

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA  
DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO  
DEL JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA  
CIUDAD DE CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE  
RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA ÚTIL- 2016”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**JIM ANDERSON IRIGOIN JIMENEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ASESOR:**

**DR. JUAN ASALDE VIVES**

**PIURA-PERÚ**

**2017**

## DEDICATORIA

Primeramente a **DIOS** sean las gracias por su ayuda infalible.  
Nuestro más profundo y sincero agradecimiento al **Dr. ING. JUAN ASALDE VIVES** y la universidad que dé una u otra forma colabore para el presente trabajo de tesis sea materializado.

A mi abuelita **JUANA GONZALES VILLANUEVA** que fue fuente de inspiración para continuar y crecer en mi vida profesional y en especial, a mis padres quienes siempre confiaron en mí en que llegaría a concluir con uno de los eslabones de mi carrera profesional, ya que ellos en conjunto con mis hermanos son el cimiento de la construcción de mi vida profesional basada en la responsabilidad y deseos de superación.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente al señor todopoderoso por haberme permitido culminar mi carrera profesional.

A mis padres, **José Luis Irigoin Gonzales** y **Ana Bernandina Jiménez Lozada** que son pilares fundamentales de mi desarrollo académico que con mucho sacrificio me han sabido sacar adelante, brindándome su apoyo e inculcándome valores que me han permitido alcanzar mis metas.

A mis abuelitos, **Segundo A. y Juana** por sus sabios consejos.

A mis hermanos: **José Luis, Karen, Bryan** a mis tíos: **Lizandro, Zoila, Javier, Segundo y Valentín**. Que han sido un apoyo moral para continuar adelante en mi carrera.

A mi esposa: **Sarita** por su comprensión, dedicación y colaboración en la culminación del presente trabajo de tesis.

A mis hijos: **David y José** por ser la fuerza de mí día a día en esta vida.

A mi asesor, **Dr. Juan Asalde Vives** por aceptarme para realizar esta tesis bajo su orientación y apoyo con sus conocimientos, a mi Universidad Alas Peruanas y docentes de quienes recibí los fundamentos para mi formación profesional.

Muchas gracias a todos ellos por su confianza y su apoyo incondicional.

## **RESUMEN**

El objetivo de esta tesis es analizar los factores de influyen en la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas provincia de Piura, para poder determinar la gravedad de los daños sufridos en los pavimentos y poder proponer las posibles soluciones que se requieran.

Para garantizar que los pavimentos rígidos de buena calidad y que generen bienestar, comodidad y seguridad para el turista y el público urbano, es necesario e importante conocer las causas de los fallos desde el inicio de la construcción y sobre todo, tener un buen equipo de profesionales y trabajadores capacitados para lograr un trabajo óptimo.

La metodología utilizada es el método inductivo, analítico y descriptivo, mediante el cual se identificaron las fallas encontradas en los pavimentos rígidos de Chulucanas provincia de Piura, en los que se consideró una investigación no experimental.

La hipótesis de esta investigación consiste en analizar los factores que influyen en la durabilidad de los pavimentos rígidos de dicha ciudad para dar las posibles soluciones de mejora, rehabilitación y mantenimiento para asegurar su vida útil.

Palabras claves: Análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en el pavimento rígido, fallas, proceso constructivo.

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to analyze the factors of they influence in the permanence of the concrete one in the rigid pavements of Chulucanas's city Piura's province, to be able to determine the gravity of the hurts suffered in the pavements and be able to propose the possible solutions that are needed.

To guarantee that the rigid pavements of good quality and that generate well-being, comfort and safety for the tourist and the urban public, it is necessary and important to know the reasons of the failures from the beginning of the construction and especially, to have a good equipment of professionals and workers qualified to achieve an ideal work.

The used methodology is the inductive, analytical and descriptive method, by means of which there identified the faults found in Chulucanas's rigid pavements Piura's province, in that it was considered to be a not experimental investigation.

The hypothesis of this investigation consists of analyzing the factors that influence the permanence of the rigid pavements of happiness take care to give the possible solutions of improvement, rehabilitation and maintenance to assure his useful life.

Key words: Analysis of the factors that affect the permanence of the concrete one in the rigid pavement, failures, constructive process.

## **SÍNTESIS**

La problemática del estudio se basó en inspecciones visuales de los diferentes tipos de fallas que se encuentran en las calles y avenidas del Jr. Libertad cuadra 9,10y 11 de la ciudad de Chulucanas. El objetivo de elaborar esta tesis es analizar las fallas encontradas en los acabados de los muros en las edificaciones con ladrillo de arcilla de la ciudad de Chulucanas.

Se dan a conocer los diferentes tipos de fallas que se encontraron en la ciudad de Chulucanas como fisuras, grietas horizontales y transversales, erosión por bombeo y escalonamientos.

Este estudio apuntó a un contenido conceptual. Donde se explica por tablas el deterioro de los pavimentos rígidos causado por fallas en los diferentes sitios ya mencionados.

Los estudios se realizaron con una muestra de pavimento rígido en los cuales se observó las diferentes fallas que pueden sufrir los pavimentos rígidos. Todo esto conllevó a realizar conclusiones y recomendaciones necesarias para así garantizar la calidad de los acabados de los pavimentos.

## ÍNDICE

CARÁTULA.....	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
SÍNTESIS.....	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE CUADROS, IMÁGENES Y GRÁFICOS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	18

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	21
1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.2.1 Delimitación Espacial.....	23
1.2.2 Delimitación Temporal.....	23
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.3.1 Problema Principal.....	23
1.3.2 Problema Secundarios.....	23
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24

1.4.1 Objetivo Principal.....	24
1.4.2 Objetivo Específico.....	24
<b>1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>24</b>
1.5.1 Hipótesis General.....	24
1.5.2 Hipótesis Especifica.....	24
<b>1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
1.6.1 Variable Dependiente.....	25
1.6.2 Variable Independiente.....	25
<b>1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
1.7.1 Tipo de Investigación.....	25
1.7.2 Nivel de Investigación.....	26
1.7.3 Métodos de Investigación.....	26
1.7.4 Diseño de Investigación.....	26
<b>1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>27</b>
1.8.1 Población.....	27
1.8.2 Muestra.....	27
<b>1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>27</b>
1.9.1 Técnica.....	27
1.9.2 Instrumentos.....	27
<b>1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>28</b>
1.10.1 Justificación.....	29
1.10.2 Importancia.....	29

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

<b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.1 Antecedentes Internacionales.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.2 Antecedentes Nacionales.....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.3 Antecedentes Locales.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2 BASES TEÓRICAS.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.1 Patología del concreto .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2 Comparación entre una estructura de pavimento flexible y una estructura de pavimento hidráulico .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2.1 Pavimento rígido.....</b>	<b>42</b>
<b>2.2.2.2 Elementos que integran un pavimento rígido.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.2.3 Tipos de pavimento rígido.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.2.4 Losa de concreto hidráulico.....</b>	<b>45</b>
<b>2.2.2.5 Factores que influyen en la durabilidad del concreto.....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.2.6 Control de la durabilidad frente al congelamiento y deshielo.....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.2.7 Efectos de los compuestos químicos sobre el concreto.....</b>	<b>52</b>
<b>2.2.2.8 Recomendaciones sobre reacciones químicas en los agregado....</b>	<b>57</b>
<b>2.2.2.9 Aplicaciones del pavimentos rígidos.....</b>	<b>57</b>
<b>2.2.2.10 Fallas que originan el deterioro del pavimento rígido.....</b>	<b>58</b>
<b>2.3 Grietas.....</b>	<b>61</b>
<b>2.3.1 Grietas de esquina.....</b>	<b>61</b>
<b>2.3.2 Grietas longitudinales.....</b>	<b>62</b>
<b>2.3.3 Grietas transversales.....</b>	<b>63</b>

<b>2.4 Bombeo.....</b>	<b>64</b>
<b>2.5 Descascaramientos y escamaduras.....</b>	<b>65</b>
<b>2.6 Escalonamiento de juntas y grietas.....</b>	<b>66</b>
<b>2.7 Sellados de Juntas.....</b>	<b>66</b>
<b>2.8 Reparación de fallas de acuerdos al nivel de severidad.....</b>	<b>73</b>
<b>2.8.1 Juntas deficiencias de sellado.....</b>	<b>73</b>
<b>2.8.2 Juntas saltadas.....</b>	<b>74</b>
<b>2.8.3 Separación de la junta longitudinal .....</b>	<b>74</b>
<b>2.9 Severidad de las Grietas.....</b>	<b>75</b>
<b>2.9.1 Grietas de esquina.....</b>	<b>75</b>
<b>2.9.2 Grietas longitudinal.....</b>	<b>76</b>
<b>2.9.3 Grieta transversales.....</b>	<b>77</b>
<b>2.10 Bombeo y escalonamiento.....</b>	<b>77</b>
<b>2.10.1 Operación nº1 sellado de juntas y grietas.....</b>	<b>78</b>
<b>2.10.2 Operación nº2 reparación en todo el espesor.....</b>	<b>79</b>
<b>2.10.3 Operación nº3 reparación en todo el espesor para puesta en servicio acelerada.....</b>	<b>80</b>
<b>2.10.4 Operación nº4 reparación de espesor parcial.....</b>	<b>81</b>
<b>2.10.5 Operación nº5 pulido de pavimento de hormigón.....</b>	<b>82</b>
<b>2.11 Tipos de Pavimentos de Concreto.....</b>	<b>83</b>

<b>2.12 Preparación del terreno para construir una estructura de pavimento rígido.....</b>	<b>86</b>
<b>2.12.1 Proceso de pavimentación en una estructura de pavimento rígido...</b>	<b>87</b>
<b>2.12.2 Reaccion Quimica en los agregados.....</b>	<b>88</b>
<b>2.12.3 Propiedades químicas y físicas del concreto.....</b>	<b>93</b>
<b>2.12.5 Procesamientos de construcción.....</b>	<b>94</b>
<b>2.12.6 Tipos de carga.....</b>	<b>95</b>
<b>2.12.7 Respuesta del pavimento a los efectos ambientales.....</b>	<b>96</b>
<b>2.13 Definición de términos básicos.....</b>	<b>99</b>
<b>2.13.1 Concreto.....</b>	<b>99</b>
<b>2.13.2 Concreto Armado.....</b>	<b>89</b>
<b>2.13.3 Abrasión.....</b>	<b>99</b>
<b>2.13.4 Agresión Química.....</b>	<b>99</b>
<b>2.13.5 Cloruros.....</b>	<b>90</b>
<b>2.13.6 Resistencia.....</b>	<b>100</b>
<b>2.13.7 Desgaste.....</b>	<b>100</b>
<b>2.13.8 Fisuras.....</b>	<b>100</b>
<b>2.13.9 Junta Elevada.....</b>	<b>100</b>
<b>2.13.10 Baches.....</b>	<b>100</b>

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1 ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DURABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS DEL JR. LIBERTAD CUADRA 9, 10, 11 CERCADO DE CHULUCANAS.....	102
3.2 RESULTADOS Y FACTORES.....	114
3.2.1 RESULTADOS.....	114
3.2.2 FACTOR ABRASIÓN.....	115
3.2.3 FACTOR MAL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	117

**CAPÍTULO IV**  
**DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

4.1 FACTOR ABRASIÓN.....	120
4.1.1 Porcentaje de la incidencia del factor abrasión en la cdra.9	120
4.1.1.1 Interpretación de los resultados.....	121
4.1.2 Porcentaje de incidencia del factor abrasión en la cdra. ....	121
4.1.2.1 Interpretación de los Resultados .....	122
4.2 Factor de proceso constructivo.....	123

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES Y APORTE**

5.1 CONCLUSIONES.....	126
5.2 RECOMENDACIONES Y APORTE.....	127
<b>FUENTE DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>128</b>

**ANEXOS**

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	130
ANEXO N° 02: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS...	131
ANEXO N° 03: DECLARACION JURADA.....	134
ANEXO N° 04: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS	135

**INDICE DE CUADROS, IMÁGENES Y GRÁFICOS**

**ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro N° 01:</b> Análisis de Juntas Elevadas.....	102
<b>Cuadro N° 02:</b> Análisis de Separación Juntas Longitudinales.....	103
<b>Cuadro N° 03:</b> Análisis de grietas en esquinas.....	104
<b>Cuadro N° 04:</b> Análisis de fisuras.....	105
<b>Cuadro N° 05:</b> Análisis de Fisuras Juntas de Dilatación.....	106
	107

<b>Cuadro N° 06:</b> Análisis de grietas longitudinales.....	
<b>Cuadro N° 07:</b> Análisis de Grietas.....	108
<b>Cuadro N° 08:</b> Análisis de Baches.....	109
<b>Cuadro N° 09:</b> Análisis de Desintegración.....	110
<b>Cuadro N° 10:</b> Análisis de Fisuras.....	111
<b>Cuadro N° 11:</b> Análisis de Parches Deteriorados.....	112
<b>Cuadro N° 12:</b> Análisis de Fragmentación Múltiple.....	113

## **ÍNDICE DE IMÁGENES**

<b>Imagen N° 01:</b> Pavimento Rígido y Flexible.....	40
<b>Imagen N° 02:</b> Pavimento Rígido y Flexible.....	40
<b>Imagen N° 03:</b> Sección Típica de un Pavimento Rígido.....	41
<b>Imagen N° 04:</b> Guía para la Durabilidad del Concreto.....	49
<b>Imagen N° 05:</b> Efectos de los Agentes.....	52
<b>Imagen N° 06:</b> Factores que Afectan .....	52
<b>Imagen N° 07:</b> Cloruros.....	53
<b>Imagen N° 08:</b> Deficiencia del Sellado.....	59
<b>Imagen N° 09:</b> Juntas saltadas.....	60
<b>Imagen N° 10 y 11:</b> juntas en Pavimentos Rígido.....	60
<b>Imagen N° 12:</b> Separación de juntas longitudinales.....	61

<b>Imagen N° 13:</b> Separación de juntas longitudinales.....	61
<b>Imagen N° 14:</b> Grietas de Esquinas.....	62
<b>Imagen N° 15:</b> Grietas Longitudinales.....	63
<b>Imagen N° 16:</b> Grietas Transversales.....	64
<b>Imagen N° 17:</b> Fenómeno de bombeo en loza de concreto.....	64
<b>Imagen N° 18:</b> Fenómeno de Descascaramiento.....	65
<b>Imagen N° 19:</b> Fenómeno de Escalonado de juntas y grietas.....	65
<b>Imagen N° 20:</b> Junta de Dilatación.....	67
<b>Imagen N° 21:</b> Tipos de Sellos.....	69
<b>Imagen N° 22:</b> Soplado de las Juntas Previo Sellado.....	71
<b>Imagen N° 23:</b> Colocación de Material de Sellado.....	71
<b>Imagen N° 24:</b> Bombeo de Juntas.....	77
<b>Imagen N° 25:</b> Reparación de profundidad parcial y total.....	80
<b>Imagen N° 26:</b> Pulido de Pavimento.....	81
<b>Imagen N° 27:</b> Pavimento de concreto simple sin pasadores.....	83
<b>Imagen N° 28:</b> Pavimento de concreto simple con pasadores.....	83
<b>Imagen N° 29:</b> Pavimento de concreto reforzado.....	84
<b>Imagen N° 30:</b> Pavimento de Refuerzo Continuo.....	85
<b>Imagen N° 31:</b> Juntas Elevadas.....	101

