



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES ASOCIADOS QUE AFECTAN EL
COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO EN LA
CIUDAD DE ICA, AÑO 2016**

PRESENTADO POR:

HERNANDEZ PAREDES KIARA JANETH

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ICA - PERÚ

2016

DEDICATORIA:

A mis padres por el sacrificio que realizaron día a día en esta etapa profesional y motivan a alcanzar mis anhelos y metas.

AGRADECIMIENTO:

A mis amigos por el apoyo brindado en todo momento en el desarrollo de mi trabajo científico. A mis docentes por la formación académica y experiencias brindadas en mi época universitaria.

RECONOCIMIENTO:

A las autoridades de la escuela profesional de Ingeniería Civil - Universidad Privada "Alas Peruanas" de Ica, quienes me han brindado el la oportunidad de desarrollar capacidades para realizar el presente proyecto de investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA	
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RECONOCIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	ix

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2.	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
	1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL	2
	1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL	2
1.3.	PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	2
	1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL	2
	1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	2
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
	1.4.1. OBJETIVO GENERAL	3
	1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	3
	1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	3
	1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	3
	1.5.3. VARIABLES (OPERACIONALIZACIÓN)	4
1.6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
	1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	6
	a) TIPO DE INVESTIGACIÓN	6
	b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN	6
	1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	6
	a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	6
	b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	6
	1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	6
	a) POBLACIÓN	6
	b) MUESTRA	7

1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
a) TÉCNICAS	7
b) INSTRUMENTOS	7
1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES	7
a) JUSTIFICACIÓN	7
b) IMPORTANCIA	7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	8
2.2 BASES TEÓRICAS	10
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	43

CAPÍTULO III PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS	44
3.1.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS	57
3.2 CONCLUSIONES	62
3.3 RECOMENDACIONES	63
3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN	64
3.5 ANEXOS	66
3.5.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	67
3.5.2 ENCUESTAS – CUESTIONARIOS – ENTREVISTAS	68

RESUMEN

Esta investigación tuvo como finalidad determinar los factores asociados que perturban el procedimiento del asfalto de concreto.

La metodología que se llevó a cabo para el presente estudio fue de naturaleza aplicada porque se asienta en el análisis y revisión de documento, archivo, páginas web, textos y demás información útil que fundamenta este trabajo.

De acuerdo al nivel empleado fue un nivel descriptivo – explicativo por cuanto se describió el fenómeno observado y se explicaron las causas que intervinieron como factores que predispusieron a que ocurra el evento.

Para el presente estudio se está tomando en cuenta solo la parte perimetral del cercado de Ica, según la opinión de 50 especialistas que constituyen la totalidad de la población de estudios siendo los ingenieros civiles de Ica.

La congestión y el medio ambiente son los componentes que se relacionan con el tiempo de vida del asfalto en el contexto de Ica. El resultado que se logró fue de $r = 0,668$ se logra la relación causal.

PALABRAS CLAVES:

Tránsito, medio ambiente, pavimentos.

ABSTRACT

This research aimed to determine the associated factors that affect the performance of pavement concrete.

The methodology that was carried out for this study was applied in nature because it is based on the analysis and review of document, file, web pages, texts, and other useful information which based this work

According to the employee level was a descriptive level - explanatory described the observed phenomenon and they explained the causes that they intervened as factors that predisposed to which the event occurs.

For the present study is taking into account only the part perimeter fencing of Ica, in the opinion of 50 specialists that make up the entire population of studies being civil engineers of Ica.

Traffic and the environment are associated elements that affect the practical and organized performance of the pavement in the city of Ica. The result that was $r = 0.668$ is achieved the causal.

KEY WORDS

Transit, environment, flooring.

INTRODUCCIÓN

Al hacer referencia al tema de pavimentos de concreto, se puede asociar la estructura con su volumen y por lo tanto pasa la mayoría de tiempo bajo los efectos del medio ambiente por medio de los niveles térmicos y humedad, estos efectos ejercen acciones sobre las manifestaciones observadas en los pavimentos.

Se debe tener en claro que los factores mencionados son el inicio y las consecuencias de los pavimentos convirtiéndose en un desarrollo constante de daños si no se prevé de manera oportuna.

Al comprobarse los daños en el pavimento se inicia la pérdida de transitabilidad, situación que causa la reducción del tiempo de duración del pavimento. Esta situación hace que despierte el interés por investigar las condiciones del pavimento y cuantificar el valor de su contribución de cada uno de estos elementos del mismo.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El especialista de ingeniería debe tener decisiones certeras frente a la rehabilitación de los pavimentos con la finalidad de que sea rentable, pero es necesario contar con información y tiempo exacto sobre este momento, al tener esta información se podrá evaluar su situación desde el punto de vista eficaz, ordenado y visual. (Argueta y otros. 2009)

Teniendo como premisa que en la ciudad de Ica se vienen realizando trabajos de modificaciones de red de agua y desagüe acompañado a ello tenemos los trabajos que realiza Contugas, dejando como consecuencia que los pavimentos queden en mal estado y sea necesaria su rehabilitación.

Los orígenes de los pavimentos se inician desde los años 1900 en los estados Unidos (ciudad de Ohio) desde entonces la utilización de los materiales de construcción son muy frecuentes a nivel mundial.

La continuación del esparcimiento de las vías de concreto durante el siglo XX es como sigue:

De 1920 hasta 1939 se usaron pavimentos hechos de concreto hidráulico en las obras viales de Norteamérica y extendiéndose en Europa.

En 1940 hasta 1950 se inicia con las construcciones viales de concreto.

1960 a 1970 se intensificó la aplicación del concreto en las obras viales de Norteamérica.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

El ámbito geográfico para el desarrollo de este trabajo fue la ciudad de Ica.

1.2.2 TEMPORAL

El tiempo que duró todo el proceso de investigación fue durante todo el año 2016.

1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL:

¿Cómo afectan los diversos factores que se asocian al comportamiento del pavimento de concreto en Ica?

1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

¿Cómo afectan los diversos factores relacionados al tráfico en el comportamiento del pavimento en Ica?

¿Cómo afectan los factores relacionados al medio ambiente en el comportamiento del pavimento en Ica?

¿Cuál es el comportamiento operativo del pavimento en Ica?

¿Cuál es el comportamiento organizado del pavimento en Ica?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Investigar los componentes que perturban el procedimiento del asfalto de concreto en Ica.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Demostrar si los componentes relacionados al tráfico afectan el procedimiento del asfalto en Ica , 2016.

Describir los diferentes elementos que afectan al medio ambiente relacionados al comportamiento del pavimento en Ica

Detallar la conducta funcional del pavimento en la ciudad de Ica.

Describir la conducta planificada del pavimento en Ica.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

La congestión y el medio ambiente son elementos que se asocian a la perturbación en el proceso funcional y planificado del pavimento en Ica

1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Los factores asociados al tráfico afectan significativamente en la aparición de perturbación en el asfalto.

Los elementos relacionados al medio ambiente perturban directamente en la conducta funcional del asfalto en Ica

Al perturbarse el asfalto ocasionan grandes fallas en la conducta funcional del pavimento en Ica.

Existe un significativo índice de fallas en el comportamiento organizado del pavimento en Ica.

1.5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente: Factores asociados

A. Definición Conceptual:

Se entiende por factores a aquellos elementos que pueden condicionar una situación, volviéndose los causantes de la evolución o transformación de los hechos. (Definición ABC, 2007)

B. Definición Operacional:

Se medirá a través del comportamiento operativo y organizado.

Variable dependiente: Comportamiento de Pavimentos

A. Definición Conceptual:

Es el contenido funcional y estructural que tiene como propósito ofrecer una superficie segura y cómoda. (Biblioteca UDEP, 2010)

B. Definición Operacional:

Son las modificaciones obstaculizan el desplazamiento de hombres y vehículos. (Biblioteca UDEP, 2010)

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE (X): FACTORES ASOCIADOS

DIMENSIONES	INDICADORES
Congestión	Forzamiento de curvatura Inflexiones en uniones Grietas Esquinas Borde del asfalto
Medio ambiente	Modificaciones de tiempo Exudación de aguas Agua subterránea
VARIABLE DEPENDIENTE: COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS	
Procedimiento funcional	Contextura Fricción superficial Diseño de la carretera Fisuras
Comportamiento estructural	Capacidad estructural del concreto Transferencia de cargas Características superficiales Características estructurales Condición física

Fuente: Elaboración propia

1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

a) Tipo de Investigación

Según la naturaleza de las variables es un estudio de tipo aplicado porque se fundamenta en la aplicación de la teoría existente a la realidad investigada.

b) Nivel de Investigación

Corresponde a un nivel descriptivo – explicativo por cuanto se describió el fenómeno observado y se explicó las causas que intervinieron como factores que predispusieron a que ocurra el evento.

1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: (Hernández y otros. 2010. p.140)

a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se tuvo que utilizar el procedimiento inductivo – deductivo para determinar las peculiaridades del problema.

b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación tuvo un diseño observacional, explicativo de corte transversal, prospectivo y no experimental.

1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) POBLACIÓN

Participaron 50 ingenieros civiles de dicho distrito.

b) MUESTRA

Para el presente estudio se está tomando en cuenta solo la parte perimetral del cercado de Ica, según la opinión de 50 especialistas, ingenieros civiles del distrito de Ica, que constituyen la totalidad de la población de estudios.

1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) TÉCNICAS

Se aplicó el registro de las observaciones

b) INSTRUMENTOS

El instrumento a utilizar fue la ficha de registro que sirve para valorar los elementos relacionados que dañan el procedimiento del asfalto de concreto durante el 2016.

1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

a) JUSTIFICACIÓN:

El estudio se llevó a cabo para conocer la realidad existente y transmitir estas informaciones a las autoridades de turno sobre los elementos correspondientes que producen cambios en el procedimiento de los suelos de concreto.

b) IMPORTANCIA

La investigación es importante porque generará alternativas que puedan ser utilizadas para mejorar las condiciones de las vías y así contrarrestar el comportamiento que se origina, de tal manera, que se pueda tener una ciudad en buen estado, permitiendo evitar accidentes de tránsito.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Con respecto la búsqueda de los antecedentes de la presente tesis no se encontró ninguna tesis con idénticas características, sin embargo, las que a continuación se exponen, en términos generales, guardan relación por estar descritas a la inconstante de estudio.

- Camposano y García (2012). Diagnóstico del estado nutricional de la vía Av. Argentina – 2012.

Diagnostica el tramo de la vía existente haciendo uso del método de evaluación del PCI, según el criterio y parámetros de la Norma ASTM 5340-98, el cual pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura, con un trabajo de campo, en el cual se realiza el recorrido de la vía anotando las fallas localizadas y determinando la severidad de las mismas, haciendo uso de instrumentos de medición y el catálogo de fallas para pavimentos asfálticos. Después del levantamiento de fallas se realiza el trabajo en gabinete con el cálculo final de PCI, siendo este el primer paso para lograr una vía pavimentada de mejor calidad y que cumpla correctamente su tiempo de vida útil.

Se espera que esta investigación sirva como material de consulta a estudiantes de pregrado o posgrado, esto con el fin de confrontar y comparar los conceptos técnicos, académicos y parámetros empleados para los diferentes tipos de diseño, determinando las diferencias en que ellos se derivan y que al ser aplicados puedan o no desarrollar resultados objetables e inadecuados con respecto a los comportamientos de la situación real de la estructura.

