demuestran que el tramo evaluado no presenta molestias o problemas de circulación, por lo tanto, superficialmente del tramo se encontraría en buenas condiciones, no obstante, hay puntos o áreas específicas que realmente se encuentran en niveles de severidad muy bajos.

Los resultados del IRI (Índice de Rugosidad Internacional) nos indican un rango de calificación de bueno por tanto el tramo Colon Norte (Cruce San Nicolas) – Colon Sud se encuentra en buenas condiciones.

En la evaluación estructural la medida de calificación de la relación entre la deflexión característica y la deflexión admisible es de 0.97 la determinación del índice del estado del pavimento es bueno lo cual determinaría una condición estructural adecuada y resistente con las cargas vehiculares a las que estaría siendo expuestas.

Existe áreas desfavorables los cuales se deben a fatigas que originalmente se estaría produciendo por una hidratación constante no solo por la época de lluvia sino porque hay aguas estancadas para riego. No obstante, se pudo apreciar que estas áreas en mal estado tienen en común un mal drenaje ya que evidentemente cuando se presentan precipitaciones abruptas estos puntos quedan encharcados debilitando así la carpeta asfáltica; en consecuencia estas áreas serían sometidas a un trabajo de mantenimiento menor a mayor a nivel de rodadura La

gran ventaja que posee este tipo de tratamiento superficial es en cuanto a la economía, ya que no es necesario gran cantidad de equipo mecánico porque se puede trabajar con agregado disponible en la zona y su aplicación es sencilla y rápida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares Roberto. (2014). Manual de carretera.
- Balarezo Zapata, j. (2017). Evaluación estructural usando Viga Benkelman aplicada a un pavimento. Universidad de Piura. Perú.
- Corredor Gustavo. M. Sección para Delegados de la cámara de la construcción experimento Vial de la AASHO y las guías de diseño AASHTO.
- Hoffman E. & Del Águila. (1995). Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones.
- González M. Daniel (2018). Metodologías de reparación para flexibles de mediano y bajo tránsito.
- Leguía loarte, p. B. Y pacheco risco h. F. (2016). Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI). Lima-Perú.
- Rodríguez Velásquez, e. D. (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible. Universidad de Piura.
- Miranda Ricardo (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Universidad Nacional de Chile.
- Patiño L. & Ovalles C. (2006). Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Colombia.
- Sánchez Sabogal, F. Caracterización del tránsito.
- Vásquez Varela, I. R. (2002). Índice de condición del pavimento (PCI). Universidad nacional de Colombia.