



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

TESIS

**RELACIÓN ENTRE LOS PAVIMENTOS URBANOS Y LOS
REFUERZOS RÍGIDOS EN LA CIUDAD DE ICA, AÑO 2016**

**PRESENTADO POR BACHILLER:
COELLO JUÁREZ JOSEPH KEVIN**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ICA - PERÚ

2016

DEDICATORIA:

Dedico esta tesis a DIOS, quien inspiró mi espíritu para la conclusión de esta tesis.

A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

AGRADECIMIENTO:

A mis padres por fortalecer e inculcar la culminación de mi carrera profesional.

RECONOCIMIENTO:

A las autoridades de la Universidad Privada “Alas Peruanas” – Filial Ica, quienes me han dado el apoyo necesario para poder realizar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RECONOCIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x

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 SECUNDARIOS.....	2
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
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.....	3

1.6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.6.1	TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
	a) TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	5
	b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	5
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.....	6
1.6.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
	a) TÉCNICAS.....	6
	b) INSTRUMENTOS.....	6
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.....	12
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	46

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1	ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	48
-----	------------------------------------	----

3.1.1	ANÁLISIS DE DATOS DE PAVIMENTOS URBANOS.....	48
3.1.2	ANÁLISIS DE DATOS DE REFUERZOS RIGIDOS.....	60
3.1.3	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	68
3.1.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
3.2	CONCLUSIONES.....	78
3.3	RECOMENDACIONES.....	80
3.4	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	81
3.5	ANEXOS.....	83
3.5.1	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	84
3.5.2	ENCUESTAS – CUESTIONARIOS – ENTREVISTAS.....	85
3.5.3	JUICIO DE EXPERTOS.....	88
3.5.4	FOTOGRAFÍAS.....	89
3.5.5	PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACION.....	98
3.5.6	PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL TRÁNSITO LIGERO, MEDIO Y ALTO.....	101

RESUMEN

Esta tesis pretende orientar sobre la evaluación de pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos, y en ella se determina la relación entre los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica durante el año 2016.

La presente investigación es aplicada, de campo y cuantitativa; corresponde a un nivel descriptivo – correlacional, se empleó el método deductivo e inductivo con diseño no experimental de corte transversal-correlacional. Teniendo como muestra a 35 ingenieros de la Municipalidad de Ica quienes realizan trabajo de campo, lo que les permitió recolectar gran cantidad de información, lo cual sirvió para contestar las variables de estudio de la presente investigación, mediante el instrumento del cuestionario.

Los resultados de la investigación realizada permiten concluir, de acuerdo a los resultados obtenidos según el análisis del coeficiente de la correlación de Pearson, que existe una relación significativa entre los pavimentos urbanos con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica durante el año 2016, siendo el resultado de esta correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.88$ podemos concluir que la correlación es fuerte y positiva.

PALABRAS CLAVES

Pavimentos, urbano, refuerzo, rígido.

ABSTRACT

This thesis aims to guide on the evaluation of pavements urban and them reinforcements rigid, and in she is determines the relationship between them flooring urban and them reinforcements rigid in the city of Ica during the year 2016.

This research is applied, field and quantitative; corresponds to a level descriptive-correlational, is employed the method deductive and inductive with not experimental design cross-cut was used. Taking as sample 35 engineers of the Municipality of Ica who perform fieldwork, which allowed them to collect large amounts of information, which served to answer the variables research study, through the instrument of the questionnaire.

The results of the investigation suggest, according to the results obtained according to the analysis of the correlation coefficient of Pearson, that there is a significant relationship between the urban pavements with rigid reinforcements in the city of Ica during the year 2016, being the result of this correlation of Pearson calculated with the value of $r(xy) = 0.88$, we can conclude that the correlation is strong and positive.

KEY WORDS

Pavements, urban, bracing, rigid.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los pavimentos urbanos han adquirido mayor participación en los proyectos viales, debido a su durabilidad, capacidad de reparto de cargas y calidad para el rodamiento. Sin embargo, éstos pueden quedar parcial o totalmente fuera de servicio como consecuencia lógica del desgaste producido por el uso y otros factores como clima, tráfico, etc. Por lo tanto, es necesario realizar una serie de trabajos tendientes a dejar la obra en las mismas condiciones que se encontraba al momento de su puesta en servicio.

El proceso de rehabilitación está ligado al monitoreo permanente del pavimento construido con el fin de determinar el estado en que se encuentra y recomendar así una adecuada rehabilitación. En los primeros años de servicio, es necesario una rehabilitación superficial que permita al pavimento mejorar sus características superficiales.

Pero, a medida que pasa el tiempo, los gastos para conservarlo en condiciones aceptables de transitabilidad se tornan onerosos. Es en este momento que se debe pensar en una rehabilitación estructural, con el fin de evitar la destrucción total del mismo.

Esta investigación tratará de buscar la relación de los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos que se emplean en la ciudad de Ica.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Después de cumplir su vida de servicio, por lo general los pavimentos poseen un valor residual como estructuras resistentes y aptas para distribuir las cargas de tránsito sobre la subrasante.

Por lo tanto, siempre que no sea necesario modificar su trazado en planimetría o altimetría, la solución que aparece como más racional es el uso de sobrecapas de refuerzo sobre el pavimento existente, con el fin de devolverle a éste sus características funcionales y estructurales que tenía al principio.

En todo el Perú, es poco lo que se ha hecho por aplicar este tipo de rehabilitación, debido al desconocimiento o poca difusión de los métodos, técnicas, equipos y materiales que son utilizados. Motivado por esta carencia y la gran importancia que puede representar en el aspecto económico aplicarlas oportunamente, evitando la destrucción total del pavimento, presento la tesis titulada “Relación entre los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica”, que pretende dar a conocer y evaluar el estado de los pavimentos urbanos en la ciudad de Ica y plantear alternativas de solución en la rehabilitación de los pavimentos urbanos, ante esta situación se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál es la relación entre los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016?

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación tendrá como delimitación espacial la zona urbana de la Ciudad de Ica, que está comprendida en el plano de Ubicación y Localización en el Anexo N°05.

1.2.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Temporalmente se delimita durante el año 2016

1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Por las razones expuestas anteriormente nos llevan a plantear la siguiente pregunta de investigación:

1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL:

¿Cuál es la relación entre los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016?

1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS:

¿En qué nivel se relaciona los pavimentos urbanos simples con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016?

¿En qué nivel se relaciona los pavimentos urbanos reforzados con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016?

¿En qué nivel se relaciona los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar la relación entre los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Investigar la relación de los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016

Describir la relación de los pavimentos urbanos reforzados con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

Establecer la relación de los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

Los pavimentos urbanos tendría relación significativa con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

1.5.2 HIPÓTESIS ESPECIFICA

Existiría relación directa entre los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

Existiría relación significativa entre de los pavimentos urbanos reforzado con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

Existiría relación directa entre los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

1.5.3 VARIABLES

1.5.3.1 Variable Independiente: Pavimentos Urbanos

A. Definición Conceptual:

Los pavimentos urbanos son reconocidos, como una solución vial debido a que siendo competitivos en términos de costos de

construcción, destacan además por su larga vida, por su resistencia y por ser ecológicamente amigables.

B. Definición Operacional:

Son aquellos que tiene como principales fortalezas los menores costos de mantenimiento y el menor costo de operación vehicular.

1.5.3.2 Variable dependiente: Refuerzos rígidos

A. Definición Conceptual:

Se define como un tipo de rehabilitación estructural que permitirá al pavimento antiguo recuperar la capacidad estructural perdida por los años de servicio, o en todo caso mejorar la capacidad inicial de diseño.

B. Definición Operacional:

Son las acciones que mejora la capacidad estructural teniendo como soporte los factores internos y externos.

1.5.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE (X/Y):

VARIABLE INDEPENDIENTE : PAVIMENTOS URBANOS	
DIMENSIONES	INDICADORES
Pavimentos urbanos simple	Sin pasadores
	Con pasadores
Pavimentos urbanos reforzado con juntas	Barras de acero liso
	Trasmisión de cargas
Pavimentos urbanos con refuerzo continuo	Sin juntas de contracción
	Acero longitudinal

VARIABLE DEPENDIENTE: REFUERZOS RÍGIDOS	
DIMENSIONES	INDICADORES
Factores internos	Estado superficial del pavimento
	Estructura del pavimento
	Capacidad resistente del pavimento
	Tipo de material
Factores externos	Fondos para realizar el refuerzo
	Materiales y equipos
	Manejo del tránsito
	Problemas constructivos
	Clima local

Fuente: Elaboración propia

1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

a) Tipo de Investigación

La presente investigación es aplicada porque se basa en el análisis y revisión de la teoría existente para llevarlo a una realidad concreta.

Es una investigación de campo, ya que para su elaboración acudimos al lugar de los hechos para evidenciar la problemática planteada.

Es una investigación cuantitativa ya que se realizó encuesta para medir las variables de estudio.

b) Nivel de Investigación

Según su profundidad los niveles de esta investigación corresponde a un nivel descriptivo – correlacional por cuanto se describió el fenómeno observado y se buscará la asociación de las variables de estudio.

1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se empleó el método deductivo, ya que se analizará las características importantes del problema para la comprensión. Se empleó el método inductivo para luego de realizar el análisis, llegar a una condición que permitirá la solución del problema.

b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño corresponde a una investigación no experimental de corte transversal-correlacional.

1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) POBLACIÓN

Población: La población estuvo constituida de la siguiente manera:

Población	Total
Ingenieros de la Municipalidad de Ica	35

b) MUESTRA

La muestra estuvo conformada por la totalidad de la población en estudio.

1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) TÉCNICAS

La técnica utilizada es la encuesta que fue aplicada a la muestra en estudio, quienes darán su opinión acerca de las variables de estudios.

b) INSTRUMENTOS

El instrumento utilizado fue el cuestionario que se aplicó a 35 ingenieros que se encuentran laborando en la Municipalidad de Ica.

Dicho instrumento consta de 20 ítems, 12 ítems corresponden a la primera variable de estudios y 8 ítems a la segunda variable, este instrumento fue validado por expertos en la temática y fue organizado mediante tablas de frecuencia y gráficos, asimismo fueron procesados mediante el programa estadístico SPSS en su versión 21 para interpretar los resultados obtenidos.

1.6.4 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

a) JUSTIFICACIÓN:

Sabemos que en la ciudad de Ica, constantemente se viene realizando trabajos de apertura de calles, para cambiar las redes de agua y desagüe, situación por la que existen deformaciones de los pavimentos, creando la necesidad de realizar los refuerzos rígidos en nuestra ciudad.

b) IMPORTANCIA

Esta investigación será importante porque nos permitió, diagnosticar la situación de los pavimentos de la ciudad de Ica, con la finalidad de buscar la asociación con los refuerzos rígidos que se deben implementar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Para el desarrollo de la presente investigación, se buscaron antecedentes investigativos internacionales y nacionales. De ellas por relacionarse con el tema, o con una de las variables de estudio se ha considerado exponer los siguientes:

RUIZ (2011). EN SU TESIS TITULADA: ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PRODUCEN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS, para optar el grado de Magister de Ingeniería en la Universidad del Oriente, Venezuela. El objetivo de la investigación, fue determinar las patologías producidas en pavimento rígido en la zona norte de Venezuela, es un estudio descriptivo explicativo y se concluyó que se evidencian deterioros severos en su estructura, lo que justificó elaborar diseños y proyectos y ensayos en laboratorios, para verificar si las características de los materiales utilizados en esta vía son los más adecuados.

GASPAR (2010). DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍDIGO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA EL GUAYABAL, MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZANCAPA.

Tesis para optar el título de Ingeniero civil en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el diseño del pavimento rígido, se utilizó el sistema de medición topográfica compuesta por la planimetría y altimetría. Para definirse una longitud de 5755 m. de largo y un ancho de 6m, para luego proceder al muestreo de la subrasante y conocer las propiedades del suelo por medio de los ensayos de

laboratorio y diseñar el pavimento rígido; para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA llegando a proponer un espesor de losa de 15 centímetros y bordillos de 15 X 10 centímetros y un bombeo pluvial del 2%.

El investigador concluye que el pavimento rígido, desde el punto de vista técnico, tiene un mantenimiento mínimo a lo largo del período para el cual fue diseñado, en comparación con un pavimento flexible, que requiere de un mantenimiento constante para evitar el deterioro del mismo.

GAETE, R. (2009). EN EL ARTÍCULO PUBLICADO: UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA LA MANTENCIÓN DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS.

Los caminos no pavimentados constituyen, la mayor proporción de la red de carreteras en Chile y en muchas otras naciones, en vías de desarrollo. La asignación de recursos en los caminos sin pavimentar, ha sido realizada históricamente en base a la experiencia de las autoridades de carreteras. En un estudio reciente llevado a cabo en Sudáfrica, se desarrolló un nuevo conjunto de relaciones para la predicción de la rugosidad y la pérdida de grava en el tiempo, para caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, además de un nuevo conjunto de relaciones de costos de los usuarios. El objetivo de este trabajo, es mostrar la efectividad y versatilidad de la aplicación del sistema MDS (Maintenance and Design System) para evaluar la condición actual y futura, asignar eficientemente los recursos de perfilado y gravillado, y eventualmente determinar la conveniencia de pavimentar un cierto tramo, en base a criterios económicos.

La información que entrega, permite a las autoridades, poder tomar decisiones acertadas en cuanto al presupuesto óptimo requerido, y el uso que se le dé a los fondos disponibles. Por otra parte, el sistema para su funcionamiento, no requiere de un sistema de información voluminoso (sólo un computador personal), lo que lo hace muy accesible a ser implementado por parte de las autoridades de las zonas rurales. Finalmente, se requeriría de algún estudio que permitiera comprobar la bondad de ajuste para las condiciones de Chile, de las relaciones establecidas en las investigaciones de Sudáfrica para los modelos de deterioro, costos de operación de los usuarios y productividad de la motoniveladora, y efectuar una calibración si ésta fuera necesaria.

ZAGAETA & ROMERO (2008). EL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO PREMEZCLADO EN LA MODERNIZACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA AVENIDA ARBOLEDAS.

En esta investigación se habla de los factores, que puedan afectar al pavimento durante su proyecto, ejecución y mantenimiento después de estar en funcionamiento,

Sostiene que el análisis por erosión, suele controlar el diseño en pavimentos para tránsito pesado que tengan pasajuntas, es por esta razón que el análisis por fatiga dio como resultado cero.

ÁLVAREZ (2008). ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LA RED VIAL PAVIMENTADA DE LA REGIÓN UTILIZANDO EL SISTEMA COMPUTACIONAL DTIMS.

El proyecto del presente Trabajo de Título, busca utilizar los modelos de deterioro para pavimentos asfálticos del sistema HDM-III, implementándolos en un programa moderno de gestión vial denominado dTIMS. Este objetivo se sustenta en el hecho de que el dTIMS, posee modos de operación más prácticos y poderosos que los programas antes mencionados, junto con tener mejores herramientas para manipular los resultados. Una vez que los modelos fueron implementados y validados, se procedió a realizar una aplicación para una red vial del territorio nacional. La red seleccionada fue la de la I Región del país, la cual fue modelada por 207 tramos homogéneos que representan 16 caminos constituidos por pavimentos urbanos asfáltico.

La aplicación consistió en realizar un análisis con el programa dTIMS para diferentes restricciones presupuestarias y para un escenario sin restricción. Los programas de construcción propuestos por los análisis fueron registrados y estudiados, así como, un conjunto de otros resultados que otorga el programa como son los costos de los tratamientos y la evolución de la condición de la red vial.

Los resultados demuestran que los programas de gestión vial como el dTIMS son una excelente herramienta de apoyo en la conformación de eficientes planes de mantención y conservación para las redes viales existentes,

recomendando así que en un futuro no tan lejano puedan emplearse permanente por los organismos pertinentes del país.

ALTAMIRANO (2007). DETERIORO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS. TUVO COMO OBJETIVO CONOCER DE FORMA COMPLETA Y ACTUALIZADA LA SITUACIÓN DE ALGUNAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN NICARAGUA.

Al haber finalizado el levantamiento de campo y el análisis de los diferentes deterioros encontrados en las estructuras de pavimentos rígidos en la ciudad de Managua específicamente en la residencial Santa Mónica; y en la ciudad de Matagalpa específicamente en el barrio el Progreso, barrio Otoniel Aráuz, Vía Costado Oeste radio Yes, Vía este UNAN y Barrio Carlos Fonseca, podemos concluir que la mayoría de los deterioros encontrados corresponden al fisuramiento de las estructuras de pavimentos que por falta o inadecuado mantenimiento, estas progresan hasta tal grado de generar a través de su evolución deterioros mayores como fisuramiento en bloques; baches de profundidad que afecta el tráfico circundante y propicio para acumulación de agua; grietas longitudinales y transversales con longitudes que atraviesan en ocasiones más de un tablero de losa; 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 que propician la aparición de hundimientos y baches localizados; hundimientos producto de la falta de soporte de la fundación por la calidad de los suelos que integran las capas inferiores a la carpeta de rodamiento.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. Fundamentos teóricos de pavimentos urbanos

2.2.1.1. Definición de pavimentos

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Todo lo contrario sucede en los pavimentos flexibles, que al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencia mayores tensiones en la subrasante.

a) Subrasante

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

b) Subbase

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado.