- Ruíz (2011); tuvo como objetivo determinar las patologías producidas en pavimento rígido en la zona norte de Venezuela. Este es un estudio de tipo descriptivo explicativo y concluyó que se evidencian deterioros severos en su estructura, lo que justificó elaborar diseños, proyectos y ensayos en laboratorios para verificar si las características de los materiales utilizados en esta vía son los más adecuados.
- Cazualde (2008). Tuvo como objetivo entregar los antecedentes históricos y básicos de los estudios realizados sobre la materia, deteniéndose en el de Brasil por su mayor importancia y en Chile, desarrollados por Lorena Araya Carvajal y José Antonio García por ser más explícitos y encontrarse en la dirección de la presente investigación. Al concluir logró precisar que los pilotos no son confiables, obtuvieron información muy reducida que no permitió asociar los datos recolectados, situación que no permitió ser ajustado. Además se pudo detectar que el modelo de pérdida de material objeto lo que ocurre en la situación para los rangos de material fino que se utiliza en nuestro país.
- Altamirano (2007) concluye que la mayoría de los deterioros encontrados corresponden al fisuramiento de las estructuras de pavimentos que, por falta o inadecuado mantenimiento, progresan hasta tal grado de generar, a través de su evolución, deterioros mayores como: fisuramiento en bloques, baches de profundidad que afecta el tráfico, deficiencia en los materiales de sellos producto del alabeo de las

losas por los cambios volumétricos debido a las temperaturas permitiendo esfuerzos de flexión en el interior de las grietas y ocasionando fracturamiento superior y descascaramientos, peladuras con incidencia de rugosidades altas y moderadas.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. Factores relacionados al deterioro de caminos pavimentados

2.2.1.1. Definición

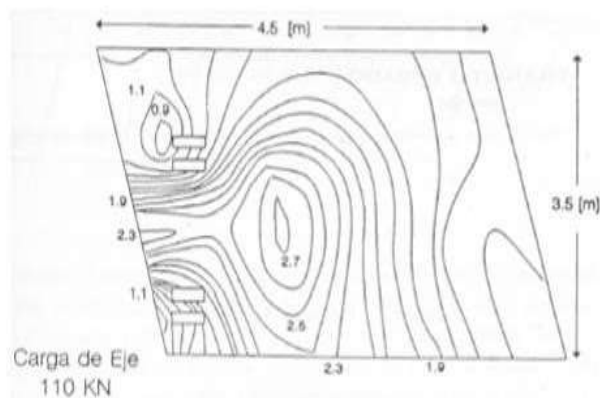
Son aquellos componentes que establecen un contexto, convirtiéndose en los actores de su detrimento.

2.2.1.2. Componente que alteran el procedimiento del asfalto de concreto

a) Tráfico

En el primero se inducen esfuerzos internos y deformaciones que acumulan fatiga en cada pasada, dichos esfuerzos son críticos cuando la losa presenta una deformación de alabeo cóncavo, tal como lo muestra el isograma de tensiones de la figura 01, donde los esfuerzos son máximos en el centro de la cara superior de la losa y en la zona central de los bordes superiores.

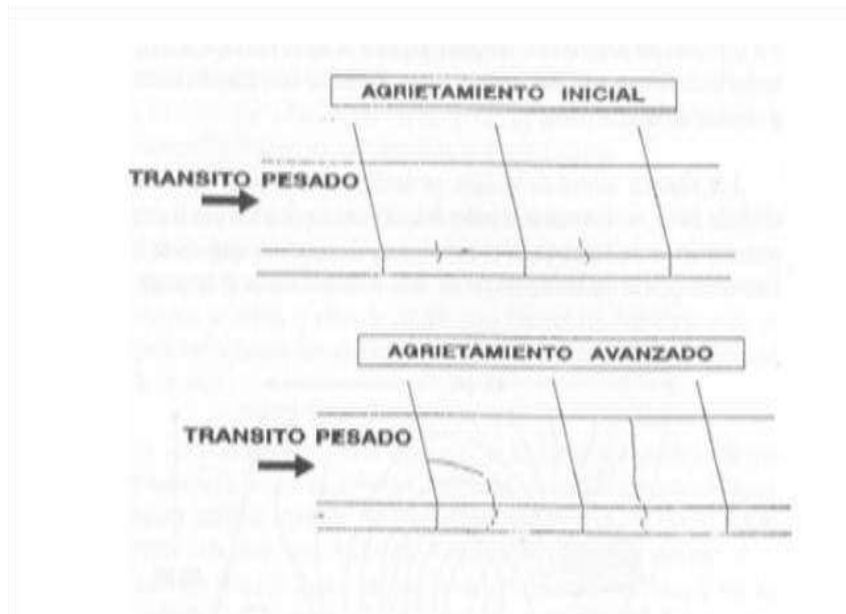
Figura N° 01: Curvas de Isofuerzos



Fuente: ASOCEM

Al cabo de muchas repeticiones de carga, el material alcanza un fatigamiento que se manifiesta en la aparición de fisuras en dichos puntos, los que luego se propagan hacia abajo afectando todo el espesor de la losa, como se ilustra en la figura 2. Es claro que si en los sectores de altos esfuerzos de flexo tracción preexisten fisuramiento iniciados por retracción plástica en el concreto fresco, la propagación de las fisuras se facilita grandemente y el fatigamiento se acelera.

Figura N° 02: Molde de agrietamiento



Fuente: ASOCEM

b) Medio Ambiente

Los cambios de temperatura y humedad pueden tener consecuencias sobre la firmeza, estabilidad y desplazamiento de carga del pavimento y de los suelos de la subrasante. Además se modifican continuamente las condiciones de apoyo y de contorno.

La infiltración de agua a través de la superficie, juntas, grietas, o como manantiales localizados contribuyen al desarrollo de fallas

en los pavimentos de concreto como son: inestabilidad de la subrasante, del concreto debido a fisuras de durabilidad.

Cerdegreen demostró que las cargas dinámicas producen incrementos más importantes de la presión de poros justo en el momento del pesaje de la carga y en consecuencia, hay una reducción notable de la capacidad de carga.

El alabeo es la deformación cóncava con profundidad.

El curvado hace referencia a las variaciones de temperatura.

Evaluación del pavimento existente

La valoración de éste reside de tres resúmenes primordiales: evaluación de la serviciabilidad (condición operativa), valoración del desplazamiento organizado y la indagación visual. Usualmente, la valoración de un pavimento radica en establecer los detrimentos efectivos en éste, así como las procedencias de origen. Asimismo, tiene por objeto establecer un diagnóstico que permita seleccionar y proyectar la solución de mantenimiento o rehabilitación más adecuada para cada uno de los tramos homogéneos en que puede dividirse la carretera en estudio.

Se debe considerar los siguientes aspectos:

- Debe ser sistemática y permanente, para buscar las medidas preventivas o correctivas más adecuadas.
- No se debe asumir determinadas condiciones o propiedades de los materiales.
- Diferenciar entre consecuencias negativas que afectan la disposición de la circulación, y al desperfecto y disminución del contenido de carga del asfalto.

a) Evaluación funcional

Se entiende por evaluación funcional la inspección superficial realizada en una vialidad con el fin de establecer las averías que perturban al usuario, pero que no comprometen la capacidad estructural del pavimento.

Cada indicador generalmente es expresado a través de procedimientos, en las que se acopia una serie de medidas del suelo. Para cada indicador existen tablas en las cuales se dan valores que indican en qué condición se encuentra el pavimento, generalmente cada país en su norma de pavimentos establece estos límites.

En el caso de nuestro país no existe una norma respecto a estos indicadores, solo existe un reglamento de especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras, aprobado con R.D.N 1146 – 2000 – MTC / 15.17 del 27 de diciembre del 2000. En este reglamento, se presentan algunas técnicas de rehabilitación superficial para pavimentos asfálticos.

Los diversos organismos internacionales que investigan los pavimentos han creado diversos índices que permiten evaluar en qué estado se encuentra, esto con la finalidad de recomendar una rehabilitación oportuna.

Elementos fundamentales del asfalto

Estos datos instituyen, categorías para evaluar el pavimento. Su finalidad principal es definir en qué estado se encuentra superficialmente el pavimento, pero también puede ser un indicador de la necesidad de realizar una evaluación estructural.

Otros datos como el IFI (Índice de Fricción Internacional). La importancia de este indicador radica en que un pavimento con un IFI

determinado, esté donde esté, presenta las mismas características de adherencia y textura, con independencia del tipo de pavimento que sea y del equipo de medida que se haya empleado para obtenerlo.

i. Índice de serviciabilidad presente (PSI).

Corresponde a la seguridad que distingue el usuario al recorrer en el pavimento, fue perfeccionado por AASHTO.

La forma de medición de este índice ha variado, en un principio se realizaba en forma subjetiva a través de cinco conductores, quienes transitaban en el pavimento varias veces evaluando su confort en una escala de 0 (pésimo) – 5 (excelente). Al ser relativa podía mostrar un horizonte erróneo, por lo que el proceso de medición fue objeto de modificaciones. Para reflejar mejor la situación del pavimento se añadieron medidas como: rugosidad, agrietamientos, ahuellamientos, baches, para finalmente, a través de métodos estadísticos, obtener el PSI.

$$PSI = 5.41 - 1.78 * \log(1 + SV) - 0.09 * (C + P)^{0.50}$$

Dónde:

PSI : Índice de Serviciabilidad Presente.

SV : Varianza de la pendiente longitudinal x 102 (pulg/pie), simboliza el repliegue del pavimento medida con Perfilómetro u otro instrumento.

C : Aumento de agrietamientos tipo “fracturación múltiple” ($\text{pie}^2 / 1000\text{pie}^2$).

P : Área cubierta

Los niveles de valoración que se corresponderán en la calificación del estado del pavimento a través del PSI se expresan en la tabla 01:

Tabla Nº 01 : valoración de la serviciabilidad

0 – 1	Muy pobre
1 – 2	Pobre
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Fuente: Guía AASHTO

La arruga es la medida que rige el valor del PSI, es el elemento que el usuario utiliza para calificar la propiedad del pavimento. Siendo significativo utilizar una herramienta confidencial.

Existen diferentes equipos para medir la rugosidad o pendiente longitudinal desde los más tradicionales como el rugosímetro, perfilómetro hasta instrumentos modernos de última generación como el perfilógrafo láser, el analizador de perfil longitudinal (APL), etc.

Perfilógrafo láser de alto rendimiento

Es un dispositivo dispuesto para inspeccionar los complementos longitudinalmente y perpendiculares de las autopistas, así como la contextura de las mismas. (Badilla, 2008)

Figura N° 03: Perfilógrafo de alto rendimiento



Frontalmente se compone de una barra aprovisionada de 15 aparatos láser para medir la exactitud superficial. En dicha barra va también situada nuevo aparato láser para trazar la estructura. Los extremos de la barra de prevención son retráctiles para que el ancho no destaque el del proporcionado automóvil durante el transporte. Dada la elevada velocidad de medida (entre 25 y 120 km/h, dependiendo de la separación entre perfiles consecutivos), el ensayo se puede realizar sin que la medición afecte al desarrollo normal del tráfico. (Biblioteca UDEP, 2009)

ii. Índice de regularidad internacional (IRI).

Este índice como su propio nombre lo indica evalúa el estado de la superficie del pavimento, en qué condiciones se encuentra, por lo tanto al igual que el PSI está relacionado con el confort del usuario al transitar en el asfalto. El IRI es el número de irregularidades

En la actualidad hay diversos instrumentos que permiten obtener el IRI de una manera rápida y precisa, como el perfilómetro pivotante, el SCRIM, etc.

Perfilómetro pivotante (Dipstick)

Vale para la valoración de la precisión ligera de los pavimentos.

Mide y graba, automáticamente, en la memoria del microordenador incorporado, la diferencia de cotas entre puntos separados secuencialmente 250 mm, pivotando alternativamente alrededor de sus dos patas de apoyo. Los datos de elevación registrados son procesados con la ayuda de un software para observar los datos de Regularidad Internacional (IRI). Se aplica de forma manual y por un solo operante, y su rendimiento es de 200 m/día.

Figura Nº 04: Perfilómetro pivotante



El IRI no simplemente se usa para valorar asfaltos viejos. En algunos terruños como España, se emplea para la aceptación de trabajos nuevos.

Se ha señalado que el IRI no corresponde prevalecer explícitos valores para realizar la recepción de carreteras.

Tabla N° 02: Valoración de IRI (m/km) a nivel mundial

Categoría	B	R	M	Rechazo	Recepción
EE.UU	< 2.4	2.4 – 4.7	> 4.7		
España	0 – 2.5	2.5 – 4.0	> 4	2.5	1.85
Chile	0 – 3	3.0 – 6.0	> 4	2.5	2.5
Honduras	< 3.5	3.5 – 6.0	> 6		
Uruguay	< 3.9	4.0 – 6.0	> 4.6		

Fuente: Alvarenga (2002)

iii. Índice de estado (IE)

Proporciona el mando de la indagación en un horizonte normal, Se ha perfeccionado la fórmula de acuerdo a la clasificación del pavimento.

La fórmula general es:

$$IE = 10 \times e^{(-\sum ai \times Di)}$$

Donde **ai** es el coeficiente de peso, que depende del tipo de la capa de rodamiento del pavimento evaluado, según sea flexible con capa de rodamiento de concreto asfáltico, flexible con tratamiento bituminoso superficial, o rígido adoptan valores entre 0.04 y 0.08.

