

Factores que afectan la condición del pavimento de la Avenida 16 Goajira, tramo Avenida Lago Mara y Plaza de Toros de la ciudad de Maracaibo

Factors affecting the condition of the pavement of 16 Goajira Avenue, Lago Mara Avenue and Plaza de Toros of Maracaibo city

Jorge L. Leal-Sánchez

Universidad Rafael Urdaneta. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Maracaibo, Venezuela.
<https://orcid.org/0009-0007-2388-8582>/Correo electrónico: jorgeleal20x@gmail.com

María A. García-Román

<https://orcid.org/0000-0002-5799-3600>/Correo electrónico: mariaamandag4@gmail.com

Recibido:04-10-2024 Admitido:15-10-2024 Aprobado:03-11-2024

Resumen

La Av. 16 Goajira o troncal No. 6, conecta la frontera de Colombia con el centro de Maracaibo, el tramo estudiado de 4,684 km de longitud, ha presentado frecuentes fallas en el pavimento después de varios mantenimientos. El objetivo de esta investigación fue identificar los factores que afectan la condición del pavimento en la Av. 16 Goajira, tramo Av. Lago Mara y Plaza de Toros. Para ello se desarrolló una investigación de tipo descriptiva con diseño de campo observacional descriptivo. El inventario vial reveló que el 70% de la calzada está en estado regular y el 30% en mala condición; mientras que, sus drenajes están mayormente obstruidos por vegetación y desechos sólidos. Aplicando la metodología del PCI, se obtuvo un PCI de 49,29 en el sentido norte-oeste (mala condición) y de 58,46 en el sentido oeste-norte (condición regular), las fallas más recurrentes fueron fisuras longitudinales y/o transversales (33%) y huecos (31%). Se realizaron ensayos de laboratorio al suelo entre las progresivas 2+951 y 3+863 en el sentido norte-oeste, revelando que el suelo es arenoso con mala gradación, influyendo en la estructura del pavimento, provocando un deterioro en sus propiedades, y reduciendo la capacidad de soportar las cargas del tráfico.

Palabras clave: PCI, pavimento flexible, drenajes laterales, granulometría del suelo, límites de consistencia.

Abstract

Avenue 16 Goajira or Trunk No. 6, connects the Colombian border with the center of Maracaibo, the studied section of 4.684 km in length, has presented frequent pavement failures after several maintenances. The objective of this research was to identify the factors affecting the condition of the pavement on Avenue 16 Goajira, section Av. Lago Mara and Plaza de Toros. For this purpose, a descriptive type of research was developed with a descriptive observational field design. The road inventory revealed that 70% of the roadway is in fair condition and 30% in poor condition, while its drains are mostly obstructed by vegetation and solid waste. Applying the PCI methodology, a PCI of 49.29 was obtained in the north-west direction (poor condition) and 58.46 in the west-north direction (fair condition); the most recurrent faults were longitudinal and transverse cracks (33%) and voids (31%). Laboratory tests were performed on the soil between 2+951 and 3+863 in the north-west direction, revealing that the soil is sandy with poor gradation, influencing the pavement structure, causing deterioration in its properties, and reducing its capacity to withstand traffic loads.

Key words: PCI, flexible pavement, lateral drainage, soil granulometry, consistency limits.

Introducción

Según la Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Ciencias y Tecnologías UMSS, “un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas

y bajo cualquier condición climática” [1, Pág. 2]. A su vez, hay una gran diversidad de tipos de pavimentos, dependiendo del tipo de vehículos que transitan por él y del volumen de tráfico que lo utilizan.

Además, según American Association of State Highway and Transportation officials AASHTO [2], los pavimentos pueden dividirse en rígidos y flexibles. Los pavimentos flexibles se caracterizan por ser sistemas multicapas con capas de mayor calidad cerca de la superficie donde las tensiones son mayores. La capa superior es de concreto asfáltico. Un pavimento flexible trabaja distribuyendo la carga hasta que llega a un nivel aceptable para la sub-rasante. Por debajo de la capa de concreto asfáltico, se coloca una base que puede ser de piedra picada, grava bien graduada o materiales estabilizados. A su vez, de esta base se coloca una capa de menor calidad denominada sub-base. Por otra parte, un pavimento rígido, debido a la rigidez de la losa de concreto, produce una buena distribución de las cargas de las ruedas de los vehículos, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub-rasante.

De tal manera que, el comportamiento del pavimento está influenciado por una variedad de factores que deben ser considerados para garantizar su durabilidad y funcionalidad. Entre estos factores, se destacan las características de los materiales de la estructura del pavimento, el espesor del pavimento, el clima, el drenaje existente de la vía y las cargas del tránsito.