<b>Imagen N° 32:</b> Separación de las juntas longitudinales.....	102
<b>Imagen N° 33:</b> Grieta en Esquina.....	103
<b>Imagen N° 34:</b> Fisuras.....	104
<b>Imagen N° 35:</b> Fisuras de Juntas de Dilatación.....	105
<b>Imagen N° 36:</b> Grietas longitudinales.....	107
<b>Imagen N° 37:</b> Grietas .....	108
<b>Imagen N° 38:</b> Baches.....	109
<b>Imagen N° 39:</b> Desintegración.....	110
<b>Imagen N° 40:</b> Fisura.....	111
<b>Imagen N° 41:</b> Parches Deteriorados .....	112
<b>Imagen N° 42:</b> Fragmentación múltiple.....	113
<b>Imagen N° 43:</b> desintegración del pavimento rígido del buzón entre el Jr. Libertad y Jr. Amazonas.....	135
<b>Imagen N° 44:</b> Parche de concreto en mal estado Jr. Libertad cdra. 9 al costado de la ferretería keisko.....	136
<b>Imagen N° 45:</b> Erosión de la superficie del pavimento rígido Jr. Libertad cuadra 9 lote 33.....	136
<b>Imagen N° 46:</b> – Junta de dilatación con mayor espesor que el recomendado según norma Jr. Libertad cdra. 9 frente al lote 73.....	137
<b>Imagen N° 47:</b> Juntas elevadas Jr. Libertad cdra. 9 frente al lote 33.....	137
<b>Imagen N° 48:</b> Parche en mal estado Jr. Libertad cdra. 9 frente al lote 73.....	138
<b>Imagen N° 49:</b> Parche en mal estado Jr. Libertad cdra10 frente al lote 11.....	138

<b>Imagen N° 50:</b> Agrietamiento en esquinas Jr. libertad cuadra 10 intersección con Jr. Pisagua	139
<b>Imagen N° 51:</b> Separación de juntas de dilatación Jr. Libertad cdra. 9 con intersección Jr. pisagua .....	139
<b>Imagen N° 52:</b> Desprendimiento de la superficie del pavimento rígido Jr. Libertad cdra. 9 lote 74.....	140
<b>Imagen N° 53:</b> Agrietamiento múltiple Jr. libertad cdra. 9 frente al lote 33 cercado de Chulucanas .....	140
<b>Imagen N° 54:</b> Desintegración.....	141
<b>Imagen N° 55:</b> Desintegración múltiple.....	141
<b>Imagen N° 56:</b> Desprendimiento de Concreto y Fisuras.....	142
<b>Imagen N° 57:</b> BACHES.....	142
<b>Imagen N° 58:</b> Descascaramiento de los parches.....	143
<b>Imagen N° 59:</b> Parche en mal estado .....	143
<b>Imagen N° 60:</b> baches por hundimiento.....	144
<b>Imagen N° 61:</b> Grietas horizontales.....	144
<b>Imagen N° 62:</b> Grietas verticales.....	145
<b>Imagen N° 63:</b> Separación de juntas.....	145
<b>Imagen N° 64:</b> Separación de juntas.....	146

## **INTRODUCCIÓN**

La presente tesis es una investigación sobre los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas que presentan a menudo ciertas anomalías, defectos y problemas más comunes que tienen los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas las cuales se encuentran en un pésimo estado, ya que es común observar por las calles y avenidas de Chulucanas el deterioro de los pavimentos rígidos que afectan su vida útil.

La diversidad de fallas que se presentan en los pavimentos rígidos, por un mal diseño o especificación, por el uso de los materiales de poca calidad, por la falta de una buena construcción o especificaciones idóneas, por una mala ejecución de mano de obra, además del desconocimiento del proceso constructivo, la absorción de agua, ataque por sulfatos, cristalización de sales, corrosión, mala compactación del terreno, generando vacíos, formación de fisuras, agrietamiento y cuarteamiento.

Estos problemas se acrecientan por la falta de mantenimiento y reparación, por eso es importante el hecho de visualizar el deterioro de los pavimentos rígidos que nos ofrece las pautas suficientes para determinar el mantenimiento que se requiera en todo proyecto constructivo, conducentes a evitar futuros procesos de fallas, confiriendo mayor durabilidad a las obra arquitectónicas.

Este proyecto de investigación está estructurado en cinco capítulos el capítulo I se describe la problemática de los pavimentos rígidos, la delimitación de la investigación, el planteamiento del problema, el objetivo, la formulación de las hipótesis, la variable, el diseño de la investigación, la población y muestras, técnicas e instrumentos de investigación, la justificación y la importancia de la investigación del proyecto.

En el capítulo II se abordan los antecedentes de la investigación tanto locales, nacionales e internacionales, además los aspectos teóricos relacionados a las

fallas de los pavimentos rígidos las calles, avenidas, Jirones, Pasajes , etc. como lesiones físicas, mecánicas y químicas, el origen y causas de estas.

En el capítulo III se da a conocer los resultados de la investigación de cada uno de las fallas encontradas en los pavimentos rígidos en la inspección visual en campo, con fotografías.

En el capítulo IV se ofrece la discusión e interpretación de los resultados de la investigación obtenida en el campo.

En el capítulo V después se presentan las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

En Chulucanas y en general en todo el Perú, es práctica común que los pavimentos de concreto o de cualquier tipo, una vez construidos son olvidados y abandonados a su suerte. Basta con recorrer el centro de la ciudad para darnos cuenta que dichas estructuras se encuentran totalmente agrietadas, sin que las autoridades hagan algo al respecto y si lo hacen, ejecutan mal la reparación sin ningún tipo de criterio técnico o en el peor de los casos, dejan los trabajos inconclusos, lo cual origina un deterioro más rápido en dicha zona por el paso de los vehículos y por la presencia de lluvias que originan el bombeo de la sub-base.

Los principales problemas que afectan a los pavimentos de concreto en nuestra ciudad son:

### **1.1.1 LLUVIAS**

Las lluvias causadas por el Fenómeno del Niño, que son frecuentes durante la época de verano en nuestra ciudad, originan grandes deterioros en la estructura del pavimento como:

- Eleva el nivel freático del suelo, por lo tanto satura la estructura del pavimento que sumado al hecho de que el suelo de Chulucanas es granular, la acción de las cargas de tránsito causan el asentamiento de la losa, debido a la consolidación de la subrasante.
- Bombeo de la sub-base con la consecuente pérdida de soporte de la losa, lo que origina la rotura de ésta.
- Otro aspecto importante a tener en cuenta, es la colmatación del sistema de agua y desagüe producto de estas lluvias. Al colapsar las tuberías las pistas sufren mucho, debido a que el sistema de alcantarillado pasa por debajo de ellas y cuando

- se rompen el agua se infiltra por la base y subbase de las pistas provocando el debilitamiento de éstas y por consiguiente su hundimiento y fisuración.
- Finalmente, con las lluvias aparecen en la ciudad las famosas “cuencas ciegas” que es el empozamiento de agua en una zona con bajo nivel topográfico, que origina que la estructura del pavimento se encuentre totalmente sumergida en agua, lo cual trae como consecuencia una drástica disminución de la resistencia del suelo.

### **1.1.2 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES**

Estableciendo un balance de los diferentes tipos de degradaciones encontrados, se verifica que en la mayoría de los casos, las fallas son producto del uso de materiales de mala calidad, concreto mal dosificado, exceso de mortero, agregados con granulometría incorrecta, porcentaje elevado de elementos redondeados y de mayor diámetro que el exigido por las especificaciones, subbases erosionables, mala distribución de juntas, sellos de mala calidad y en general un deficiente procedimiento constructivo.

### **1.1.3 INADECUADO PLAN DE MANTENIMIENTO**

Chulucanas, al igual que el resto del Perú, no cuenta con un plan de mantenimiento vial, lo que se manifiesta cuando recorremos la ciudad y observamos deterioros que no son reparados, más bien se deja que el pavimento continúe deteriorándose.

Este problema se agrava por la falta de presupuesto que permita a las autoridades municipales tomar de inmediato las acciones preventivas o correctivas más adecuadas.

También es cierto que en los gobiernos locales, como la Municipalidad de Chulucanas, se carece de archivos que

permitan hacer un seguimiento detallado del estado del pavimento, mucho menos informes acerca del deterioro de éstos a causa del fenómeno del niño.

## **1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

El lugar donde se realizó la investigación fue en la Ciudad de Chulucanas, Provincia de Morropón.

Geográficamente se encuentra ubicado a 49 Km. de distancia de la ciudad de Piura y 92 m.s.n.m. en el departamento de Piura.

El Distrito de Chulucanas limita:

- Norte: Con Ayabaca.
- Este: Con Huancabamba.
- Oeste: Con Piura.
- Sur: Con Lambayeque.

### **1.2.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL**

El estudio tendrá un periodo entre Setiembre y Diciembre 2016.

## **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL**

¿Cómo influye el análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de Chulucanas en el planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil?

### **1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS**

- A. ¿Al conocer los factores que afectan la durabilidad del concreto en los Pavimentos Rígidos de Chulucanas, se evitara las fallas posibles en el futuro?

B. ¿Cómo se relaciona el análisis de los factores que afectan la durabilidad con la vida útil de Los pavimentos rígidos de Chulucanas?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 OBJETIVO PRINCIPAL**

Analizar los factores que afectan la durabilidad del concreto en el pavimento rígido de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil.

### **1.4.2 OBJETIVO ESPECIFICO**

- Conocer los factores que afectan la durabilidad del concreto en la ciudad de Chulucanas departamento de Piura.
- Analizar los factores que afectan la durabilidad del concreto en el pavimento rígidos en el Jr. Libertad cdra.9, 10,11 de la ciudad de Chulucanas.
- Plantear recomendaciones para ampliar su vida útil de los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas.

## **1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Al hacer el análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la Ciudad de Chulucanas en el jirón Libertad cuadra 9, 10 y 11 se plantearan recomendaciones para ampliar su vida útil”

### **1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- ¿Al analizar los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos en la Jr. Libertad en la cuadra 10 y 11

de la ciudad de Chulucanas para así lograr conocer la severidad encontrada en dicho pavimento?

- ¿Al subsanar las fallas de dicho Jr. libertad de las cuadra 10 y 11 se podrá saber qué tipo de tratamiento o recomendación para así mejorar su vida útil del pavimento rígido?

## 1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.6.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Planteamiento de recomendaciones para ampliar la vida útil.

### 1.6.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos del Jr. Libertad cuadra 9, 10 y 11 de la ciudad de Chulucanas.

## 1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se constituye como un estudio de tipo **descriptivo-correlacional** desde el punto de vista metodológico, ya que se recolectará la información pertinente para la documentación del mantenimiento de los factores que afectan la durabilidad del concreto.

Para tal efecto, **Chávez (2001)** expresa que los estudios descriptivos son todos aquellos orientados a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de las personas, objetos, situaciones o fenómenos, tal como se presentaron al momento de su recopilación.

Por lo tanto **Sampieri (2002)** expresa que los estudios correlacionales tienen como propósito medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos o variables, miden cada una de ellas y después, cuantifican y analizan la vinculación, también predecir el valor de una variable a partir del valor de otra relacionada.

## 1.7.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

**Correlacional.-** La investigación es de tipo descriptiva – correlacional, porque busca describir las variables de una realidad específica y a la vez pretende medir el grado de influencia que existe.

## 1.7.3 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

- i. **Método Inductivo.-** Estos métodos nos permiten realizar un estudio particular con el propósito de llegar a la conclusión y premisas generales que pueden ser aplicadas a situaciones similares que genera del proceso de investigación.
- ii. **Método Analítico.-** Es importante realizar un estudio analítico sintético de los temas expuestos en el presente trabajo, identificando cada una de las partes que caracterizan una realidad. De esa manera se establece la relación causa-efecto entre los elementos que compone el objeto de investigación, desintegrando las ideas para conocerlo con mayor profundidad.
- iii. **Método correlacional.-** Este método consiste en evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo. En esta investigación se analizan los datos reunidos para descubrir así, cuales variables influyen entre sí.
- iv. **Método Conservativo.-** Este método se usa para detectar y asimilar los rasgos de un elemento utilizando los sentidos como instrumentos principales.

## 1.7.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de diseño a utilizar es el de tipo no experimental, lo que se hace es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. **(Hernández, Fernández y Baptista 1998)**

Se recolectó la información de tal forma que podrán ser analizadas en un momento único y de esta manera lograr el objetivo de la investigación.

## **1.8 POBLACIÓN Y MUESTRAS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.8.1 POBLACIÓN**

La **población** se considerara los pavimentos rígidos de la ciudad Chulucanas.

### **1.8.2 MUESTRA**

La muestra se tomara el pavimento rígido en el jirón libertad cuadra 9,10 y 11 de la ciudad de Chulucanas.

## **1.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **1.9.1 TÉCNICAS**

#### **➤ Encuestas**

La encuesta es una técnica de recogida de datos mediante la aplicación de un cuestionario a una muestra de individuos. A través de ellas se pueden conocer las opiniones, las actitudes y los comportamientos de los ciudadanos, para llegar a una investigación más profunda

#### **➤ Observación**

Para ejecutar este trabajo de investigación se utilizó la técnica de la observación, la cual fue útil para realizar la evaluación de la investigación, identificación, calificación de las fallas o deterioros de la vía estudiada

### **1.9.2 INSTRUMENTOS**

#### **➤ Cuestionario**

Es un instrumento de la encuesta que nos servirá para recoger información sobre la forma en que los usuarios consideran la

seguridad de la información que manejan en forma diaria y que tan importante consideran este aspecto, para de esta manera poder ver a grandes rasgos que se deben tomar en cuenta y profundizar en aquellos aspectos sobre los que posiblemente no se haya tomado en cuenta en forma inicial.

## **1.10 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.10.1 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto surge de la necesidad de dar una solución a la problemática existente en la ciudad de Chulucanas, este nos permitirá conocer el estado de cómo se encuentran los pavimentos rígidos de concreto y se ven reflejadas mayormente en los pavimentos rígidos, debido a varios factores como diseño, calidad de los materiales de construcción, proceso constructivo o falta de mantenimiento:

Por eso que daremos a conocer posibles soluciones para no tener un gasto adicional en reparar los daños.

El proyecto se justificara por la necesidad de conocer el grado de vulnerabilidad que presentan los pavimentos, de esta parte de la ciudad de Chulucanas a fin de prevenir y contrarrestar los factores causados por la falta de control de calidad en las edificaciones en nuestra zona ha ocasionado la presencia de una serie de fallas que deterioran la durabilidad de los pavimentos.

### **1.10.2 IMPORTANCIA**

Esta investigación es importante porque conoceremos el grado de severidad en los pavimentos rígidos de la calles, avenidas y jirones de la ciudad de Chulucanas y el planteamiento de las posibles soluciones que se le darían a estas fallas para evitarlas en el futuro.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

## 1.11 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se tratará de manera breve el estado actual de los pavimentos de concreto en nuestra ciudad. Asimismo, se mencionarán los principales problemas que afectan a dichas estructuras.

También se hará una breve descripción de las principales fallas que presenta los pavimentos de concreto de la ciudad de Chulucanas, que se complementará con una galería de fotos de las mismas. Asimismo, se tratará el caso del jirón libertad cuadra 9,10 y 11 que presenta serias deficiencias en su recorrido principalmente por falta de mantenimiento.

### 1.11.1 Antecedentes Internacionales

- **Bernal Camacho, Jesús Manuel (2009)** Existen innumerables estructuras de concreto alrededor del mundo que, a pesar de haber sido construidas hace un siglo, permanecen en uso y siguen cumpliendo satisfactoriamente las funciones para las que fueron proyectadas. Los cimientos de concreto del puente colgante sobre el Danubio, en Budapest, construido por el William T. Clark, hace más de 120 años, permanecen hoy en día en estado excelente en la llamada arcilla Kiscell, uno de los estratos más importantes del subsuelo agresivo de Budapest. Igualmente sucede con los pilares de los puentes Margareten y ferroviario del Sur, construidos en Budapest sobre subsuelos agresivos hace más de 70 años empleando cementos de Beocin y Labatlan.

Hoy en día el gran desarrollo de la construcción en los últimos 50 años se ha basado principalmente en la utilización del concreto armado y pretensado, el cual debido a sus propiedades de durabilidad y rentabilidad se ha convertido en el principal protagonista del sector, siendo utilizado tanto para edificaciones como para obra pública. La combinación del concreto y acero ofrecen magníficas prestaciones en cuanto a resistencias mecánicas.