Di es el factor que incrementa el valor de falla, acoge productos correspondientes entre 0 y 10, siendo los mayores valores a situaciones más desfavorables.

$$IE = 10 \times e^{-(0.05 D1 + 0.09 D3)}$$

Dónde:

D1: Deformación longitudinal

D3: Fisuras

La categoría determinada para valorar un asfalto por medio del IE queda entre 1 y 10, perteneciendo a los mejores estados de los pavimentos.

Tabla N° 03: Rangos de IE según el estado del pavimento

Rango de I.E	Situación del asfalto	Recomendación
7 – 10	Bueno	Mantenimiento anticipado
5 – 7	Regular	Exposición para establecer la utilidad de enfrentar oportunamente las fallas con tareas de mantenimiento
< 5	Deteriorado	Requiere aplicación inminente (rehabilitación)

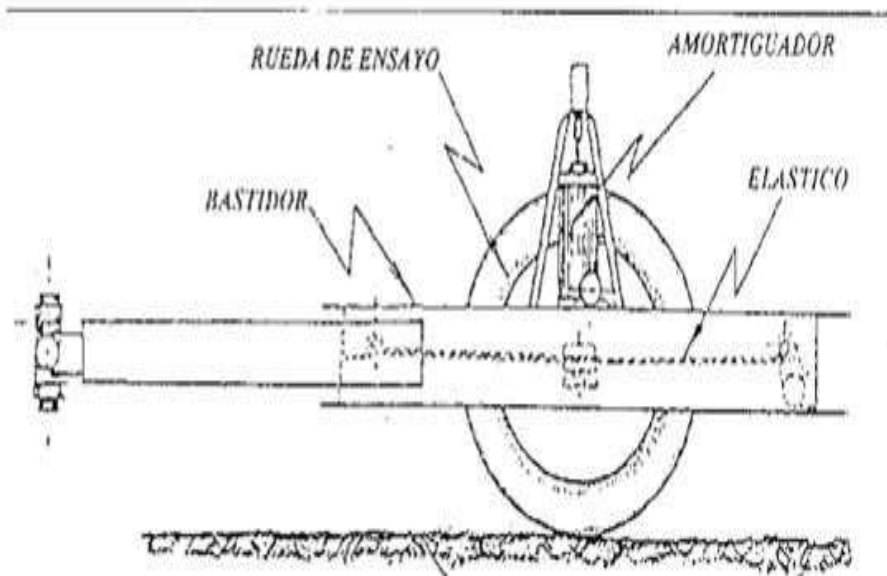
D1: Deformación longitudinal

La determinación del coeficiente D1 se efectúa mediante la aplicación de un rugosímetro analizador de perfil longitudinal, equipo especialmente concebido para el registro de las deformaciones longitudinales de la calzada.

En la figura 5 se muestra el equipo utilizado (rugosímetro), consiste básicamente en una rueda de ensayo que se encuentra montada dentro de un bastidor rectangular mediante dispositivos de suspensión y amortiguación adecuados.

Al ser remolcado el conjunto a lo largo del camino, la rueda de ensayo oscila verticalmente con respecto al bastidor horizontal, en proporción a las deformaciones de la calzada, lo cual es medido y registrado en el aparato.

Figura N° 05: Rugosímetro para conseguir factores D1



Fuente: DNV

Este dato indica el movimiento vertical de caída realizado por la rueda del estudio, en medidas por kilómetros de carretera.

Tabla N° 04:

Valoración D1: rugosidad para pavimentos rígidos

Rugosidad (m/km)	Coficiente D1 correspondiente
0 – 1.8	0
1.9 – 2.1	1
2.2 – 2.5	2
2.6 – 2.9	3
3.0 – 3.3	4
3.4 – 3.6	5
3.7 – 4.0	6
4.1 – 4.5	7
4.6 – 5.0	8
5.1 – 5.5	9
> 5.5	10

D3: Fisuración

Para la determinación del coeficiente D3 el procedimiento a utilizar consiste en efectuar una inspección visual, comparando la clase de

fisuramiento presente en el pavimento con un catálogo de fallas para ese fin.

En el inventario prototipo se muestran productos dominantes 2, 4, 6, 8, 10 del coeficiente D3 equivalente a grados de fisuración característicos, reflejados en las fotografías.

Con los datos evidenciados del estado de un asfalto se concluye:

1. Para la obtención de los tres indicadores se necesitan instrumentos, que se sitúan como convencionales como son el rugosímetro hasta equipos sofisticados como el perfilógrafo láser.
2. El IRI permite la asimilación entre los pavimentos empleados en cualquier país del mundo.
3. El indicador de Estado (IE) es el que reúne en una sola receta los daños más significativos que conmueven a un pavimento.
4. El IRI se puede aplicar a asfaltos nuevos y antiguos. Efectivamente, en países como España, este índice es aplicado como una experiencia final al momento de ejecutar la aceptación de una obra de pavimentación.

b) Evaluación organizada

La evaluación estructural se refiere a una apreciación de los tramos cuyo momento ha declinado incluso el pavimento ha minimizado su capacidad de resistir cargas; y cualquier esquema de sustento habitual ya no es realizable. Consecuentemente, dichos espacios deben ser restituidos para que regresen a ser transitables.

El principal objetivo de la evaluación estructural es determinar la capacidad organizada positiva del pavimento, ya que de ella va obedecer que el refuerzo sea correctamente diseñado.

Hay tres formas de establecer la capacidad organizada del asfalto existente:

- Desplazamiento establecido en la investigación visual y ensayo de materiales.
- Desplazamiento fundada en la vida remanente.

De los tres, el método con el que se trabaja es el de ensayos no destructivos, ya que es el más utilizado en la actualidad por su precisión y rapidez en obtener las propiedades o características del pavimento sin afectar su estructura o comportamiento. Aunque, en nuestro país este procedimiento no está muy divulgado por lo oneroso que requiere adquirirlo.

Valoración del contenido visual organizado establecida en pruebas no demolidoras (NDT por sus siglas en inglés)

Las modernas técnicas de control no destructivos de pavimentos es un paso adelante en el mejoramiento de la construcción en cuanto posibilitan la determinación de la calidad por, la auscultación de la estructura misma y durante todo el tiempo de su construcción y puesta en servicio; superándose así los factores que impiden conocer la obstinación de un mecanismo de acuerdo a informadores y probetas y más aún la imposibilidad de seguir su evolución.

Los procedimientos no destructivos, que en ingeniería civil son objeto de búsqueda desde hace más de cincuenta años, han cobrado en la actualidad gran impulso gracias al vertiginoso desarrollo de la física moderna en los campos de la electrónica y la radiactividad.

Para la valoración organizada del suelo existente, el NDT es un método de mucho valor y rápido de ejecutar. Si está correctamente afanoso, éste suministra considerable búsqueda y análisis en representación financiera.

La eficiencia de transferencia de carga en juntas y fisuras se mide a través de ensayos de deflexión.

Las mediciones se hacen a lo largo de la losa de concreto, usando equipos como la viga Benkelman, el dynaflect, el road rater, o el deflectómetro de impacto (FWD – Falling Weight Deflectometer).

Para carreteras divididas, las deflexiones sólo se deben medir en el borde más exterior, tomando adicionalmente medidas de las deflexiones en las esquinas, juntas, grietas y en áreas de pavimento deterioradas, para determinar la capacidad de transferencia de carga.

c) Evaluación visual

La evaluación visual de un pavimento puede ser definida como la observación periódica del mismo, con el fin de determinar la naturaleza y extensión de los deterioros en el pavimento existente.

Para el caso en que se va a proyectar una sobrecapa de refuerzo, tales datos son extremadamente importantes debido al impacto directo que tienen sobre el comportamiento del refuerzo, ya que si estos deterioros no son reparados, pueden desencadenar fallas como por ejemplo reflexión de fisuras.

Este tipo de evaluación es también importante porque permite determinar el tratamiento más adecuado que requiere la superficie del pavimento antes de colocar la sobrecapa de refuerzo.

También, se encarga el muestreo y prueba de materiales. La evaluación visual de los pavimentos de concreto exige definir una terminología uniforme que permita identificar los diferentes tipos de daños, sus causas, su grado de severidad y la extensión de los mismos.

Esta igualdad en la tecnología es primordial si se reflexiona que la evaluación de las situaciones de un asfalto acepta un dispositivo subjetivo.

En consecuencia, el tipo de perjuicio puede ser explicado de otra manera, o con distinto énfasis por ingenieros de diferente experiencia.

i. Codificación de las fallas

Las fallas características en las cuantificaciones de concreto se catalogan en:

- Fallas de orden y extensión: Se consideran como fallas de regularidad aquellas que corresponden a defectos de forma, originados generalmente por diversas causas durante la construcción y afectan principalmente a la textura.
- Grietas: Son fracasas que se desarrollan al plano de la losa de concreto y poseen considerable episodio en el proceder del pavimento.

Las grietas en general se corresponden con la lealtad del área de rodamiento y su evolución en el mediano plazo.

ii. Parámetro de fallas

El tipo se refiere a que si son fallas funcionales o estructurales, la severidad queda definida por la apariencia de la falla expresada en porcentaje, en unidades de longitud por una descripción comparativa, o por una combinación de ellas, puede ser alta, media o baja.

Fallas funcionales

Son ligeras correspondientemente, cuando un pavimento ha degenerado su ocupación primera de antemano, se admite que posee corte práctico; habitualmente está delimitada en la capa ligera del asfalto y causa cierta molestia en los pasajeros que circulan la vialidad. Pueden manifestar por estricta información visual.

Fallas estructurales

Pueden originarse en una o varias capas del pavimento, son graves, consisten en el rompimiento del pavimento por la falla estructural de alguna o varias de sus capas o por la incapacidad del suelo que lo soporta.

Estos deterioros cuando están muy avanzados, imposibilitan al asfalto para tolerar las cargas que se le asignan en el área. Aunque estas fallas logran revelar por examen visual, constantemente es forzoso auxiliarse con pruebas destructivas y/o no destructivas para

cuantificar la magnitud de los daños para poder proponer soluciones técnicas racionales y económicas.

Entre las primordiales fallas ordenadas poseemos: grietas (longitudinal, perpendicular, de esquina), punzonados, resquebrajadura por durabilidad, etc. Diversas fallas no son estimuladas por la labor de la circulación sino por otras causas como son: malos procesos de edificación, resquebrajadura por baja calentura. No obstante esto, la tarea del intercambio apresura el proceso de desperfecto.

Valor del periodo del suelo

Después de haber analizado toda la información referente al estado del asfalto, se resulta a establecer el tipo de compromiso que solicita la estructura, para lo cual tenemos dos alternativas:

- **Mantenimiento:**

Se refiere a todos los trabajos que tienden a resguardar la obra en su condición presente o mantenerla en su nivel actual, y generalmente se limita a bacheos, riegos de sellado, lechadas asfálticas, mantenimiento de bermas, limpieza de cauces.

- **Rehabilitación:**

Las responsabilidades de restitución de asfaltos según su propósito se clasificarán en estructurales y superficiales.

Las primeras tendrán por objeto aumentar significativamente la capacidad estructural del pavimento existente, adecuándola a las acciones del tráfico previsto durante su período de servicio.

El objeto de las segundas será conservar o mejorar sus características funcionales (seguridad, comodidad, etc) y la protección del pavimento en su conjunto (aumento de la durabilidad, impermeabilidad, uniformidad, aspecto, etc).

Los trabajos de rehabilitación estructural, adecuadamente proyectados y construidos, darán solución a ambos tipos de rehabilitación, ya que supondrá la mejora de la regularidad longitudinal, transversal y de la textura superficial.

Los procedimientos a aplicar en una restitución organizada lograrán ser de los siguientes tipos:

- Exclusión arbitraria y regeneración de la capa del asfalto efectivo, conteniendo un ocasional reciclado de los materiales.
- Reconstrucción total del pavimento, utilizando materiales nuevos o aprovechando los materiales del pavimento antiguo (reciclado), en este caso los costos se reducen.