Según UMSS, el índice de condición de pavimento (PCI) es un índice numérico que varía de 0 para pavimentos fallados, a 100 para pavimentos en perfectas condiciones, este índice fue desarrollado para proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie. La información de anomalías obtenida como parte del estudio de la condición de PCI proporciona una visión de las causas de las anomalías, y si es debido a la carga o al clima. Para determinar el PCI de una sección de pavimento, primero se divide la sección en unidades de inspección, llamadas “Unidades de Prueba”. [1, Pág. 380]

Además, una unidad de prueba es convenientemente definida como una porción de una sección de pavimento designada solo con los propósitos de la inspección del pavimento. Para caminos sin pavimento y para caminos recubiertos de asfalto, una unidad de prueba está definida como un área de 2500 ± 1000 pies² (232 ± 93 m²).

Con respecto al suelo, según Juárez y Rico “todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio” [3, Pág. 8], hasta arenisca parcialmente cementada y el agua contenida, juegan un papel fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte del mismo.

Por otro lado, el comportamiento mecánico e hidráulico del suelo está principalmente definido por la compacidad de los granos, y su orientación. Los límites del tamaño de las partículas que constituyen un suelo, ofrecen un criterio obvio para una clasificación descriptiva del mismo.

Ahora bien, en Venezuela, la infraestructura vial ha experimentado un deterioro significativo, manifestado en “pavimentos irregulares, grandes huecos, baches y hundimientos” [4, Párr. 1], como se ha reportado en diversos periódicos nacionales como el Correo del Caroní a través de Alianza de medios. Sin embargo, Maracaibo no es la excepción, ya que hay evidencias en reportes nacionales que presenta la misma problemática.

Un caso resaltante es la Av. 16 Goajira en el tramo Av. Lago Mara y Plaza de Toros, el cual tiene una longitud de 4,684 km y es un tramo altamente transitado. Existiendo en esta vía un constante tráfico de vehículos pesados debido al comercio binacional que une a la frontera entre Colombia y Venezuela, en este tramo en particular se ha informado sobre deterioros vigentes de la vialidad, fallas de pavimentos como: baches, hundimiento y piel de cocodrilo. Así mismo, se reportaron accidentes debido a fallas estructurales. Al respecto, Cruz en su reporte periodístico informa: “mega hueco se “traga” carro en la avenida Guajira” [5, Tít. 1].

Es por lo anteriormente expuesto que, el presente estudio tiene como finalidad determinar los factores que afectan la condición del pavimento de la Av. 16 Goajira en el tramo Av. Lago Mara y Plaza de Toros.

Materiales y Métodos

La investigación presentada es de tipo descriptiva, con diseño de campo de tipo observacional descriptivo. La unidad de estudio correspondió al tramo Av. Lago Mara y Plaza de Toros de la Av. 16 Goajira, ubicado en el Municipio Maracaibo del Estado Zulia, con una longitud total de 4,684 km. Para la recolección de datos, se empleó la técnica de observación participante estructurada.

Es importante destacar que la investigación se estructuró en tres fases. La primera fase consistió en realizar un inventario vial del estado actual del pavimento y de los drenajes laterales. La segunda fase se centró en la aplicación de la metodología del PCI para determinar la condición del pavimento según sus fallas más recurrentes. Y, por último, la tercera fase se basó en la caracterización del suelo que sirve de soporte al pavimento.

Fase 1. Inventario vial del estado actual del pavimento y drenaje.

Primero se dividió el tramo Av. Lago Mara y la Plaza de Toros en cinco secciones, como se ilustra en la Tabla 1, luego se obtuvieron las progresivas y rumbos de las secciones, tal como se ilustra en la Tabla 2.

Tabla 1. Secciones del tramo

Sección	Progresivas	longitud (m)
1	0+000, 0+986	985,98
2	0+986, 2+012	1026,00
3	2+012, 2+951	938,89
4	2+951, 3+863	911,65
5	3+863, 4+684	821,40

Tabla 2. Progresivas y rumbos del tramo

Progresivas		°	'	“		°	'	“
0+000	N	10	43	49	W	71	37	40
0+986	N	10	43	20	W	71	37	46
2+012	N	10	42	56	W	71	38	20
2+951	N	10	42	27	W	71	38	21
3+863	N	10	41	59	W	71	38	13
4+684	N	10	41	34	W	71	38	6

Posteriormente, se llevó a cabo el diagnóstico del estado actual de la calzada utilizando una planilla de inspección, en la cual se registraron las progresivas correspondientes al tramo estudiado y la condición de la vialidad. Además, se evaluó el estado actual de los drenajes laterales mediante una planilla de inventario específica para drenajes, registrando la cantidad de drenajes laterales presentes en la vía y verificando sus condiciones. Ambos instrumentos fueron propuestos y validados por Márquez [6].

Fase 2. Aplicación de la metodología del PCI para determinar la condición del pavimento.

Para comenzar se implementó la metodología del PCI, en la cual se determinó mediante la Ecuación 1 el número de unidades de prueba (N) de las cinco secciones.

$$N = \frac{\text{área de la sección}}{\text{área definida de la unidad de prueba}} \quad (\text{Ec.1})$$

En la Tabla 3 se presenta el ancho de la vía correspondiente a cada sección. Por su parte, la Tabla 4 muestra el criterio de muestreo utilizado para determinar las unidades de prueba que serán inspeccionadas en cada una de las secciones.