La ciudad de Mazatlán, Sinaloa, en los últimos años ha sido objeto de interés para una gran cantidad de inversionistas (cadenas de hoteles nacionales y extranjeros e inversión privada), quienes ven en el puerto un punto estratégico de desarrollo a futuro, convirtiéndose así en el lugar de preferencia para la visita de turismo tanto nacional como internacional. La construcción de grandes edificaciones en el puerto es consecuencia de este boom inmobiliario. También ha sido notoria la remodelación de antiguas edificaciones que se encontraban en el abandono absoluto y a través de una previa revisión apegada a las especificaciones principalmente estructurales, fueron reforzadas y rehabilitadas (Hotel Pato Blanco ahora Proyecto Tiare Sands) al servicio del turismo. Las construcciones en deterioro avanzado, han sido analizadas y evaluadas desde el punto de vista económico y estructural, para determinar su factibilidad y ser demolidas (Hotel Coral Reef ahora Proyecto Legacy) para su nueva construcción.

Hasta hace algunos años se consideraba que un concreto armado bien ejecutado tenía una duración prácticamente ilimitada. Ahora bien, tanto la experiencia como las investigaciones llevadas a cabo indican que diferentes agresiones de tipo físico, químico o mecánico causan el deterioro del mismo y dan lugar a que aparezca todo tipo de patologías asociadas. Por lo que las estructuras se ven rápidamente afectadas por las inclemencias de la naturaleza que predominaban frente a la costa y su vida útil es considerablemente afectada. Es por eso que hoy en día los estudios acerca de la patología del concreto son cada vez más avanzados, siempre encaminados a proponer técnicas en la elaboración de elementos estructurales capaces de soportar el ataque de la salinidad y la humedad, garantizando así una vida útil con mayores expectativas de las edificaciones.

- **Lidia Argelia Juárez Ruiz (2008)** La durabilidad de concreto expuesto a un ambiente marino es uno de los temas poco

abordados en la actualidad a nivel nacional y de gran importancia por el número de estructuras que se construyen en este ambiente. México posee un amplio litoral sobre el Golfo de México y el Océano Pacífico cuyo ambiente ha sido poco estudiado a través de parámetros que lo definan y relacionen con la durabilidad de las estructuras de concreto.

En este ámbito, es de interés en esta tesis el aportar conocimientos, aunque breves y específicos para una zona del Golfo de México, del comportamiento de concreto expuesto a un ambiente marino, particularmente en el Puerto de Progreso en Yucatán, México. El objetivo principal consistió en evaluar la durabilidad de vigas de concreto ordinario (OPC) expuestas a ambiente marino, mediante la determinación del nivel de agresividad del ambiente de exposición, de los parámetros de absorción capilar y del Coeficiente de Difusión de cloruros, para obtener un modelo de predicción de vida útil de servicio del concreto. Las vigas corresponden a dos diseños de mezclas con relación agua/cemento de 0.45 y 0.65, elegidos por su alta representatividad en las construcciones que se realizan en el país y forman parte de un proyecto nacional sobre la durabilidad de las estructuras de concreto en México (DURACON) que a su vez forma parte de un proyecto Iberoamericano para conocer el nivel de corrosividad y la Durabilidad del concreto en países de América Latina, Portugal y España.

Desde el inicio y durante el desarrollo de este trabajo se ha realizado una investigación bibliográfica y revisión de literatura sobre los temas de durabilidad del concreto, vida útil de servicio, absorción capilar, difusividad hidráulica, proceso de penetración de cloruros en el concreto, modelos de predicción de vida útil (etapa de iniciación) que se resume en el marco teórico de la tesis.

El proceso metodológico a seguir para lograr el objetivo consistió en la realización del monitoreo y análisis de parámetros ambientales durante un periodo de cinco años y la clasificación del microclima en función de su grado de corrosividad, basándose en los criterios dados por la norma ISO 9223:1992 en el ambiente marino de exposición de las vigas de concreto. Paralelamente se realizó la determinación y el análisis de los parámetros de absorción capilar por Método de Fagerlund y de la sortividad (ASTM C 125), así como de la difusividad hidráulica (Método de Lockington), encontrando la correlación existente de estos parámetros con respecto a la relación agua/cemento.

Se encontró una relación altamente significativa entre la sortividad y los parámetros de Fagerlund analizados en concreto dentro de un rango de porosidad efectiva de 7 a 12%. La tasa de cambio entre sortividad y torsión fue de 0,982. Los valores de sortividad están dentro del rango aceptable de penetración de agua, dado como criterio de durabilidad del concreto por Ho y Lewis. Con el fin de darle validez a los resultados, estas determinaciones se efectuaron ampliando la base de datos del proyecto DURACON con datos de absorción capilar de otros proyectos de investigación, información presentada en los anexos de la tesis.

Se realizaron ensayos centrados principalmente en la caracterización del proceso de penetración de cloruros en el concreto; se obtuvieron trozos de las vigas de concreto expuestas, se disgregaron y pulverizaron. La determinación de cloruros se realizó por medio del método del ion selectivo o potencio métrico. Mediante la técnica de perfiles de concentración de cloruros se obtuvieron los coeficientes de difusión efectivos del cloruro a diferentes tiempos de exposición, aplicando la solución de Crank a la 2ª. Ley de Fick. Se determinó la correlación que existe entre las características del ambiente estudiado y el fenómeno de penetración de cloruros. Se evaluaron modelos de predicción de

vida útil existentes, dados por otros autores en la literatura con los datos de la investigación y se discutió su validez y aplicabilidad para este microclima.

La principal aportación de este trabajo consiste en la determinación de un modelo de concentración superficial de cloruros, validado con datos de otro proyecto de investigación realizado en el mismo ambiente de exposición, en el cual se estudiaron cilindros de concreto elaborados a partir de cinco diferentes mezclas de concreto ordinario (OPC), ubicados a diferentes distancias del mar.

El modelo es oscilatorio de tipo sinusoidal y responde a un patrón de comportamiento cíclico anual relacionado estrechamente con los parámetros climáticos del sitio de exposición. Este modelo es fundamental para explicar el comportamiento de la concentración superficial de cloruros y en consecuencia el tipo de los perfiles de penetración de cloruros, en los que se basa la determinación del coeficiente de difusión. De ahí la conclusión de que un modelo de predicción de vida útil para este microclima debe considerar una concentración superficial y un coeficiente de difusión variables, parámetros fundamentales utilizados en los modelos de predicción revisados y que en se consideran constantes generalmente.

También este modelo de concentración superficial de cloruros permite ver que el contenido crítico de cloruros para lograr la despasivación no es un valor único y permanente, sino que es dependiente del tiempo y la concentración superficial de cloruros.

Finalmente, se propone la adecuación de un modelo de difusión variable, basado en las tendencias encontradas. Es importante hacer notar que con los resultados de este trabajo se da otro enfoque en la consideración de parámetros para un modelo de predicción de vida útil, al relacionar el efecto climático en ciclos anuales y multianuales en el proceso de difusión de cloruros. Este comportamiento cíclico de los parámetros ambientales estudiados y

su influencia en las variables de los modelos de predicción muestran la necesidad de hacer más investigaciones de largo término que se apeguen a las características del lugar de exposición y del tipo de materiales empleados, así como la definición del nivel de corrosividad por áreas geográficas para su eventual clasificación. Aunque son importantes los estudios a nivel de laboratorio para reproducir ciertas condiciones requeridas, es fundamental el estudio in situ de las estructuras de concreto armado, pues son las que están expuestas al ambiente, bajo diferentes niveles de agresividad.

### 1.11.2 Antecedentes Nacionales

- **Becker, Edgardo (2010).** En la IX Convención Internacional del ACI PERÚ, presenta en su conferencia Internacional algunos aspectos a considerar en las etapas de diseño y construcción - Lima.

Donde propone 4 acciones prácticas para evitar la figuración temprana:

- 1) Minimizar la contracción temprana.
- 2) Aumentar la extensibilidad de la mezcla.
- 3) Disminuir la restricción entre la losa de pavimento y la base.
- 4) Adecuado debilitamiento controlado (materialización de juntas).

- **Llosa Grau, Joaquín (Lima-2006).** Presenta su proyecto profesional: "Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos". El presente trabajo tiene por objeto desarrollar la evaluación superficial de los pavimentos en el municipio de La Molina, sugiriendo una metodología racional que permita evaluar las vías periódicamente y de esta manera estructurar un plan de desarrollo técnico y económico para su rehabilitación o mantenimiento. concluyendo que: El tiempo de servicio de los pavimentos depende de los trabajos de rehabilitación, tanto del tipo

superficial como estructural. Un mantenimiento adecuado y una buena práctica de limpieza mejoran la serviciabilidad del pavimento e incrementa su vida útil. Los municipios en la actualidad esperan que las vías estén totalmente deteriorada para realizar el mantenimiento o rehabilitación, lo cual está mal debido a que el costo de mantenimiento y rehabilitación es bastante mayor que si se realizara un trabajo periódico.

- Hidalgo Gamarra, Joissy Catherine (Lima-2006). Presenta el Proyecto Profesional: “Evaluación del Sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú”. Concluyendo que el desarrollo del deterioro depende no solamente de los factores climáticos y de las cargas de tránsito sino también de la calidad o performance que presente el pavimento al inicio, esto a su vez está relacionado al buen diseño del pavimento y su buena construcción para lo que se requiere de una mayor inversión inicial, pero que convendrá a largo plazo al invertir menos en el mantenimiento o rehabilitación. Esto se corrobora al comparar los costos obtenidos de los pavimentos peruanos y estadounidense para las diferentes estrategias de mantenimiento. En el país existe una preocupación por mejorar en el ámbito de la gestión de pavimentos, el primer paso ya se ha dado, con constancia, perseverancia y disciplina, es decir, debemos empezar a considerar las bondades del largo plazo, de la buena planificación y la constancia, así no sólo las entidades sino que todos podrán lograr desarrollar sus potencialidades.

### **1.11.3 Antecedentes locales**

Los pavimentos de concreto de la ciudad de Chulucanas 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.

La capa de drenaje es usualmente conectada a drenes longitudinales con tuberías colectoras, aunque extendiéndola con inclinación hacia la cara del talud en todo el ancho.

El tránsito al ser el factor de diseño más importante es recomendable que se haga una evaluación local de éste en la vía que se va a rehabilitar.

En general, en el Perú no se cuenta con un método específico para llevar a cabo un adecuado registro de volumen de tráfico. Esta evaluación debería comprender los siguientes aspectos:

- El registro de los volúmenes de tráfico pueden hacerse en períodos cortos (5, 10, 15 minutos). Estas mediciones se expanden a tráfico horario y tráfico medio diario anual (TMDA) para analizar las tasas de flujo máximo, la variación de flujos dentro de horas punta y los límites de capacidad en el flujo de tráfico.
- Para poder realizar esta expansión de toma de registros de períodos cortos a tráfico medio diario anual es necesario establecer algún tipo de relación entre las tomas de períodos cortos y el TMDA, 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.

En la actualidad existen diferentes tablas elaboradas por países como Argentina, México que relaciona el TMDA de una intersección con el tráfico horario obtenido a partir de tomas de períodos cortos. Para esto es necesario definir primero que tipo de toma se ha efectuado (5, 10, 15 minutos), además de la hora, día de la semana y mes que se realizó la toma de datos. Después podemos expandir la toma de

períodos cortos a tráfico horario. Luego de realizado el cálculo del tráfico horario se procede al cálculo del TMDA.

Es conveniente mantener un programa de registro de volúmenes, con la finalidad de mantener una base de datos actuales de las condiciones del volumen de tráfico en un determinado sistema de calles o carreteras. Estos datos son 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.

Finalmente, es importante señalar la necesidad de contar con un adecuado registro de volúmenes de tráfico para nuestra ciudad, el cual no sólo será útil para evaluar el flujo de tráfico actual en una zona determinada, sino que además puede ser utilizado en otros tipos de aplicaciones como para el caso de análisis de accidentes, etc. Actualmente la ciudad de Piura no cuenta con un registro de volúmenes de tráfico lo cual limita de manera significativa la posibilidad de desarrollar adecuados estudios de volumen de tráfico. Esto se debe principalmente a la falta de presupuesto de la Municipalidad de Chulucanas para contratar personas que se dediquen a la recolección de datos.

- 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 de lluvia.
- 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.

## **1.12 BASES TEÓRICAS**

### **1.12.1 PATOLOGÍA DEL CONCRETO**

**Casas, Oscar 9.** Define la patología del concreto, es la parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto.

También lo define como el tratamiento sistemático de los defectos del concreto, sus causas, sus consecuencias y sus soluciones.

**Montejo, Alfonso 10.** Define que un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

### **1.12.2 COMPARACIÓN ENTRE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO HIDRÁULICO**

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

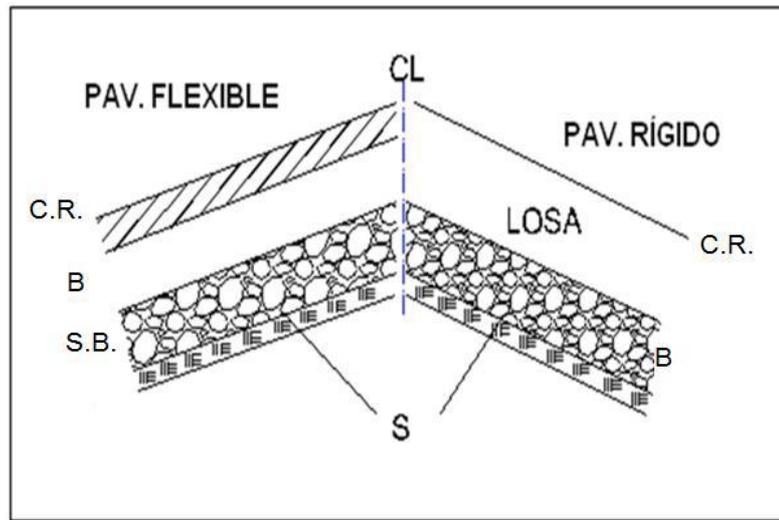
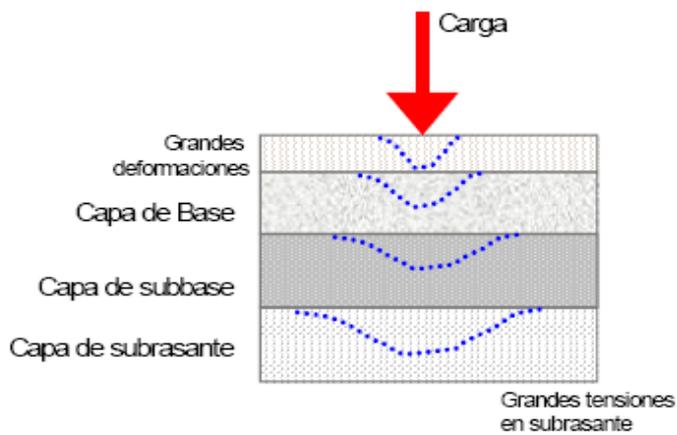


IMAGEN N° 1

PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REVOLLEDO VALDIVIA. CHILE – 2010

### Pavimentos Flexibles



### Pavimentos Rígidos

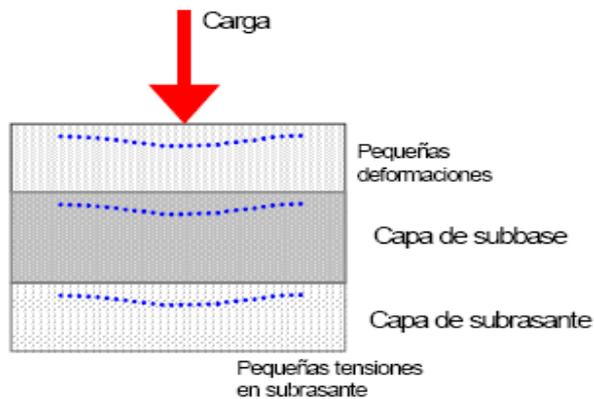


IMAGEN N° 2

PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REVOLLEDO VALDIVIA. CHILE – 2010

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

### 1.12.2.1 PAVIMENTO RÍGIDO

Considera que pavimento rígido: Fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido (Figura 1). Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. **(Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria)**

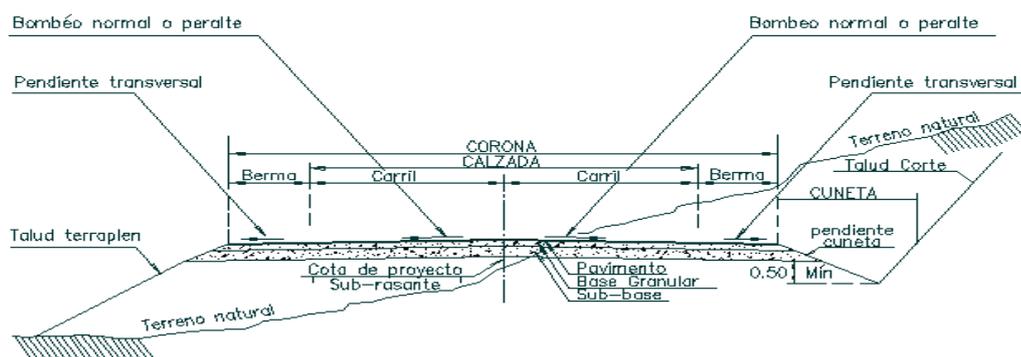


Imagen No 3

FUENTE: <http://arllangtebyanian.blogspot.pe/2015/10/clase-5.html>  
Sección típica de un pavimento rígido

### **1.12.2.2 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO RÍGIDO.**

#### **a) SUBRASANTE.**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

#### **b) SUBBASE.**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la

capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

➤ **Funciones de las capas de un pavimento rígido Subbase:**

Impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas y bordes de las losas. El agua penetra a través de las juntas, erosiona el suelo fino de la subrasante y la base de apoyo, si esta no es resistente a este efecto, y facilita así su salida a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas vehiculares repetidas.

- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje para reducir la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Controlar el cambio volumétrico de la subrasante y disminuir al mínimo su acción superficial sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante **(Montejo Fonseca, op. cit.)**

**c) SUPERFICIE DE RODADURA**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

### 1.12.2.3 TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

#### a) **Concreto Hidráulico Simple**

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

#### b) **Concreto hidráulico reforzado**

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

#### c) **Concreto hidráulico reforzado continuo**

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

### 1.12.2.4 LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO.

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen (**ibid**).

- **Concreto**

Actualmente en el ámbito de la construcción el concreto es uno de los materiales existentes con mayor demanda debido a la diversidad que este presenta, permitiendo además un ahorro en costos de obra en las diferentes

construcciones en las que se aplica dicho material, siendo necesario elaborar métodos que nos permitan obtener un óptimo rendimiento. El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta.

La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, los cuales conforman el cuerpo del material, creando una masa que al endurecer forma una roca artificial.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta.

- **Durabilidad**

El ACI define la durabilidad del concreto del cemento portland como la habilidad para resistir la acción del intemperismo y el ataque químico abrasión y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras que produzcan deterioro del concreto.

En consecuencia el problema de la durabilidad es sumamente complejo, ya que amerita especificación tanto para los materiales y diseños de mezclas como para los aditivos la técnica de producción y el proceso constructivo, por lo que en este campo las generalizaciones resultan fatales

### 1.12.2.5 Factores que influyen en la durabilidad del concreto

Los factores que afectan la durabilidad del concreto, son aquellos que producen el deterioro del mismo.

Estos factores se clasifican en 5 grupos:

1. Congelamiento y Deshielo
2. Ambiente químicamente agresivo
3. Abrasión
4. Corrosión de metales en el concreto
5. Reacciones químicas en los agregados.

### 1. CONGELAMIENTO Y DESHIELO Y SU MECANISMO<sup>12</sup>

Constituye un agente de deterioro que ocurre en los climas en que la temperatura desciende hasta provocar el congelamiento del agua contenida en los poros capilares del concreto. En términos generales el fenómeno se caracteriza por inducir esfuerzos internos en el concreto que pueden provocar su fisuración reiterada y la consiguiente desintegración.

Es importante tener claro que es un fenómeno que se da tanto a nivel de la pasta de cemento, como en los agregados de manera independiente, así como en la interacción entre ambos, por lo que su evaluación debe abordar cada uno de estos aspectos. **(Civilgeeks.com)**

#### A.- EFECTO EN LA PASTA DE CEMENTO<sup>12</sup>

Existen dos teorías que explican el efecto en el cemento. La primera se denomina de “Presión hidráulica” que considera que dependiendo del grado de saturación de los poros capilares y poros del gel, la velocidad de congelamiento y la permeabilidad de la pasta, al congelarse el agua en los poros ésta aumenta de

volumen y ejerce presión sobre el agua aún en estado líquido, ocasionando tensiones en la estructura resistente.

La segunda teoría llamada de “Presión osmótica” asume las mismas consideraciones iniciales de la anterior pero supone que al congelarse el agua en los poros cambia la alcalinidad del agua aún en estado líquido, por lo que tiende a dirigirse hacia las zonas congeladas de alcalinidad menor para entrar en solución, lo que genera una presión osmótica del agua líquida sobre la sólida ocasionando presiones internas en la estructura resistente de la pasta.

Bajo ambas teorías, al producirse el descongelamiento se liberan las tensiones y al repetirse este ciclo muchas veces se produce la rotura por fatiga de la estructura de la pasta, si es que no se produjo inicialmente.

## **B.- EFECTO EN LOS AGREGADOS<sup>12</sup>**

En los agregados existe evidencia de que por los tamaños mayores de los poros capilares se producen generalmente presiones hidráulicas y no osmóticas, con esfuerzos internos similares a los que ocurren en la pasta de cemento, existiendo indicios que el Tamaño máximo tiene una influencia importante. Estimándose que para cada tipo de material existe un Tamaño máximo por debajo del cual se puede producir el congelamiento confinado dentro del concreto sin daño interno en los agregados.

Por otro lado, cuanto menor sea la capacidad del agregado para absorber agua, menor será el efecto del congelamiento interno de la misma.

## **C.- EFECTO ENTRE LA PASTA Y LOS AGREGADOS.**

Existe la denominada “Teoría Elástica” que considera un efecto mixto de los agregados sobre la pasta, ya que al congelarse el agua dentro de ellos, se deforman elásticamente sin romperse por tener una estructura más resistente que la del cemento y ejercen presión directa sobre la pasta generando tensiones adicionales a las ocasionadas en el cemento independientemente.

### **1.12.2.6 CONTROL DE LA DURABILIDAD FRENTE AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO**

- **Aditivos Incorporadores de Aire**

Uno de los avances más importantes en la tecnología del concreto ha sido el desarrollo de los aditivos incorporadores de aire a fines de la década de los años cuarenta. Si recordamos las teorías que explican el efecto del congelamiento en el concreto, concluiremos que en ambas existe un desplazamiento de agua en estado líquido o sólido que al encontrar restringida esta deformación genera esfuerzos.<sup>12</sup>

El principio de los incorporadores de aire consiste en introducir una estructura adicional de vacíos no interconectados, que permiten asimilar los desplazamientos generados por el congelamiento eliminando las tensiones.

Se ha establecido el denominado “Factor de espaciamiento” ( $c > 0.2$  mm) que representa la distancia máxima que debe existir entre las partículas de la pasta y los vacíos introducidos por el incorporador de aire para que sea realmente efectivo en cuanto a controlar el efecto del congelamiento y descongelamiento. **(Civilgeeks.com)**

Los porcentajes de aire incorporado que se recomiendan en función del Tamaño máximo de los agregados son los que se indican en la Tabla 01:

Tamaño máximo nominal en pulgadas	Exposición severa con humedad constante en porcentaje	Exposición moderada con humedad ocasional en porcentaje
3/8	7.5	6.0
1/2	7.0	5.5
3/4	6.0	5.0
1 1/2	5.5	4.5
3	4.5	3.5

**Imagen 04**  
Fuente: Guía para la durabilidad del concreto

- **Curado**

No se puede pensar que sólo con los incorporadores de aire se soluciona el problema, pues si no le damos al concreto la posibilidad de desarrollar resistencia, de nada servirá la precaución anterior ante la fatiga que va produciendo la alternancia de esfuerzos en los ciclos de hielo y deshielo.

Para un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, el concreto debe curarse como referencia a una temperatura de por lo menos 13 °C para un elemento de 30 cm de espesor y 5 °C para espesores de orden de 1.80 m por lo que debe procurarse mantener la temperatura adecuada mediante elementos aislantes que impidan que pierda calor y/o se evapore el agua, o se congele hasta que haya desarrollado al menos 35 kg/cm<sup>2</sup>.

Hay que recordar siempre el principio básico que se desprende de comprender el mecanismo de hidratación del cemento y que consiste en que la reacción química, necesita agua, espacio para desarrollar los productos de hidratación, cierta temperatura y tiempo. Mientras controlemos estos factores

mediante el curado, aseguraremos el desarrollo completo de las propiedades del concreto y favoreceremos la durabilidad.

- **Diseños de Mezcla**

Los diseños de mezcla deben ejecutarse buscando concretos con la menor permeabilidad posible, lo cual se logra reduciendo la relación Agua/Cemento al mínimo compatible con la trabajabilidad para lo cual el ACI recomienda relaciones entre 0.45 y 0.50.

Hay que indicar que los incorporadores de aire tiene un efecto mínimo en combatir el congelamiento de los agregados, por lo que es importante seleccionar los más adecuados, para lo cual es útil el ensayo ASTM C-88 que da una idea del comportamiento ante el intemperismo.

Sólo se aplican aditivos y curado apropiado en proyectos de cierta importancia cuando lo exigen las especificaciones técnicas, siendo lo corriente al recorrer las calles de estos pueblos y ciudades el comprobar que las pistas de concreto y estructuras están muy fisuradas y deterioradas por problemas de durabilidad no enfrentados adecuadamente.

## **2. AMBIENTE QUÍMICAMENTE AGRESIVO**

El concreto es un material que en general tiene un comportamiento satisfactorio ante diversos ambientes químicamente agresivos.

El concepto básico reside en que el concreto es químicamente inalterable al ataque de agentes químicos que se hallan en estado sólido.

Para que exista alguna posibilidad de agresión el agente químico debe estar en solución en una cierta concentración y

además tener la opción de ingresar en la estructura de la pasta durante un tiempo considerable, es decir debe haber flujo de la solución concentrada hacia el interior del concreto y este flujo debe mantenerse el tiempo suficiente para que se produzca la reacción.

Este marco de referencia reduce pues las posibilidades de ataque químico externo al concreto, existiendo algunos factores generales que incrementan la posibilidad de deterioro como son: las temperaturas elevadas, velocidades de flujo altas, mucha absorción y permeabilidad, el curado deficiente y los ciclos de humedecimiento y secado.

Los ambientes agresivos usuales están constituidos por aire, agua y suelos contaminados que entran en contacto con las estructuras de concreto.

Se puede decir pues que el concreto es uno de los materiales que demuestra mayor durabilidad frente a ambientes químicamente agresivos, ya que si se compara estadísticamente los casos de deterioro con aquellos en que mantiene sus condiciones iniciales pese a la agresividad, se concluye en que estos casos son excepcionales.

**(Civilgeeks.com)**

En la Tabla 02 y Tabla 03 se resumen los efectos que producen en el hormigón algunos agentes químicos habituales. La Tabla 2.2 muestra los factores más importantes que afectan la capacidad del hormigón para resistir el deterioro, siempre que se tomen los debidos recaudos al seleccionar los materiales utilizados para elaborar el hormigón y dosificar la mezcla.

Tabla 2.1 – Efecto de los agentes químicos de uso habitual sobre el hormigón

Velocidad del ataque a temperatura ambiente	Ácidos inorgánicos	Ácidos orgánicos	Soluciones alcalinas	Soluciones salinas	Otros
Rápida	Clorhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	–	Cloruro de aluminio	–
Moderada	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de sodio* > 20%	Nitrato de amonio Sulfato de amonio Sulfato de sodio Sulfato de magnesio Sulfato de calcio	Bromo (gaseoso) Licor de sulfato
Lenta	Carbónico	–	Hidróxido de sodio* 10 a 20%	Cloruro de amonio Cloruro de magnesio Cianuro de sodio	Cloro (gaseoso) Agua de mar Agua blanda
Despreciable	–	Oxálico Tartárico	Hidróxido de sodio* < 10% Hipoclorito de sodio Hidróxido de amonio	Cloruro de calcio Cloruro de sodio Nitrato de cinc Cromato de sodio	Amoniaco (líquido)

\* El efecto del hidróxido de potasio es similar al del hidróxido de sodio.

IMAGEN N° 05

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- “Guide to Durable Concrete”- 1982  
Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

Tabla 2.2 – Factores que afectan el ataque del hormigón por parte de los agentes químicos

Factores que aceleran o agravan el ataque	Factores que mitigan o demoran el ataque
1. Elevada porosidad debida a: i. Elevada absorción de agua ii. Permeabilidad iii. Vacíos	1. Hormigón denso obtenido mediante: i. Correcta dosificación de la mezcla * ii. Contenido unitario de agua reducido iii. Mayor contenido de material cementicio iv. Incorporación de aire v. Compactación adecuada vi. Curado efectivo †
2. Fisuras y separaciones debidas a: i. Concentración de tensiones ii. Choque térmico	2. Tensiones de tracción reducidas en el hormigón atribuibles a: ‡ i. Uso de armadura de tracción de tamaño adecuado y correctamente ubicada ii. Inclusión de puzolana (para reducir el aumento de temperatura) iii. Colocación de materiales adecuados en las juntas de contracción
3. Lixiviación y penetración de líquidos debido a: i. Flujo de líquidos § ii. Formación de charcos iii. Presión hidráulica	3. Diseño estructural: i. Minimizar las áreas de contacto y turbulencia ii. Proveer membranas y sistemas con barreras protectoras ¶ para reducir la penetración

\* La dosificación de la mezcla y el mezclado y procesamiento inicial del hormigón fresco determinan su homogeneidad y densidad.

† Si los procedimientos de curado son defectuosos se producirán fallas y fisuras.

‡ La resistencia a la fisuración depende de la resistencia y capacidad de deformación.

§ El movimiento de las sustancias perjudiciales que transportan agua aumenta las reacciones que dependen tanto de la cantidad como de la velocidad del flujo.

¶ Los hormigones que frecuentemente estarán expuestos a agentes químicos que se sabe producen un rápido deterioro del hormigón se deberían proteger con una barrera protectora resistente a dichos agentes químicos.

IMAGEN N°06

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- “Guide to Durable Concrete”- 1982  
Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

### 1.12.2.7 Efecto de Compuestos Químicos Corrientes Sobre el Concreto

En la Tabla 02 se puede apreciar el efecto de varias sustancias químicas comunes sobre el concreto simple, comprobándose pues que son muy pocas las que realmente le acusan un daño importante.

Dentro de este panorama, los compuestos que por su disponibilidad en el medio ambiente producen la mayoría de casos de ataque químico al concreto están constituidos por los cloruros y los sulfatos.

- **Cloruros**

Como se observa en la Tabla 04, los cloruros tienen una acción insignificante sobre el concreto desde el punto de vista de la agresión química directa, pero erradamente se les considera en muchas oportunidades causantes del deterioro que es producido por otros agentes.

VELOCIDAD DE ATAQUE A TEMPERATURA AMBIENTE	ACIDOS INORGANICOS	ACIDOS ORGANICOS	SOLUCIONES ALCALINAS	SOLUCIONES SALINAS
Rápida	Clorhídrico Fluorhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	---	Cloruro de Aluminio
Moderada	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de Sodio > 20 %	Nitrato de Amonio Sulfato de Amonio Sulfato de sodio Sulfato de Magnesio Sulfato de Calcio
Lenta	Carbónico	---	Hidróxido de Sodio 10 a 20 % Hipoclorito de Sodio	Cloruro de Amonio Cloruro de Magnesio Cloruro de Sodio
Insignificante	---	Oxálico Tartárico	Hidróxido de Sodio > 10 % Hidróxido de Amonio	Cloruro de Calcio Cloruro de Sodio Nitrato de Zinc Cromato de sodio

IMAGEN N°07

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982  
Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

- **Control de la agresión química**

La manera más directa consiste en evitar el construir en ambiente agresivo, pero esto no siempre puede llevarse a cabo, por lo que como regla general se debe procurar alguna barrera que evite el contacto de los cloruros y sulfatos en solución con el concreto.

Esta protección puede llevarse a cabo con pinturas bituminosa, a base de caucho o pinturas especialmente diseñadas para este tipo de agresión

(normalmente del tipo epóxico), pero que resultan usualmente soluciones caras.