Como hemos visto, los indicadores de serviciabilidad (PSI, IRI, IE) nos ayudan en la entidad del estado en que se halla el suelo y si es forzoso una reposición; la valoración ordenada del pavimento efectiva por medio de pruebas no destructivas permite conocer cierto parámetros de éste como son: coeficiente de transferencia de carga (J), módulo elástico del concreto (E_c), módulo resiliente (MR) y módulo de reacción (K) de la subrasante, todos estos factores son muy importantes en el diseño del refuerzo como veremos la observación visual del pavimento existente permite definir el tipo de reparación previa antes de la colocación de la sobrecapa de refuerzo.

Características del concreto (Elconcreto.blogspot, 2010)

El concreto como material ordenado se traza para que posea una concluyente resistencia. La resistencia a la compresión simple es la peculiaridad mecánica más significativa de un determinado y se monopoliza normalmente para juzgar su calidad.

Existe una correspondencia dada por la tolerancia a la tensión y la tolerancia a la flexión en un determinado concreto.

De acuerdo a la calidad y cantidad de los compuestos integrantes del concreto mencionaremos los siguientes:

Contenido del cemento: Las peculiaridades del cemento practicante en la composición de determinado tiene una gran autoridad en la obstinación del concreto, pues es el elemento más activo de la mezcla. Aunque todos los cementos tienen una buena calidad el incremento de tolerancia con la edad no es igual, algunas morteros acrecientan su firmeza más rápidamente a edades tempranas.

La cantidad de cemento en la mezcla, es decir su proporción, es decisiva en la resistencia, a medida que se aumenta la cantidad de cemento aumenta la resistencia, sin embargo mezclas en un alto contenido de cemento (por encima de 470 kg por m³ de concreto) tienen un retroceso en su resistencia especialmente cuando tienen máximos muy altos. Conjuntamente se muestra una convulsión en la pasta de cemento al filtrarse del estado plástico al estado endurecido.

Superioridad de los Agregados

La disposición de los agregados es un elemento terminante de la severidad del concreto, las pertenencias de los agregados que más intervienen en la composición son:

- Capacidad enorme del agregado grueso

- Granulometría,
- La resistencia y la rigidez de las partículas del agregado.

Régimen de Aguante a la Presión

La tolerancia a la presión estricta es la característica mecánica más significativa del concreto.

Para medir la resistencia a la compresión se elaboran cilindros de testigos de las mezclas que se están usando en la estructura; los discos

Para atribuir los tambores se desciende colocando la composición en tres capas.

Concreto: dosificaciones:

"El Método Operacional"

En las labores naturales se gradúan la materia prima para transformar una composición de concreto, con una relación conforme de estos.

En estas referencias podemos decir que una relación 1:2:2, que es una comparación en base al volumen del cemento y dice que por una cantidad de cemento, se toman 2 cantidades de arena y 2 cantidades de grava. Recordemos el primer número es la cantidad de cemento, el 2° es la suma de arena y el 3° es la suma de grava.

Teniendo presente que este proceso es en la práctica, y lo que practicamos desde muchos años atrás.

Existen novedosas tecnologías y con estrictas obras de gran importancia, se realizan novedosas maneras para diseños de mezclas

de concreto; se analizan la calidad de los materiales y se realizan pruebas de laboratorios para llegar a las dosificaciones ideales para diseños de mezclas requeridos para una obra determinada en un lugar determinado.

Manejabilidad del concreto (El concreto. blogsopt, 2010)

La manejabilidad o trabajabilidad es una propiedad del concreto fresco que se define como su capacidad para ser colocado, compactado adecuadamente y para ser terminado sin segregación ni exudación; la manejabilidad va asociado al termino plasticidad, y modificar lentamente si se saca del molde.

No debe confundirse la manejabilidad con la consistencia o fluidez, relacionada de este con estado de mezcla seca (dura) o fluida (blanda), es decir, se refiere al grado de humedad de la mezcla.

Dentro de ciertos límites las mezclas fluidas o húmedas son más manejables que las secas, pero dos mezclas que tengan la misma consistencia no son igualmente manejables, para ello deben tener el mismo grado de plasticidad.

Los factores que influyen en la trabajabilidad son:

- ❖ El contenido del agua de secado, es el principal factor que influye en la manejabilidad del concreto; se expresa en kg o litros por m³ del concreto.
- ❖ La fluidez de la pasta, debido a que para una cantidad determinada de pasta y de agregado, la plasticidad de la mezcla dependerá de las proporciones de cemento y agua en la pasta.

- ❖ El contenido de aire, bien sea naturalmente atrapado o adicionado, aumenta la manejabilidad de la mezcla porque sus burbujas actúan como balineras de los agregados permitiendo su movilidad.

CLASES DE CEMENTO PORTLAND

Se elaboran diversos tipos de cemento portland

- ❖ TIPO I

Fabricado para utilizarlo de forma general: Estructuras, pavimentos.

- ❖ TIPO II

Utilizado para operaciones hidráulicas por su hidratación moderado u su regular resistencia a los sulfatos.

- ❖ TIPO III

Rápida resistencia alta, recomendado para sustituir el tipo I en obras de emergencia o cuando se desee retirar pronto las cimbras para usarlas un número mayor de veces; adquiere una determinada tolerancia.

- ❖ TIPO IV

De bajo calor, adecuado para construcción de grandes espesores debido a su calor de hidratación es muy reducido a tenor de su resistencia que se adquiere lentamente.

❖ TIPO V

Con mucha tolerancia a los sulfatos, en cimentaciones externas a la acción de aguas sulfatadas y agresivas.

Asimismo se elabora el cemento portland blanco, de cualidades similares al tipo I, usado especialmente en construcciones urbanas, cuando lo demandan razones arquitectónicas.

PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO (Ramírez, 2011)

Su peso volumétrico depende de la compactación, pero puede aceptarse un valor medio de 1500 kg/m³, el cual concuerda con la costumbre de suponer un volumen de 33 litros para el saco de cemento de 50 kg. El peso volumétrico del concreto común es variable de acuerdo con la densidad de los agregados y puede estimarse entre 2200 y 2500 kg/m³, como promedios, lo que lo coloca entre los materiales de la construcción pesados en relación con la intensidad de las cargas que soporta, especialmente cuando trabaja a la flexión.

La dificultad que presentan los agregados ligeros parece haber sido superada con los inclusores de aire, los cuales producen numerosas burbujas en el seno de la mezcla disminuyendo su peso volumétrico y aumentando al mismo tiempo su trabajabilidad, cohesión y resistencia al acción de los sulfatos y las heladas.

Los inclusores de aire son productos químicos, generalmente dispuestos de fino polvo de aluminio o zinc, que se añaden a la mezcladora o que vienen añadidos en el propio cemento.

Modos de un buen agregado fino

Las descripciones obtienen valores entre 10% y 30%; se recomienda el límite inferior cuando la colocación es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos, sin embargo en los pisos de concreto acabado a mano, o cuando se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino que pase cuando menos el 15% el tamiz 50 y 3% el tamiz 100.

El módulo de finura del agregado fino utilizado en la elaboración de mezclas de concreto, deberá estar entre 2,3 y 3,1 para evitar segregación del agregado grueso cuando la arena es muy fina.

Caracteres de un buen adicionado grueso para concreto

Debe evitarse el uso de agregados planos o alargados, ya que además de producir bajas masas unitarias y baja resistencia mecánica, tienen tendencia a colocarse horizontalmente formándose bajo su superficie bolsas de agua cuando esta sube a la superficie debido a la sedimentación de las partículas sólidas; esta agua almacenada bajo las partículas deja un espacio vacío cuando después del fraguado el agua evapora, por lo cual trae como consecuencia una notable reducción de la firmeza del concreto.

Los términos encomendados son:

Si el agregado va a ser usado en losas de concreto o en pavimentos rigurosos el deterioro debe ser menor del 35%, si va a ser usado enes necesario para otras labores el desgaste debe ser menor del 40%.

Agregados con partículas esféricas y cúbicas son los más convenientes para concreto, porque tienen mayor resistencia y es menor el consumo

de cemento debido al mayor acomodo de las partículas, o sea mayor cantidad de material por unidad de volumen.

Si la solución empleada es sulfato de sodio, la pérdida total en el agregado grueso no debe ser mayor del 12% y si la solución empleada es sulfato de magnesio la pérdida total no debe ser mayor del 18%.

CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS (Fonseca, 2010)

a) Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. Se puede dejar de necesitarlas dependiendo de las carencias particulares de la obra.

i. Cubierta de rodadura

La carpeta debe proporcionar al pavimento flexible una superficie de rodamiento estable, capaz de resistir la ampliación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los esfuerzos de drenaje, los producidos por las fuerzas centrífugas, los impactos. (Fonseca, 2010)

ii. Base

La base fundamental es estructural y consiste en proporcionar un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas. La base tiene también una importante función drenante, según la que debe ser capaz de eliminar fácil y rápidamente el agua que llegue a infiltrarse a través de la carpeta, así como de impedir la ascensión capilar del agua que provenga de niveles inferiores.

Las características de un material de base suelen exigir que a los agregados pétreos o fragmentos rocosos con que ha de formarse, se les someta a verdaderos procesos de fabricación, entre los que es común la trituración; esta produce efectos favorables también en la resistencia y en la deformabilidad, se forman elementos de aristas vivas entre las que es importante el efecto de acomodo estructural.

El lavado es otra acción que se especifica en las intenciones para ser realizada sobre los materiales provenientes de bancos con los que se construirá una base. Los efectos benéficos de esta maniobra son indiscutibles, desde el instante en que se excluyen finos que afectarían desfavorablemente la resistencia estructural del conjunto. Los finos son constantemente indeseables en una base, pues perturban desfavorablemente la resistencia, aumentan la deformabilidad y perjudican la función drenante.

iii. Subbase

Se conforma el espesor pretendido del pavimento con el material más económico posible.

Otra situación de la subbase reside en utilizar de transición entre el material de la base, generalmente granular grueso y el de la subrasante, que tiende a ser mucho más fino.

Básicamente conviene buscar dos cualidades primordiales en un material de subbase, que son la firmeza friccionante y la capacidad drenante. La primera, beneficia la resistencia friccionante del conjunto y, a la vez, garantiza el buen comportamiento en cuanto a deformabilidad, pues un material que posee esa calidad de resistencia será poco deformable a condición de estar bien compactado.

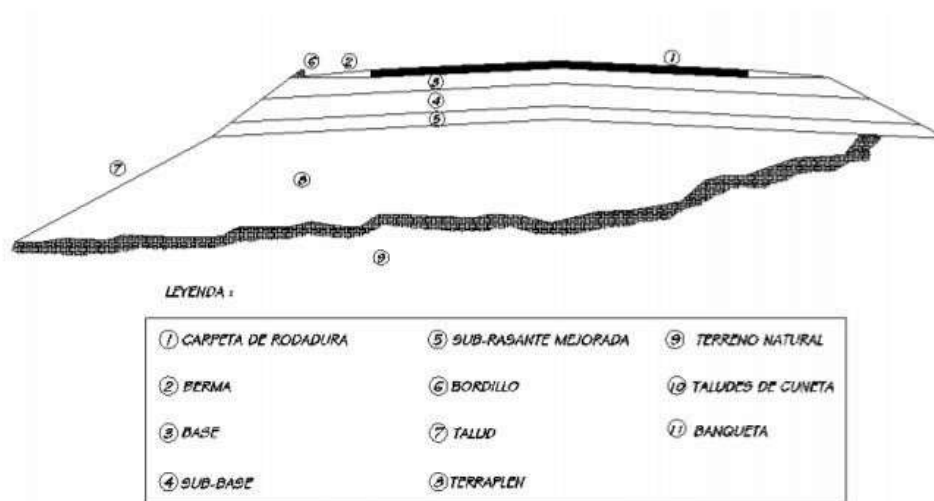
La segunda, que la capacidad drenante cumpla doble función de drenaje, es decir que consienta al asfalto excluir tanto el agua que se filtre por su plano, como la que ascienda por capilaridad. Los espesores de subbase son diversos, pero suele considerarse 12 o 15cm. como la extensión pequeña constructiva.

iv. Subrasante

Se define así al terreno de fundación de los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural o estabilizado o por material de préstamo debidamente compactado para alcanzar el 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo de proctor modificado.