Tabla 3. Ancho de las secciones

Sección	Progresivas	ancho (m)
1	0+000, 0+986	10
2	0+986, 2+012	10
3	2+012, 2+951	9
4	2+951, 3+863	10
5	3+863, 4+684	9

Tabla 4. Criterio de muestreo para determinar las unidades de prueba a ser inspeccionadas

N	n
1-5	1
6-10	2
11-15	3
16-40	4
>40	10% redondeo al número superior

N: Número de unidades de prueba en la sección; n: Número de unidades a ser inspeccionadas [1]

Se debe agregar que, para pavimentos flexibles una unidad de prueba está definida como un área de $232 \text{ m}^2 \pm 93 \text{ m}^2$, referente a la investigación, se asumieron para las secciones 1,2 y 4 un área de 250 m^2 (25 x10) m. para las secciones 3 y 5 un área de 225 m^2 (25 x9) m, por otra parte, en la Tabla 5 se ilustra el número de unidades de pruebas a ser inspeccionadas en cada sección.

Tabla 5. Unidades de prueba para cada sección y unidades de prueba a ser inspeccionadas

Sección	N	n
1	39	4
2	41	5
3	38	4
4	36	4
5	33	4

Adicionalmente, utilizando la planilla de inspección del PCI, propuesta y validada por Gómez [7], se identificó el tipo de falla presente en cada unidad de prueba. Posteriormente, se registraron las dimensiones correspondientes de cada falla y se determinó la densidad utilizando la Ecuación 2.

$$Densidad(\%) = \frac{\text{La cantidad de tipo de anomalía}}{\text{area definida de la unidad de prueba}} \times 100 \quad (\text{Ec.2})$$

Posteriormente, se obtuvo el valor deducido (VD) utilizando las figuras de densidades para cada tipo de falla. Además, se determinó el valor deducido corregido (CDV) mediante la figura de la curva de corrección del valor deducido para pavimentos flexibles. Estas figuras están validadas por la norma ASTM D 6433-07[8].

Cabe aclarar que, para realizar los cálculos del PCI se siguió este procedimiento, primero se sumaron los totales para cada tipo de anomalía en cada nivel de severidad, y se registraron en la columna “Total” en el formulario de evaluación. Las cantidades de la anomalía pueden ser medidas en ft^2 (m^2), ft (m), o cualquier otra unidad de medida, dependiendo del tipo de anomalía.

Después, se dividió la cantidad de cada tipo de anomalía en cada nivel de severidad por el área total de la unidad de prueba, y luego se multiplicó por 100 para obtener en porcentaje, la densidad por unidad de prueba para cada tipo de anomalía y severidad. Por último, se determinó el “Valor Deducido” para cada tipo de anomalía y nivel de severidad de la curva de valores deducidos.

Luego se determinó el número de máximo aceptable de deducción (m) con la ecuación (3), por medio de la siguiente fórmula:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \quad (\text{Ec.3})$$

m_i : número de máximo aceptable de deducción.

HDV_i : Máximo valor deducido de la unidad de prueba.

Se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

Primero: si sólo un valor deducido (o ninguno) es >2 , el valor total deducido se usa en lugar del valor máximo deducido corregido (CDV). Segundo: enlistar los “Valores Deducidos Individuales” en orden descendiente. Tercero: determinar el “Número Aceptable de Deduciones”, (m_i). Cuarto: el número de valores deducidos individuales es reducido a m , incluyendo la parte fraccionada. Si menos que m valores deducidos están disponibles, entonces todos los valores deducidos son usados.

Seguidamente, se determinó el valor máximo deducido a través de los siguientes pasos: inicialmente se determinó el número de deducciones con un valor >2 , que será igual a “ q ”. Luego se estimó el “Valor Deducido Total”, sumando todos los valores deducidos individuales. Después se obtuvo el Valor Deducido Corregido (CDV) de “ q ” y el valor total deducido por observación de la curva de corrección del valor deducido.

Después, se redujo hasta 2 el valor deducido individual, comenzando por el más pequeño que sea >2 , hasta un valor menor al valor deducido máximo. Repetir los tres primeros pasos; hasta $q=1$. Por último, el máximo CDV es el valor más grande de CDV’s determinado.

Respecto al cálculo del PCI para cada unidad de prueba se utilizó la Ecuación 4 y para calcular el PCI de cada sección se usó la Ecuación 5.

$$PCI = 100 - \text{Maximo valor CDV} \quad (\text{Ec.4})$$

$$PCI_s = \frac{PCI_s}{\text{Numero total de muestras en la seccion}} \quad (\text{Ec.4})$$

Dónde: PCI_s : PCI de la sección y PCI_r : PCI medio de las muestras representativas.