Otra medida es crear drenajes adecuados entre el concreto estructural y el suelo agresivo que corten el flujo de la solución impidiendo el contacto entre ambos. Una medida conveniente en Independientemente de lo anterior, lo básico para que se reduzcan las posibilidades de que el concreto sea deteriorado por agresión química consiste en que el diseño de mezcla considere una relación agua/cemento baja de modo de reducir su permeabilidad, emplear agregados densos y utilizar cementos resistentes a los sulfatos como los Tipo II, Tipo V, Tipo IP, Tipo IPM o añadiendo específicamente Puzolanas que al combinarse con la cal libre del cemento reducen la formación de yeso.

La característica principal de los cementos resistentes a los sulfatos consiste en un bajo contenido de Aluminato Tricálcico (Máximo entre 5 a 8%) lo que disminuye la formación de compuestos expansivos.

Los aditivos que contribuyen a reducir el agua de amasado ayudan a incrementar la resistencia a los sulfatos, pero los acelerantes que contienen cloruros tienen un efecto negativo por lo que se recomienda prohibir su empleo en estas circunstancias

### **3. ABRASIÓN DEL CONCRETO**

El factor principal reside en qué tan resistente es desde el punto de vista estructural o mecánico, la superficie expuesta al desgaste.

Se han desarrollado varias maneras de medir el desgaste o la resistencia a la abrasión tanto a nivel de laboratorio como a escala natural pero los resultados son bastante relativos pues ninguna de ellas puede reproducir las condiciones reales de uso de las estructuras, ni dar una medida absoluta en términos numéricos que pueda servir para comparar condiciones de uso o concretos similares, por lo tanto el mejor indicador es evaluar principalmente factores como la resistencia en compresión, las características de los agregados, el diseño de mezcla, la técnica constructiva y el curado.

#### **4. CORROSIÓN DE LOS METALES**

El concreto por ser un material con una alcalinidad muy elevada ( $\text{PH} > 12.5$ ), y alta resistividad eléctrica constituye uno de los medios ideales para proteger metales introducidos en su estructura, al producir en ellos una película protectora contra la corrosión. Pero si por circunstancias internas o externas se cambian estas condiciones de protección, se producen el proceso electroquímico de la corrosión generándose compuestos de óxidos de hierro que llegan a triplicar el volumen original del hierro, destruyendo el concreto al hincharse y generar esfuerzos internos.

En el concreto pueden incluirse una serie de metales dependiendo de la utilidad que queremos darle, pero lo real es que el acero, es el metal de mayor uso desde que se desarrolló el concreto reforzado y sus múltiples aplicaciones, por lo que en este acápite se tratará solo el caso de la corrosión del acero de refuerzo.

En el caso del acero de refuerzo, permitiéndose las siguientes conclusiones:

1. El ánodo y cátodo están separados, pero dicha separación puede ser una micra o una distancia muy grande e igualmente se verifica el fenómeno, por lo que en el acero de refuerzo se puede dar la corrosión por microceldas o macroceldas.

2. El oxígeno no está involucrado en el lugar donde se produce la corrosión, que es exclusivamente el ánodo, sin embargo, si es imprescindible que en el cátodo haya oxígeno y agua para el proceso electroquímico.

3. Debe existir la suficiente concentración de iones para que se inicie el flujo electroquímico, lo que en la práctica se produce cuando ingresan cloruros en cantidad suficiente, se reduce la alcalinidad ( $\text{PH} < 8.0$ ) y se dan las condiciones de humedad en el cátodo.

4. El flujo se interrumpe y consecuentemente la corrosión, cuando se elimina el conductor metálico entre el ánodo y el cátodo o evitando que haya oxígeno en el cátodo o eliminando el agua entre ambos que es el medio de transporte de los iones .

En consecuencia, analizando el mecanismo, es evidente que deben cumplirse varias condiciones para que se produzca la corrosión y en general salvo casos especiales esto no ocurre con frecuencia. Solo si tenemos cloruros en una determinada concentración referida al peso del cemento estimada normalmente del orden del 0.2% existe la posibilidad de

corrosión si a la vez se cumplen los otros requisitos. La terminología de la ASTM (G15) define la corrosión

## **5. REACCIÓN QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS**

La reacción propicia el desarrollo de un gel expansivo en la interface agregado – pasta, que rompe la estructura interna del concreto provocando fisuración y desintegración.

### **1.12.2.8 RECOMENDACIONES SOBRE REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS**

Como ya mencionamos, en nuestro medio no hay muchos antecedentes de ocurrencia de este tipo de reacciones pese a que por ejemplo la andesita es un mineral muy abundante en nuestro país, pero es probable que la cantidad de obras que se hayan ejecutado en las zonas que pudieran ser potencialmente reactivas no hayan ameritado el empleo masivo de estos materiales, o simplemente no tienen la reactividad que tienen en otros países donde el problema sí es grave.

En conclusión, la mejor recomendación al evaluar una cantera donde haya sospecha de reactividad alcalina es recopilar la mayor información estadística sobre el uso anterior de los agregados en la producción de concreto e inspeccionar las obras ejecutadas para poder estimar el riesgo.

### **1.12.2.9 APLICACIONES DEL PAVIMENTOS RÍGIDOS:**

#### **a) Aeropistas**

En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un sistema de apertura rápida; éste consiste en el colado secuencial del pavimento en la reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.

## **b) Vialidades urbanas**

La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas, pues además del tiempo y costo, afectan al tránsito vehicular. Sin embargo, con los pavimentos de concreto de apertura rápida, estos problemas se minimizan ostensiblemente.

## **c) Zonas residenciales**

El uso de pavimentos de concreto en zonas residenciales aumenta día con día, debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limitar a sólo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

### **1.12.2.10 FALLAS QUE ORIGINAN EL DETERIORO DEL PAVIEMNTO RIGIDO**

Las fallas que suelen presentarse a continuación pueden generarse debido a varios factores presentes en este ámbito constructivo.

## **1. JUNTAS**

Se presentan tres tipos de fallas

### **DEFICIENCIAS DEL SELLADO**

Deterioro del sello de las juntas que permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.

Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos: endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, fluencia fuera de la caja, carencia total, incrustación de materias ajenas y crecimiento de vegetación.

Entre sus causas más comunes podemos encontrar:

- **Endurecimiento:** Producto de mala calidad, envejecimiento
- **Despegado de las paredes de la junta:** Producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada.
- **Fluencia fuera de la caja:** Exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- **Carencia:** Producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- **Incrustaciones de materias incompresibles:** Bermas no pavimentadas, vehículos que dejan caer materiales.



**Imagen N° 08**

*Deficiencias de Sellado*

*Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.*

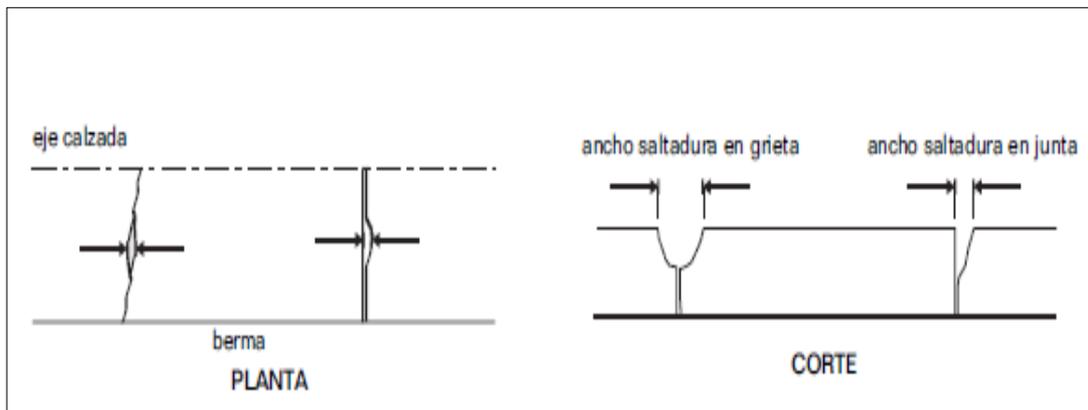
*Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica.*

## **JUNTAS SALTADAS**

Desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 500 mm dentro de la losa, medidos como se indica en la Figura.

Entre sus causas podemos encontrar:

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a un acabado excesivo u otro defecto de construcción.
- Penetración de partículas incompresibles dentro de la caja de una junta o dentro de una grieta activa



**Imagen** N° 09

*Juntas Saltadas*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica



**Imagen** N°10 y 11

*Juntas Saltadas en pavimento rígido*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

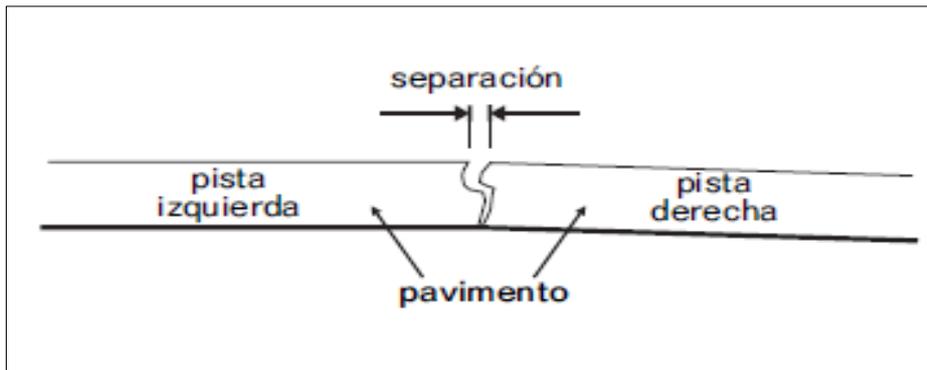
**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL

Abertura en la junta longitudinal del pavimento.

Las causas posibles para este caso son:

- Ausencia de barras de acero de amarre entre pistas adyacentes.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.
- Carencia de bermas.



**Imagen N°12**

*Separación de la Junta longitudinal*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica



**Imagen N° 13**

*Separación de la Junta longitudinal*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## 1.13 GRIETAS

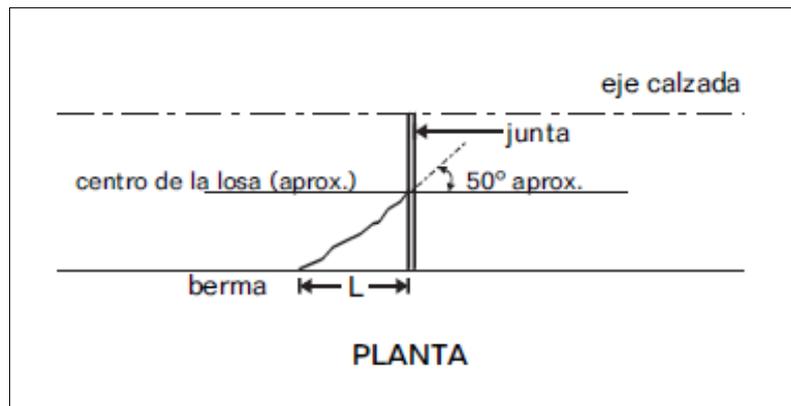
### 2.3.1 GRIETAS DE ESQUINA

Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50 grad. con la dirección del tránsito.

La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa.

Entre sus causas posibles podemos encontrar:

- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las juntas.



**Imagen N°14**

*Grietas de Esquina*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

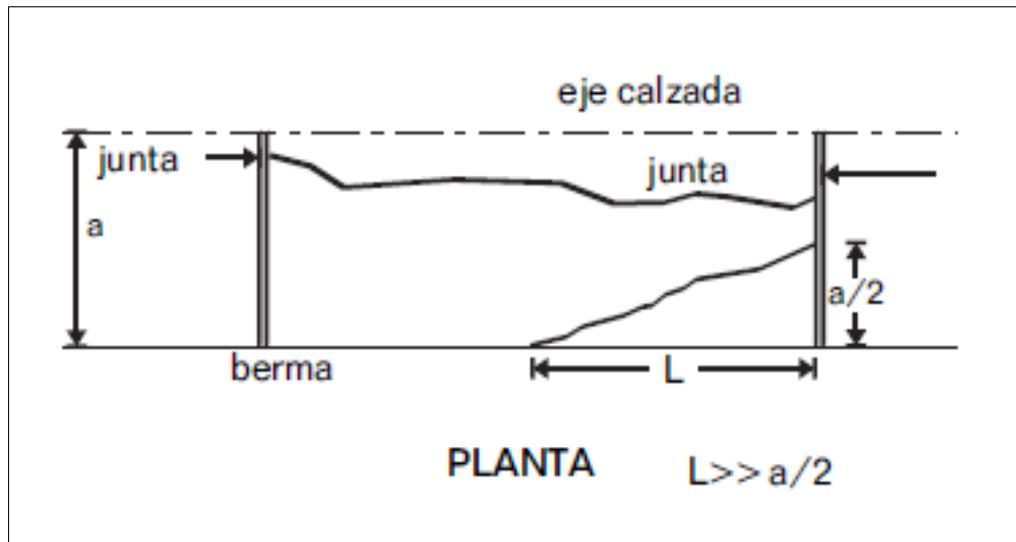
### 2.3.2 GRIETAS LONGITUDINALES

Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L en la Figura) mucho mayor que la mitad del ancho de la losa ( $a/2$  en la Figura).

Las causas más comunes que tenemos ante este tipo de falla son:

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.

- Aserrado tardío de la junta.



*Imagen N°15*

*Grietas Longitudinales*

*Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.*

*Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica*

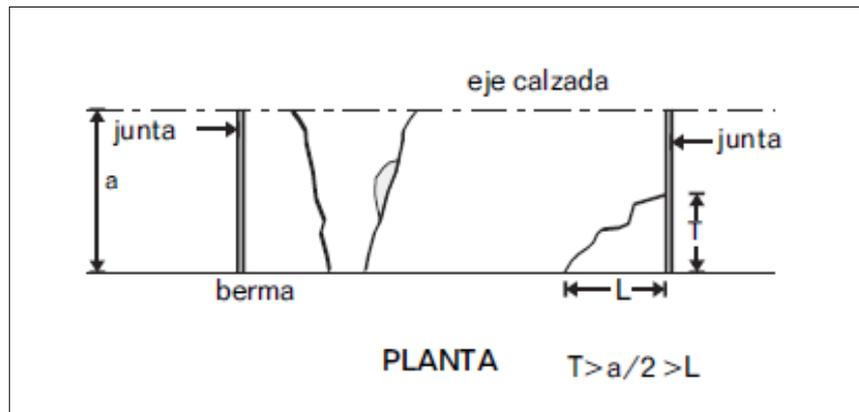
### 2.3.3 GRIETAS TRANSVERSALES

Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada.

También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa ( $T > a/2$  en la Figura) y la intersección con el borde se encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa ( $L < a/2$  en la Figura).

Posibles causas:

- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones.
- Retracción térmica que origina alabeos.



**Imagen** N° 16

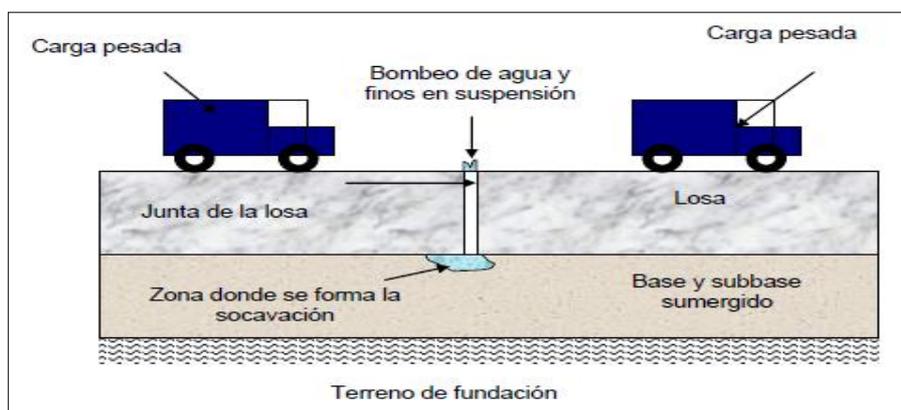
Grietas Transversales

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

### 1.14 BOMBEO

Cuando existe acumulación de agua en la estructura del pavimento, las deflexiones de las losas de concreto en las juntas, las grietas y a lo largo de borde de las losas bajo efecto de cargas pesadas, se produce desplazamiento y eyección de agua. Esta acción contiene partículas de suelo en suspensión y bajo constantes repeticiones remueve parte de la superficie del suelo provocando socavaciones, que conducen a una falla de soporte y consiguientemente la falla del pavimento. Este fenómeno se conoce como Bombeo. Ver imagen.