Figura N° 06:

Sección del pavimento flexible



Tipos de fallas en los pavimentos (Rico, Del Castillo, 2005)

a) Fallas por insuficiencia estructural

En términos generales esta es la falla que se produce cuando las combinaciones de la resistencia al esfuerzo cortante y los respectivos espesores no son los adecuados para que se establezca un mecanismo de resistencia apropiado.

b) Fallas por desperfectos productivos

Se trata de pavimentos quizás bien proporcionados y formados por materiales resistentes, en cuya construcción se han producido defectos que comprometen el comportamiento conjunto.

c) Fallas por fatiga

Se trata de pavimentos que estuvieron en condiciones apropiadas, degradación estructural, pérdida de resistencia y deformación acumulada. Además de la clasificación por su origen, conviene agrupar los daños de los asfaltos elásticos por el modo que suceden y se manifiestan.

Desde un punto de vista estrictamente mecánico, las fallas en los pavimentos suelen ser resultado de la deformación bajo esfuerzos cortantes o de la deformación por consolidación o por aumento de compacidad.

- Fisuras
- Deformaciones
- Pérdida de capas estructurales
- Daños superficiales

Tipos de deformación (Sánchez, 2014)

Deformación elástica:

Ocurre cuando una carga deforma temporalmente los materiales de la cimentación y exprime el aire que rellena los huecos de la base, subbase y subrasante. Si la deformación fuera verdaderamente elástica, la superficie vuelve a su perspectiva original posteriormente de que la carga pasa; de modo que no se produce una falta de uniformidad permanente, aún bajo aplicaciones de carga.

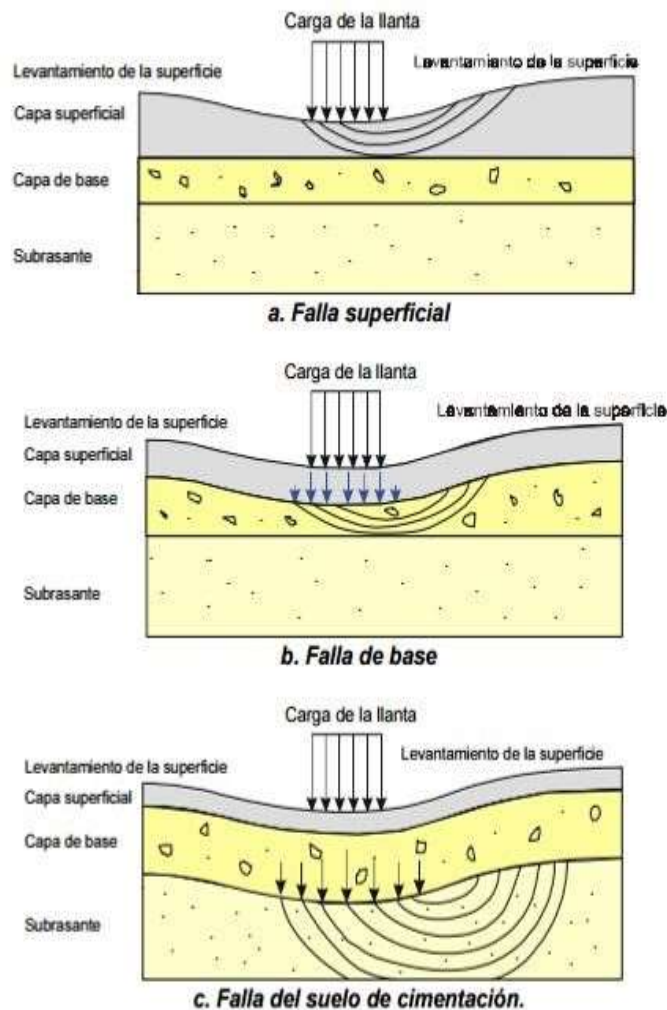
Deformación por fortalecimiento:

Ocurre cuando la carga produce una presión suficientemente elevada en las porosidades del suelo para eliminar parte del aire y del agua y así se consolida el material. Aunque la consolidación que resulta de una aplicación de una carga móvil es pequeña, la deformación es permanente, progresa con las repeticiones adicionales de carga hasta que las capas afectadas se consolidan.

Deformación plástica:

Se presenta debido a la presión del agua y del aire dentro de las porosidades del material de cimentación u otros, se combina con fuerzas producidas por la carga para desplazar el material del camino. La deformación resultante es progresiva bajo la repetición de las cargas y forma una de los motivos fundamentales del deterioro y deformación permanente de las superficies del camino.

Fallas de un pavimento mas comunes



Criterios de fallas

a) Agrietamiento por fatiga

El agrietamiento por fatiga se produce al interconectarse una serie de grietas causadas por fatiga de la carpeta asfáltica y sus componentes o de la base estabilizada bajo la repetición de cargas del tránsito. El agrietamiento se inicia en la parte inferior de la carpeta asfáltica donde los esfuerzos de tensión son mayores, después con la repetición de cargas del tránsito, las grietas se

conectan y tienden a desarrollar patrones de agrietamiento como se muestra en la Figura:



El daño es asociado a las veces en que se repite la carga a la deformación por tensión basada en pruebas de fatiga de laboratorio en probetas de concreto asfáltico.

Debido a la diferencia en geometría y condiciones de carga utilizadas en laboratorio, el número de repeticiones permitido en pavimentos es mucho más grande que el obtenido en pruebas de laboratorio, por lo tanto, el criterio de falla debe de incorporar un factor para tomar en cuenta esta diferencia.

b) Deformación permanente

Últimamente, las roderas (imperfecciones permanentes) son las causas de muchos problemas que se tienen en carreteras. El incremento de la presión de las llantas, cargas por eje de los vehículos y la canalización o paso constante en un mismo eje longitudinal de la sección del pavimento son algunas de las causas de estos problemas.

Las roderas son usualmente causadas por la consolidación o movimiento tangente de los materiales, producido por el tráfico (Tyler Miller, Khaled Ksaibati, 1995). Estas se desarrollan gradualmente en los materiales del pavimento a medida que el número de repeticiones de carga se incrementa, usualmente

aparecen como depresiones longitudinales en las huellas de las llantas acompañadas por pequeños levantamientos a los lados.

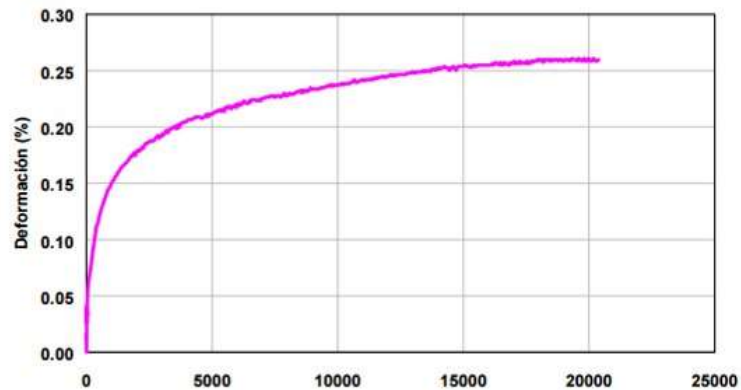


b) Estados de esfuerzos de suelo

Seed et al (1955), Monismith et al (1975) y Brown et al (1977) mostraron que el esfuerzo desviador ($\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$) es el principal factor que tiene influencia en la deformación plástica acumulada para suelos finos bajo carga repetida. Un aumento en el esfuerzo desviador llevará a un incremento en la distorsión plástica.

c) Forma de concentraciones del esfuerzo desviador

Se evidencia la etapa que puede apreciarse como temporal, en la que la deformación se acumula gradualmente durante los ciclos de aplicación de la carga; y posteriormente, se extiende a una etapa constante en el que la velocidad de recolección de la distorsión es muy reducida; a partir de este instante, la diligencia de una cantidad mayor de espacios de carga ya no tiene mucho efecto en la acumulación de la deformación. La representación anterior pertenece al dispositivo característico de recolección de la imperfección en suelos finos sujetos a carga constante.



2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Asfalto

Se extiende con facilidad. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras.

Carretera

Avenida para la circulación de automóviles, mínimo que cumplan con tener dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a normas técnicas actuales en el MTC.

Concreto Asfáltico.

Es una mezcla en caliente, de alta calidad y perfectamente controlada, de cemento asfáltico y agregados de buena calidad bien gradados, que se debe compactar perfectamente para formar una masa densa y uniforme, tipificada por las mezclas Tipo IV del instituto del Asfalto.

Deterioro

Pérdida, decadencia progresiva de algo.

Pavimento

Espacio compuesto que se realiza para que el piso esté sólido y llano.

Pavimentos Asfálticos.

Son pisos mezclados por una capa ligera de material mineral recubierto y aglomerado con cemento asfáltico, colocada sobre superficies de apoyo tales como bases asfálticas, piedra triturada o grava.

Suelo

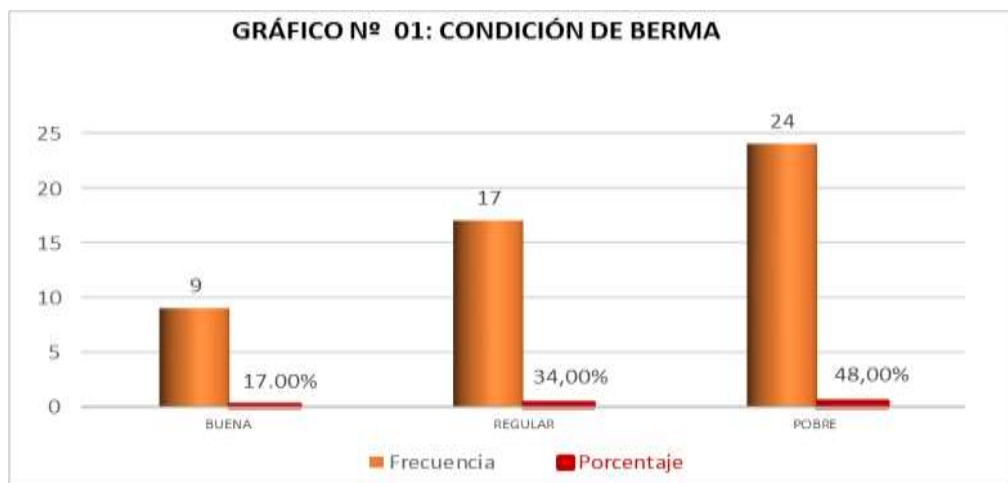
Está conformado por material rocoso fresco y desgastado, de materiales inorgánicos disueltos y re almacenados. Estos componentes son mezclados por la construcción de madrigueras de los animales.

CAPÍTULO III PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Factores que se asocian al comportamiento del pavimento

Tabla N° 01: Situación de berma

CLASE	f(i)	h(i)%
BUENA	9	18.00%
REGULAR	17	34.00%
POBRE	24	48.00%
TOTAL	50	100.00%



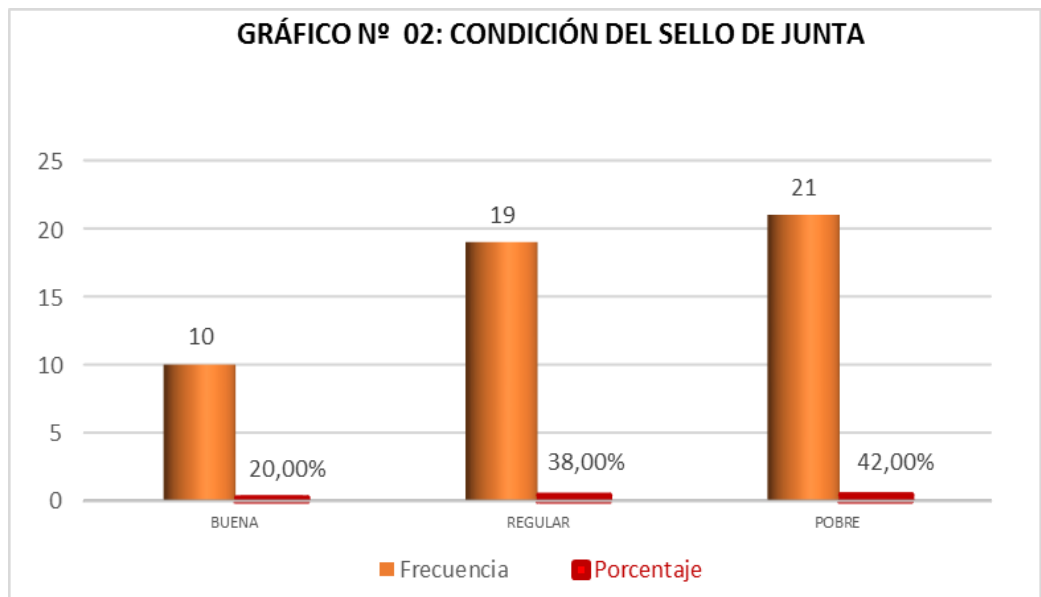
Fuente: Tabla N° 01

Interpretación:

En el gráfico N° 01, se muestran los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 48,0% manifestó que la condición de berma es pobre, un 34,0% sustento que es regular y un 17,0% declaró que la condición de berma es buena.