Fase 3. Caracterización del suelo que sirve de soporte al pavimento

Posterior al estudio realizado al pavimento, se extrajo una muestra de suelo de 8,669 kg en la progresiva 2+951-3+863 en el sentido norte-oeste, para llevar a cabo pruebas de análisis granulométrico, límites de consistencia y determinación del índice de plasticidad. Esto permitió caracterizar el suelo según los métodos S.U.C.S. y A.A.S.T.H.O. y verificar si tuvo una buena gradación. Se registraron los datos obtenidos en las planillas de granulometría por tamizado y límites de consistencia.

Ensayo de composición granulométrica por tamizado.

Este ensayo se basó en la norma ASTM C 136-06 [9], para ello primero se realizó el cuarteo obteniendo una muestra de 4,133 kg, segundo se seleccionaron los tamices para el agregado grueso y se procedió a colocar

la muestra en los mismos y, posteriormente, se colocaron en la tamizadora eléctrica por 10 min. Luego se pesó el agregado retenido en cada tamiz colocando la muestra en un bol, se tomó una muestra del agregado pasante del tamiz N°4, y se determinó la granulometría del agregado fino, usando los tamices especificados en la norma.

Ensayo límites de consistencia

El procedimiento del ensayo se realizó de acuerdo al método multipunto, conforme a la norma ASTM D 4318-05[10], el cual sirvió para determinar el límite líquido del suelo mediante la adición de agua destilada y la medición del número de golpes necesarios para que las mitades del suelo se unan en la base de una ranura.

Para la primera muestra, se añadieron 6 ml, 3 ml, 2 ml y 2 ml de agua destilada en sucesión, se pesaron las cápsulas, se colocó la muestra en la cazuela de Casagrande, se formó un surco con el ranurador y se contaron 15 golpes hasta que las mitades del suelo se unieron, luego se extrajo y pesó el área unida. En la segunda muestra, se añadieron 6 mL, 3 mL, 2 mL y 1 mL de agua destilada, siguiendo el mismo procedimiento, obteniendo 24 golpes y pesando la muestra extraída. En la tercera muestra, se añadieron 6 mL, 3 mL y 1 mL de agua destilada, repitiendo el procedimiento y obteniendo 32 golpes, tras lo cual se pesó la muestra.

Finalmente, las muestras ya pesadas de suelo húmedo junto con las cápsulas, se colocaron en un horno a 105 ± 5 °C para determinar los pesos del suelo seco y las cápsulas. Este procedimiento permitió evaluar el límite líquido del suelo mediante la observación de su comportamiento al ser sometido a diferentes cantidades de agua y golpes.

Respecto al límite plástico, primero, se pesaron las cápsulas, luego, se enrollaron las muestras de suelo con la palma de la mano, aplicando suficiente presión para formar un hilo de diámetro uniforme a lo largo de toda su longitud. Este hilo debe deformarse con cada movimiento hasta alcanzar un diámetro de 3,2 mm (1/8 de pulgada) en no más de 2 minutos. A continuación, los rollos se colocaron en las cápsulas y se pesaron. Finalmente, las cápsulas con los rollos de suelo se colocaron en un horno a una temperatura de 105 ± 5 °C, y luego se pesaron nuevamente para obtener el peso del suelo seco.

Clasificación del suelo

La clasificación de las muestras de suelo permitió identificar y categorizar los diferentes tipos de suelos según sus propiedades físicas y mecánicas. Dos de los métodos más utilizados son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el método AASHTO. El SUCS clasifica los suelos en categorías como grava, arena, limo y arcilla, basándose en la granulometría y la plasticidad. Por otro lado, el método AASHTO se enfoca en la idoneidad de los suelos para la construcción de carreteras, agrupándolos en clases que van desde A-1 (gravas y arenas bien graduadas) hasta A-7 (suelos con alto contenido de limo y arcilla), considerando también el tamaño de las partículas, el índice de grupo y el índice de plasticidad.

Resultados y discusión

Fase 1. Inventario vial del estado actual del pavimento y drenaje

Las Figuras 1 y 2 se ilustran la condición actual de los elementos que conforman la vía, se debe mencionar que de la aplicación de las planillas “Planilla de inspección de la calzada” y “Planilla de inspección de los drenajes laterales” se obtuvieron los resultados mostrados.

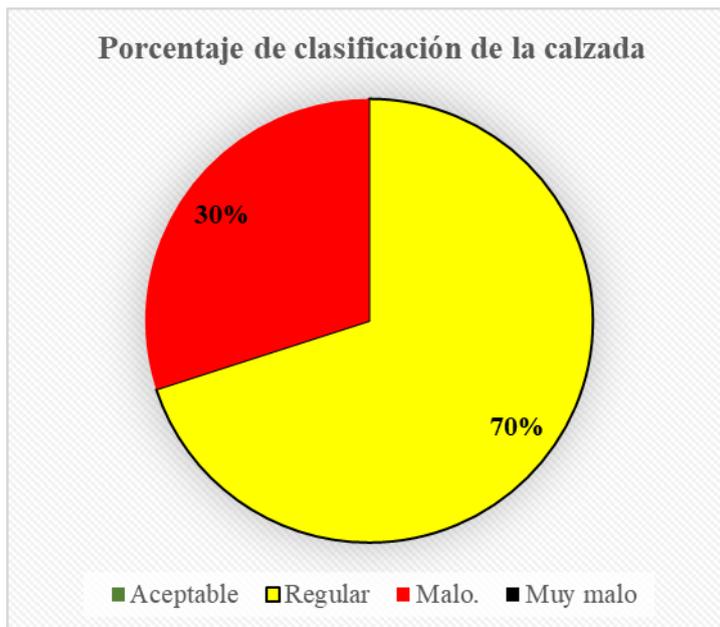


Figura 1. Porcentaje del estado actual de la calzada del tramo Av. Lago Mara y Plaza de Toros