Entre otras funciones que debe cumplir son:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la subrasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

c) Losa

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

2.2.1.2 Tipos de pavimento urbano

Los diversos tipos de pavimentos urbanos pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- Pavimentos urbanos simples.
- Pavimentos urbanos reforzados con juntas.
- Pavimentos urbanos con refuerzo continuo.

a) Pavimentos urbanos simples:

a.1) Sin pasadores

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero, ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo para calles de urbanizaciones residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm.

En aeropistas y autopistas 20 cm o más.

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante.

a.2) Con pasadores

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los dislocamientos verticales diferenciales (escalonamientos).

Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más.

b) Pavimentos urbanos reforzado con juntas:

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.

c) Pavimentos urbanos con refuerzo continuo:

A diferencia de los pavimentos urbanos reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos.

2.2.1.3 Juntas:

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas.

Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento.

De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machimbradas y acanaladas.

a) Juntas de contracción:

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se

espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados.

b) Juntas de construcción:

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales.

c) Juntas de expansión:

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura.

2.2.1.4. Sellos:

La función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de éstas (descascaramientos).

En la selección del sello se debe considerar su vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta, datos climáticos y el costo de control de tránsito en cada aplicación del sello, en todo el período económico de análisis. El tipo de junta es muy influyente en la selección del material de sello. Las juntas longitudinales entre pistas o en la unión berma-losa no generan las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales, debido a que sus movimientos son considerablemente menores. Se podría optimizar enormemente el costo del proyecto considerando esto en la selección del sello.

Todo material de sellos de juntas de pavimentos urbanos, deben cumplir con las siguientes características:

- Impermeabilidad

- Deformabilidad
- Resiliencia
- Adherencia
- Resistencia
- Estable
- Durable

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador. Los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- Inmediatamente antes de sellar, se deben limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y demás materiales extraños.
- Parta limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre, chorro de agua o alguna combinación de estas herramientas. Las caras de la junta se pueden imprimir inmediatamente después de la limpieza.
- Es necesario usar el soplado con aire como paso final de la limpieza.
- Cabe mencionar que la limpieza solo se hará sobre la cara donde se adherirá el sellador.

a) Sellos líquidos:

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de adhesión con la cara de la junta. Los sellos líquidos pueden ser de asfalto, caucho colocado en caliente, compuesto elastoméricos, siliconas y polímeros. Los materiales son colocados en las juntas en forma líquida, permitiéndoseles fraguar.

Cuando se instalan los sellos líquidos es necesario el uso de un cordón o varilla de respaldo, la cual no debe adherirse ni al concreto ni al sellador ya que si esto sucede se induce tensión en el mismo.

También ayuda a definir el factor de forma y a optimizar la cantidad de sello a usar. El diámetro del cordón debe ser 25 % más grande que el ancho del reservorio para asegurar un ajuste hermético.

El factor de forma (relación ancho/profundidad) del sellador es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que si éste no es el adecuado, se pueden generar esfuerzos excesivos dentro del sello que acortan la vida útil de éste. Un sellador con un factor de forma inferior a uno desarrolla menos esfuerzos que un sellador con un factor de forma mayor a uno.

b) Sellos elastoméricos preformados:

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de recuperación a la compresión. Son sellos de neopreno extruido que tienen redes internas que ejercen una fuerza hacia fuera contra las caras de la junta. A diferencia de los sellos líquidos que experimentan esfuerzos de compresión y tensión, los sellos preformados solo se diseñan para esfuerzos de tensión.

La profundidad y ancho del reservorio dependen de la cantidad de movimiento esperado en la junta. Como regla general, la profundidad del reservorio debe exceder la profundidad del sello preformado.

Los reservorios de sellador por compresión están conformados para proporcionar un promedio de compresión del sellador de un 25 % en todo momento.

2.2.2 Refuerzos rígidos:

2.2.2.1 Concreto de cemento PORTLAND como material de refuerzo:

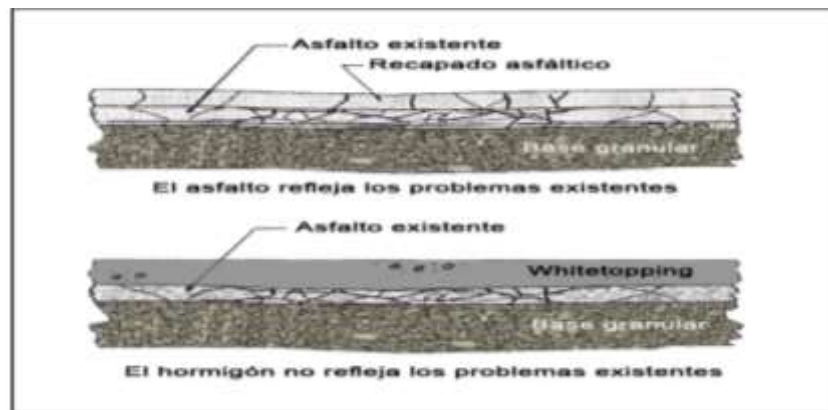
El concreto es un material formado por materiales granulares (piedra partida o grava y arena) embebidos en una pasta de cemento que hace

de ligante. Los materiales granulares son obtenidos de fuentes naturales y deben cumplir con determinadas condiciones de granulometría. El cemento se obtiene a partir de la cocción de piedra caliza y arcilla que forma el Clinker, el cual es finamente molido agregándole un 5 % de yeso para formar el cemento.

El refuerzo de concreto de cemento portland es usado primordialmente para aumentar la capacidad estructural del pavimento existente, o bien para renovar sus características superficiales (aumenta la calidad de rodadura). Esta técnica está siendo muy utilizada actualmente, sobretodo en pavimentos flexibles (whitetopping).

El Whitetopping es una técnica relativamente nueva, su primera aplicación fue en Setiembre del año 1991, en la ciudad de Louisville Kentucky EE.UU., utilizando capas ultra delgadas.

Figura N° 01



Fuente: Tesis titulada aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón, año 2006

A) Clasificación de Whitetopping:

- **Convencional (Conventional Whitetopping-CW):** El espesor es mayor a 20 cm, este tipo de whitetopping no asume adherencia con capa asfáltica, además requiere preparación

mínima de la superficie, el pavimento existente funciona como una base.

- **Delgada (Thin Whitetopping -TWT):** El espesor varía entre 10 a 20 cm, este tipo de whitetopping puede asumir adherencia, o no asumir.

- **Ultra delgada (Ultra-Thin Whitetopping-UTW):** El espesor varía entre 5 a 10 cm, este tipo de whitetopping asume adherencia con la capa asfáltica, entre sus ventajas tiene facilidad en la fase constructiva, requiere un mantenimiento mínimo y entre sus desventajas requiere de un espesor de asfalto existente, está sujeto a falla en esquina y reflexión de grietas y se restringe su uso en carreteras principales y autopistas.

Figura N° 02



Fuente: Revista Infraestructura Vial - Capas de refuerzo con hormigón adheridas, Diciembre 2015

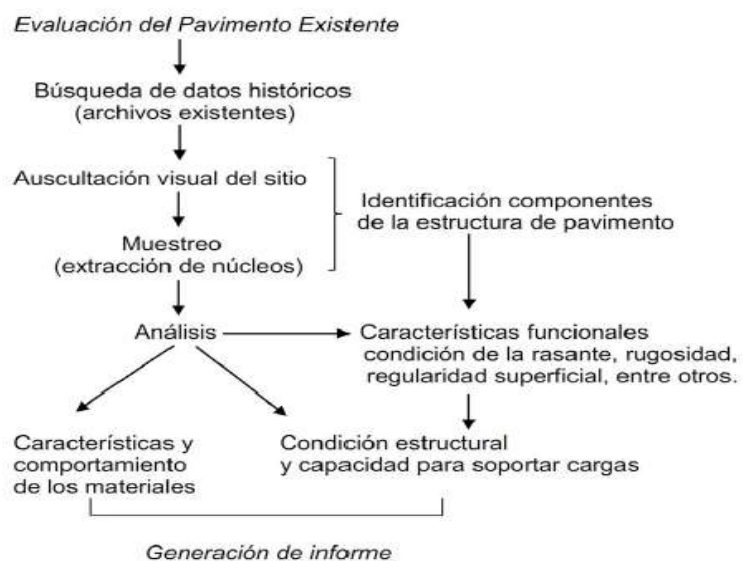
B) Criterios de Selección:

Para elegir la opción que mejor se adapte a las necesidades del proyecto se debe de considerar algunos criterios fundamentales,

entre ellos la evaluación del pavimento, que genere información importante sobre sus condiciones (estado, capacidad y limitaciones).

En la Figura N° 03 se muestra una secuencia de las etapas para la evaluación, finalizando en un reporte o informe final completo que facilite el posterior diseño.

Figura N° 03



Fuente: Revista Infraestructura Vial - Capas de refuerzo con hormigón adheridas, Diciembre 2015

- **Auscultación visual:** En esta etapa se determina los deterioros observables en el pavimento, los cuales pueden estar asociados a cargas de tránsito, un drenaje deficiente, clima, deficiencias a nivel constructivo y materiales siendo comunes los que se enumeran a continuación:
 - ✓ **Ahuellamiento:** debido a asentamientos de los materiales bajo un tránsito pesado y canalizado.
 - ✓ **Fatiga:** grietas interconectadas formando bloques angulosos, producto de cargas repetidas del tránsito.

- ✓ **Grietas en bloque:** dividen el pavimento en bloques rectangulares, causadas principalmente por contracción y oxidación de la mezcla asfáltica.
 - ✓ **Exudación:** subida de los excedentes de material bituminoso a la superficie de la calzada.
 - ✓ **Agrietamiento en los bordes:** corresponden a grietas continuas que cruzan el borde del pavimento, adyacente al espaldón.
 - ✓ **Grietas longitudinales:** paralelas a la línea central del pavimento, localizadas dentro del carril.
 - ✓ **Grietas transversales:** perpendiculares a la línea de centro del pavimento.
- **Muestreo:** Una vez finalizado la inspección visual, resulta importante considerar la extracción de núcleos con el fin de obtener los espesores de la estructura presente, el tipo y materiales de cada una de las capas, la determinación del valor de soporte y demás características que expliquen el comportamiento del pavimento.

Este paso es esencial si se está considerando la opción de una capa delgada o ultra delgada, en donde es crítico evaluar la adherencia entre capas, para identificar cuáles de ellas se encuentran desprendidas, y así determinar si esa capa de asfalto proveerá una base adecuada sobre la que se colocará la capa de refuerzo con hormigón. En caso de que el pavimento existente se encuentre en malas condiciones y haya presencia de tránsito pesado, se puede optar por ensayos opcionales como deflectometría, ensayos de rugosidad y fricción superficial.

- **Análisis:** Al recolectar la información proveniente de datos históricos, inspección visual, muestreos y demás, se debe tabular y graficar los resultados obtenidos, con el fin de analizar, comparar y discutir el comportamiento funcional y estructural del

pavimento, con el fin de que el ingeniero pueda escoger la opción de rehabilitación que mejor se adapte a las necesidades del pavimento.

- **Informe Final:** El informe constituye una síntesis de la investigación previa realizada, donde se reúne los aspectos generales de la información recolectada y el análisis de resultados que facilitan al ingeniero vial la elección de su alternativa de capa de refuerzo a diseñar. Una vez realizada la evaluación se debe de definir los criterios que indiquen la mejor selección.

Esta evaluación es sumamente importante, para asegurarse de que existe una capacidad estructural que soporte la aplicación de cargas, determinar si requiere fresado y seleccionar el espesor requerido.

c) Procedimiento Constructivo:

- Primero se evalúa el pavimento existente, luego se realiza los trabajos de reparación si es que se requiere, como se muestra en la Figura N° 04.

Figura N° 04

Condición general del pavimento	Trabajo de reparación
Ahuellamiento (menos de 5 cm)	Ninguno
Ahuellamiento (más de 5 cm)	Fresado o nivelación
Desplazamiento	Fresado
Huecos	Relleno con roca triturada, mezcla fría o mezcla caliente
Falta de subrasante	Retirar y reemplazar
Piel de cocodrilo	Ninguno
Falla de bloque	Ninguno
Grietas transversales	Ninguno
Grietas longitudinales	Ninguno
Desprendimiento de áridos	Ninguno
Afloramiento	Ninguno

Fuente: Tesis titulada aplicación en Chile de pavimentos delgados de hormigón, año 2006

- **Preparación de la superficie:**

- ✓ Si la superficie no requiere trabajo de reparación, esta no se trata, solo se debe llenar con el hormigón de la nueva capa.
- ✓ Una de las reparaciones más comunes es el fresado, que permite eliminar las irregularidades de la superficie y establecer una base adecuada para la nueva capa a colocar, según la Asociación Americana de Pavimentos urbanos (ACPA, por sus siglas en inglés), recomienda que hay que remover 7,5 cm de la superficie.

- **Limpieza de la Superficie:**

- ✓ Tras la preparación de la superficie, es necesario una profunda limpieza de ésta.
- ✓ Para la eliminación de las partículas grande, basta con un buen escobillón. Para limpiar el polvo, es recomendable aplicar aire comprimido.
- ✓ Se recomienda humedecer el asfalto de manera de enfriarlo para evitar un secado acelerado del hormigón que provocaría microfisuración en el hormigón fresco.

- **Colocación de los Moldes:**

Se les debe aplicar aceite sobre su superficie de los moldes, para evitar que el hormigón se adhiera, no se debe desmoldar antes de 10 horas.

- **Hormigonado de la superficie:**

Se realiza la colocación y compactación del hormigón, empleando reglas vibratoras y vibradores de inmersión.

- **Textura:**

Para darle una textura adecuada, utilizar una aspillera o un escobillón. La aspillera húmeda deja una textura rugosa, pero

son surcos poco profundos, en el caso del escobillón, los surcos son más profundos.

- **Membrana de curado:**

Es recomendable utilizar alguna membrana de curado para evitar el secado acelerado de la superficie y por lo tanto fisuración plástica. La aplicación se realiza con rociado con fumigadores.

- **Aserrado:**

El aserrado se debe realizar en cuanto la resistencia de la superficie sea lo suficiente como para soportar el peso de las máquinas de corte. El tiempo depende de la temperatura, en verano recomiendan a partir de las 6 u 8 horas, mientras que en invierno de 18 u 24 horas.

Se recomienda que el espaciamiento entre juntas sea de 10 a 15 veces el espesor de la losa de hormigón.

- **Curado del hormigón:**

Para acelerar el fraguado del hormigón es recomendable utilizar mantas protectoras de polietileno, con el fin de lograr un aumento en la resistencia acelerada y así disminuir el plazo de apertura al tránsito de la vía.

- **Transferencia de Carga:**

La necesidad de barras de transferencias de cargas en las juntas transversales depende de la capacidad de soporte, el tráfico y el diseño de las losas.

- **Apertura al tránsito:**

En hormigones de habilitación temprana (Fast Track) en un lapso de 24 horas aproximadamente se puede realizarse la apertura al tránsito y en el caso de hormigones normales, tras 48 horas.

2.2.2.2 Refuerzo adherido al pavimento existente

Este tipo de refuerzo es usualmente delgado y por lo tanto su capacidad estructural depende del pavimento existente. Esto significa que éste debe estar libre de fallas si se quiere un buen comportamiento del refuerzo.

En esta técnica de rehabilitación, el refuerzo pasa a formar un todo con la losa existente, resistiendo ambos solidariamente la acción de las cargas de tránsito; es por eso la necesidad de lograr una buena adherencia entre el refuerzo y el pavimento existente.

Un refuerzo de concreto adherido, adecuadamente construido, proporciona una mayor vida útil al pavimento rehabilitado, de igual manera aumenta su capacidad estructural y disminuye los costos del ciclo de vida del pavimento en comparación con otras técnicas de rehabilitación. Aunque el costo inicial de este tipo de refuerzo puede ser elevado en comparación con el refuerzo de concreto asfáltico, los beneficios a largo plazo son mayores, por lo tanto se presenta como una alternativa viable de rehabilitación.

En general, los espesores de refuerzo de concreto adherido varían entre 2 y 6 pulg (5 a 15 cm), siendo lo más común adoptar espesores de 3 a 4 pulg (7.5 a 10 cm). También se han utilizado satisfactoriamente El refuerzo de concreto adherido presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Al utilizar este tipo de refuerzo se disminuyen las operaciones de mantenimiento y por ende hay una reducción en los costos, lo cual es muy ventajoso en áreas urbanas ya que no hay una interrupción frecuente del tráfico.
- En comparación con otros tipo de refuerzo; un refuerzo de concreto no adherido de 25 mm (1pulg) brinda el mismo beneficio

estructural que un refuerzo de concreto asfáltico de 62.5 mm (2.5 pulg). De la misma manera, si el espesor efectivo de la losa es incrementado por este tipo de refuerzo la deflexión vertical y el esfuerzo en la subrasante decrecen significativamente.

- Si la obra tiene que habilitarse enseguida, se podrá construir el refuerzo con cemento portland de alta resistencia inicial (fast-track); sin que esto signifique un costo adverso al proyecto, debido al poco espesor de este tipo de refuerzo.