Imagen

N° 17

Fenómeno de Bombeo en Losas de Concreto, de Cemento Portland.

**Fuente:** Clasificación de Fallas de Pavimentos Flexibles y Rígidos.

**Autor:** Oficina Técnica Ingeniero José Heredia & asociados C.A.

Las investigaciones y observaciones de campo han demostrado la existencia de cuatro condiciones básicas para que se produzca el fenómeno del bombeo que es:

- Suelo de subrasante de granulometría fina, o con abundante contenido de finos en los materiales que componen la base y subbase.
- Agua libre bajo el pavimento.
- Cargas frecuentes de ejes pesados.
- Existencia de juntas y grietas en el pavimento.

### 1.15 DESCASCARAMIENTOS Y ESCAMADURAS

Los descascaramientos y escamaduras son fallas en la superficie del concreto por deterioro o rotura. Los descascaramientos consisten en deterioro de la superficie del pavimento por desgaste o conformación inadecuada. En la mayoría de los casos el efecto progresivo tiende a profundizarse.

Los fenómenos de descascaramiento se producen por exceso de acabado, defectos de la mezcla, poca calidad de los agregados o curado inapropiado.

Las escamaduras son las roturas del concreto en juntas, grietas y bordes del pavimento

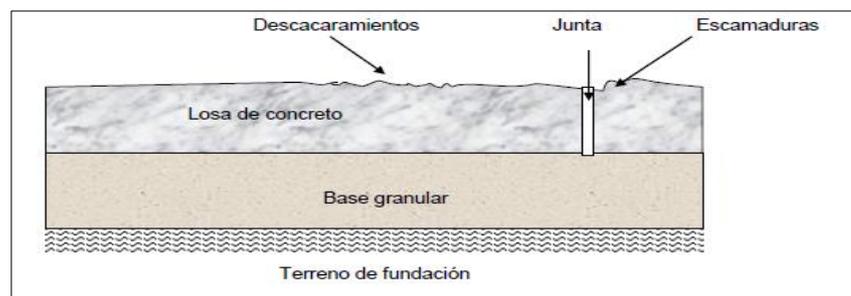


Imagen N° 18

*Fenómeno de Descascaramiento y Escamaduras en Losas de Concreto, de Cemento Portland.*

*Fuente: Clasificación de Fallas de Pavimentos Flexibles y Rígidos.*

*Autor: Oficina Técnica Ingeniero José Heredia & asociados C.A*

## 1.16 ESCALONAMIENTO DE JUNTAS Y GRIETAS

Desnivel entre dos superficies del pavimento, separadas por una junta transversal o grieta.

Las causas posibles que tenemos son:

- Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta.
- Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losas.
- Asentamiento diferencial de la subrasante.
- Drenaje insuficiente.

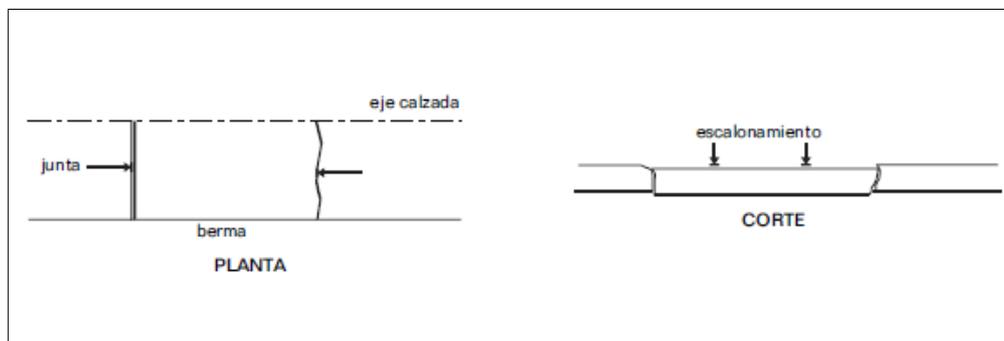


Imagen N°19

Escalonamiento de Juntas y Grietas

Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## 1.17 SELLADO DE JUNTAS

El sellado de las juntas tiene como objetivo evitar la entrada de agua por las mismas, que podría afectar, tanto a los pasadores o barras de atado en el caso de haberlas, como a la capa de base del pavimento, a la que podría llegar a erosionar provocando el bombeo de finos por las juntas y el escalonamiento de las mismas por descalce de las losas.

Además, el sellado impide también la entrada de elementos incompresibles en las juntas que podrían provocar la aparición de desportillados en las mismas e incluso roturas de esquina.

Por ello, se recomienda el sellado de todas las juntas, tanto longitudinales como transversales, en las que se dispongan pasadores o barras de atado. En otros casos, se recomienda su sellado únicamente en el caso de que el pavimento deba soportar un tráfico elevado de vehículos pesados y se encuentre en una zona con precipitación media anual elevada.

Previamente al sellado de las juntas, debe realizarse un cajeo en la parte superior de la junta a fin de obtener un surco con las dimensiones adecuadas para el producto de sellado que se utilice.

✓ **Relleno de juntas**

Cuando las juntas son del tipo llamado “de trabajo” (generalmente juntas aserradas de pequeño espesor), prácticamente no existen diferencias entre su relleno y el sellado de fisura.

En cambio, cuando la junta es “de dilatación”, la función del relleno, además de sellar y proteger la base del ingreso de humedad, es la de conformar un elemento elástico que sea capaz de absorber los movimientos que se producen entre las placas por efecto de los cambios de temperatura.

La ausencia de este relleno hace que se acumule suciedad entre las placas, que con el tiempo, al irse compactando, termina conformando un cuerpo rígido que impide el libre movimiento de expansión / contracción.

Esta situación hace que se acumulen tensiones mecánicas que terminan rompiendo el pavimento.



*Imagen N° 20*

*Junta de Dilatación*

*Fuente: Sellado de Fisuras y Relleno de Juntas.*

*Autor: Flexotop - Insumos Viales S.A.*

Los productos de sellado pueden ser, según su forma de trabajo, de los siguientes tipos

- Productos que trabajan por adherencia, como los de naturaleza asfáltica, colocados en caliente, o las siliconas de uno o dos componentes, colocadas en frío.
- Productos que trabajan a compresión, como los perfiles preformados de policloropreno (neopreno).

Las dimensiones del cajeadado de la junta serán las adecuadas para que el producto de sellado pueda soportar correctamente los movimientos a los que va a estar sometido como consecuencia de las dilataciones y contracciones producidas por efecto de la temperatura. Para trabajar adecuadamente, los productos que trabajan por adherencia deben colocarse con un factor de forma (relación entre la altura y el ancho del cordón de sellado) que depende del tipo de producto.

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

- Impermeabilidad
- Deformabilidad
- Resiliencia
- Adherencia

- Resistencia
- Estable
- Durable

#### ✓ **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 acorta 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.

#### ✓ **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. En la figura se observan los diferentes tipos de selladores.

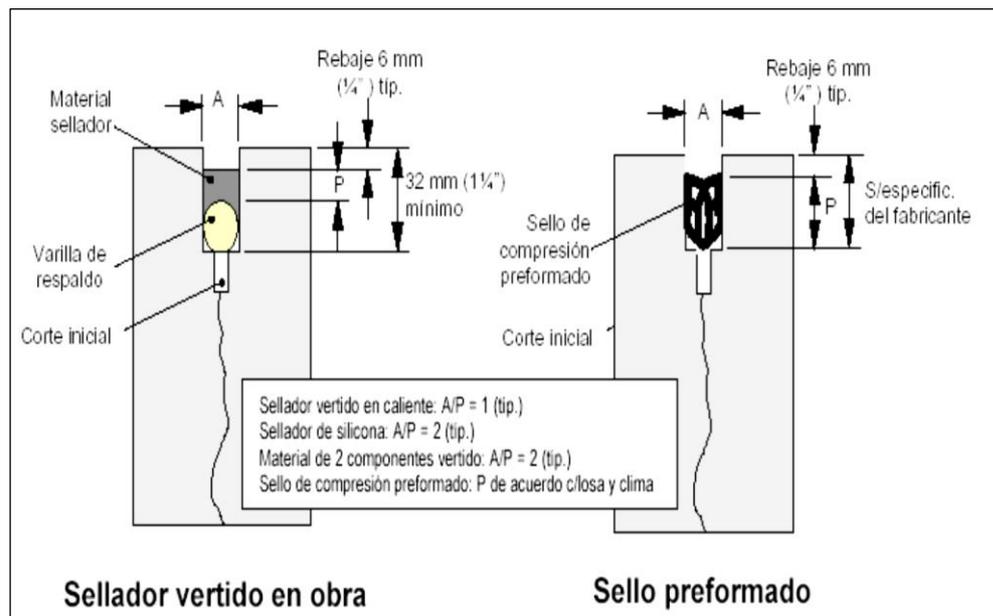


Imagen N° 21

Tipos de Sellos

Fuente: artículo "Design and construction of joint for concrete highways",

Autor: American Concrete Pavement Association (ACPA)

## ✓ PROCEDIMIENTO DE SELLADO

### Limpieza Previa

Previo al sellado, la abertura de la junta deberá ser limpiada a fondo de compuestos de curado, residuos, natas y cualquier otro material ajeno. La limpieza de las caras de la junta afecta directamente la adherencia del sellante al concreto. Una limpieza pobre reduce la adherencia del sellador la interfase con la junta, lo que reduce significativamente la efectividad del sellador. Por lo tanto la correcta

limpieza es esencial para obtener una superficie de junta que no perjudicará el lazo o adhesión con el sellador.

La limpieza se puede hacer con sandblast, agua, aire a presión, cepillado de alambre o de varias otras maneras, esto dependiendo de las condiciones de la junta y las recomendaciones del fabricante del sellador.

### **1º Paso: Hidrolavado**

- ✓ Objetivo: Eliminar los restos de material fino producto de las tareas de aserrado
- ✓ La presión de agua deberá ser de 5 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Se recomienda aplicarlo inmediatamente después del aserrado secundario (cajeado).

### **2º Paso: Arenado**

- ✓ Objetivo: Alcanzar una textura rugosa en las caras de la junta para mejorar la adherencia del sellador a las paredes de la junta.
- ✓ El arenado no debe efectuarse dirigiendo la boquilla directamente a la junta.
- ✓ La boquilla debe sostenerse en Angulo cercana a la junta para limpiar los 25 mm superiores de la caja.
- ✓ Deberán efectuarse una pasada por cada pared del reservorio para alcanzar buenos resultados.

### **3º Paso: Soplado**

- ✓ Objetivo: Eliminar restos de arena, suciedad y polvo de la junta y de la superficie del pavimento, provistos por la tarea anterior o el propio tránsito de obra.
- ✓ Presión recomendada 6kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Deberá aplicarse en lo posible justo antes de proceder a la instalación del cordón de respaldo y sellado.
- ✓ Se debe repetir la limpieza con chorro de aire en aquellas juntas que han quedado abiertas durante la noche o por periodos prolongados.



*Imagen N° 22*

*Soplado de Juntas previo al sellado*

*Fuente: Diseño y Construcción de Juntas*

*Autor: Ing. Diego H. Calo – Instituto del Cemento Portland Argentino*

### **Colocación del material de respaldo**

- ✓ Impide el contacto del sellador con el fondo de la caja y permite alcanzar el factor de forma especificado.
- ✓ Optimizar la cantidad de sellado utilizada, minimizando las pérdidas de material en el fondo de la junta.
- ✓ Diámetro: mínimo 25 % mayor que ancho de caja (no estirar)
- ✓ Se coloca con una herramienta especial (rueda), que posiciona el cordón a la profundidad necesaria



*Imagen N° 23*

*Colocación de Material de sellado*

*Fuente: Diseño y Construcción de Juntas*

*Autor: Ing. Diego H. Calo – Instituto del Cemento Portland Argentino*

## 1.18 REPARACIÓN DE FALLAS DE ACUERDO AL NIVEL DE SEVERIDAD

### 2.8.1 JUNTAS DEFICIENCIAS DE SELLADO

#### Nivel de severidad

- ✓ **Baja:** Longitud con deficiencias de sellado  $< 5\%$  de la longitud de la junta.
- ✓ **Media:** 5% longitud con deficiencias de sellado 25% de la longitud de la junta.
- ✓ **Alta:** longitud con deficiencias de sellado  $> 25\%$  de la longitud de la junta.

#### **Medición**

- ✓ Para Juntas transversales indicar cuantas están deterioradas (Nº) y para cada una especificar el nivel de severidad del deterioro.
- ✓ Para juntas longitudinales, contabilizar el número de tramos (mínimo de 1 m de longitud cada uno) deteriorados y su longitud total (m) y deteriorada (m). Indicar el nivel de deterioro que presenta cada una.

#### **Reparación**

- ✓ Verificar que la caja disponga de un ancho compatible con la elongación admisible del producto de sellado por utilizar y los movimientos que experimentan las losas.
- ✓ Retirar todo vestigio del antiguo sello, limpiar cuidadosamente la caja, imprimir con el material adecuado, cuando corresponda, colocar cordón de respaldo y vaciar la cantidad exacta de sellante, todo en conformidad con lo dispuesto en la operación Nº 1, Sellado de Juntas y Grietas. **(Ítem 2.10.1)**

## 2.8.2 JUNTAS SALTADAS

### Niveles de severidad

- ✓ **Baja:** ancho saltaduras < 50 mm, medido al centro de la junta o grieta, con pérdida de material o saltaduras, sin pérdidas de material y no parchadas.
- ✓ **Media:** 50 mm ancho saltaduras 150 mm, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material.
- ✓ **Alta:** ancho saltadura > 150 mm, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material

### **Medición**

- ✓ Establecer para cada nivel de severidad la longitud (m) de juntas y grietas que presentan saltaduras.

### **Reparación**

- ✓ Severidad baja: reparar el sello, según Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas. **(Ítem 2.10.1)**
- ✓ Severidad media y alta: reparar mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, según Operación N° 4, Reparación de Espesor Parcial. **(item2.10.4).**

## 2.8.3 SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL

### Nivel de severidad

- ✓ **Baja:** Ancho separación < 3 mm y sin deformación perceptible de la sección transversal.
- ✓ **Media:** 3 mm ancho se paración 20 mm y la deformación de la sección transversal no implica riesgos para la seguridad de los usuarios.
- ✓ **Alta:** ancho separación > 20 mm y/o la deformación de la sección transversal, cualquiera sea el ancho de la separación, conlleva riesgos

### **Medición**

- ✓ Determinar su longitud (m) y clasificar según grado de severidad.

### **Reparación**

- ✓ Cuando la sección transversal no presenta deformaciones que signifiquen un riesgo para la seguridad de los usuarios, sellar de acuerdo con la Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Si hay deformación peligrosa de la sección transversal, reconstruir el tramo, reconvirmando y recompactando la subrasante y colocando barras de acero de amarre en la junta longitudinal. Luego construir el pavimento de reemplazo de acuerdo con el sistema reparación en todo el espesor; Operación N° 2 o N° 3 Reparación en todo el Espesor, según corresponda. (ITEM
- ✓ Fresado para restituir el perfil longitudinal original.

## **1.19 SEVERIDAD DE LAS GRIETAS**

### **2.9.1 GRITEAS DE ESQUINA**

#### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** longitud con saltaduras < 10% de su longitud; escalonamiento imperceptible y el trozo de la esquina está completo.
- ✓ **Media:** saltaduras de severidad baja en más del 10% de la longitud o la saltadura de la grieta o junta < 15 mm y el trozo de la esquina está completo.
- ✓ **Alta:** saltaduras de severidad media o alta en más del 10% de longitud o la saltadura de la grieta o junta es 15 mm o el trozo de la esquina está quebrado en dos o más pedazos.