Respecto al análisis del estado actual de la calzada del tramo en estudio, se reveló que aproximadamente el 70% de la superficie se encontró en condiciones regulares; mientras que, el 30% restante presentó un estado malo. Este deterioro significativo de la estructura del pavimento sugiere la necesidad de intervenciones urgentes para evitar un mayor deterioro.

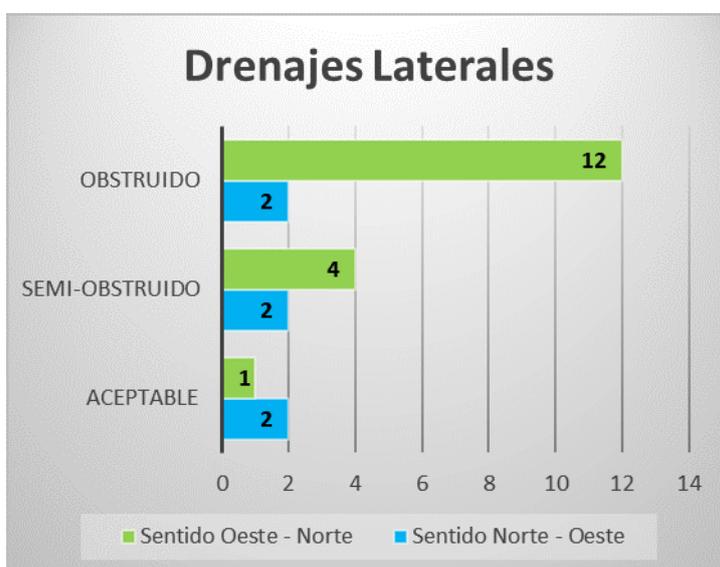


Figura 2. Clasificación de los drenajes laterales del tramo Av. Lago Mara y Plaza de Toros

Además, se observó que los drenajes laterales están mayoritariamente obstruidos o semi-obstruidos debido a la acumulación de vegetación y desechos sólidos, lo cual contribuye al mal funcionamiento del sistema de drenaje y acelera el deterioro de la vialidad. Es importante destacar también, la ausencia de drenajes laterales en la dirección norte-oeste, la falta de un adecuado sistema de drenaje no solo compromete la integridad del pavimento, sino que también incrementa los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo de la vialidad.

Fase 2. Aplicación de la metodología del PCI para determinar la condición del pavimento

Primero, se implementó la metodología del PCI mediante el uso de la planilla "Hoja de datos de estudio de PCI" identificando las fallas con su nivel de severidad, determinando el PCI para cada unidad de prueba con

la ecuación 4 y con la ecuación 5 de cálculo el PCI del tramo en el sentido norte – oeste y oeste – norte, en las figuras 3 y 4 se ilustran los resultados obtenidos.

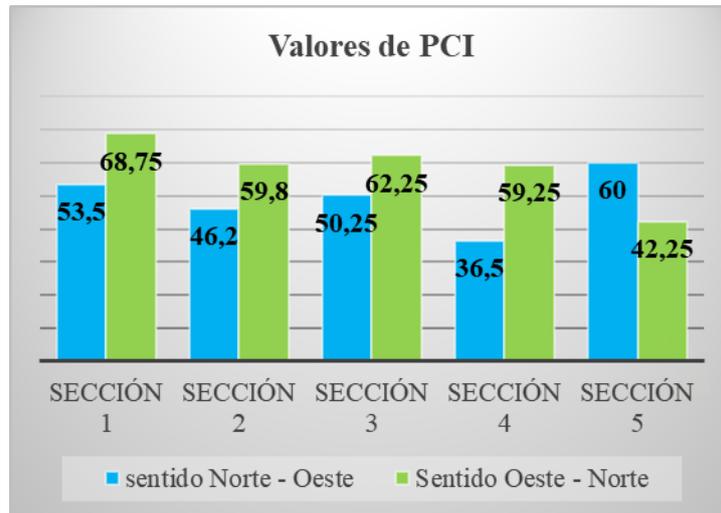


Figura 3. Valores de PCI del tramo av. Lago Mara y Plaza de Toros en el sentido N-O y O-N.