Desventajas

- Este tipo de refuerzo no es aplicable, cuando el grado de fisuración del pavimento existente es alto o cuando la losa presenta deterioros serios debido a problemas de durabilidad. Solamente es aplicable en pavimentos sanos, libres de fallas.
- El refuerzo a colocar debe ser del mismo tipo del pavimento existente, es decir, si el pavimento existente es un pavimento de concreto armado con juntas el refuerzo debe ser de concreto armado con juntas.
- Todas las juntas del pavimento original deben ser reproducidas en el refuerzo en lo que respecta a ubicación y tipo.
- En pasos a bajo nivel cuando las condiciones de gálibo no permiten colocar un refuerzo. Es poco probable que ocurra esto, ya que este tipo de refuerzo es de poco espesor.
- En lo que respecta al procedimiento constructivo, la preparación de la superficie para lograr la completa adherencia con el refuerzo, es la etapa más crítica.

A. Diseño del espesor del refuerzo:

El espesor de refuerzo de concreto de cemento portland, se obtiene siguiendo el mismo análisis que se hizo para el refuerzo de concreto asfáltico. Por lo tanto, el espesor requerido de refuerzo debe responder a la siguiente ecuación:

$$D_{ol} = D_f - D_{ef}$$

Donde:

D_{ol} = Espesor requerido del refuerzo de concreto.

D_f = Espesor de losa necesario para soportar el tránsito futuro.

D_{ef} = Espesor efectivo de la losa existente.

Aquí si hay una diferencia con la expresión para determinar el espesor de refuerzo de concreto asfáltico, dado que no aparece el factor A, puesto que el pavimento existente y el refuerzo son de concreto.

El procedimiento para determinar el espesor requerido de losa para el tránsito futuro (D_f) y el espesor efectivo de la losa existente (D_{ef}) es el mismo que se utilizó para el diseño de refuerzo de concreto asfáltico sobre pavimentos urbanos sin fracturar.

Cabe resaltar que si el refuerzo, se coloca a los efectos de satisfacer condiciones funcionales, de la calzada bastará colocar un espesor mínimo.

B. Preparación de la superficie del pavimento:

Cuando se va a construir un refuerzo adherido, se debe poner especial atención al estado de las juntas o grietas existentes. Para el caso de juntas descascaradas levemente, es decir, con depresiones menores a 50 mm (2 pulg) de profundidad, se pueden llenar con el concreto del refuerzo durante la construcción de éste. Depresiones

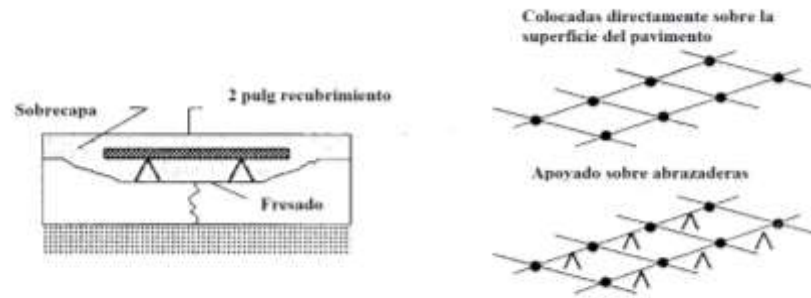
mayores a 50 mm de profundidad deben ser llenadas con concreto antes de la colocación del refuerzo para asegurar una adecuada consolidación de la reparación. Juntas muy deterioradas como rotura de esquina, descascaramientos severos, inadecuada transferencia de carga y levantamientos requieren reparación en todo el espesor. Para grietas muy anchas se pueden reparar utilizando dispositivos de transferencia de carga como pasadores (dowels).

El escalonamiento de juntas mayores a 5 mm (0.2 pulg) indican bombeo de la subbase y una posible pérdida de soporte de la subrasante, un posible tratamiento correctivo sería la estabilización de losas. Para el caso de escalonamientos menores, éstos pueden ser tratados por medio del cepillado de la superficie para asegurar una superficie aceptable antes de colocar el refuerzo.

El agrietamiento aleatorio transversal o longitudinal requiere de especial atención en la preparación de la superficie para un refuerzo adherido. Las grietas transversales que no trabajan no deben ser tratadas. Aquellas que si trabajan requieren reparación en todo el espesor. Para grietas de severidad media, se pueden tratar a través del uso de un acero de refuerzo que controle el agrietamiento aleatorio, éste se puede colocar directamente sobre la superficie del pavimento o apoyado sobre abrazaderas.

Este procedimiento requiere el fresado del pavimento existente para proveer un lugar al acero de refuerzo. El recubrimiento mínimo es de 50 mm (2 pulg), para proteger al acero de la corrosión. La barra utilizada es la No 4 ó 5, cuya longitud es 0.6 m (24 pulg), espaciadas entre centros cada 0.76 m (30 pulg).

Figura N° 05



Fuente: National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), año 1994, No 204

C. Construcción de la Interfase:

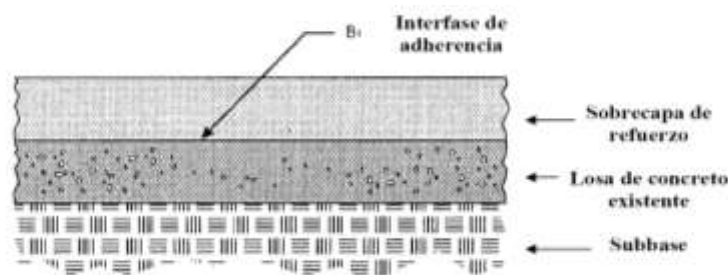
Después de la preparación de la superficie, el próximo paso es la construcción de la interfase de adherencia o capa de adherencia. Para esto, se deben tener en cuentas los siguientes pasos:

- Primero, se deben remover los materiales contaminantes presentes, en la superficie del pavimento como residuos de aceite o petróleo con cepillos de alambre de fierro (wire brushing) para lograr una superficie limpia que permita la adecuada adherencia con el refuerzo.
- Luego la superficie debe ser sometida a un aumento de rugosidad a través de la remoción de una fina capa de concreto, de tal manera que no fisure la superficie. Se recomienda el uso de arena a presión (sandblasting) o granalla a presión (shotblasting) o la combinación de las dos. La Asociación Americana de Pavimentos urbanos (ACPA, por sus siglas en ingles), recomienda que la remoción de esta capa debe estar entre los 3 y 6 mm. Hay que tener en cuenta que los residuos de grasa o aceite de los camiones concreteros u otros elementos contaminantes propios de la construcción pueden impedir la

adecuada adherencia, por lo tanto deben removerse inmediatamente.

- Finalmente, se recomienda el uso de un agente adherente, sobre la superficie limpia y rugosa, para lograr una mejor adherencia. Para ello se puede usar una lechada (grout) de cemento o una resina epóxica de baja viscosidad. Cuando se emplee grout hay que tener en cuenta que éste no debe secarse ni hidratarse completamente antes de colocar el refuerzo.

Figura N° 06



Fuente: National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), año 1994, No 204

D. Aserrado y Sellado de Juntas:

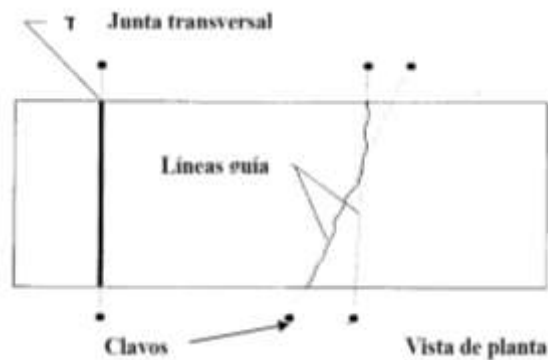
Antes del aserrado y sellado de juntas, es necesario hacer coincidir las juntas del pavimento existente con las juntas del refuerzo que son del mismo o mayor ancho que las juntas originales, con el fin de evitar la concentración de tensiones en el refuerzo, las cuales pueden causar daño en el refuerzo, durante la época de máximas temperaturas.

La localización de las juntas en el pavimento existente se debe marcar antes de colocar el refuerzo. Se puede emplear estacas, clavos, marcas de pintura sobre las bermas u otros accesorios como

instrumentos de precisión que ayuden a la ubicación de éstas. La ubicación de juntas transversales rectas en el refuerzo se realiza de la siguiente manera.

Primero se ubican las juntas en el pavimento existente, con cualquiera de los instrumentos mencionados anteriormente. Luego, teniendo los puntos como base, se une con un cordel y se determina la ubicación de éstas en el refuerzo. Para el caso de grietas sinuosas, se utilizan dos o más líneas guías.

Figura N° 07



Fuente: National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), año 1994, No 204

Las juntas longitudinales en el refuerzo son fáciles de localizar si éstas se encuentran a una distancia uniforme del borde del pavimento.

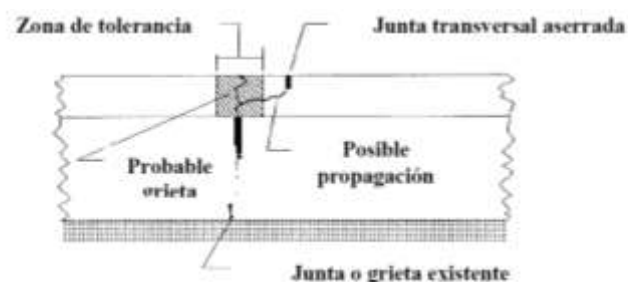
Una vez que se han ubicado las juntas y grietas en el refuerzo, se procede al aserrado de juntas, para lo cual se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El aserrado debe comenzar apenas el concreto ha endurecido lo suficiente como para permitir el corte sin que se produzcan descascaramientos, astillamientos o roturas.
- Si se retrasa el aserrado puede aparecer agrietamiento aleatorio.

- Varios factores pueden reducir la longitud de la ventana (intervalo) de aserrado. Si la ventana se vuelve muy corta, pueden desarrollarse fisuras aleatorias.
- Cuando el aserrado se efectúa sobre concreto, éste debe ser capaz de soportar el peso del equipo del aserrado y el personal involucrado en la tarea.
- Durante el aserrado, si se producen astillamientos a lo largo del corte, o si la sierra arranca el agregado de la superficie en lugar de cortarlo, es señal que el concreto no ha endurecido lo suficiente.

Para serrado de juntas lo normal es un proceso de dos pasos. En el primer paso, se hace el corte inicial para liberar las tensiones por restricción y permitir que el agrietamiento ocurra en los lugares planificados. Se efectúa un segundo corte para conformar el reservorio del sellador luego de completado el proceso de hidratación. Este segundo corte no es función del tipo de refuerzo, por lo tanto se deben seguir con las mismas especificaciones para un pavimento nuevo.

Figura N° 08: Propagación de una grieta secundaria



Fuente: National Cooperative Highway Research Program (NCHRP),
año 1994, No 204

2.2.2.3 Refuerzo no adherido al pavimento existente

En este tipo de rehabilitación, el refuerzo y la losa existente se comportan estructuralmente como dos capas independientes. El refuerzo no adherido se diseña con una capa de separación entre el refuerzo y la losa existente, con el fin de evitar la adherencia entre ambos y aislar al refuerzo de grietas y otros deterioros de la losa existente.

Este tipo de refuerzo se ha utilizado satisfactoriamente tanto en pavimentos rígidos como flexibles muy deteriorados. También se puede utilizar cualquier técnica de fracturado, previa a la colocación de la capa de separación.

La Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), recomienda los siguientes espesores mínimos para el refuerzo de concreto no adherido, los cuales están en función del tránsito.

El refuerzo de concreto no adherido presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Es una alternativa factible para todos los tipos de concreto.
- Tiene una gran ventaja en comparación con el refuerzo adherido, ya que no se necesita hacer coincidir las juntas o grietas del pavimento existente con las juntas del refuerzo.
- Es más efectivo, desde el punto de vista de los costos, cuando el pavimento existente está muy deteriorado ya que hay una menor necesidad de reparaciones previas.
- Se utiliza mayormente para rehabilitar zonas con alto volumen de tránsito pesado.
- La preparación de la superficie solo consiste en limpiar y sellar las juntas y grietas existentes. Sin embargo, es necesario reparar fallas estructurales que pueden afectar el comportamiento del refuerzo
- No requiere de técnicas especiales para su construcción.

Desventajas:

- No es aplicable en los casos en que los deterioros en losas y descascamientos en juntas son poco importantes ya que aparecen otras alternativas de rehabilitación más económicas.
- La gran desventaja de este tipo de refuerzo, es el gran espesor que se requiere y por ende una gran inversión inicial, que muchas veces no se dispone.
- No es aplicable cuando el gálibo bajo puentes puede quedar reducido por el refuerzo.
- No es aplicable cuando el pavimento existente es susceptible de sufrir grandes hinchamientos y descascamientos.

A. Diseño del espesor de refuerzo:

El espesor de refuerzo de concreto de cemento portland no adherido se obtiene siguiendo el mismo análisis que se hizo para el refuerzo de concreto asfáltico, salvo en lo siguiente.

Como cada capa trabaja independientemente a la flexión, absorbiendo una parte del momento producido por las cargas exteriores, de la condición de equivalencia se tiene:

$$M_r + M_{losa} = M$$

Determinación del espesor efectivo de la losa existente (Def).

El cálculo de D_f tiene una pequeña variación con respecto a los casos anteriores, ya que no se consideran los factores de ajuste F_{fat} y F_{dur} , debido a que los ensayos de campo realizados sobre este tipo de refuerzo mostraron muy poca evidencia de reflexión de fisuras y junta. Por lo tanto la ecuación de diseño es:

$$D_{ef} = F_{jcu} D$$

Donde:

D = Espesor de la losa existente. D debe ser menor de 10 pulg, si es mayor se debe usar 10 pulg.

F_{ju} = Factor de ajuste por juntas y fisuras. Este es un valor válido para refuerzos no adheridos de concreto. No confundir con F_j.

El factor F_{ju} se determina conociendo el número de juntas o fisuras no reparadas por milla. Cabe resaltar que cuando se utiliza una capa de concreto asfáltico entre el refuerzo y la losa existente, se eliminan todos los problemas de reflexión y F_{ju} es igual a 1.

La información que se necesita acerca del pavimento existente es:

- Módulo de reacción de la subrasante $k = 200 \text{ pci}$
- Espesor de la losa existente (7 pulg).

B. Preparación de la superficie del pavimento:

Cuando se va a construir un refuerzo no adherido, las reparaciones previas son menores que en el caso de un refuerzo adherido. Sin embargo, aquellas juntas que se encuentren muy deterioradas deben ser reparadas y el tratamiento más aconsejable para estos casos es la reparación en todo el espesor. Para juntas con descascaramientos leves, pueden ser tratadas con reparación de espesor parcial o rellenadas con el material de la interfase.

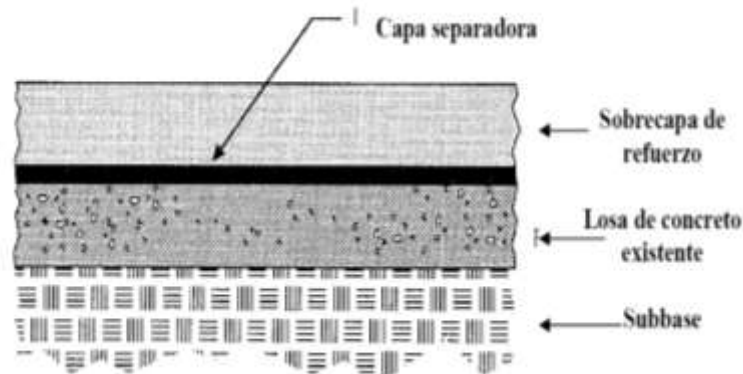
Las juntas escalonas mayores a 6 mm (05 pulg) requieren especial atención, para el caso en que el escalonamiento sea inferior a 6mm se puede cepillar la superficie para eliminar estas irregularidades o en todo caso utilizar tratamientos superficiales como lechada asfáltica (slurry seal) para nivelar la superficie. En todos los casos de escalonamiento, se debe investigar la causa de la misma, para ver si es factible realizar la estabilización de losas o mejorar las condiciones de drenaje.

C. Construcción de la interfase:

Después de la preparación de la superficie, el próximo paso es la construcción de la interfase o capa separadora o capa rompedora de adherencia (figura 05).

Ésta capa tiene como función aislar al refuerzo de las grietas u otros deterioros de la losa existente, con el fin de evitar la reflexión de fisuras en el refuerzo.

Figura N° 09: Refuerzo no adherido



Fuente: National Cooperative Highway Research Program (NCHRP),
año 1994, No 204

Las capas separadoras más utilizadas son:

- **Capas delgadas:** siendo los tratamientos superficiales como lechada asfáltica (slurry seal) y arena-asfalto los más utilizados. Este tipo de capa se emplea siempre y cuando el pavimento existente no se encuentre muy deteriorado o las juntas no presenten grandes desplazamientos verticales diferenciales.
- **Capa de concreto asfáltico:** es la capa separadora más común y exitosa. También sirve como capa niveladora de la superficie existente.
- **Otros materiales:** cuando sólo sea necesario un efecto separador, podrán emplearse láminas de polietileno u otros productos que impidan la adherencia del pavimento existente con el refuerzo.

Para caminos de tránsito intenso, se debe considerar el problema potencial de erosión de la capa separadora. Un tratamiento superficial delgado se erosionará más fácil que un concreto asfáltico. Una solución interesante es usar como capa separadora una capa permeable de granulometría abierta que servirá como sistema de drenaje para captar las aguas.