### **Medición**

- ✓ Establecer el número (Nº) de grietas de esquina para cada nivel de severidad. Clasificarlas con el más alto nivel de severidad presente en al menos el 10% de la longitud.

### **Reparación**

- ✓ Para severidad baja, sellar, según Operación Nº 1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para severidades media y alta, reparar en todo el espesor una franja de pavimento del ancho de la losa y de una longitud mínima igual a la distancia entre la junta y la intersección de la grieta con el borde externo Operación Nº 2 o Nº 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda.

## **2.9.2 GRIETAS LONGITUDINALES**

### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
- ✓ **Media:** 3 ancho grieta 10 mm con saltadura de ancho < 50 mm escalonamiento < 15 mm.
- ✓ **Alta:** ancho 10 mm o saltaduras de ancho 50 mm escalonamiento 15 mm.

### **Medición**

- ✓ Determinar la longitud (m) y número (Nº) de grietas longitudinales para cada nivel de severidad.
- ✓ Determinar separadamente también la longitud (m) de grietas longitudinales selladas, clasificándolas según nivel de severidad.

### **Reparación**

- ✓ Para niveles de severidad baja y media, sellar según Operación Nº 1 Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor del tramo dañado; Operación Nº 2 o Nº 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda. **(ítem 2.10.2 y ítem 2.10.3)**

### 2.9.3 GRIETAS TRANSVERSALES

#### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
- ✓ **Media:** 3 ancho grieta 6 mm o con saltaduras de ancho < 50 mm o escalonamiento < 6 mm.
- ✓ **Alta:** ancho 6 mm o saltadura de ancho 50 mm o escalonamiento 6 mm.

#### **Medición**

- ✓ Determinar el número (Nº) y la longitud (m) de grietas para cada nivel de severidad.
- ✓ Asignar a cada grieta el nivel de severidad más alto que representa al menos el 10% de la longitud total.
- ✓ Determinar separadamente también la longitud (m) total de grietas, agrupadas por nivel de severidad, que tengan el sello en buenas condiciones.

#### **Reparación**

- ✓ Para niveles de severidad baja y media, sellar; según Operación N°1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor; Operación N° 2 o N° 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda. (**ítem 2.10.2 y ítem 2.10.3**)

### 1.20 BOMBEO Y ESCALONAMIENTO

#### **Medidas a adoptar**

##### **Severidad Baja:**

- Cepillado con disco diamantado.
- Recolocación de pasadores (Recomendado para pavimentos con pasadores).

##### **Severidad Media:**

- Reparación en Profundidad Total.

### **Severidad Alta:**

- Reparación Profundidad Total.



*Imagen N°24*

*Bombeo de Juntas*

*Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación de Pavimentos Rígidos*

*Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo Souza– Instituto del Cemento Portland Argentino*

## **2.10.1 OPERACIÓN N° 1 SELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS**

### **1.- Descripción y Alcances.**

En esta operación se definen los trabajos para resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de hormigón.

Mantener selladas las juntas y grietas es fundamental para alcanzar la vida útil esperada para el pavimento. Sin embargo, para que un sellado cumpla cabalmente el objetivo para el cual se coloca es necesario que las juntas y grietas no trabajen, es decir que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí. Los desplazamientos se originan porque no existe un traspaso adecuado de las cargas entre las losas, el que se puede detectar, si no se cuenta con instrumental para ese objetivo, temprano en la mañana, antes que el sol caliente la superficie. En ese momento las caras se encuentran con su máxima separación, a veces sin tocarse, lo que se puede determinar introduciendo una delgada lámina de acero, y/o porque presentan los bordes saltados.

Las juntas y grietas que presentan esa condición de estar trabajando, deben repararse con los procedimientos descritos en las Operaciones N° 2 ó N° 3, Reparación en todo el Espesor o Reparación en todo el Espesor para Puesto en Servicio Acelerado, respectivamente, antes de proceder con un resellado.

Para los efectos de esta operación, las juntas y grietas se agruparán en función de su ancho promedio, forma y ubicación, de acuerdo a lo siguiente:

- Juntas de hasta 12 mm de ancho.
- Juntas de ancho entre 12 mm y 20 mm.
- Juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm.
- Grietas de ancho entre 3 mm y 30 mm.
- Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm.
- Juntas longitudinales de cualquier ancho.

#### **2.10.2 OPERACIÓN N° 2 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR.**

##### **Descripción**

La operación tiene por objetivo reemplazar una parte deteriorada del pavimento de hormigón, la que como mínimo debe abarcar el ancho de una pista y tener no menos de 0,5 m en el sentido longitudinal. En el caso que el reemplazo afecte un área delimitada por juntas de contracción, en ellas se deberán instalar barras de traspaso de cargas; en ese caso la longitud mínima por reponer será de 1,8 m.

El procedimiento se utiliza para reparar losas que presenten los siguientes problemas:

- Grietas (transversales, longitudinales o de esquina) que muestren señales de estar trabajando y por lo tanto, no exista transferencia de cargas entre los trozos.

- Juntas o grietas con saltaduras en las aristas que alcanzan hasta un tercio del espesor de la losa.

Parte importante del éxito del procedimiento que se describe depende de dos consideraciones; la zona por reemplazar debe aislarse completamente del resto del pavimento antes de comenzar a retirarla y debe asegurarse una transmisión de cargas adecuada cuando la zona por reemplazar queda delimitada por una o más juntas de contracción y tomar las medidas para que exista una unión monolítica entre el hormigón de reemplazo y el pavimento antiguo no afectado, en los demás casos.

### **2.10.3 OPERACIÓN N° 3 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR PARA PUESTA EN SERVICIO ACELERADA**

#### **Descripción**

Corresponde a una intervención idéntica a la definida en la Operación N° 2, Reparación en Todo el Espesor, pero utilizando tecnologías que permitan su puesta en servicio en un plazo muy breve, no mayor que 24 horas después del hormigonado (técnicas del fast-track).

La tecnología por aplicar para la entrega acelerada al tránsito no difiere substancialmente, en ningún aspecto, de los procedimientos que se utilizan para reemplazar losas completas de un pavimento o secciones de él. La diferencia se encuentra en la preparación, colocación y curado del hormigón que permite, tomando algunas precauciones especiales, devolver al tránsito la zona reemplazada en plazos que normalmente van de 6 a 24 horas.

No existe ningún diseño preestablecido de dosificación para el hormigón por utilizar en estas técnicas; sólo se requiere de una mejor selección de los materiales por utilizar, de manera de obtener altas resistencias a tempranas edades. Por las razones expuestas,

antes de especificar por primera vez este tipo de técnicas se recomienda desarrollar en el laboratorio un análisis detallado para establecer las características del hormigón preparado con los materiales locales.

#### 2.10.4 OPERACIÓN N° 4 REPARACIÓN DE ESPESOR PARCIAL

##### Descripción

La reparación en profundidad parcial comprende la remoción y reemplazo de una porción de la losa del tercio superior de la losa con el fin de reparar daños superficiales.

**Ventana de Oportunidad:** La ejecución de reparaciones en profundidad parcial se aplica en la mayoría de los casos a despostillamientos o quebraduras en juntas, fisuras o en las zonas interiores de las losas.

La mayoría de las quebraduras ocurren como consecuencia de un mal mantenimiento de juntas, las que al no estar selladas permiten el ingreso de materiales incompresibles en su interior en la época de menores temperaturas. Este tipo de reparación puede emplearse siempre y cuando el daño solo sea superficial. Si los despostillamientos son superiores de 150 mm, nos está indicando que el sector inferior también puede presentar daños. En estas circunstancias debería efectuarse una reparación en profundidad total.

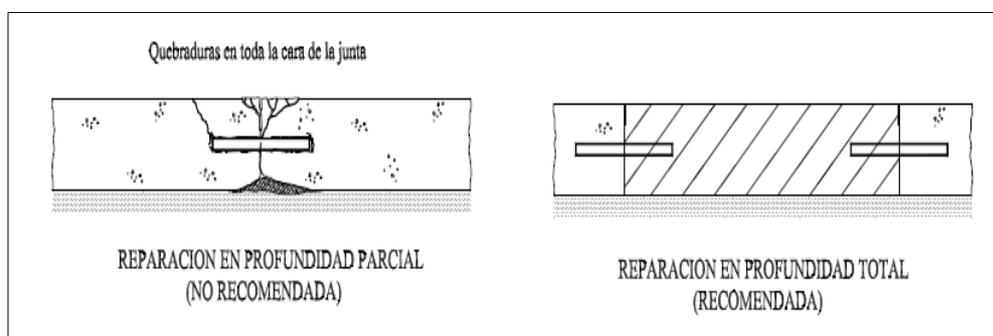


Imagen N° 25

Reparación en profundidad parcial y total

Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación de Pavimentos Rígidos

Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo Souza– Instituto del Cemento Portland Argentino

## 2.10.5 OPERACIÓN N° 5 PULIDO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

### Descripción

El pulido permite corregir eficientemente los siguientes problemas:

- Escalonamiento de juntas y fisuras.
- Elevada rugosidad del pavimento (generada en la construcción, en servicio o por las tareas de rehabilitación).
- Macrotextura inadecuada (por texturado insuficiente u originada por el desgaste del pavimento en servicio).
- Niveles de ruido excesivos.
- En esencia, la función del equipo de pulido es similar al de un cepillo para madera común.
- El pulido se ejecuta con una máquina autopropulsada especialmente diseñada para suavizar, perfilar y dar una textura adecuada a la superficie del pavimento de hormigón mediante discos de diamante.



*Imagen N°26*

*Pulido del pavimento*

*Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación de Pavimentos Rígidos*

*Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo Souza– Instituto del Cemento Portland Argentino*

## 2.11 TIPOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO

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

- Pavimentos de concreto simple.
  - Sin pasadores.
  - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

### a) Pavimentos de concreto simple

#### 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.

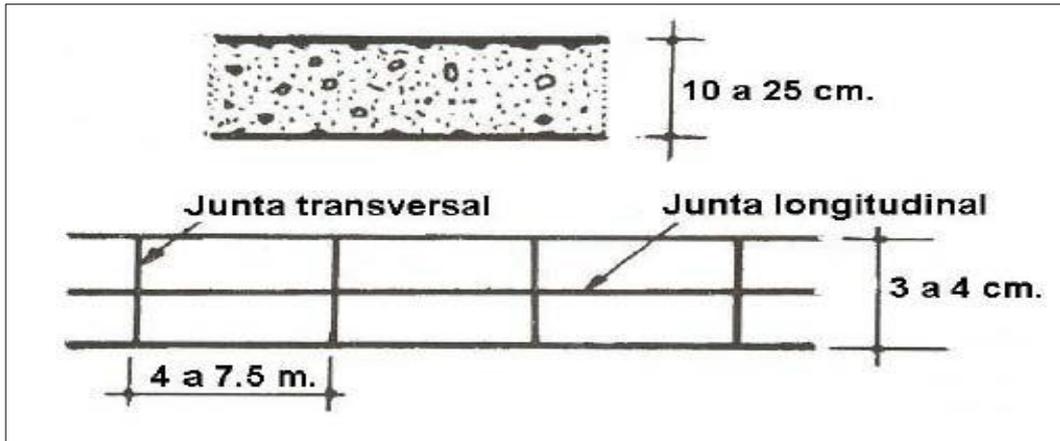


Imagen N° 27

Pavimento de concreto simple sin pasadores

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

### 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.

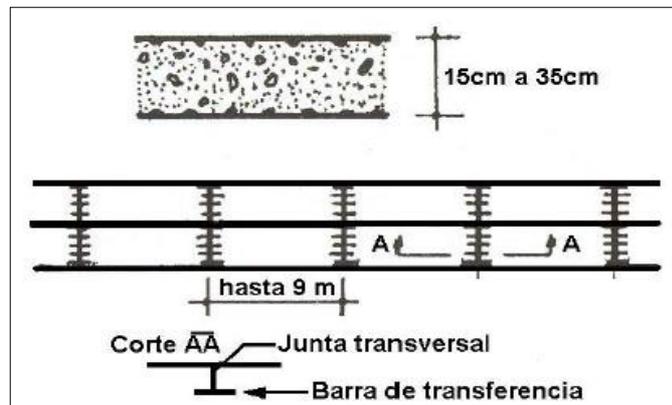


Imagen N° 28

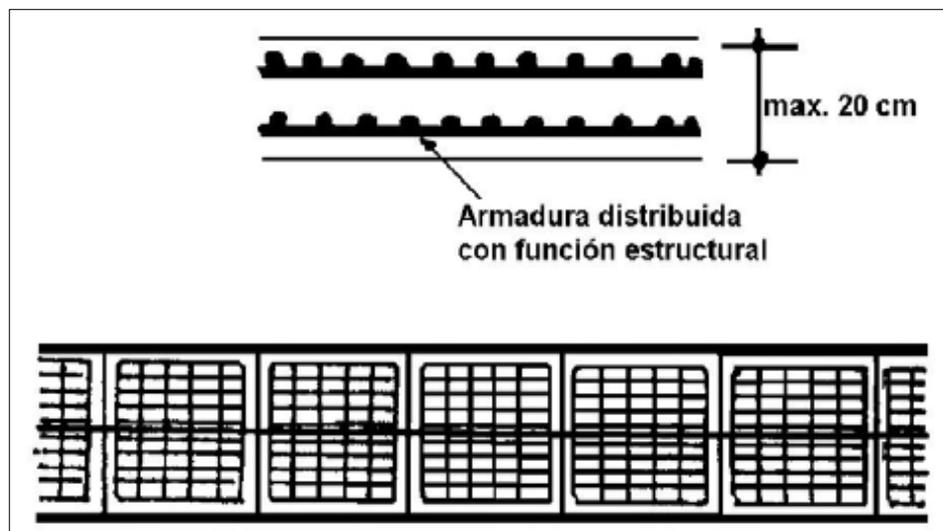
Pavimento de concreto simple con pasadores

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

### b) Pavimentos de concreto 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.



*Imagen N°29*

*Pavimento de concreto reforzado*

*Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos*

*Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).*

### c) Pavimentos de concreto con refuerzo.

A diferencia de los pavimentos de concreto 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.

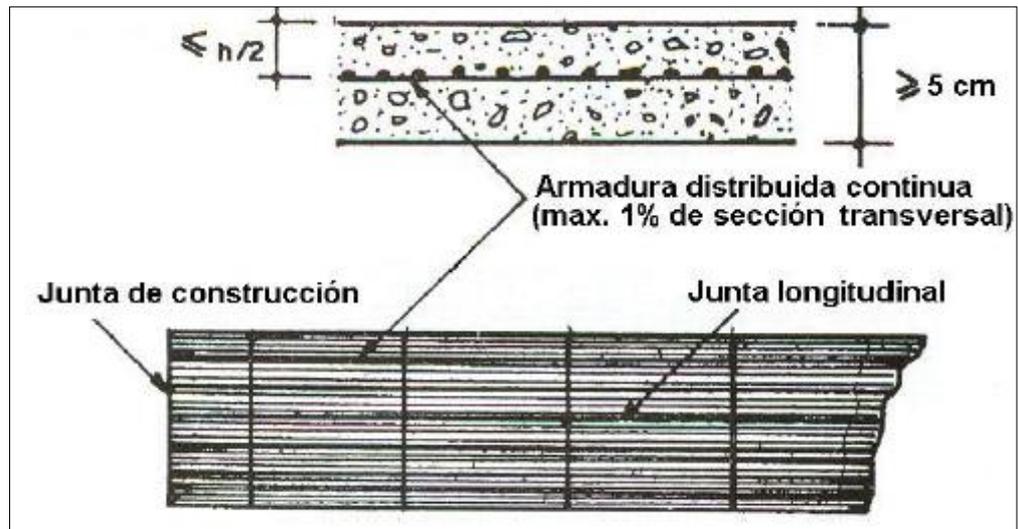


Imagen N°30

Pavimento de refuerzo continuo

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

## 1.12 PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA CONSTRUIR UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las subrasantes:

- (1). **Compactación de los suelos**, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.
- (2). **Fijado de la rasante**, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.
- (3). **Uniformado del terreno** en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.
- (4). **Nivelación selectiva de la rasante** en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la subrasante. En ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el pavimento de concreto, el cual se conoce como sub-base. Las sub-bases se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito

pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

### **1.12.1 PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO.**

1. Conformar **terracerías** con respecto al trazo y niveles especificados en el proyecto. Es conveniente pedir asesoría a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referentes al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los suelos.