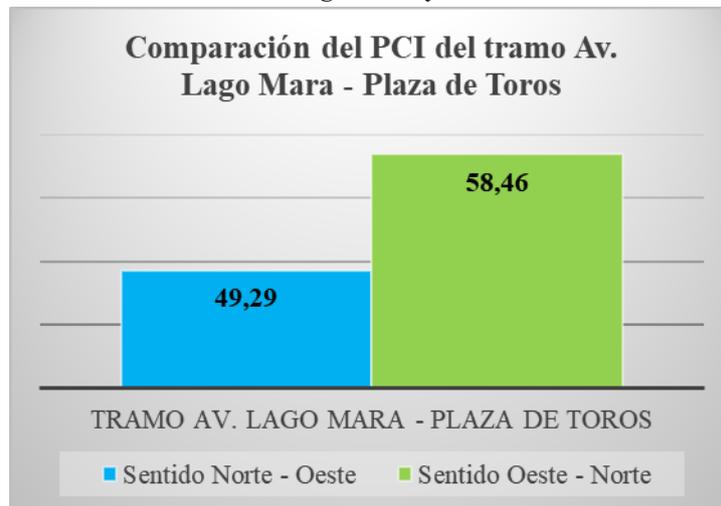


Figura 4. Comparación del PCI del tramo Av. Lago Mara – Plaza de Toros.

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 3, se observó que la sección 4, en el sentido norte-oeste, presentó un PCI de 36,5. Este valor indica una condición muy mala del pavimento, caracterizada por la presencia de numerosos huecos y hundimientos de alta severidad. Por otra parte, en la sección 4 en el sentido oeste – norte se observó un PCI de 59,25 el cual se clasifica como condición regular. La baja puntuación del PCI reflejó un deterioro significativo de la superficie de rodadura, lo cual no solo afecta la comodidad y seguridad de los usuarios, sino que también incrementa los costos de mantenimiento y reparación de la vía.

Comparando el tramo entre la Av. Lago Mara y la Plaza de Toros en ambos sentidos, se obtuvo que el sentido norte-oeste tuvo un PCI de 49,29, lo que indica un estado malo; mientras que, el sentido oeste-norte exhibió una condición regular. Se resalta que el sentido norte-oeste se encuentra en un estado crítico y requiere atención prioritaria.

Respecto a las fallas evaluadas en la Av. 16 Goajira, tramo Av. Lago y Plaza de Toros, se observó que el 33% corresponden a fisuras longitudinales y/o transversales, estas fallas son causadas por cargas de tráfico, movimientos verticales y horizontales del pavimento. Además, el 31% de las fallas son huecos, los cuales son causados por drenaje deficiente y cargas de tráfico. En la figura 5 se ilustran los tipos de fallas diagnosticadas en la vía estudiada.

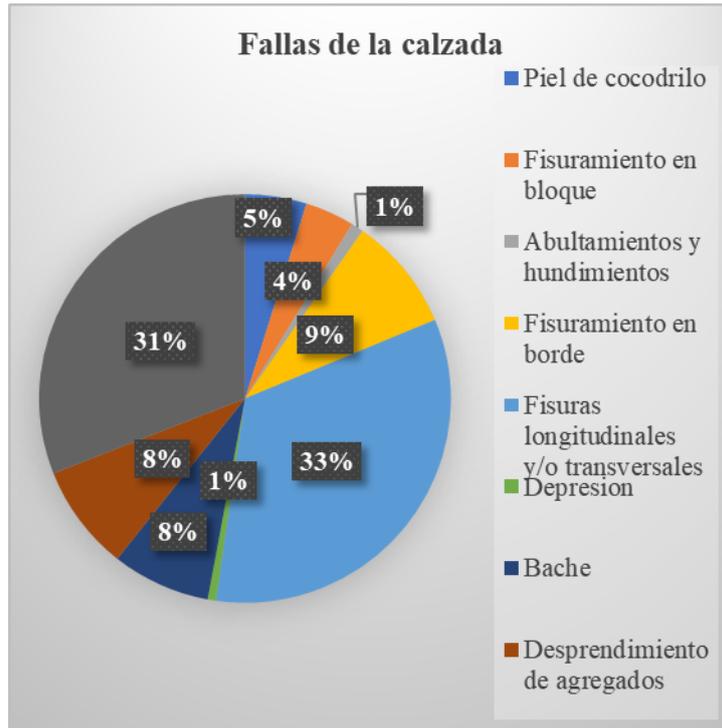


Figura 5. Fallas más recurrentes en el tramo Av. Lago Mara y Plaza de Toros.

Fase 3. Caracterización del suelo que sirve de soporte al pavimento

Ensayo de composición granulométrica por tamizado.

Utilizando la planilla de “Granulometría por tamizado”, se registró el peso retenido del suelo en cada tamiz y el porcentaje pasante correspondiente. Este proceso permitió determinar la distribución de tamaños de partículas en la muestra de suelo. Los resultados obtenidos se representan gráficamente en la figura 6, donde se muestra la curva granulométrica del suelo.