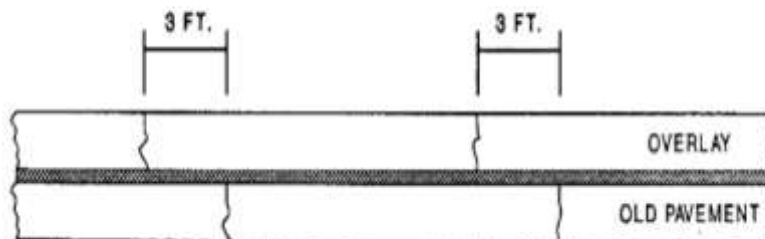
Este tipo de capa proveerá un excelente control de reflexión de fisuras, así como prevención de bombeo y erosión de la capa separadora.

D. Aserrado y sellado de juntas:

A diferencia del refuerzo adherido, en el cual las juntas del refuerzo deben coincidir con las juntas del pavimento existente, en este tipo de refuerzo esta consideración no es válida.

De hecho, AASHTO recomienda que las juntas transversales del refuerzo deben ser colocadas en desfase con las juntas originales aproximadamente 0.9 m (3 pies), como se indica en la figura 6. Esta disposición permite reducir las deflexiones excesivas en la losa y el refuerzo, cuando la rueda se aleja de la junta, como se puede apreciar en la figura N° 10:

Figura N° 10



Fuente: National Cooperative Highway Research Program (NCHRP),
año 1994, No 204

2.2.2.4 Factores básicos para el estudio de refuerzos

El refuerzo debe ser capaz de brindar al pavimento reforzado resistencia (capacidad para soportar la acción del tráfico) y durabilidad (capacidad para resistir la acción del medio ambiente), durante el período para el cuál ha sido diseñado. Todo esto, en condiciones de vialidad adecuados y con gastos de conservación (mantenimiento) normales para el tipo de carretera que se esté rehabilitando.

En la concepción de un refuerzo intervienen fundamentalmente los siguientes factores:

a) Factores Internos:

- El estado superficial del pavimento que se pretende reforzar.
- La estructura del pavimento existente, naturaleza y estado de cada una de sus capas componentes.
- La capacidad resistente del pavimento existente, esta puede ser determinada mediante la medida de deflexiones.
- El tipo de material a emplear en el refuerzo.

b) Factores externos:

- Disponibilidad de fondos adecuados para realizar el refuerzo.
- Disponibilidad de materiales y equipos.
- Como se manejará el tránsito de la vía durante la ejecución de las obras de refuerzo y el costo de la demora del usuario.
- Problemas constructivos como: ruido, contaminación, instalaciones subterráneas gálibo bajo puentes, espesor de bermas.
- El estado del sistema de drenaje de la carretera antes del refuerzo y posibilidades de mejora del mismo.
- Cargas de tránsito futuras.
- Clima local.

2.2.2.5 Criterios de comportamiento:

Serviciabilidad:

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc, que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue:

- Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
- El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
- La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
- Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
- El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Cuando el conductor circula por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, experimenta la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad para controlar el vehículo. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en ingles).

El PSI califica a la superficie del pavimento de acuerdo a una escala de valores de 0 a 5. Claro está, que si el usuario observa agrietamientos o deterioros sobre la superficie del camino aún sin apreciar deformaciones, la clasificación decrece.

El diseño estructural basado en la serviciabilidad, considera necesario determinar el índice de serviciabilidad inicial (P_0) y el índice de serviciabilidad final (P_t), para la vida útil o de diseño del pavimento.

Los factores que influyen mayormente en la pérdida de serviciabilidad de un pavimento son: tráfico, medio ambiente y edad del pavimento. Los efectos que causan éstos factores en el comportamiento del pavimento han sido considerados en este método. El factor edad (tiempo) no está claramente definido. Sin embargo, en la mayoría de los casos es un factor negativo neto que contribuye a la reducción de la serviciabilidad. El efecto del medio ambiente considera situaciones donde se encuentran arcillas expansivas o levantamientos por helada.

2.2.2.6 Propiedades de los materiales

a) MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K):

Este factor nos da idea de cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci).

Puesto que la prueba de carga sobre placa, requiere tiempo y es costosa, el valor de k es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como la razón de soporte california (CBR) o las pruebas de valores R . El resultado es válido porque no se requiere la determinación exacta del valor k ; las variaciones normales para un valor estimado no afectarán apreciablemente los requerimientos de espesores del pavimento.

b) MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO:

Es un parámetro muy importante, como variable de entrada para el diseño de pavimentos rígidos, ya que va a controlar el agrietamiento por fatiga del pavimento, originado por las cargas repetitivas de camiones. Se le conoce también como resistencia a la tracción del concreto por flexión.

El módulo de rotura requerido por el procedimiento de diseño es el valor medio determinado después de 28 días utilizando el ensayo de carga en los tercios. De esta manera, se obtiene en el tercio medio una zona sometida a un momento flector constante igual a $PL/3$ y la rotura se producirá en cualquier punto de este tercio medio con la única condición que exista allí una debilidad. Este ensayo es recomendable frente al ensayo de carga en el punto medio, en el cuál la rotura se producirá indefectiblemente en dicho punto (punto de aplicación de la carga) donde el momento flector es máximo.

c) MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO:

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del concreto. En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de tensiones en la armadura.

2.2.2.7 Comportamiento del pavimento de concreto:

a) COMPORTAMIENTO FUNCIONAL:

El comportamiento funcional de un pavimento de concreto, está asociado a la capacidad funcional que tiene para brindar una superficie segura y cómoda al usuario. En este contexto la regularidad o rugosidad superficial es la característica predominante, entre otras características tenemos:

- Textura.

- Adecuada fricción superficial.
- Trazado de la carretera, incluyendo peralte y radio de curvatura.
- Fisuras.

La regularidad o rugosidad superficial es la característica más percibida por el usuario ya que afecta la calidad de la rodadura. Se relaciona con los efectos de las vibraciones, tales como niveles de deterioros, probabilidad de dañar a las mercancías transportadas, desgaste de los vehículos y consumo de energía. La comodidad depende principalmente del vehículo y del perfil longitudinal de la carretera.

La textura de un pavimento es un parámetro crítico en la comodidad y seguridad de los usuarios y necesario para la conservación de carreteras, este parámetro influye directamente en la capacidad del pavimento para evacuar el agua de la interfase rueda pavimento y de forma indirecta en el valor del coeficiente de rozamiento del pavimento, que tiene gran importancia para la adecuada adherencia entre la rueda y el pavimento.

La fricción superficial de un pavimento es la fuerza desarrollada en la interfase rueda pavimento que resiste el deslizamiento cuando se aplican las fuerzas de frenado. La fricción o resistencia al deslizamiento también es un valor crítico en la seguridad, ya que cuando los pavimentos están mojados el agua actúa como lubricante y reduce el contacto entre la rueda y pavimento. Si la película de agua es gruesa y al vehículo circula a gran velocidad, las ruedas pierden contacto con el pavimento, creando el peligroso fenómeno de hidroplaneo.

El trazado de la carretera se relaciona con los cambios angulares vertical y horizontal del pavimento. Una curva de radio demasiado pequeño, para la velocidad del proyecto, puede requerir reducciones de velocidad y además causar accidentes, especialmente cuando se combina con peraltes elevados o incluso contraperaltes. Carreteras con pendientes longitudinales extremas son antieconómicas y peligrosas.

La aparición de fisuras es el primer aviso de una carretera con problemas. Es señal de tensiones, debidas a condiciones climáticas o de cargas de tráfico que han sobrepasado los límites de la resistencia del pavimento. Es la señal para el ingeniero de que los costos de conservación van a aumentar sino se actúa con prontitud.

b) COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL:

El comportamiento estructural del pavimento de concreto, está asociado a la capacidad estructural que tiene para soportar o resistir las solicitaciones de carga al que estará sometido durante su período de vida útil; ya que las cargas de los vehículos pesados producen una pérdida lenta y progresiva de la capacidad de soporte de la estructura del pavimento.

Los pavimentos de concreto de cemento portland, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, distribuye las cargas de tránsito sobre áreas relativamente extensas del suelo subyacente, por lo que la mayor parte de la capacidad estructural es provista por la misma losa. Cabe resaltar que el comportamiento de las losas depende estrechamente de las condiciones de contorno como son el apoyo sobre la subbase y las restricciones en los bordes que le imponen las losas adyacentes.

La principal característica estructural de los pavimentos de concreto, es la transmisión de cargas a través de juntas o grietas. Por lo tanto, la forma más frecuente de establecer la capacidad estructural de un pavimento de concreto es determinando la deflexión o desplazamiento vertical a lo largo de las juntas y borde del pavimento, bajo una carga normalizada de referencia, ya que deflexiones excesivas producen bombeo de la subbase y posteriormente pérdida de soporte de la estructura del pavimento, lo que origina la rotura de la losa de concreto.

La otra variable básica que interviene en el estudio de la capacidad estructural del pavimento es la cuantificación adecuada de las solicitaciones. En esta

cuestión se descubre la interrelación entre características superficiales y estructurales.

La capacidad estructural y funcional está íntimamente relacionadas. En efecto un deterioro estructural de un pavimento se manifiesta por una disminución de su capacidad funcional ya que hay un incremento en rugosidad, ruido, y aún riesgo para los ocupantes que lo transiten. No obstante hay otro tipo de fallas estructurales, que pueden progresar sin que los usuarios lo noten hasta etapas muy avanzadas. También puede haber una pérdida de la capacidad funcional sin que esto implique una pérdida de la capacidad estructural (ej. pérdida de fricción).

Por otro lado, el efecto de superposición más conocido, aunque difícil de cuantificar, es el crecimiento exponencial del daño en el pavimento debido a que las cargas dinámicas se incrementan con la mala regularidad superficial. Es decir, un mismo eje de 13 tn es mucho más “agresivo” para el pavimento en un tramo de mala regularidad que en otro en buen estado. La inversa también suele ser cierta, un tramo de mala regularidad presenta, muy probablemente, un estado estructural deficiente.

En general, el comportamiento estructural de un pavimento se relaciona con su condición física, esto es, con la ocurrencia de agrietamientos, fallas, peladuras, u otras situaciones que podrían afectar exclusivamente la capacidad de soporte de la estructura del pavimento o en todo caso requerir mantenimiento.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Análisis del tránsito.-

Es el factor más importante, por lo que debe reflejar correctamente el tipo de tráfico que recibirá la vía a reforzar durante su nuevo periodo de diseño.

Asfalto.-

Sustancia negra, pegajosa, sólida o semisólida según la temperatura ambiente; a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad. Se utiliza para revestir carreteras, impermeabilizar estructuras, como depósitos, techos o tejados, y en la fabricación de baldosas, pisos y tejas.

Carretera.-

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y comunicaciones.

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.-

Degeneración, empeoramiento gradual de algo.

Pavimento.-

Superficie artificial que se hace para que el piso esté sólido y llano.

Pavimentos Asfálticos.-

Son pavimentos compuestos por una capa superficial de agregado mineral recubierto y aglomerado con cemento asfáltico, colocada sobre superficies de

apoyo tales como bases asfálticas, piedra triturada o grava; o sobre un pavimento de concreto de cemento Portland, de ladrillo o bloques.

Suelo.-

El suelo es una compleja mezcla de material rocoso fresco y erosionado, de minerales disueltos y re depositados, y de restos de cosas en otro tiempo vivas. Estos componentes son mezclados por la construcción de madrigueras de los animales, la presión de las raíces de las plantas y el movimiento del agua subterránea.

Juntas de dilatación.-

Su función es controlar los movimientos que generan las tensiones producidas en el interior de las estructuras.

Sellador de juntas.-

Es una material que se dividen en dos tipos que son sellos líquidos y sellos elastoméricos preformados, su función es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de estas.

ACI.-

La American Concrete Institute (ACI) es una autoridad líder y de recursos a nivel mundial para el desarrollo y la distribución de las normas basadas en el consenso , los recursos técnicos , programas educativos , y probada experiencia para los individuos y organizaciones que participan en el diseño de hormigón , construcción y materiales , que comparten un compromiso con la búsqueda de la mejor utilización del hormigón .

Módulo de elasticidad .-

Es la relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Análisis de Tablas y Gráficos

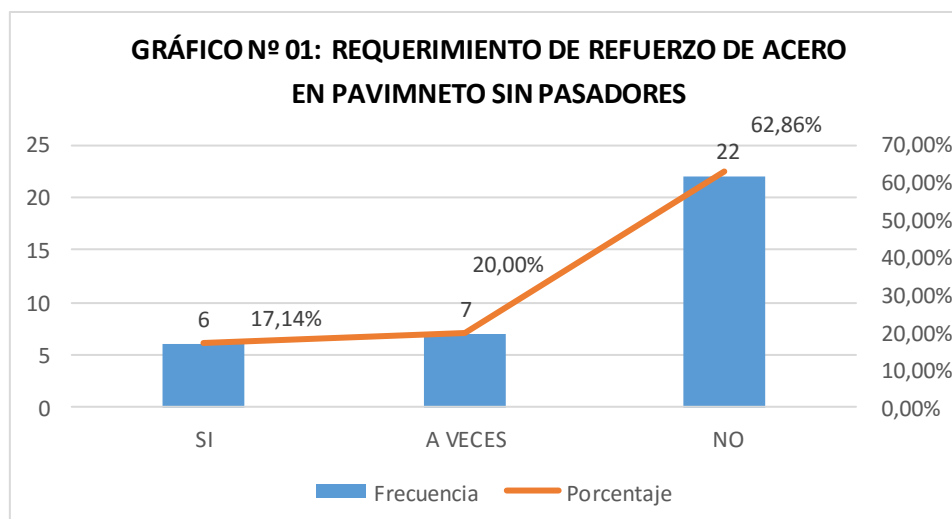
3.1.1 Análisis de datos sobre pavimentos urbanos

Tabla N°01

¿Cree usted que los pavimentos sin pasadores requieren refuerzo de acero?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	6	17,14%	17,14%
A VECES	7	20,00%	37,14%
NO	22	62,86%	100,00%
TOTAL	35	100,00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

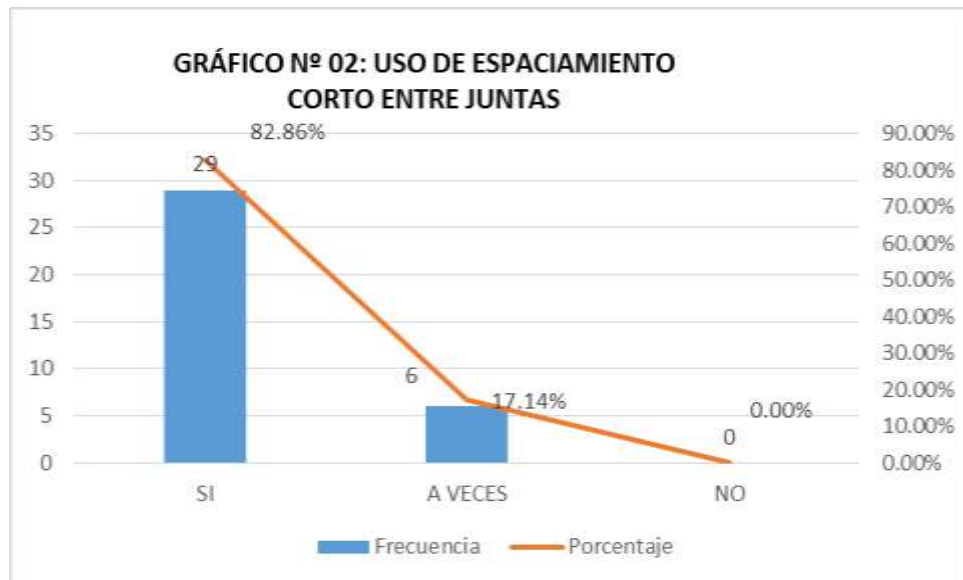
En la figura N° 01, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles quienes representan el 100% de los cuales un 62,86% sostiene que los pavimentos sin pasadores no requieren refuerzo de acero, el 20,00% sostuvo que solo a veces y el 17.14% afirmo que a veces los pavimentos sin pasadores si requieren refuerzo de acero.