Tabla N° 02: Situación del sello de junta

CLASE	f(i)	h(i)%
BUENA	10	20.00%
REGULAR	19	38.00%
POBRE	21	42.00%
TOTAL	50	100.00%



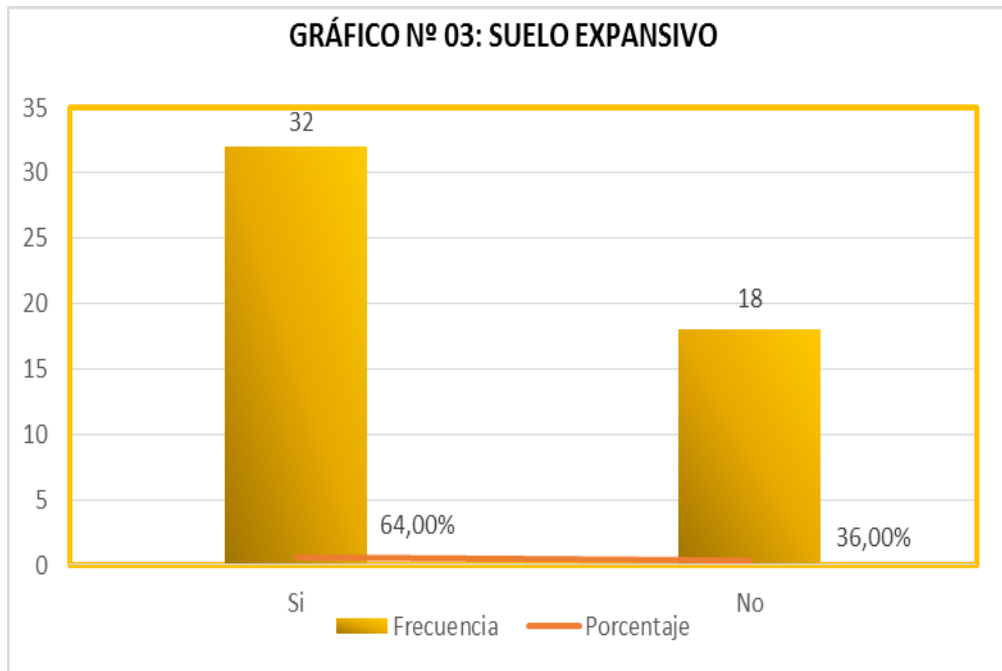
Fuente: Tabla N° 02

Interpretación:

En el gráfico N° 02, se muestran los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 42,0% respondió que la condición del sello de junta es pobre, un 38,0% ostento es regular y un 20,0% expreso que la condición del sello de junta es buena.

Tabla N° 03: Suelo expansivo

CLASE	f(i)	h(i)%
Si	32	64.00%
No	18	36.00%
TOTAL	50	100.00%



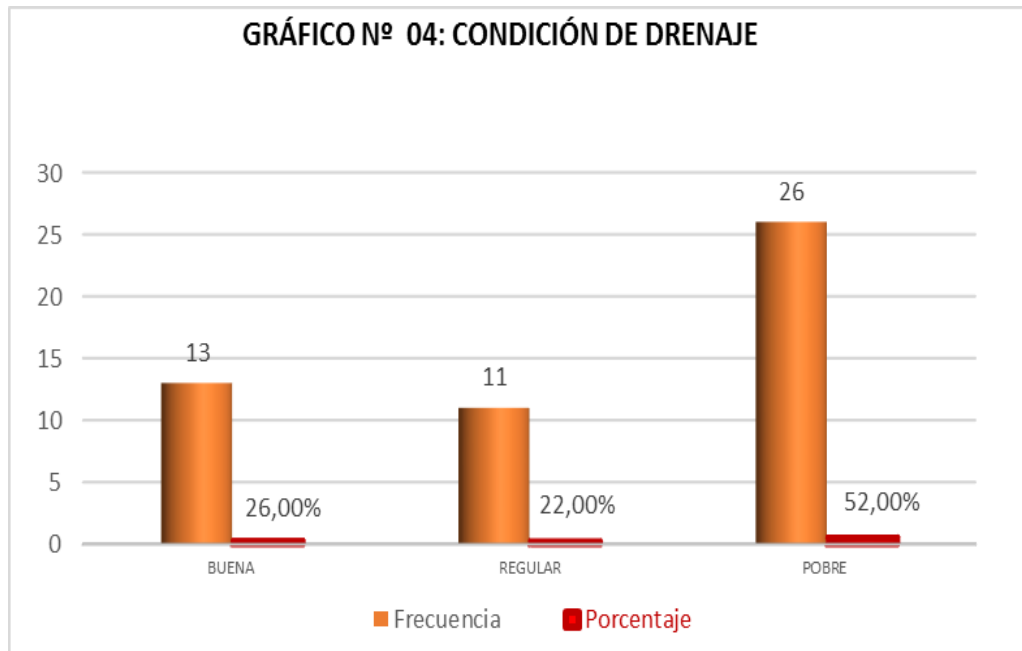
Fuente: Tabla N° 03

Interpretación:

En el gráfico N° 03, se muestran los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 64,0% reconoció que si hay suelo expansivo y un 36,0% manifestó que no hay suelo expansivo.

Tabla N° 04: Situación de drenaje

CLASE	f(i)	h(i)%
BUENA	13	26.00%
REGULAR	11	22.00%
POBRE	26	52.00%
TOTAL	50	100.00%



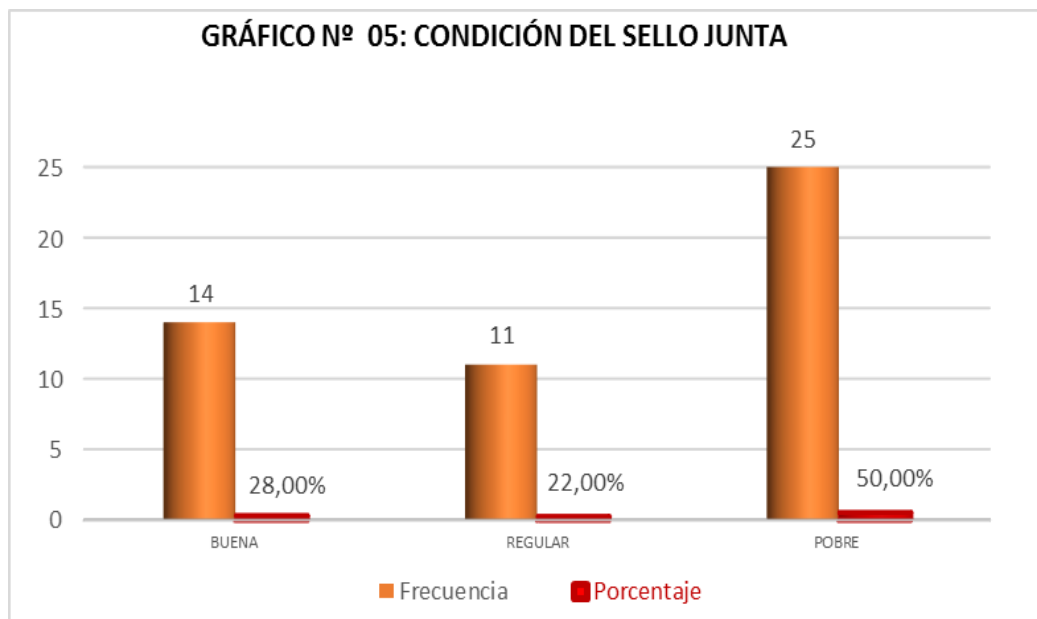
Fuente: Tabla N° 04

Interpretación:

En el gráfico N° 04, se muestran los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 52,0% manifestó que la condición de drenaje es pobre, un 26,0% sustentó que es buena y un 22,0% declaró que la condición de drenaje es regular.

Tabla N° 05: Situación del sello junta

CLASE	f(i)	h(i)%
BUENA	14	28.00%
REGULAR	11	22.00%
POBRE	25	50.00%
TOTAL	50	100.00%



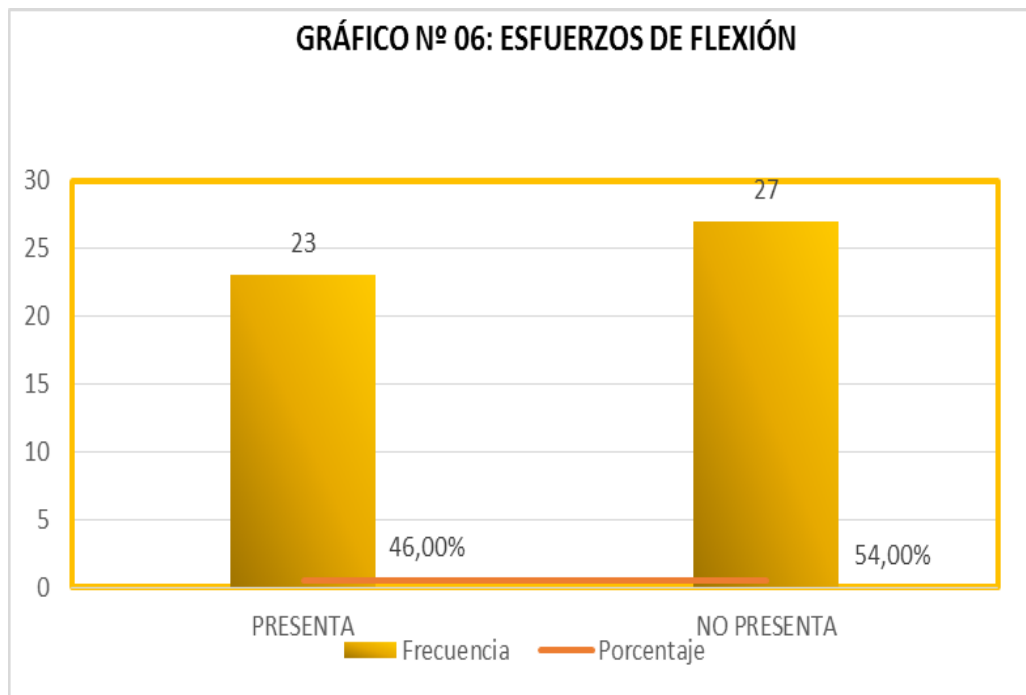
Fuente: Tabla N° 05

Interpretación:

En el gráfico N° 05, se muestran los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 50,0% respondió que la condición del sello de junta es pobre, un 38,0% afirmó que es regular y un 20,0% expresó que la condición del sello de junta es buena.

Tabla N° 06: Esfuerzos de flexión

CLASE	f(i)	h(i)%
PRESENTA	23	46.00%
NO PRESENTA	27	54.00%
TOTAL	50	100.00%



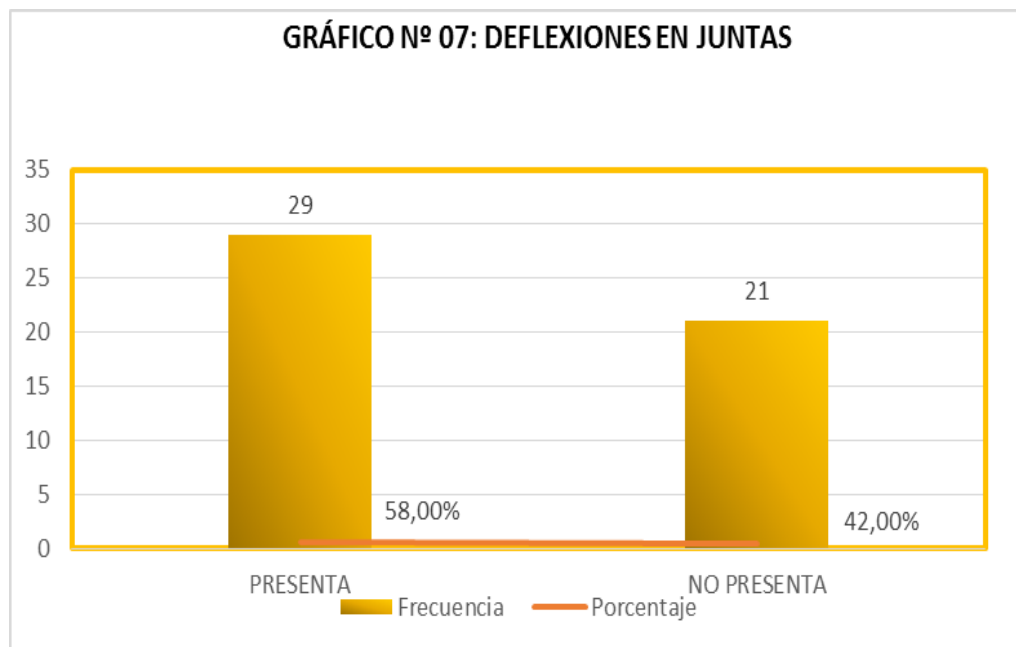
Fuente: Tabla N° 06

Interpretación:

En el gráfico N° 06, se presenta los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 54,0% respondió que no presenta esfuerzos de flexión y un 46,0% aseguró que si presenta esfuerzos de flexión.