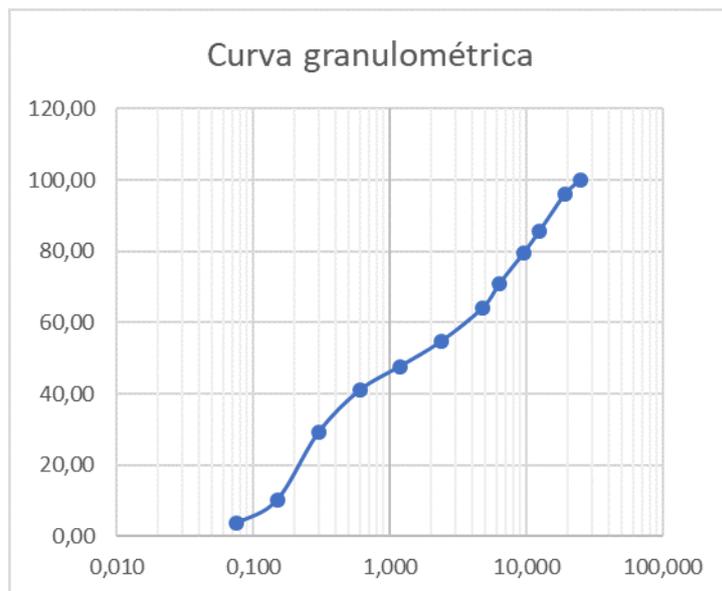


Figura 6. Curva granulométrica del suelo

Con respecto al ensayo de granulometría se obtuvo una precisión $< 0,3\%$, por lo cual se encontró en un rango aceptable según la norma ASTM C 136-06 [9] y, mediante la curva granulométrica, se determinaron los coeficientes de curvatura (C_c) y uniformidad (C_u), con el fin de conocer si el suelo está bien gradado o no. El coeficiente de uniformidad se calculó según la ecuación 6 y el coeficiente de curvatura se calculó tal como se visualiza en la Ecuación 7.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (\text{Ec.6})$$

$$C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (\text{Ec.7})$$

Como resultado se obtuvo un C_u de 25,44 y un C_c de 0,19, según el sistema S.U.C.S. para que un suelo este bien gradado debe cumplir con un $C_u < 3$ y un $1 < C_c < 3$, lo cual indica que el suelo no está bien gradado, y amerita tratamientos o mezcla con otros materiales para mejorar sus propiedades físicas evitando así, problemas de compactación y estabilidad.

Ensayo límites de consistencia

Con la aplicación de la planilla de “límites de consistencia” se registraron los porcentajes de humedad de las muestras correspondientes al límite líquido y al límite plástico. Además, se presentaron los valores del límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad del suelo. En la Figura 7 se muestra la curva utilizada para la determinación del límite líquido, proporcionando una representación visual de cómo se comporta el suelo bajo diferentes condiciones de humedad.

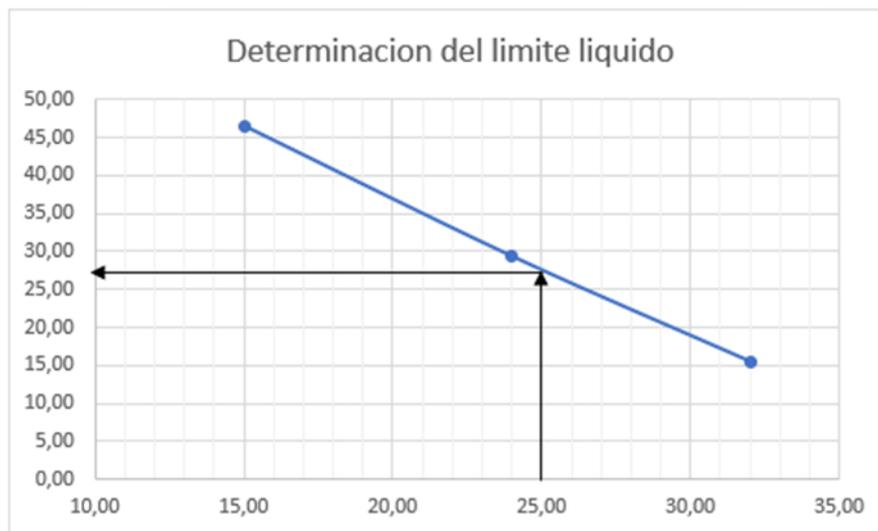


Figura 7. Determinación del límite líquido en la curva de flujo

Un valor de índice de plasticidad del 14% indica una plasticidad moderada, lo que hace que el suelo sea susceptible a la deformación bajo carga y a retener más agua, afectando su estabilidad. Esto puede requerir medidas adicionales de estabilización, como un buen drenaje o la adición de materiales estabilizantes.

Clasificación del suelo

Siguiendo el método A.A.S.T.H.O. primero se determinó el índice de grupo (IG) mediante la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35) \times [0,2 + 0,005 \times (LL - 40) + 0,01 \times (F - 15) \times (IP - 10)] \quad (\text{Ec.8})$$

Obteniendo un $IG = 0$. Ahora bien, en base a los requerimientos expuestos en la norma, se debe verificar una serie de condiciones para determinar el tipo de suelo, por lo cual para un $IP = 14\%$, $LL = 28\%$, % pasante

N° 10 = 49,94 %, % pasante N° 40 = 35,02 y % pasante N° 200 = 3,59, se tiene que el suelo pertenece al grupo A-2-6, el cual es un suelo de grava y arena arcillosa limosa, con un comportamiento en la subrasante de regular a pobre.