Tabla N°02

¿En los pavimentos urbanos simple sin pasadores se debe usar espaciamento corto entre juntas?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	29	82,86%	82,86%
A VECES	6	17,14%	100,00%
NO	0	0,00%	100,00%
TOTAL	35	100,00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la figura N° 02, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles quienes representan el 100% de los cuales un 82,86% sostiene que en

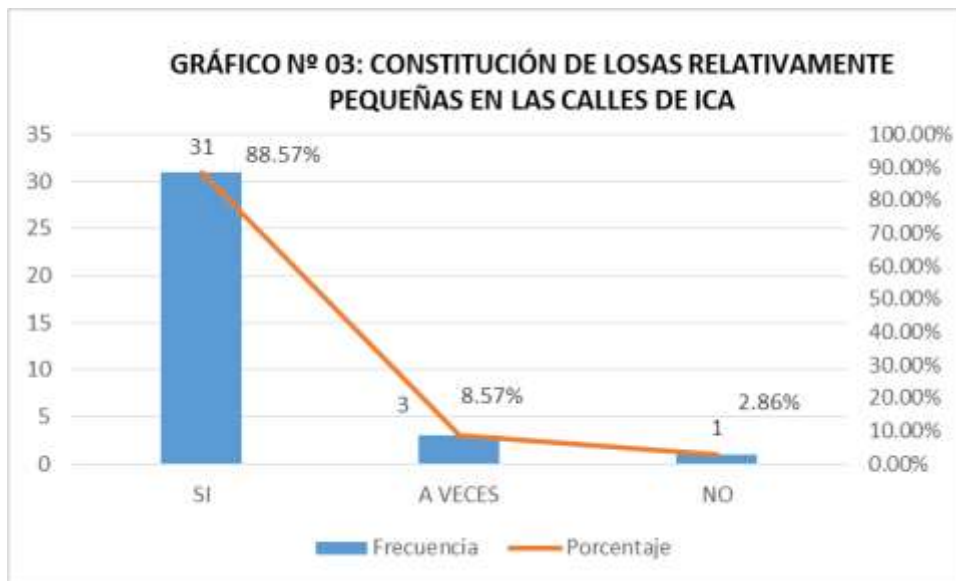
los pavimentos urbanos simple sin pasadores si se debe usar espaciamiento corto entre juntas, y el 17,14% cree que a veces los pavimentos urbanos simple sin pasadores si se debe usar espaciamiento corto entre juntas.

Tabla N°03

¿Las calles de la ciudad de Ica están constituidas por losas relativamente pequeñas?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	31	88.57%	88.57%
A VECES	3	8.57%	97.14%
NO	1	2.86%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

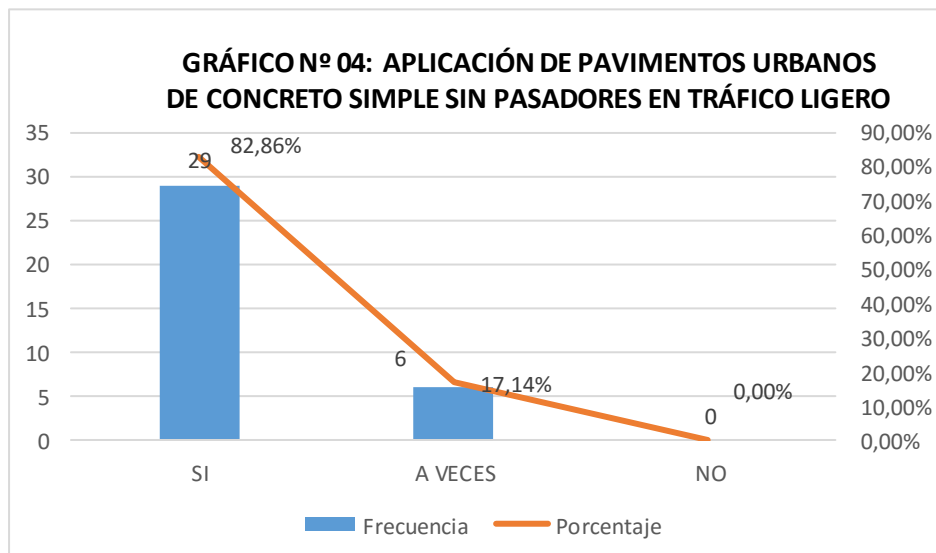
En la figura N° 03, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles encuestados que representan el 100% de los cuales un 88,57% sustenta que las calles de la ciudad de Ica si esta constituidas por losas relativamente pequeñas, un 8,57% del total de ingenieros afirmo que a veces, y por otro lado el 2,86% de encuestados sostuvo que las calles de la ciudad de Ica no están constituidas por losas relativamente pequeñas.

Tabla N°04

¿Los pavimentos urbanos de concreto simple sin pasadores se aplica en tráfico ligero?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	29	82.86%	82.86%
A VECES	6	17.14%	100.00%
NO	0	0.00%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Interpretación:

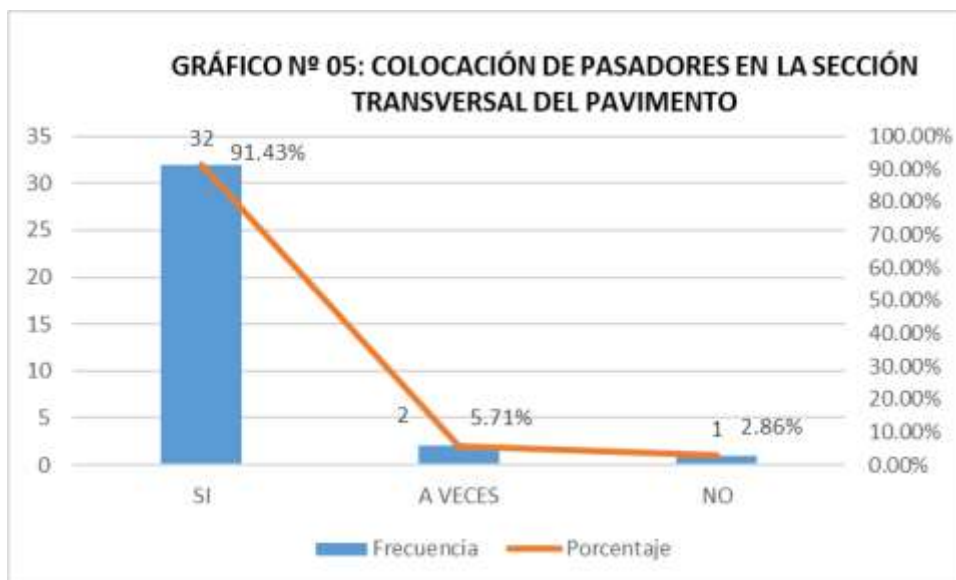
En la figura N° 04, se obtiene los resultados de 35 ingenieros civiles quienes constituyen el 100%, de los cuales un 82,86% sostiene que los pavimentos urbanos de concreto simple sin pasadores si se aplica en tráfico ligero, el 17,14% afirmo que los pavimentos urbanos de concreto simple sin pasadores a veces se aplica en tráfico ligero.

Tabla N°05

¿Los pasadores se colocan en la sección transversal del pavimento?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	32	91.43%	91.43%
A VECES	2	5.71%	97.14%
NO	1	2.86%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

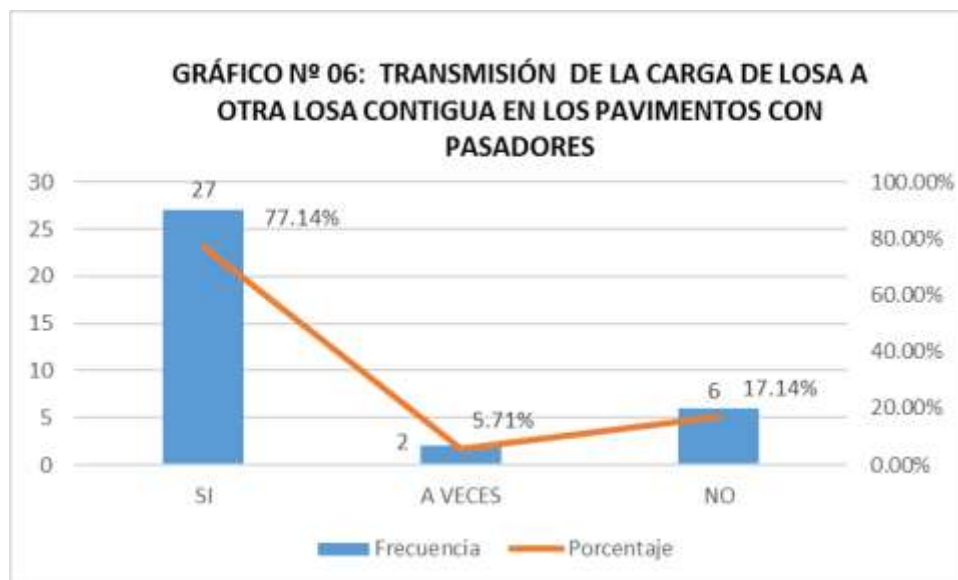
En la figura N° 05, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles encuestados que representan el 100%, de los cuales un 91,43% afirman que los pasadores si se colocan en la sección transversal del pavimento, un 5.71% del total de ingenieros afirmo que los pasadores a veces se colocan en la sección transversal del pavimento, y por otro lado el 2,86% de encuestados sostuvo que los pasadores no se colocan en la sección transversal del pavimento.

Tabla N°06

¿Los pavimentos con pasadores transmiten la carga de losa a otra losa contigua?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	27	77.14%	77.14%
A VECES	2	5.71%	82.86%
NO	6	17.14%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

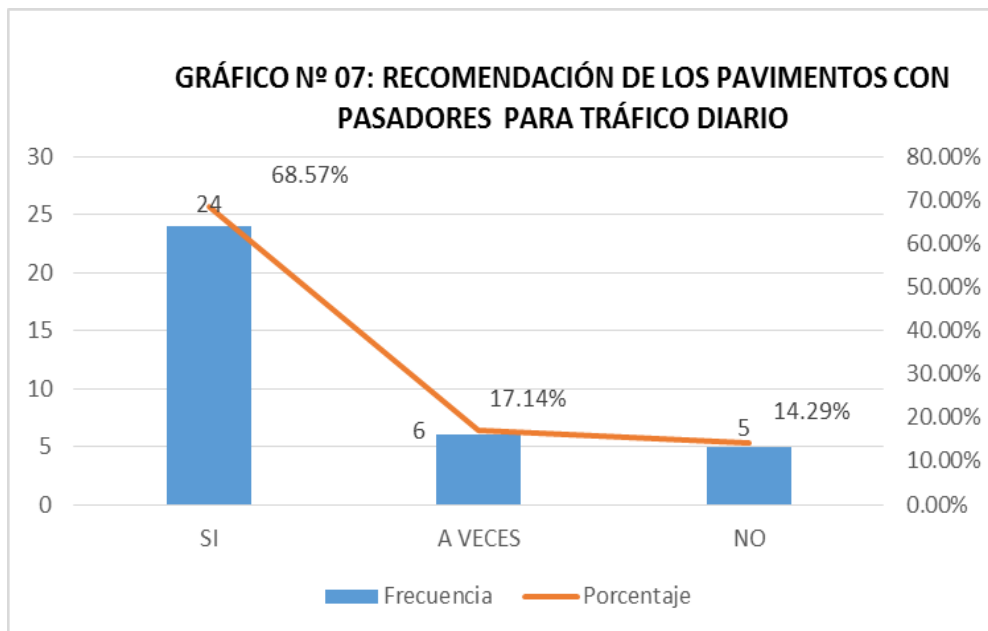
En la figura N° 06, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles quienes representan el 100% de los cuales un 77,14% sustenta que los pavimentos con pasadores si transmiten la carga de losa a otra losa contigua, el 5,71% sostuvo que solo a veces y el 17.14% afirmo que los pavimentos con pasadores no transmiten la carga de losa a otra losa contigua de acero.

Tabla N°07

¿Los pavimentos con pasadores son recomendables para tráfico diario?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	24	68.57%	68.57%
A VECES	6	17.14%	85.71%
NO	5	14.29%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

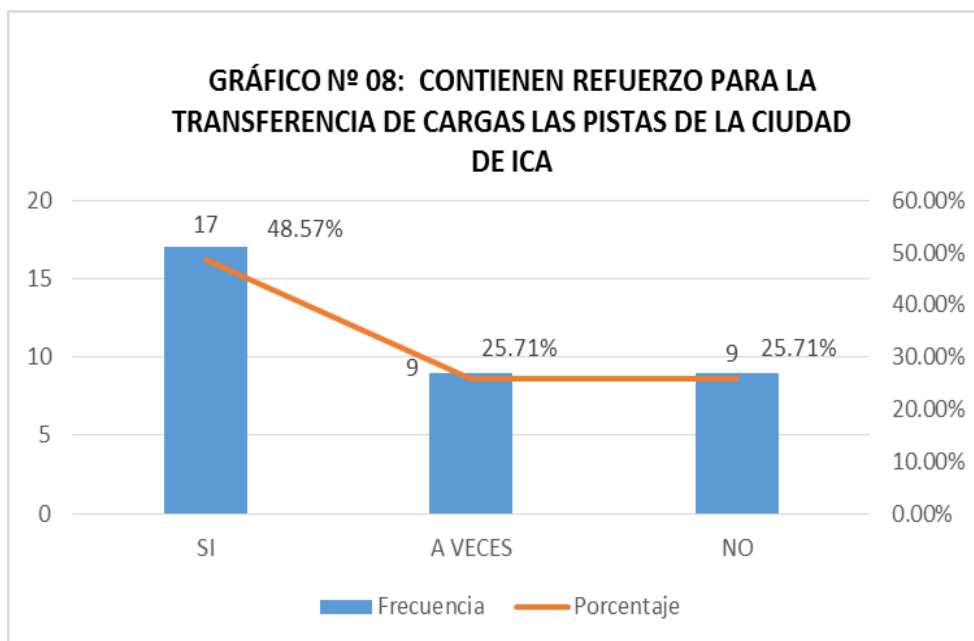
En la figura N° 07, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles quienes representan el 100% de los cuales un 68,57% fundamenta que los pavimentos con pasadores si son recomendables para tráfico diario, el 17,14% sustentaron que solo a veces y el 14.29% asevero que los pavimentos con pasadores no son recomendables para tráfico diario.

Tabla N°08

¿Las pistas de la ciudad de Ica tienen refuerzo para la transferencia de cargas?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	17	48.57%	48.57%
A VECES	9	25.71%	74.29%
NO	9	25.71%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

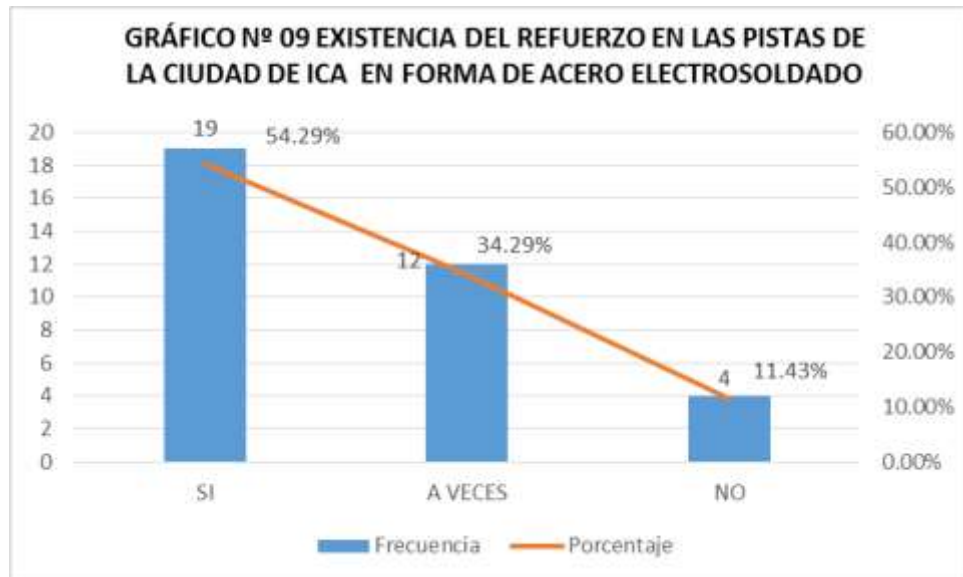
En la figura N° 08, tenemos los resultados de 35 ingenieros civiles encuestados que representan el 100%, de los cuales el 48,57 % afirman que las pistas de la ciudad de Ica si tienen refuerzo para la transferencia de cargas, el 25,71% del total de ingenieros civiles testifico que solo a veces, y por último el 25,71% de encuestados sostuvo que las pistas de la ciudad de Ica no tienen refuerzo para la transferencia de cargas.

Tabla N°09

¿Existe el refuerzo en las pistas de la ciudad de Ica en forma de acero electrosoldado?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	19	54.29%	54.29%
A VECES	12	34.29%	88.57%
NO	4	11.43%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

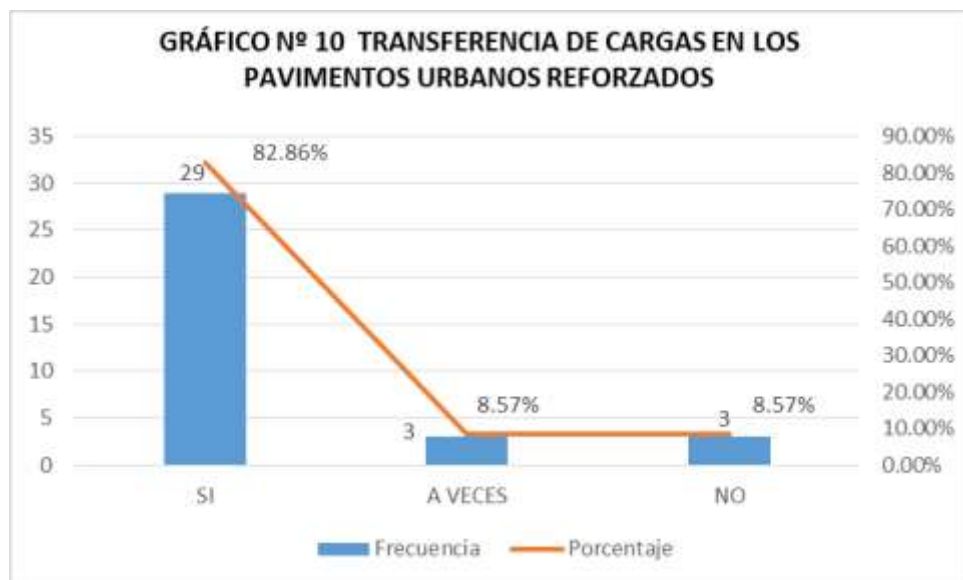
En la figura N° 09, tenemos los resultados de unos 35 ingenieros civiles encuestados que representan el 100%, entre los cuales el 54,27 % afirma si existe el refuerzo en las pistas de la ciudad de Ica en forma de acero electrosoldado, el 34,29% testifico que solo a veces, y solo el 11,43% de encuestados sostuvo no existe el refuerzo en las pistas de la ciudad de Ica en forma de acero electrosoldado.