Tabla N° 07: Deflexiones en juntas

CLASE	f(i)	h(i)%
PRESENTA	29	58.00%
NO PRESENTA	21	42.00%
TOTAL	50	100.00%



Fuente: Tabla N° 07

Interpretación:

En el gráfico N° 07, se tienen los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 58,0% manifestó que sí presenta deflexiones en juntas y un 42,0% aseguró que no presenta deflexiones en juntas.

Tabla N° 08: Grietas

CLASE	f(i)	h(i)%
PRESENTA	32	64.00%
NO PRESENTA	18	36.00%
TOTAL	50	100.00%



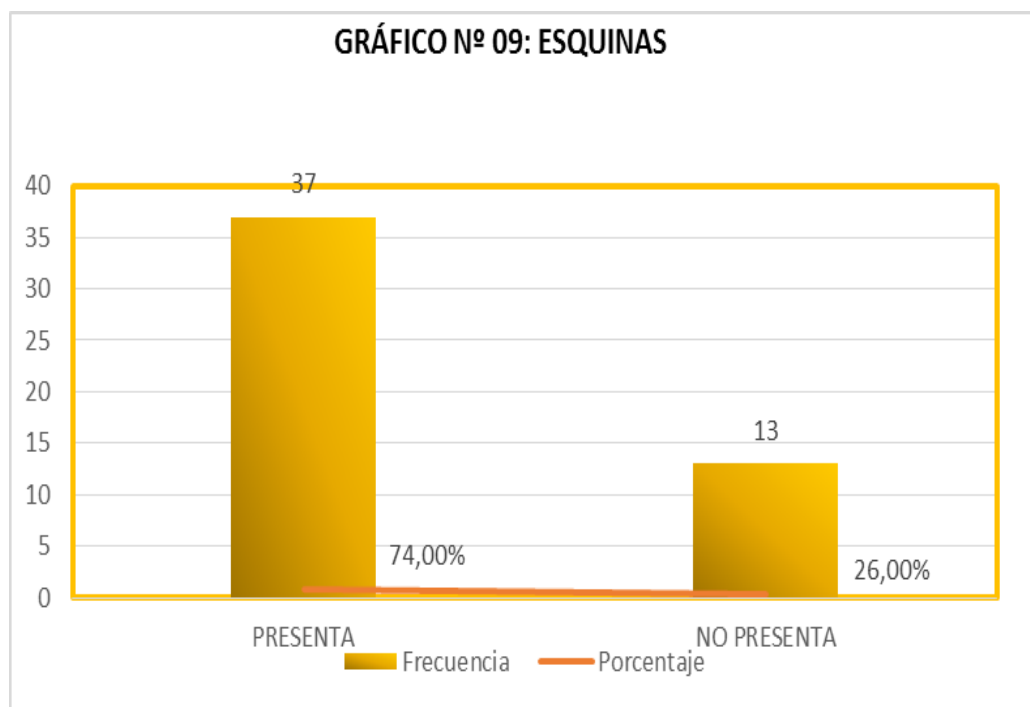
Fuente: Tabla N° 08

Interpretación:

En el gráfico N° 08, se tienen los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 64,0% aseguró que sí presenta deflexiones en juntas y un 36,0% afirmó que no presenta grietas.

Tabla N° 09: Esquinas

CLASE	f(i)	h(i)%
PRESENTA	37	74.00%
NO PRESENTA	13	26.00%
TOTAL	50	100.00%



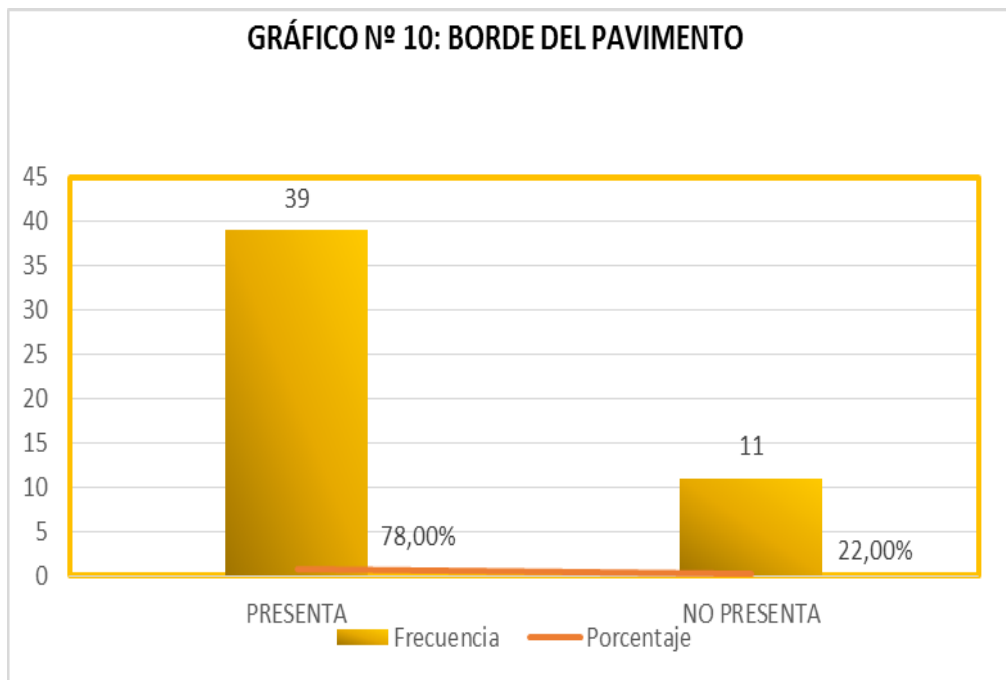
Fuente: Tabla N° 09

Interpretación:

En el gráfico N° 09, se presentan los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 74,0% aseguró que sí presenta esquinas y un 26,0% afirmó que no presenta esquinas.

Tabla N° 10: Orilla del pavimento

CLASE	f(i)	h(i)%
PRESENTA	39	78.00%
NO PRESENTA	11	22.00%
TOTAL	50	100.00%



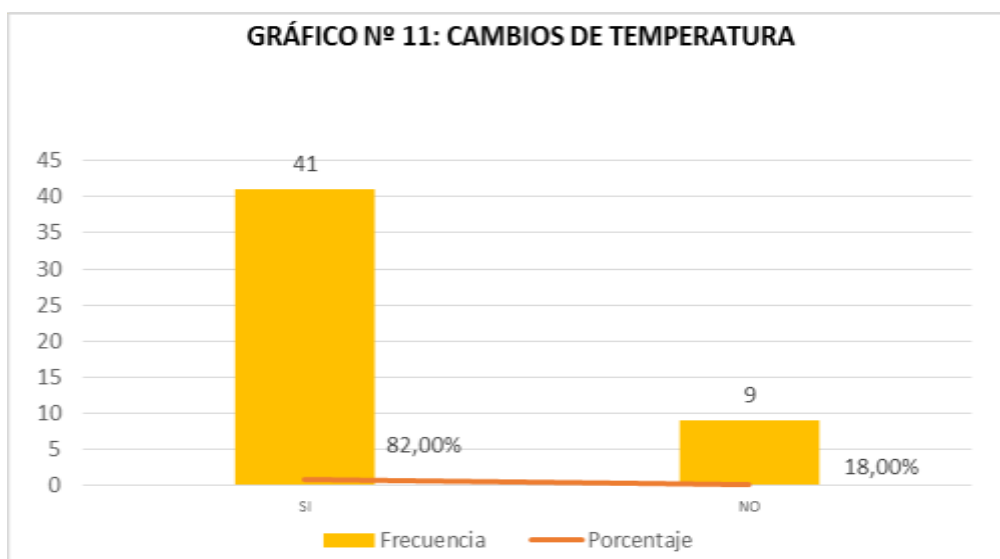
Fuente: Tabla N° 10

Interpretación:

En el gráfico N° 10, se presentan los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 78,0% declaró que sí presenta borde del pavimento y un 22,0% afirmó que no presenta borde del pavimento.

Tabla N° 11: Cambios de temperatura

CLASE	f(i)	h(i)%
SI	41	82.00%
NO	9	18.00%
TOTAL	50	100.00%



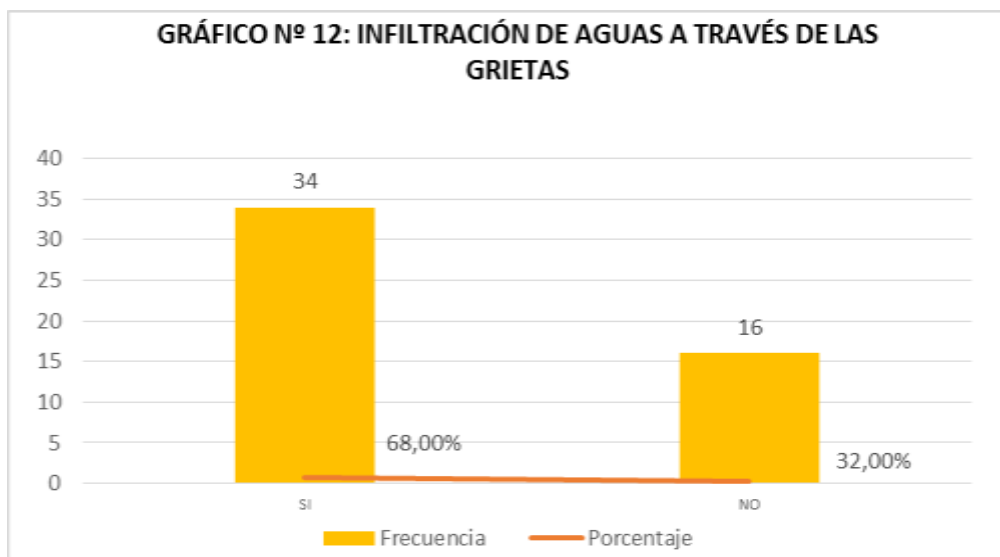
Fuente: Tabla N° 11

Interpretación:

En el gráfico N° 11, se presentan los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 82,0% aseguró que los cambios de temperatura sí son factores asociados y el 18,0% alegó que los cambios de temperatura no son factores asociados.

Tabla N° 12: Filtración de aguas por medio de las grietas

CLASE	f(i)	h(i)%
SI	34	68.00%
NO	16	32.00%
TOTAL	50	100.00%



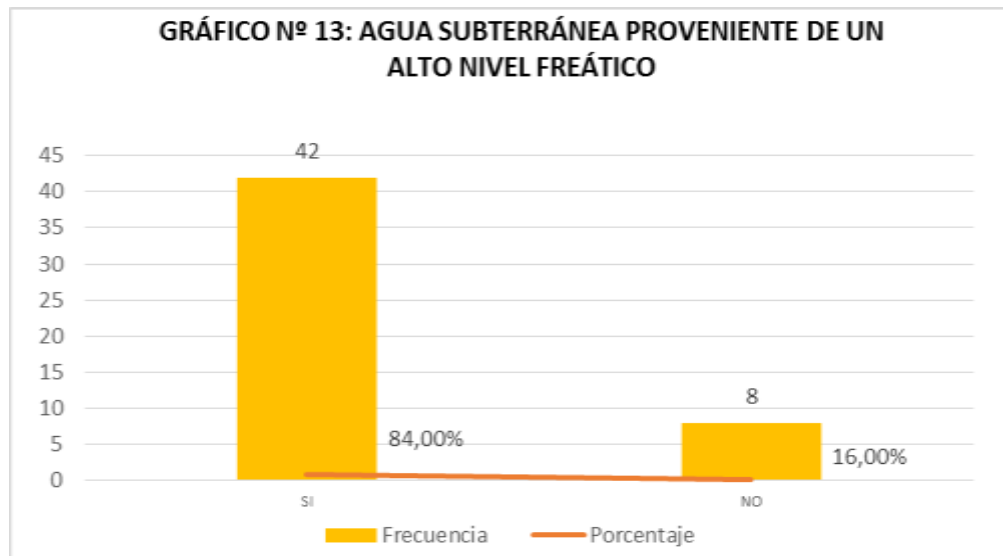
Fuente: Tabla N° 12

Interpretación:

En el gráfico N° 12, se muestran los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 68,0% manifestó que la Infiltración de aguas a través de las grietas sí es un factor asociado y el 18,0% declaró que la Infiltración de aguas a través de las grietas no es un factor asociado.