Por otra parte, de acuerdo al método SUCS se tiene con base al análisis granulométrico, un valor de $C_u = 25,44$ y un $C_c = 0,19$ por lo cual es un suelo mal gradado. Ahora bien, el % pasante N° 200 < 50%, lo clasifica como un suelo grueso; además tuvo un % pasante N° 4 > 50% y un % pasante N° 200 = 3,59 %, por lo que se clasifica como un suelo arenoso mal gradado (SP).

Conclusiones

El inventario vial reveló el mal estado de los drenajes en el tramo oeste-norte, los cuales en su mayoría se encuentran obstruidos, además de la falta de drenajes laterales en el sentido norte – oeste, lo cual es un factor que influye en el estado de la condición del pavimento.

Aplicando la metodología del PCI, en el tramo de la Av. Lago Mara – Plaza de Toros, se registró una diferencia en el valor del PCI, en el sentido norte-oeste, con valor de 49,29%, lo que califica al pavimento de mala condición. Por otro lado, en el sentido oeste-norte, se obtuvo un PCI de 58,46%, catalogado como de condición regular. Esta diferencia se debe a las fallas recurrentes, con un 33% de fisuras longitudinales y/o transversales y un 31% de huecos, causadas por las cargas de tránsito que soporta la estructura, la falta de drenajes en el sentido norte-oeste y el mal estado de los drenajes laterales en el sentido oeste-norte, lo cual aumenta el deterioro de la vía en ese sentido.

Al realizar la caracterización del suelo a través de los ensayos de laboratorio de Granulometría y límites de consistencia a la muestra de suelo obtenida en las progresivas 2+951 y 3+863 en el sentido norte-oeste, indicaron que la mala gradación del suelo, atribuida a la falta de partículas de tamaño medio, está afectando negativamente su estabilidad. Además, se calculó el índice de plasticidad del suelo (14%), junto con el índice de grupo (IG=0) los cuales son indicadores de baja capacidad soporte del suelo para las cargas actuales del tránsito, y que posiblemente esté afectando la estructura del pavimento, manifestándose en las fallas recurrentes existentes.

Referencias bibliográficas

- [1] Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnologías, *Manual completo Diseño de Pavimentos*, 1a ed. 2004.[En Línea]. Disponible en: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2021/01/diseno-de-pavimentos-umss.pdf>
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials, *AASHTO guide for design of pavement structures*. 3aed. Nueva York, Estados Unidos, 1993.[En Línea]. Disponible en: <https://habib00ugm.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/05/aashto1993.pdf>
- [3] E. Juárez, y A. Rico, *Mecánica de Suelos*, 2a ed. Editorial Limusa. México, 1974.[En Línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/43300523/MECANICA_DE_SUELOS_TOMO_I_JUAREZ_BADILLO
- [4] Alianza de medios, “Vías de Venezuela: aventura peligrosa”, *Correo del Caroní*, 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://correodelcaroni.com/pais-politico/vias-de-venezuela-aventura-peligrosa/>
- [5] J. Cruz, “Megahueco se traga carro en la avenida Goajira”, *Diario Versión Final*, 2022. [En Línea]. Disponible en: <https://diarioversionfinal.com/ciudad/megahueco-se-traga-un-carro-en-la-avenida-guajira/>
- [6] E. Márquez, “Propuesta de plan de mantenimiento correctivo – preventivo de la vía pública Paseo Colon, Municipio Libertador, Caracas”, trabajo especial de grado. Univ. Nueva Esparta. Caracas, Venezuela, 2018. [En Línea]. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/5192821>

[7] L. Gómez, “Evaluación del pavimento flexible en la Avenida El Milagro del estado Zulia aplicando la metodología del índice de condición de pavimento”, trabajo especial de grado. Univ. Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela, 2024.[En Línea]. Disponible en: <https://documentos.uru.edu/pdf/2301-24-14313.pdf>

[8] American Society for Testing and Materials, ASTM D-6433-07, Práctica, estándar para estudios del índice de condición del pavimento de carreteras, Norma 6433, Estados Unidos. ASTM International, 2007.[En Línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/472807352/ASTM-D-6433-07-en-es>

[9] American Society for Testing and Materials, ASTM C-136-06, Métodos Reglamentarios de Prueba o Ensayo para el Análisis de Agregados Finos y Gruesos, norma 136, Estados Unidos. ASTM International, 2006. [En Línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/290637472/ASTM-C-136>

[10] American Society for Testing and Materials, ASTM D-4318, Los métodos estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos, Norma 4318, Estados Unidos. ASTM International, 2005.[En Línea]. Disponible en: <https://ensayosdelaboratoriosuelos.files.wordpress.com/2015/12/traduccic3b3n-astm-d4318.pdf>