Tabla N°10

¿Los pavimentos urbanos reforzados permiten una buena transferencia de cargas?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	29	82.86%	82.86%
A VECES	3	8.57%	91.43%
NO	3	8.57%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

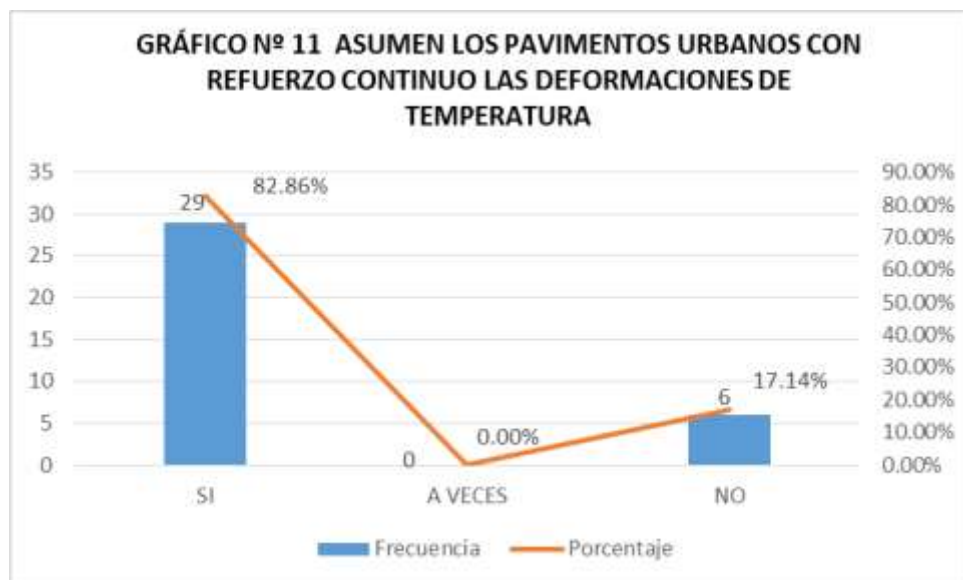
En la figura N° 10, poseemos los resultados de los 35 ingenieros civiles quienes representan el 100% de los cuales un 82,86% fundamenta que los pavimentos urbanos reforzados si permiten una buena transferencia de cargas, mientras que el 8,57% sustentaron su respuesta con un a veces y finalmente un el 8,57% asevero que los pavimentos urbanos reforzados no permiten una buena transferencia de cargas.

Tabla N°11

¿Los pavimentos urbanos con refuerzo continuo asumen todas las deformaciones de temperatura?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	29	82.86%	82.86%
A VECES	0	0.00%	82.86%
NO	6	17.14%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

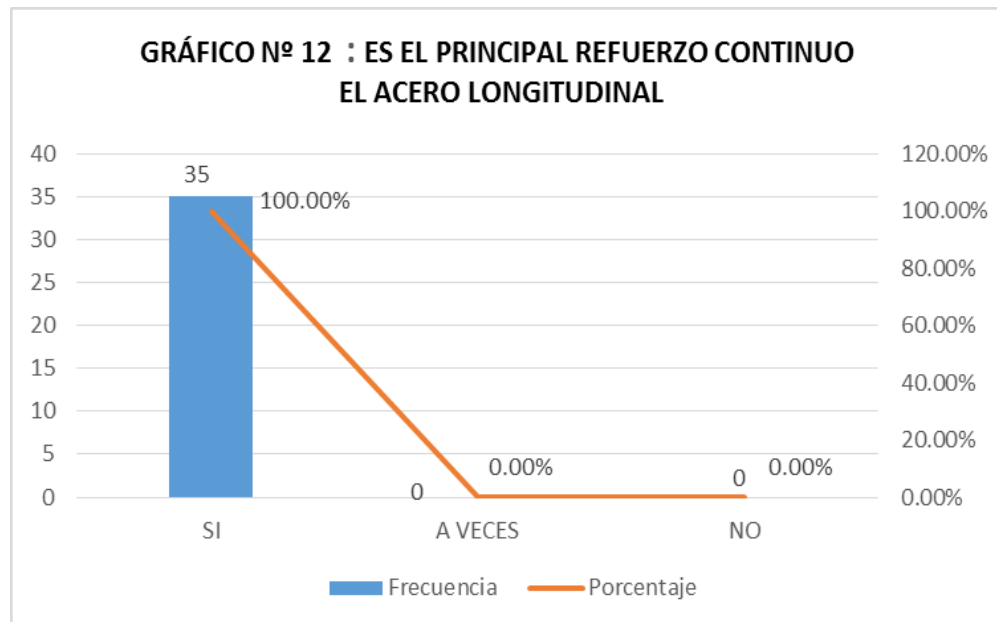
En la figura N° 11, adquirimos los resultados de 35 ingenieros civiles encuestados que representan el 100%, donde el 82,86% alegan que los pavimentos urbanos con refuerzo continuo si asumen todas las deformaciones de temperatura y por lo contrario el 17,14% de encuestados sostuvo que los pavimentos urbanos con refuerzo continuo no asumen todas las deformaciones de temperatura.

Tabla N°12

¿El principal refuerzo continuo es el acero longitudinal?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	35	85.37%	85.37%
A VECES	0	0.00%	85.37%
NO	6	14.63%	100.00%
TOTAL	41	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la figura N° 12, se obtiene los resultados de 35 ingenieros civiles quienes constituyen el 100%, de los cuales el 100% sostiene que el principal refuerzo continuo si es el acero longitudinal.

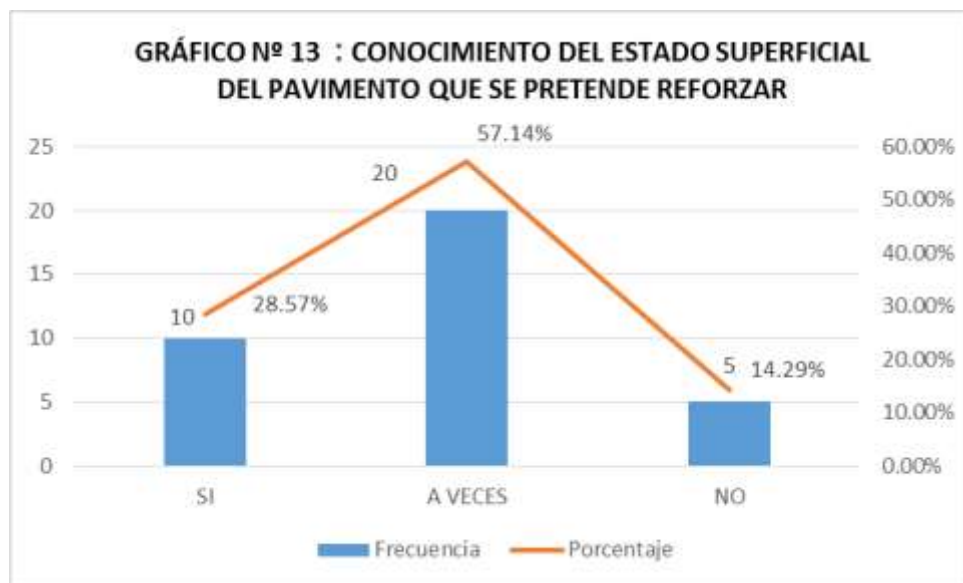
3.1.2 Análisis sobre refuerzos rígidos

Tabla N°13

¿Se debe conocer el estado superficial del pavimento que se pretende reforzar?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	10	28.57%	28.57%
A VECES	20	57.14%	85.71%
NO	5	14.29%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

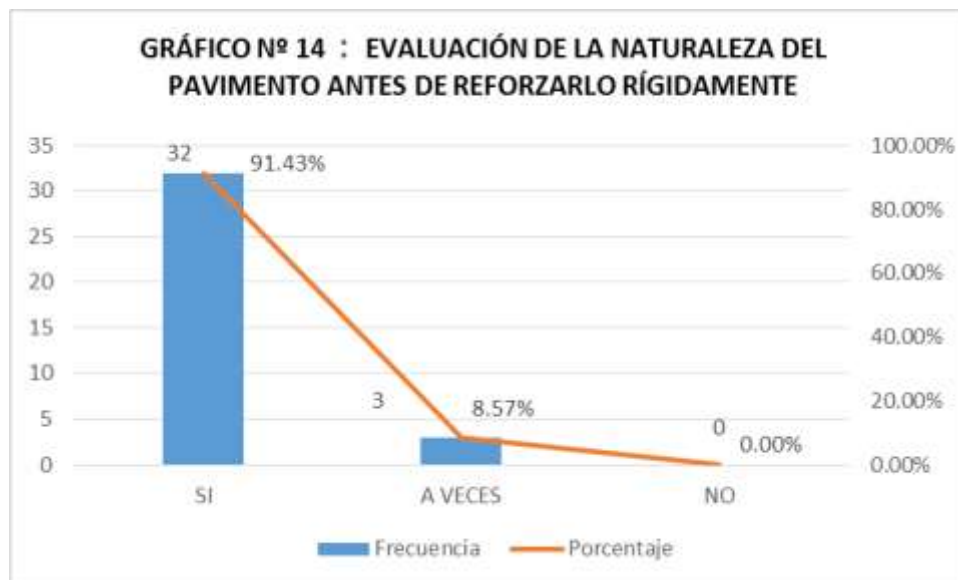
En la figura N° 13, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles que representan el 100% de los cuales un 57,14% fundamenta que a veces se debe conocer el estado superficial del pavimento que se pretende reforzar, el 28,57% sostuvo que y en último lugar el 14,29% manifestó que no se debe conocer el estado superficial del pavimento que se pretende reforzar.

Tabla N°14

¿Es necesario evaluar la naturaleza del pavimento antes de reforzarlo rígidamente?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	32	91.43%	91.43%
A VECES	3	8.57%	100.00%
NO	0	0.00%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

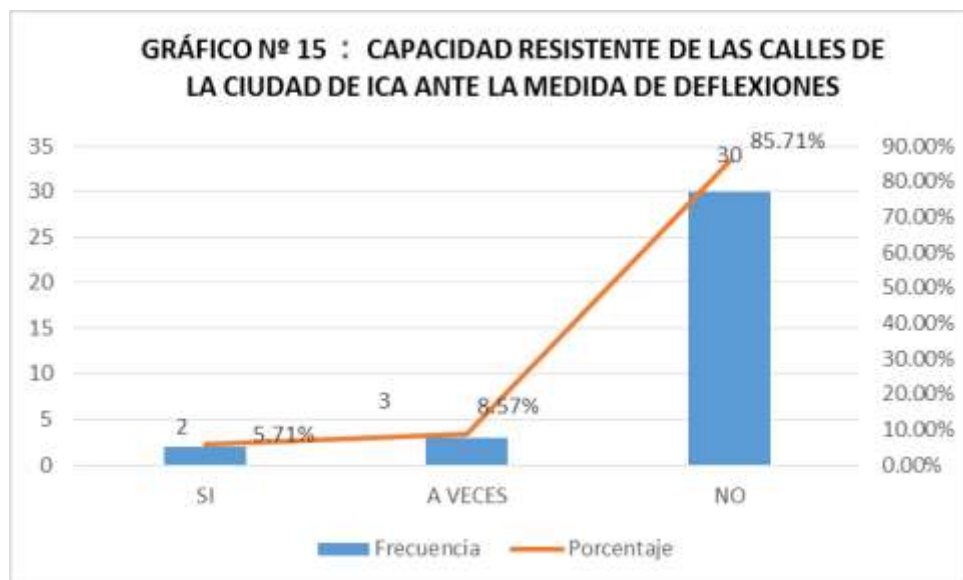
En la figura N° 14, se consigue los resultados de 35 ingenieros civiles quienes componen el 100%, de los cuales el 91,43% sostiene que si es necesario evaluar la naturaleza del pavimento antes de reforzarlo rígidamente, y el 8,57% de ingenieros civiles afirma que a veces es necesario evaluar la naturaleza del pavimento antes de reforzarlo rígidamente.

Tabla N°15

¿Las calles de la ciudad de Ica asumen capacidad resistente ante la medida de deflexiones?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	2	5.71%	5.71%
A VECES	3	8.57%	14.29%
NO	30	85.71%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

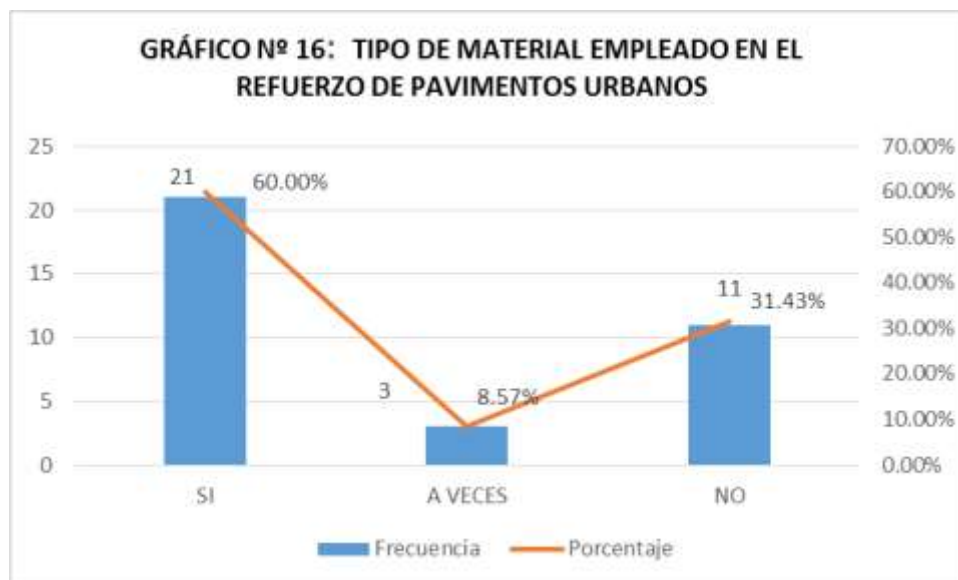
En la figura N° 15, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles quienes representan el 100% de los cuales el 85,71% sostiene que las calles de la ciudad de Ica no asumen capacidad resistente ante la medida de deflexiones, esto debido a sus constantes aperturas a consecuencia de las obras ejecutadas en el cercado de Ica, el 8,57% sostuvo que solo a veces y el 5,71% afirmó que las calles de la ciudad de Ica si asumen capacidad resistente ante la medida de deflexiones.

Tabla N°16

¿Se debe tener en cuenta el tipo de material a emplear en el refuerzo de pavimentos urbanos?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	21	60.00%	60.00%
A VECES	3	8.57%	68.57%
NO	11	31.43%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

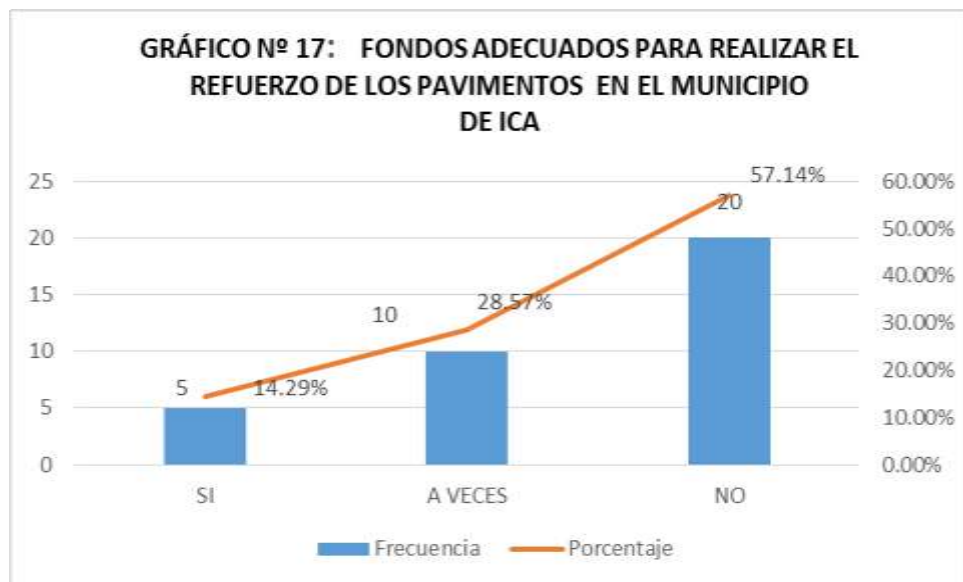
En la figura N° 16, obtenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles que representan el 100% de los cuales un 60% argumenta que si se debe tener en cuenta el tipo de material a emplear en el refuerzo de pavimentos urbanos, el 8,57% sostuvo que a veces y el 31,43% fundamento que no se debe tener en cuenta el tipo de material a emplear en el refuerzo de pavimentos urbanos.