Tabla N° 13: Agua subterránea derivada de un alto nivel freático

CLASE	f(i)	h(i)%
SI	42	84.00%
NO	8	16.00%
TOTAL	50	100.00%



Fuente: Tabla N° 13

Interpretación:

En el gráfico N° 13, se tienen los resultados de 50 ingenieros civiles del distrito de Ica, quienes representan el 100% de la muestra en estudio, donde el 84,0% aseguró que el agua subterránea proveniente de un alto nivel freático sí es un factor asociado y el 16,0% consideró que el agua subterránea proveniente de un alto nivel freático no es un factor asociado.

3.1.1 Comprobación de hipótesis

Prueba de hipótesis general:

Hipótesis nula:

No existen diferentes componentes que alteran el comportamiento del pavimento.

Hipótesis alterna:

Existen diferentes componentes que alteran el comportamiento del pavimento.

Tabla N° 14

			Tráfico y medio ambiente	Comportamiento del pavimento
Correlación de Spearman	Tráfico y medio ambiente	Coeficiente de correlación	1,000	0,668**
		Sig. (bilateral)		0,000
		N	50	50
	Comportamiento del pavimento	Coeficiente de correlación	0,668**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	
		N	50	50

Decisión:

Las deducciones permiten evidenciar la existencia de una correspondencia $r = 0,663$ entre: Elementos agrupados al tráfico y el medio ambiente con el comportamiento del pavimento, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador. **Los factores asociados al tráfico y medio ambiente si afectan el comportamiento del pavimento en la ciudad de Ica en el año 2016.**

Prueba de hipótesis específica 1

Los factores relacionados a la congestión no afectan significativamente el procedimiento del pavimento en Ica.

Los factores relacionados a la congestión son significas el procedimiento del pavimento en Ica.

Tabla Nº 15

			Factores asociados al tráfico	Comportamiento del pavimento
Correlación de Spearman	Factores relacionados al tráfico	Coeficiente de correlación	1,000	0,863
		Sig. (bilateral)		0,000
		N	50	50
	Comportamiento del pavimento	Coeficiente de correlación	0,863	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	
		N	50	50

Decisión:

Se observa la existencia de una correspondencia $r = 0,863$ entre las variables: componentes relacionados al tráfico y el proceder del pavimento. **Los factores relacionados a la congestión si afectan elocuentemente en el procedimiento del pavimento en Ica.**

Prueba de hipótesis específica 2

Hipótesis nula:

Los factores agrupados al medio ambiente no afectan solamente en el comportamiento del pavimento en Ica.

Hipótesis alterna:

Los factores asociados al medio ambiente afectan solamente en el comportamiento del pavimento en Ica

Tabla N° 16

			Factores asociados al medio ambiente	Comportamiento del pavimento
Correlación de Spearman	Factores relacionados al medio ambiente	Coefficiente de correlación	1,000	0,961**
		Sig. (bilateral)		0,000
		N	50	50
	Comportamiento del pavimento	Coefficiente de correlación	0,961**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	
		N	50	50

Decisión:

Se evidencia una correspondencia $r = 0,961$ entre las variables: Factores asociados al medio ambiente y comportamiento del pavimento. **Los factores relacionados al medio ambiente perturban directamente en el proceder del pavimento en Ica.**

Prueba de hipótesis específica 3

No existe un específico lista de fallas en el comportamiento práctico del pavimento en Ica.

Hipótesis alterna:

Existe un específico lista de fallas en el comportamiento práctico del pavimento en Ica.

Tabla N° 17

			Índice de fallas	Comportamiento funcional del pavimento
Correlación de Spearman	Índice de fallas	Coeficiente de correlación	1,000	0,782**
		Sig. (bilateral)		0,000 50
		N	50	
	Comportamiento funcional del pavimento	Coeficiente de correlación	0,782**	1,000
Sig. (bilateral)		0,000		
		N	50	50

Decisión:

Se obtuvo una correspondencia de $r = 0,782$ entre las variables: Índice de alteraciones y conducta funcional del pavimento. se impugna la hipótesis nula y se admite la hipótesis del investigador. ***Existe un específico listado de fallas en el comportamiento práctico del pavimento en Ica.***

Prueba de hipótesis específica 4

Hipótesis nula:

No existe un característico índice de fallas en el comportamiento organizado del pavimento en Ica.

Hipótesis alterna:

Existe un característico índice de fallas en el comportamiento organizado del pavimento en Ica.

Tabla N° 18

			Serie de fallas	Comportamiento organizado
Correlación de Spearman	Serie de fallas	Coefficiente de correlación	1,000	0,796**
		Sig. (bilateral)		0,000
	N	50	50	
	Comportamiento organizado	Coefficiente de correlación	0,796**	1,000
Sig. (bilateral)		0,000		
	N	50	50	

Decisión:

Se muestra una correspondencia de $r = 0,782$ entre la variables: Índice de fallas y comportamiento organizado, lo que permite señalar que hay relación entre ambas variables, por lo tanto se contradice la hipótesis nula y se reconoce la hipótesis del investigador que **Existe una serie de fallas en el comportamiento establecido del pavimento en Ica.**

3.2 CONCLUSIONES

- El tráfico y el medio ambiente son los componentes que corresponden que conmueven el proceder práctico y organizado del pavimento en Ica. Con el valor de $r = 0,668$ se logra la relación causal, por lo tanto la deformación depende claramente de las condiciones de tránsito y del medio ambiente.
- Se determinó que existe asociación significativa según el valor obtenido de $r = 0,863$, deduciendo que los factores asociados como el tráfico si tiene efectos sobre el procedimiento del pavimento de concreto en Ica, ocasionando serias fallas en los pavimentos tal como se observan en las fotografías anexadas al presente trabajo.
- Del valor obtenido $r = 0,961$ queda confirmado que los factores agrupados al medio ambiente afectan significativamente en el proceder del asfalto.
- Se representa $r = 0,782$ en el que el índice de fallas afecta significativamente el comportamiento práctico del pavimento en Ica.
- Se logró un valor de $r = 0,796$ en el que se mantiene que el índice de fallas se asocia significativamente con el comportamiento estructural del pavimento en Ica.

3.3 RECOMENDACIONES

De las conclusiones obtenidas se puede sugerir:

- Las autoridades del distrito de Ica deben reorganizar el tránsito de la ciudad a fin de que los vehículos concurren de acuerdo a las características de los pavimentos para evitar que estos se deformen por el exceso de tránsito vehicular.
- Para controlar las deformaciones permanentes, se recomienda utilizar grados de saturación menores al óptimo, siempre y cuando los materiales sean volumétricamente estables ante cambios de humedad.
- Profundizar en la relación que guarda la deformación permanente formada y el nivel de voluntad con relación al de la falla por cortante.
- Considerando el intenso calor de nuestra ciudad de Ica se sugiere tomar las medidas preventivas al momento de realizar el diseño y mantenimiento de los pavimentos para que se utilicen materiales de acuerdo a las condiciones climatológicas de nuestro clima.
- Asimismo se sugiere realizar estudios con la misma problemática pero en diseños con seguimientos a fin de detectar las causas exactas que contribuyen a la deformación de pavimentos de concreto.

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Argueta Mejía y otros (2009) Metodología para la calibración de los modelos de deterioro de pavimentos generados por el programa HDM4. Universidad de El Salvador.
- ASOCEM (2000) Nuevos conceptos a considerar en el diseño, construcción y conservación de pavimentos en concreto. Disponible en: <https://es.scrib.com/document/373966229/1-102-181-62-937>
- Cazualde (2008). Antecedentes de los estudios de deterioro de caminos no pavimentados. Universidad Nacional de La Plata. Chile.
- Fonseca, Alonso, 2010, Ingeniería de pavimentos, evaluación estructural, obras de mejoramiento y nueva tecnología. Tercera Edición. Universidad Católica de Bogotá. 495p.
- Hernández, R. y otros. (2010) Metodología de la Investigación. México. Editorial Grupo Infagon.
- Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández – Collado, Pilar Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*. Cuarta Edición. México: Mc Graw Hill; 2006.
- Sánchez, R. (2014) Tesis (Maestría) Estudio del efecto de las condiciones de compactación en la deformación de un suelo sometido a carga cíclica en condiciones edométricas. Universidad Politécnica de Cataluña. España.
- Arquitectura21, equipo de redacción. (2011, 08). Peso volumétrico del concreto. Manuelette Ramirez Bencosme. Obtenido 05, 2018, de <http://www.arquitectura21.com/2011/08/peso-volumetrico>

delconcreto.html.

Vía:

<http://www.arquitectura21.com/2011/08/pesovolumetrico-del-concreto.html>

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de consistencia.

Anexo 02: Instrumentos

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p>Problema Principal</p> <p>¿Cómo afectan los diversos factores que se asocian al procedimiento del pavimento de concreto en Ica?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿De qué manera los componentes relacionados a la congestión alteran el comportamiento del pavimento?</p> <p>¿De qué manera los componentes relacionados al medio ambiente alteran el comportamiento del asfalto en Ica?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento operativo del pavimento en Ica?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento organizado del pavimento en Ica?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Precisar los diversos factores que afectan el comportamiento del pavimento de concreto en Ica.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Investigar si los componentes relacionados a la congestión alteran el comportamiento del pavimento en la ciudad de Ica en el año 2016.</p> <p>Describir si los componentes relacionados al medio ambiente alteran del pavimento en Ica</p> <p>Detallar la conducta operativa del pavimento en la ciudad de Ica.</p> <p>Describir el comportamiento organizado del pavimento en Ica</p>	<p>Hipótesis General.</p> <p>El tráfico y el medio ambiente son los factores relacionados que afectan el comportamiento operativo y organizado del pavimento en Ica</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>Los componentes relacionados a la congestión alteran el proceder del pavimento en Ica.</p> <p>Los componentes relacionados al medio ambiente altera el comportamiento del pavimento en Ica</p> <p>Se evidencia una serie de fallas en el comportamiento operativo del pavimento en Ica.</p> <p>Se evidencia una serie de fallas en el comportamiento planificado del pavimento en Ica.</p>	<p>VARIABLE 1</p> <p>Factores relacionados</p>	<p>Congestión</p> <p>Medio ambiente</p>
			<p>VARIABLE 2</p> <p>Comportamiento de pavimento</p>	<p>Comportamiento funcional</p> <p>Comportamiento estructural</p>

ANEXO 02: INSTRUMENTOS

HOJA DE REGISTRO DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO, AÑO 2016 LOCALIZACIÓN:

DATOS DEL PAVIMENTO EXISTENTE:

ESCENARIO DE BERMA	BUENA () REGULAR () POBRE ()
ESCENARIO DEL SELLO DE JUNTA	BUENA () REGULAR () POBRE ()
ESCENARIO DE SUELO EXPANSIVO	Si () No ()
ESCENARIO DE DRENAJE	BUENA () REGULAR () POBRE ()
ESCENARIO DEL SELLO JUNTA	BUENA () REGULAR () POBRE ()

VALORACIÓN VISUAL DE FACTORES AGRUPADOS

TRÁFICO	
Esfuerzos de flexión	Presenta () No presenta ()
Deflexiones en juntas	Presenta () No presenta ()
Grietas	Presenta () No presenta ()
Esquinas	Presenta () No presenta ()
Orilla del pavimento	Presenta () No presenta ()

ILUSTRACIONES FOTOGRAFICAS