Tabla N°17

¿La Municipalidad de Ica cuenta con fondos adecuados para realizar el refuerzo de los pavimentos?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	5	14.29%	14.29%
A VECES	10	28.57%	42.86%
NO	20	57.14%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

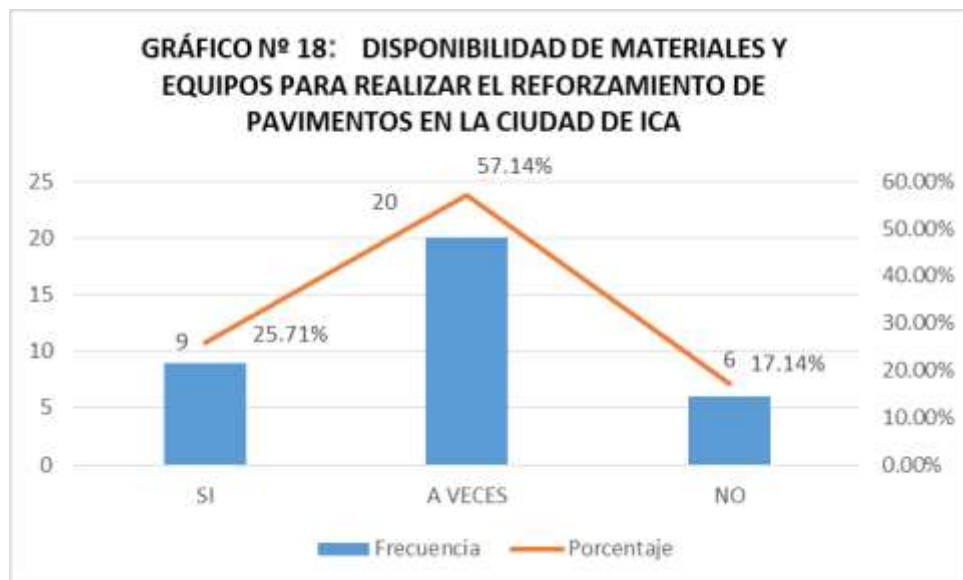
En la figura N° 17, obtuvimos los resultados de 35 ingenieros civiles que representan el 100% de los cuales un 57,14% argumenta que la Municipalidad de Ica no cuenta con fondos adecuados para realizar el refuerzo de los pavimentos, el 28,57% sostuvo que solo a veces y el 14,29% afirmó que el Municipalidad de Ica si cuenta con fondos adecuados para realizar el refuerzo de los pavimentos.

Tabla N°18

¿Existe disponibilidad de materiales y equipos para realizar el reforzamiento de pavimentos en la ciudad de Ica?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	9	25.71%	25.71%
A VECES	20	57.14%	82.86%
NO	6	17.14%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

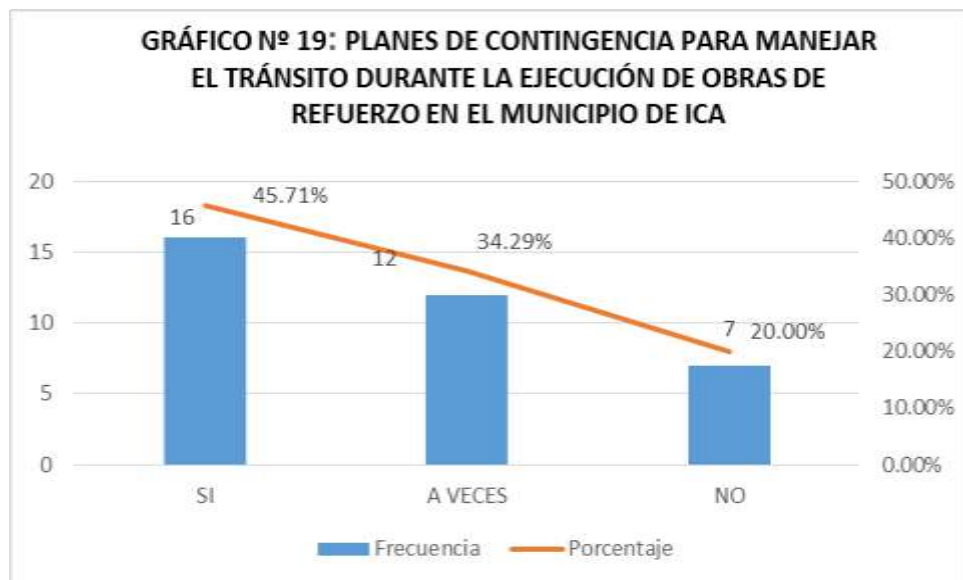
En la figura N° 18, tenemos los resultados de los 35 ingenieros civiles que representan el 100% de los cuales un 57,14% fundamenta que a veces existe disponibilidad de materiales y equipos para realizar el reforzamiento de pavimentos en la ciudad de Ica, el 25,71% sostuvo que si y el 17,14% manifiesto que no existe disponibilidad de materiales y equipos para realizar el reforzamiento de pavimentos en la ciudad de Ica.

Tabla N°19

¿Tiene la Municipalidad de Ica planes de contingencia para manejar el tránsito durante la ejecución de obras de refuerzo?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	16	45.71%	45.71%
A VECES	12	34.29%	80.00%
NO	7	20.00%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

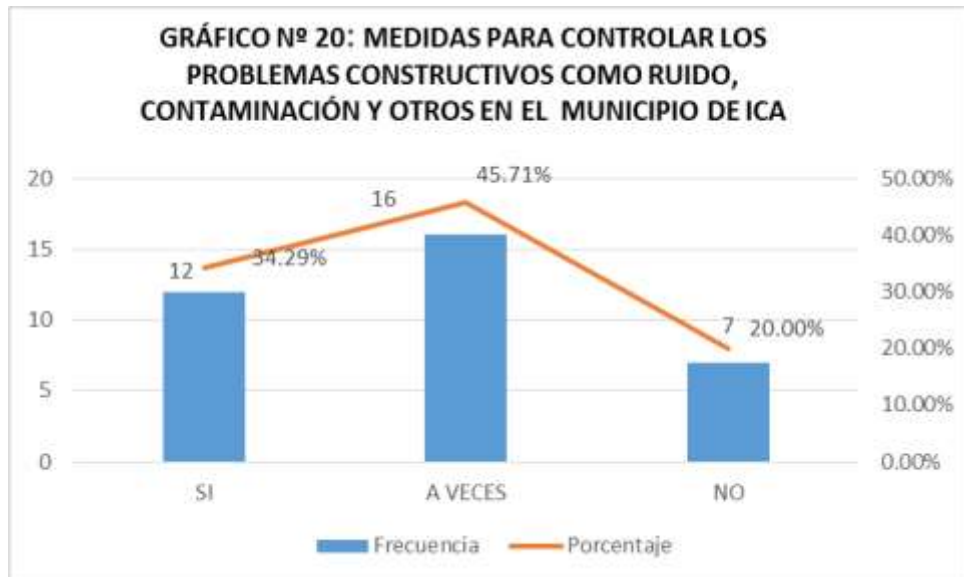
En la figura N° 19, poseemos los resultados de 35 ingenieros civiles que representan el 100% de los cuales un 45,71% determina que si tiene la Municipalidad de Ica planes de contingencia para manejar el tránsito durante la ejecución de obras de refuerzo, el 34,29% sostuvo que a veces y el 20% manifestó que no tiene la Municipalidad de Ica planes de contingencia para manejar el tránsito durante la ejecución de obras de refuerzo.

Tabla N°20

¿La Municipalidad de Ica ha tomado medidas para controlar los problemas constructivos como ruido, contaminación y otros?

CATEGORÍA	f(i)	h(i)%	ACUMULADO
SI	12	34.29%	34.29%
A VECES	16	45.71%	80.00%
NO	7	20.00%	100.00%
TOTAL	35	100.00%	

Fuente: encuesta aplicada a ingenieros de la Municipalidad de Ica



Fuente: elaboración propia

Interpretación:

En la figura N° 20, tenemos los resultados de 35 ingenieros civiles que representan el 100% de los cuales un 45,71% determina que el Municipalidad de Ica a veces ha tomado a veces medidas para controlar los problemas constructivos como ruido, contaminación y otros, el 34,29% sustento que si se tomó las medidas necesarias y el 20% de encuestados manifiesto que el municipio de Ica no ha tomado medidas para controlar los problemas constructivos como ruido, contaminación y otros.

3.1.3 Prueba de hipótesis

Planteamos las siguientes hipótesis estadísticas:

3.1.3.1 Hipótesis General

H_0 : Los pavimentos urbanos no tendría relación significativa con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

H_1 : Los pavimentos urbanos tendría relación significativa con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

Hipótesis General

“Correlación de Pearson”

X	Y	X*Y	X ²	Y ²
35	35	1296	1296	1296
30	30	900	900	900
30	30	900	900	900
28	25	700	784	625
35	30	1080	1296	900
34	27	918	1156	729
34	29	986	1156	841
33	31	1023	1089	961
32	34	1088	1024	1156
27	28	756	729	784
26	24	624	676	576
30	26	780	900	676
35	33	1155	1225	1089
34	34	1156	1156	1156
33	32	1056	1089	1024
30	29	870	900	841
35	34	1190	1225	1156
35	35	1260	1296	1225
26	25	650	676	625
16	18	288	256	324
25	23	575	625	529
23	21	483	529	441
30	30	900	900	900
26	28	728	676	784
31	26	806	961	676
29	30	870	841	900

29	30	870	841	900
27	28	756	729	784
27	31	837	729	961
31	33	1023	961	1089
31	30	930	961	900
26	22	572	676	484
32	33	1056	1024	1089
21	22	462	441	484
19	21	399	361	441
12	15	180	144	225
1040	1013	30123	31128	29371
Prom: 10.0555 Desv. Est: 2.08319	Prom: 9.3055 Desv. Est: 5.6568			

Fórmula de Correlación de Pearson:

$$r_{xy} = \frac{n[\sum(xy)] - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{36[30123] - (1040)(1013)}{\sqrt{[36(31128) - (1040)^2][36(29371) - (1013)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{1084428 - 1053520}{\sqrt{[1120608 - 1081600][1057356 - 1026169]}}$$

$$r_{xy} = \frac{30908}{\sqrt{[39008][31187]}}$$

$$r_{xy} = \frac{30908}{\sqrt{1216542496}}$$

$$r_{xy} = \frac{30908}{34878,96}$$

$$r_{xy} = 0,886$$

Decisión:

Para la validación de la hipótesis se contrastó el valor del coeficiente de la Correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.88$ podemos concluir que la correlación es fuerte y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_g), por lo que se determina que: **Los pavimentos urbanos tienen relación significativa con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.**

3.1.3.2 Hipótesis Específicas

Primera hipótesis estadística

H_0 : No existiría relación directa entre los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

H_1 : Existiría relación directa entre los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

“Correlación de Pearson”

X	Y	X*Y	X ²	Y ²
12	12	144	144	144
10	10	100	100	100
10	10	100	100	100
8	8	64	64	64
12	8	96	144	64
12	8	96	144	64
12	8	96	144	64
12	10	120	144	100
12	12	144	144	144
10	10	100	100	100
8	8	64	64	64
10	10	100	100	100
12	12	144	144	144
12	12	144	144	144
10	9	90	100	81
10	9	90	100	81
12	12	144	144	144
12	12	144	144	144

8	8	64	64	64
6	6	36	36	36
9	9	81	81	81
7	7	49	49	49
9	9	81	81	81
10	10	100	100	100
11	9	99	121	81
10	10	100	100	100
10	10	100	100	100
12	10	120	144	100
10	10	100	100	100
12	10	120	144	100
12	10	120	144	100
10	9	90	100	81
12	12	144	144	144
8	7	56	64	49
6	5	30	36	25
4	4	16	16	16
362	335	3486	3792	3253

Fuente: ítems de la primera dimensión.

Fórmula de Correlación de Pearson:

$$r_{xy} = \frac{n[\sum(xy)] - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{36[3486] - (362)(335)}{\sqrt{[36(3792) - (362)^2][36(3253) - (335)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{125496 - 121270}{\sqrt{[136512 - 131044][117108 - 112225]}}$$

$$r_{xy} = 0,81$$

Decisión:

Para la validación de la hipótesis se contrastó el valor del coeficiente de la Correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.81$ podemos concluir que la correlación es fuerte y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_g), por lo que se determina que: **Existe relación directa entre los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.**

Segunda hipótesis estadística

H_0 : No existiría relación significativa entre de los pavimentos urbanos reforzado con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

H_2 : Existiría relación significativa entre de los pavimentos urbanos reforzado con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

“Correlación de Pearson”

X	Y	X*Y	X ²	Y ²
12	12	144	144	144
10	10	100	100	100
8	8	64	64	64
10	8	80	100	64
12	11	132	144	121
12	9	108	144	81
12	10	120	144	100
12	10	120	144	100
12	12	144	144	144
8	8	64	64	64
10	10	100	100	100
10	10	100	100	100
11	11	121	121	121
11	11	121	121	121
12	12	144	144	144
10	10	100	100	100
12	12	144	144	144
12	12	144	144	144
8	8	64	64	64
4	4	16	16	16
8	8	64	64	64
10	10	100	100	100
10	10	100	100	100
8	8	64	64	64
10	9	90	100	81
10	12	120	100	144
10	10	100	100	100
6	8	48	36	64
10	12	120	100	144
9	11	99	81	121

9	11	99	81	121
8	8	64	64	64
9	11	99	81	121
5	7	35	25	49
5	5	25	25	25
4	4	16	16	16
339	342	3373	3383	3414

Fuente: ítem de la segunda dimensión.

$$r_{xy} = \frac{n[\sum(xy)] - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{36[3373] - (339)(342)}{\sqrt{[36(3383) - (339)^2][36(3414) - (342)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{121428 - 115938}{\sqrt{[121788 - 114921][66030 - 62001]}}$$

$$r_{xy} = 0,694$$

Decisión:

Para la validación de la hipótesis se contrastó el valor del coeficiente de la Correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.69$ podemos concluir que la correlación es moderada y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_G), por lo que se determina que: **Existe relación significativa entre de los pavimentos urbanos reforzado con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.**

Tercera hipótesis estadística

H_0 : No existiría relación directa entre los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016

H_3 : Existiría relación directa entre los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016

“Correlación de Pearson”

X	Y	X*Y	X ²	Y ²
12	12	144	144	144
10	10	100	100	100
12	12	144	144	144
10	9	90	100	81
12	11	132	144	121
10	10	100	100	100
10	11	110	100	121
9	11	99	81	121
8	10	80	64	100
9	10	90	81	100
8	6	48	64	36
10	6	60	100	36
12	10	120	144	100
11	11	121	121	121
11	11	121	121	121
10	10	100	100	100
11	10	110	121	100
12	11	132	144	121
10	9	90	100	81
6	8	48	36	64
8	6	48	64	36
6	4	24	36	16
11	11	121	121	121
8	10	80	64	100
10	8	80	100	64
9	8	72	81	64
9	10	90	81	100
9	10	90	81	100
7	9	63	49	81
10	12	120	100	144

10	9	90	100	81
8	5	40	64	25
11	10	110	121	100
8	8	64	64	64
8	11	88	64	121
4	7	28	16	49
339	336	3247	3315	3278

Fuente: ítems de la tercera dimensión.

Fórmula de correlación de Pearson:

$$r_{xy} = \frac{n[\sum(xy)] - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{36[3247] - (339)(336)}{\sqrt{[36(3315) - (339)^2][36(3278) - (336)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{116892 - 113904}{\sqrt{[119340 - 114921][118008 - 112896]}}$$

$$r_{xy} = 0.63$$

Decisión:

Para la validación de la hipótesis se contrastó el valor del coeficiente de la Correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.63$ podemos concluir que la correlación es moderada y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_g), por lo que se determina que: **Existe relación directa entre los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016**

3.1.4 Discusión de resultados

Los resultados de esta investigación, comprueban la hipótesis general en la cual se afirma que los pavimentos urbanos, tienen relación significativa con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

Se coincide con lo sostenido por Altamirano (2007) en su tesis “Deterioro de pavimentos rígidos”, quien nos muestra en sus estudios que la mayoría de los deterioros encontrados corresponden al fisuramiento de las estructuras de pavimentos que por falta o inadecuado mantenimiento, estas progresan hasta tal grado de generar a través de su evolución deterioros mayores como fisuramiento en bloques; baches de profundidad que afecta el tráfico circundante y propicio para acumulación de agua; grietas longitudinales y transversales que atraviesan en ocasiones más de un tablero de losa; 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.

Así como también se aprueba la primera hipótesis y se afirma existe relación directa entre los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.

En relación a la segunda hipótesis se afirma que para establecer que existe relación significativa entre los pavimentos urbanos reforzados en juntas con los refuerzos rígidos, se ha contrastado los resultados con los datos obtenidos por Ruíz (2011) quien menciona en su tesis “Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos”, donde nos menciona que se deben elaborar diseños y proyectos y ensayos en laboratorios, para verificar si las características de los materiales utilizados en esta vía son los más adecuados.

En relación a la tercera hipótesis se afirma que existe, una relación directamente asociada de los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los

refuerzos rígidos, en la cual afirmamos lo sostenido por Gaspar (2010) quien sostiene que el pavimento rígido, desde el punto de vista técnico, tiene un mantenimiento mínimo a lo largo del período para el cual fue diseñado, en comparación con un pavimento flexible, que requiere de un mantenimiento constante para evitar el deterioro del mismo.

3.2 CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación realizada permiten concluir lo siguiente:

De acuerdo a los resultados obtenidos según el análisis del coeficiente de la Correlación de Pearson, se sostiene que existe una relación significativa entre los pavimentos urbanos con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica durante el año 2016, siendo el resultado de esta correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.88$ podemos concluir que la correlación es fuerte y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_G); por lo tanto se logró el objetivo general por cuanto se determinó la existencia de la referida relación.

En la primera hipótesis específica, de acuerdo a los resultados obtenidos según el análisis del coeficiente de la Correlación de Pearson, se observó que existe relación directa entre los pavimentos urbanos simple con los refuerzo rígidos en la ciudad de Ica durante el año 2016, siendo el resultado de esta correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.81$ podemos concluir que la correlación es fuerte y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_G), logrando el primer objetivo específico.

En la segunda hipótesis específica, de acuerdo a los resultados obtenidos según el análisis del coeficiente de la Correlación de Pearson, se observó que existe relación significativa entre los pavimentos urbanos reforzado con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica durante el año 2016, siendo el resultado de esta correlación de Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.69$ podemos concluir que la correlación es moderada y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_G), logrando el segundo objetivo específico.

En la tercera hipótesis específica, de acuerdo a los resultados obtenidos según el análisis del coeficiente de la Correlación de Pearson, se observó que existe relación directa entre los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, siendo el resultado de esta correlación de

Pearson calculado con el valor de $r(xy) = 0.63$ podemos concluir que la correlación es moderada y positiva. Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis planteada (H_G), lográndose con lo propuesto en el tercer objetivo específico.

3.3 RECOMENDACIONES

Los pavimentos de concreto de la ciudad de Ica deben tener un adecuado sistema de drenaje que permita evacuar rápidamente el agua, en condiciones extremas como es el caso del Fenómeno del Niño, que es muy frecuente en nuestra ciudad durante los meses de verano.

En la ciudad de Ica no se cuenta con un método específico para llevar a cabo un adecuado registro de volumen de tráfico, ya que el flujo vehicular no es constante a través del tiempo, sino que varía en función de la hora, día de la semana y mes del año en que se efectúe la toma. Por lo que se sugiere a las autoridades de la ciudad considerar estos datos que son muy importantes para el diseño y planificación de carreteras y resultan muy económicos. Los registros se pueden agrupar de acuerdo a sus características, sea rural o urbanas, ya que manifiestan diferentes patrones de tráfico.

Se recomienda, para el caso de los pavimentos de concreto deteriorados en el centro de la ciudad, aplicar una capa de asfalto en caliente, de espesor mínimo (1 pulg), con el fin de lograr uniformidad en las pistas y una mejor presentación estética. De esta manera se aprovecharía para rellenar algunos desniveles que empozan el agua.

Finalmente, sobre la problemática que involucra el tema de rehabilitación de pavimentos se puede decir que es necesario implementar en todo el país una política de mantenimiento de carreteras, con el fin de preservar los pavimentos en buenas condiciones y recuperar aquellos que aún conservan algo de vida remanente.

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

- Altamirano (2007). Deterioro de pavimentos rígidos. Universidad de Ingeniería – Lima.
- AASHTO, “Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos”, 1993.
- American Concrete Pavement Association (acpa), “Boletín Técnico – Pavement Rehabilitation Strategy Selection”.
- American Concrete Pavement Association (acpa), “Boletín Técnico - Subgrades and Subbases for Concrete Pavements”.
- Asociación de Productores del Cemento del Perú (Asocem), “Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos”.
- Asociación de Productores del Cemento del Perú (Asocem), “Boletín Técnico No 81- Tipos de Pavimento de Concreto”.
- Carlos Alberto Chuyes. Tesis “Diseño del subdrenaje de pavimentos y su aplicación a dos zonas de Piura”, 1998.
- Gaete, R. (2009). En el artículo publicado: *Un sistema de gestión para la mantención de caminos no pavimentados*.
- German Vivar Romero, “Diseño y Construcción de Pavimentos”, 1995.
- Instituto del Asfalto, “Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation”, Manual Series No 17 (Ms – 17), 1983.
- Javier Llorach Vargas, “Manual de Diseño Estructural de Pavimentos”, 1992.

- José Andrés Bermeo Romero. Tesis “Diseño de sobrecapas asfálticas de refuerzo en pavimentos usando el método del Instituto del Asfalto”, 2003.
- Manual de rehabilitación de pavimentos, publicado en la página web www.carreros.org.
- Manual para la elaboración del Inventario del Estado Funcional de Pavimentos, tomo VI, publicado por la secretaria de Desarrollo Social de México (SEDESOL) en la página web www.sedesol.gob.mx.
- Mukht, M.T y B. J. Dempsey, “Capa Compuesta Absorbente de Esfuerzos”, (ISAC - Interlayer Stress Absorbing Composite), Reporte Final No 260 del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Illinois.
- Rafael Feria Torres. Tesis “Técnicas de análisis de accidentes de tránsito con alguna aplicación en la ciudad de Piura”, 2000.
- Reglamento de peso y dimensión vehicular para la circulación e la red vial nacional.
- Ruíz (2011). *Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos*, Universidad del Oriente, Venezuela.
- Transportation Research Board (TRB), “Portland Cement Concrete Resurfacing”, No 204, 1994.

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de consistencia.

Anexo N° 02: Instrumentos.

Anexo N° 03: Juicio de expertos.

Anexo N° 04: Fotografías.

Anexo N° 05: Plano de ubicación y localización de la investigación.

**Anexo N° 06: Fotografías, plano de localización del tránsito ligero,
mediano y alto.**

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

RELACIÓN ENTRE LOS PAVIMENTOS URBANOS Y LOS REFUERZOS RÍGIDOS EN LA CIUDAD DE ICA, AÑO 2016

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>Problema Principal ¿Cuál es la relación entre los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016?</p> <p>Problemas Específicos ¿En qué nivel se relaciona los pavimentos urbanos simples con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016? ¿En qué nivel se relaciona los pavimentos urbanos reforzados con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016? ¿En qué nivel se relaciona los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016?</p>	<p>Objetivo General Determinar la relación entre los pavimentos urbanos y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.</p> <p>Objetivos Específicos Investigar la relación de los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016 Describir la relación de los pavimentos urbanos reforzados con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016. Establecer la relación de relaciona los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.</p>	<p>Hipótesis General Los pavimentos urbanos tendría relación significativa con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.</p> <p>Hipótesis Específicas Existiría relación directa entre los pavimentos urbanos simple con los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016. Existiría relación significativa entre de los pavimentos urbanos reforzado con juntas y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016. Existiría relación directa entre los pavimentos urbanos con refuerzo continuo y los refuerzos rígidos en la ciudad de Ica, año 2016.</p>	<p>VARIABLE 1 Pavimentos urbanos</p>	<p>Pavimentos urbanos simple Pavimentos urbanos reforzado con juntas Pavimentos urbanos con refuerzo continuo</p>	<p>Diseño de la Investigación El diseño de la investigación es no experimental de corte transversal-correlacional.</p> <p>Tipo de Investigación La presente investigación es aplicada, de campo y cuantitativa.</p> <p>Población: Estará constituida por 35 Ingenieros que trabajan en obras públicas de la Municipalidad de Ica.</p> <p>Muestra: Estará constituida por la totalidad de la población en estudio.</p> <p>Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario</p>
			<p>VARIABLE 2 Refuerzos rígidos</p>	<p>Factores internos Factores externos</p>	

ANEXO 02: INSTRUMENTOS



ENCUESTA SOBRE PAVIMENTOS URBANOS

Estimado Ingeniero el presente cuestionario es con fines de investigación, agradecemos conteste con sinceridad las siguientes preguntas:

PAVIMENTOS URBANOS			
	SI	A veces	No
1. ¿Cree usted que los pavimentos sin pasadores requieren refuerzo de acero?			
2. ¿En los pavimentos urbanos simple sin pasadores se debe usar espaciamiento corto entre juntas?			
3. ¿Las calles de la ciudad de Ica están constituidas por losas relativamente pequeñas?			
4. ¿Los pavimentos urbanos de concreto simple sin pasadores se aplica en tráfico ligero?			
5. ¿Los pasadores se colocan en la sección transversal del pavimento?			
6. ¿Los pavimentos con pasadores transmiten la carga de losa a otra losa contigua?			
7. ¿Los pavimentos con pasadores son recomendables para tráfico diario?			
PAVIMENTOS URBANOS REFORZADO CON JUNTAS			
8. ¿Las pistas de la ciudad de Ica tienen refuerzo para la transferencia de cargas?			
9. ¿El refuerzo en las pistas de la ciudad de Ica es en forma de acero electrosoldado?			
10. ¿Los pavimentos urbanos reforzado permiten una			

buena transferencia de cargas?			
PAVIMENTOS URBANOS CON REFUERZO CONTINUO			
11. ¿Los pavimentos urbanos con refuerzo continuo asumen todas las deformaciones de temperatura?			
12. ¿El principal refuerzo continuo es el acero longitudinal?			



ENCUESTA SOBRE REFUERZOS RÍGIDOS

Estimado Ingeniero el presente cuestionario es con fines de investigación, agradecemos conteste con sinceridad las siguientes preguntas:

FACTORES INTERNOS			
	SI	A veces	No
1. ¿Se debe conocer el estado superficial del pavimento que se pretende reforzar?			
2. ¿Es necesario evaluar la naturaleza del pavimento antes de reforzarlo rígidamente?			
3. ¿Las calles de la ciudad de Ica asumen capacidad resistente ante la medida de deflexiones?			
4. ¿Se debe tener en cuenta el tipo de material a emplear en el refuerzo de pavimentos urbanos?			
FACTORES EXTERNOS			
5. ¿La Municipalidad de Ica cuenta con fondos			

adecuados para realizar el refuerzo de los pavimentos?			
6. ¿Existe disponibilidad de materiales y equipos para realizar el reforzamiento de pavimentos en la ciudad de Ica?			
7. ¿Tiene la Municipalidad de Ica planes de contingencia para manejar el tránsito durante la ejecución de obras de refuerzo?			
8. ¿La Municipalidad de Ica ha tomado medidas para controlar los problemas constructivos como ruido, contaminación y otros?			

ANEXO Nº 03: JUICIO DE EXPERTOS

ANEXO Nº 04: FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA Nº01



DESCRIPCIÓN: EN LA INTERSECCIÓN ENTRE LA ENTRADA DE LAS CASUARINAS Y LA PANAMERICANA SUR, SE OBSERVA EL TRABAJO DE EXCAVACIÓN CON RETROEXCAVADORA, PARA POSTERIORMENTE REALIZAR INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE LA NUEVA RED DE AGUA.

FOTOGRAFÍA N°02



DESCRIPCIÓN: EN LA AV. ANGELA DE PEROTTI CDRA.2 DEL BALNEARIO DE HUACACHINA, SE OBSERVA LOS TRABAJOS DE LA CONFORMACIÓN DE CAPAS CON MATERIAL GRANULAR SELECCIONADO Y LIMPIEZA CON MAQUINARIA BOBCAT DEL AREA DE TRABAJO, PARA POSTERIOR COMPACTADO CON SUS RESPECTIVOS ENSAYOS.

FOTOGRAFÍA N°03



DESCRIPCIÓN: EN LA AV. SALAVERRY CDRA.2, SE OBSERVA LOS TRABAJOS DE LA CONFORMACIÓN DE CAPAS CON MATERIAL GRANULAR SELECCIONADO Y LIMPIEZA CON MAQUINARIA BOBCAT DEL AREA DE TRABAJO, PARA POSTERIOR COMPACTADO CON SUS RESPECTIVOS ENSAYOS.

FOTOGRAFÍA N°04



DESCRIPCIÓN: EN LA CALLE TACNA CDRA.2, SE OBSERVA LOS TRABAJOS CON LAS TUBERÍAS, PARA POSTERIOR INSTALACIÓN DE LA RED PRIMARIA DE AGUA.

FOTOGRAFÍA N°05



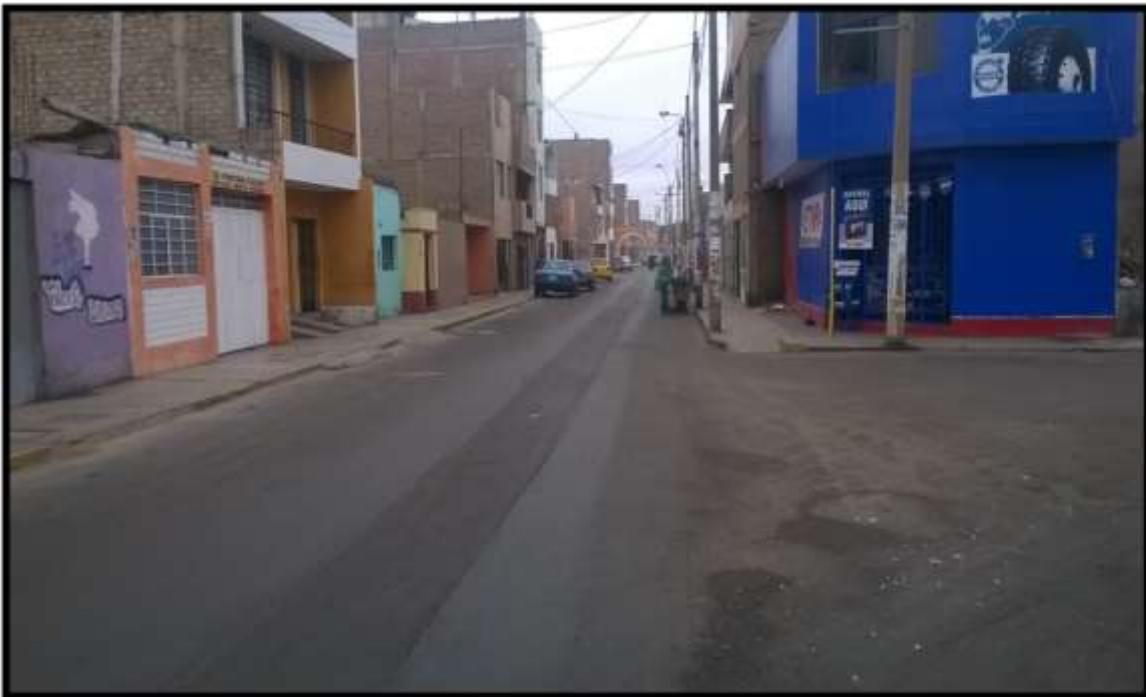
DESCRIPCIÓN: EN LAS DIFERENTES CALLES DE LA CIUDAD DE ICA, SE OBSERVA LA UTILIZACIÓN DE RODILLO VIBRATORIO Y VIBROAPISONADOR, PARA LA COMPACTACIÓN DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO.

FOTOGRAFÍA N°06



DESCRIPCIÓN: SE OBSERVA EL TRABAJO DE COMPACTADO DE LAS CAPAS, PARA POSTERIOR REPOSICIÓN DEL PAVIMENTO SI SE APRUEBAN LAS PRUEBAS HIDRÁULICAS (MANÓMETRO).

FOTOGRAFÍA N°07



DESCRIPCIÓN: EN LA CALLE AYACUCHO, SE OBSERVA UNA MALA TEXTURA DE LA CARPETA DE RODADURA AL REALIZAR LA REPOSICIÓN DEL PAVIMENTO.

FOTOGRAFÍA N°08



DESCRIPCIÓN: EN LA AV. SEBASTIAN BARRANCA CDRA. 1, SE OBSERVA UNA MALA TEXTURA DE LA CARPETA DE RODADURA AL REALIZAR LA REPOSICIÓN DEL PAVIMENTO.

FOTOGRAFÍA N°09





DESCRIPCIÓN: EN LA AV. SEBASTIAN BARRANCA CDRA.2, SE OBSERVA FISURA DE ESQUINA EN EL PAVIMENTO RÍGIDO.

FOTOGRAFÍA N°10





DESCRIPCIÓN: EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA SAN LUIS GONZAGA DE ICA, SE OBSERVA HUNDIMIENTO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO.

ANEXO Nº 05: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

FIGURA Nº01
DESCRIPCIÓN: MAPA POLÍTICO DEL PERÚ



Fuente: <http://universoguia.com/descargar-imprimir-mapas-politicos-fisicos-de-peru/>

FIGURA Nº02
DESCRIPCIÓN: MAPA DEL DEPARTAMENTO DE ICA



Fuente: <http://www.map-peru.com/es/mapas/ficha-departamento-de-ica-atlas-del-peru>

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

ANEXO Nº 06: FOTOGRAFÍAS, PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL TRÁNSITO LIGERO, MEDIO Y ALTO

FOTOGRAFÍA Nº01



Descripción: Fotografía del Tránsito Ligero

FOTOGRAFÍA Nº02



Descripción: Fotografía del Tránsito Medio

FOTOGRAFÍA N°03



Descripción: Fotografía del Tránsito Alto

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL TRÁNSITO LIGERO, MEDIO Y ALTO