2. El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografía. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.

3. Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.

4. Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado, que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de un vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar al concreto, con la ayuda de un escantillón que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasará la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.

5. El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, que será arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.

6. Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto. En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizará en seguida del texturizado.

7. El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.

8. La limpieza de juntas se hace mediante la inyección de agua a presión sobre las incisiones. Posteriormente se secarán los bordes con aire, se colocará un agente sellador dentro de la junta y una cintilla de respaldo.

## **2.12.2 REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS.**

### **➤ Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico**

- **Una Metodología Original Basada en Criterios de Durabilidad**

Sin embargo, las especificaciones de diseño y construcción que se aplican no contemplan, por lo general, la acción del ambiente sobre los pavimentos, ni consideran los tipos de suelo que existen en la república y que podrían, en ambos casos, afectar su durabilidad.

Dicha metodología propone la evaluación de pavimentos de concreto hidráulico considerando cinco áreas básicas:

- 1.- MATERIALES Y CONCRETO
- 2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN
- 3.- TIPOS DE CARGA
- 4.- EFECTOS AMBIENTALES
- 5.- RESPUESTAS DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES.

## **1.- MATERIALES Y CONCRETO:**

### Estudios de caracterización de materiales.

Resulta fundamental en los análisis de durabilidad del concreto el conocimiento de las propiedades de los materiales empleados en cada región para la construcción de pavimentos de concreto, para lo cual se deberán realizar estudios de caracterización de materiales mediante análisis petrográficos, estudios básicos para determinar los agregados potencialmente reactivos, estudios básicos de los cementos empleados en la región que consideran la composición química de los mismos, su contenido de álcalis y su finura. Esta información facilitará la formulación de una caracterización química y física de los materiales empleados en la construcción de las losas de concreto.

Se sugiere la definición de regiones climáticas en el área de estudio con la realización de estudios petrográficos de agregados gruesos y finos. En el caso de los agregados gruesos, se ubicarán los bancos de calizas de donde se los extrae por tener una dureza 3 y se procederá a la toma de muestras tanto del material triturado final como del material directo del banco. Debe realizarse una exploración detallada del banco en la misma ocasión en que se realice el muestreo. En el caso de los agregados finos el material generalmente es arena de río, razón por la cual deben ubicarse los ríos de donde se la extrae, y se procederá al muestreo del material necesario para el estudio, conforme a las diferentes regiones climáticas consideradas.

Los estudios petrográficos se complementarán con análisis de difracción de rayos X para obtener información relativa a la composición química de los agregados.

Estas muestras se utilizarán además para determinar el carácter reactivo o no de los agregados de cada región climática. La reactividad álcali-agregado se sugiere que se realice con base en:

- a) Ensayes de barras de mortero (ASTM C 227), prueba que requiere de tres a seis meses para obtener resultados.
- b) Prueba química rápida (ASTM C 289), la cual determina el contenido de agregados silíceos potencialmente reactivos (dos o tres días para obtener resultados).
- c) Prueba de núcleo de roca (ASTM C 586), que determina agregados de roca con carbonatos potencialmente reactivos (se tienen resultados en 28 días).

La evaluación detallada permitirá definir criterios para ubicar los sitios de donde se extraerán corazones a los que se efectuarán pruebas de resistencia a la compresión y de permeabilidad. Se considera necesario la determinación del módulo de ruptura de los pavimentos de cada región.

**La permeabilidad** de un concreto es un buen indicador de su durabilidad frente a agresiones físicas y químicas. La baja permeabilidad y una mejora sustancial de la microestructura de su pasta implicarán una reducción de la permeabilidad. Hustand y Loland confirman lo anterior.<sup>13</sup> Skurdal presenta resultados de la influencia que en la permeabilidad tiene la temperatura de la superficie.

## **2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Como se puede apreciar en las imágenes 21, los deterioros más severos y más numerosos que presentan los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Chihuahua se encuentran ubicados tanto en las juntas de construcción como en las juntas de expansión. Por ello, un aspecto fundamental para considerar en la metodología es el análisis de las causas reales que están ocasionando estos deterioros.

En primer término debe realizarse una recopilación de los procedimientos y equipos de construcción empleados en la región. Posteriormente, y con base en la evaluación tanto somera como detallada que se realizó previamente, se debe crear una base de datos por tipos de juntas y grietas profundas de acuerdo con una convención sugerida en las mismas metodologías. Se sugiere determinar la eficiencia de las juntas mediante la medición de las deflexiones del área cargada contra el área no cargada empleando la viga Benkelman, equipo económico y fácilmente accesible.

### **3.- TIPOS DE CARGA**

Los volúmenes vehiculares máximos, así como los datos del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual), dimensiones y peso máximo de los vehículos que circulan por los pavimentos, son datos básicos que deben ser considerados en los análisis de durabilidad. Esta información puede obtenerse mediante una recopilación de datos existentes en las dependencias correspondientes. Asimismo se procederá a la verificación, cuando se considere necesario, mediante aforos vehiculares que determinen tanto el volumen como la composición del tránsito que circula por las vialidades. Esto se hace con el fin de contar con una información confiable y segura.

### **4.- EFECTOS AMBIENTALES**

Las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento, los agregados y el material de base; esto reafirma el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos utilizados en la construcción de la estructura del pavimento.<sup>13</sup>

Es importante el estudio de los mecanismos que inducen el agrietamiento por contracción plástica del concreto<sup>5</sup> así como el agrietamiento por cargas de servicio ya que este redundará en una menor durabilidad de los pavimentos.<sup>18</sup> Esto requiere información

relacionada con el gradiente térmico, la humedad relativa y datos de contaminación por sulfatos, CO<sub>2</sub> y cloruros.

El conocimiento del gradiente térmico de la losa así como de la humedad relativa interna del pavimento es muy importante para cada región y en cada caso particular de interés.

## **5.- RESPUESTAS DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES.**

Los estudios de resistencia al congelamiento y al deshielo deben efectuarse en las regiones con susceptibilidad alta y media, de acuerdo con la regionalización del país propuesta en el manual del concreto de la CFE 1996. Esta se relacionará con datos, previamente obtenidos, de porosidad, absorción, permeabilidad y estructura del poro de los agregados. En general las partículas gruesas presentan más porosidad por lo que son las más propensas a saturarse y, en consecuencia, a expandirse cuando se someten a la congelación. Este aspecto deberá cuidarse especialmente en las zonas críticas (ASTM C 666).

Adicionalmente, se sugiere la realización de pruebas para determinar la profundidad de carbonatación en los pavimentos existentes en cada región, seleccionando los sitios de muestreo con base en la antigüedad y las condiciones que propicien la presencia de este problema.

Es importante estudiar el efecto colateral que la carbonatación podría tener en el agrietamiento del pavimento, ya que al densificarse la mezcla como resultado de la reacción álcali-carbonato podría la sobrecapa ser más susceptible de agrietarse con el paso del tránsito.<sup>18</sup>

### 2.12.3 PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL CONCRETO

Los distintos elementos que intervienen en la mezcla de concreto deben cumplir con los siguientes requisitos en términos de durabilidad:

a) Los agregados finos deben ser químicamente inertes, libres de cualquier recubrimiento; deben ser satisfactorios en términos físicos, es decir, en cuanto a dureza, absorción, propiedades térmicas y elásticas, aspectos todos que deben ser estudiados y evaluados en los concretos elaborados para construir pavimentos.<sup>14</sup>

b) El agregado grueso debe ser petrográficamente aceptable en cuanto a dureza y tenacidad; debe ser químicamente inerte, libre de cualquier recubrimiento, tener granulometría y forma apropiadas; debe ser satisfactorio tanto en términos físicos como en densidad y absorción, cualidades que serán analizadas en cada uno de los bancos de materiales de la región.<sup>14</sup>

c) El agua de mezclado debe ser compatible y debe estimular la hidratación química del cemento; ésta deberá estar libre de cloruros o sulfatos.<sup>14</sup>

d) Los aditivos deben ser mutuamente compatibles en el sentido químico.<sup>14, 12</sup>

La importancia de estudiar el espesor se desprende de un estudio en el que se evidencia la influencia del espesor del pavimento en la durabilidad del mismo.

Se ha visto que uno de los factores que más inciden en la durabilidad de las mezclas de concreto es la relación agua / cemento: cuanto más baja es esta relación más resistente es el concreto y más densa e impermeable es la mezcla.<sup>15</sup>

Los compuestos químicos que se encuentran en la base hidráulica pueden contener elementos reactivos con el pavimento de concreto. Si estos compuestos ascienden por capilaridad pueden llegar al pavimento y ocasionarle deterioros.<sup>16</sup>

El estudio de dosificaciones adecuadas de mezclas y el empleo de aditivos se analizarán con el fin de determinar las más adecuadas de acuerdo con los materiales de la región. Se analizarán los bancos de materiales de la zona con el objeto de conocer la calidad de los mismos, la posible reactividad álcali-agregado,<sup>17, 13</sup> la contaminación con sulfatos<sup>11</sup> o cloruros que puedan afectar la durabilidad de los concretos empleados en pavimentación.<sup>14</sup>

En esta parte del estudio y con fundamento en el conocimiento previo de la caracterización química y física de los materiales, se plantea la realización de un estudio que defina la influencia del método de dosificación de mezclas en la durabilidad del concreto obtenido. Se sugiere la comparación entre el método tradicional del ACI y un método experimental, desarrollado por un investigador cubano, el doctor V. O Reilly, cuya aplicación plantea la obtención de mezclas más económicas y durables.

#### **2.12.5 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Como se puede apreciar en la imagen 21, los deterioros más severos y más numerosos que presentan los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Chihuahua se encuentran ubicados tanto en las juntas de construcción como en las juntas de expansión. Por ello, un aspecto fundamental para considerar en la metodología es el análisis de las causas reales que están ocasionando estos deterioros.

En primer término debe realizarse una recopilación de los procedimientos y equipos de construcción empleados en la

región. Posteriormente y con base en la evaluación tanto somera como detallada que se realizó previamente, se debe crear una base de datos por tipos de juntas y grietas profundas de acuerdo con una convención sugerida en las mismas metodologías. Se sugiere determinar la eficiencia de las juntas mediante la medición de las deflexiones del área cargada contra el área no cargada empleando la viga Benkelman, equipo económico y fácilmente accesible.

#### **2.12.6 TIPOS DE CARGA**

Los volúmenes vehiculares máximos, así como los datos del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual), dimensiones y peso máximo de los vehículos que circulan por los pavimentos, son datos básicos que deben ser considerados en los análisis de durabilidad. Esta información puede obtenerse mediante una recopilación de datos existentes en las dependencias correspondientes. Asimismo se procederá a la verificación, cuando se considere necesario, mediante aforos vehiculares que determinen tanto el volumen como la composición del tránsito que circula por las vialidades. Esto se hace con el fin de contar con una información confiable y segura.

#### ***EFFECTOS AMBIENTALES***

Las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento, los agregados y el material de base; esto reafirma el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos utilizados en la construcción de la estructura del pavimento.<sup>13</sup>

Es importante el estudio de los mecanismos que inducen el agrietamiento por contracción plástica del concreto<sup>5</sup> así como el agrietamiento por cargas de servicio ya que este redundaría en una menor durabilidad de los pavimentos.<sup>18</sup> Esto requiere información relacionada con el gradiente térmico, la humedad relativa y datos de contaminación por sulfatos, CO<sub>2</sub> y cloruros.

El conocimiento del gradiente térmico de la losa así como de la humedad relativa interna del pavimento es muy importante para cada región y en cada caso particular de interés.

#### **2.12.7 RESPUESTA DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES**

Los estudios de resistencia al congelamiento y al deshielo deben efectuarse en las regiones con susceptibilidad alta y media, de acuerdo con la regionalización del país propuesta en el manual del concreto de la CFE 1996. Esta se relacionará con datos, previamente obtenidos, de porosidad, absorción, permeabilidad y estructura del poro de los agregados. En general las partículas gruesas presentan más porosidad por lo que son las más propensas a saturarse y, en consecuencia, a expandirse cuando se someten a la congelación. Este aspecto deberá cuidarse especialmente en las zonas críticas (ASTM C 666).

Adicionalmente, se sugiere la realización de pruebas para determinar la profundidad de carbonatación en los pavimentos existentes en cada región, seleccionando los sitios de muestreo con base en la antigüedad y las condiciones que propicien la presencia de este problema.

Es importante estudiar el efecto colateral que la carbonatación podría tener en el agrietamiento del pavimento, ya que al densificarse la mezcla como resultado de la reacción álcali-carbonato podría la sobrecapa ser más susceptible de agrietarse con el paso del tránsito.<sup>18</sup> Ello permitirá realizar diseños más acordes con las características climatológicas del lugar y no utilizar únicamente normativa que no se sabe si es aplicable a las condiciones del medio. Para estudiar estos efectos es necesario seleccionar pavimentos y elaborar un mapeo de grietas señalando su ubicación y espesor. Esta evaluación se llevará a cabo con el Manual SHRP (Strategic Highway Research Program) 1993.<sup>19</sup> Posteriormente se extraerán corazones de concreto en zonas agrietadas y zonas sanas para observar su resistencia a la compresión simple, su carbonatación y su permeabilidad. La correlación de estos factores permitirá conocer las causas de las fallas encontradas en pavimentos de este tipo.

Se deberá determinar además el frente de sulfatación y el perfil de cloruros en donde corresponda, dependiendo de la información relativa a contaminaciones existentes.

Otro aspecto fundamental es el que se refiere al conocimiento de las condiciones locales que inducen el deterioro del acero empleado en el pavimento rígido (pasajuntas y barras de amarre) y que, en caso de ignorarse sus efectos, inducirían un proceso de corrosión con los consecuentes daños a la estructura. Cabe hacer mención de la importancia del estudio de este parámetro que no es considerado de manera sistemática en ninguna metodología y que repercute considerablemente en los costos de un pavimento ya que, si bien 6 por ciento de éstos corresponde

al costo del cemento, le sigue el costo de los pasajuntas y barras de amarre con 17 por ciento del costo total de la losa. Esto pone en evidencia la importancia de dictar recomendaciones relativas a mejorar la durabilidad del concreto y su protección contra los agentes que corroen el acero

Los estudios básicos de corrosión se fundamentan desde luego en toda la información previamente obtenida. Dada la importancia de este aspecto y el desconocimiento del fenómeno mismo, se plantea la realización de una investigación profunda de los mecanismos que inducen la corrosión de pasajuntas y barras de amarre en carreteras construidas en ambientes marinos y se propone como blanco de este estudio el caso de los pavimentos de Chihuahua.

Es importante tener en cuenta que en este trabajo se pretende únicamente presentar de manera general la metodología para evaluar en términos de durabilidad los pavimentos de concreto. Los detalles de tal metodología se especificarán en trabajos posteriores, de acuerdo con los resultados de su aplicación en el plan piloto que se realiza en algunos estados de la república.

### **NORMAS Y CRITERIOS DE DURABILIDAD PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO**

Una vez analizada la influencia de cada uno de los factores, se estará en posibilidades de determinar criterios de diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico para obtener una mayor durabilidad del concreto al reducir su susceptibilidad al agrietamiento,<sup>20, 18</sup> y aumentar su impermeabilidad, dureza y

resistencia a la compresión. El ahorro en costos de mantenimiento y conservación de nuestras vialidades mediante el empleo de metodologías acordes con nuestras características climáticas y nuestros materiales es una forma de contribuir al desarrollo de cada región

## **1.13 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS**

### **1.13.1 Concreto**

El concreto es un material compuesto que consiste esencialmente en un medio conglomerante dentro del cual se hallan ahogadas partículas o fragmentos de agregados. En el concreto de cemento hidráulico, el medio conglomerante está formado por una mezcla de concreto hidráulico y agua.

### **1.13.2 Concreto Armado**

El concreto, por sus características, es el material idóneo para elementos que estén sometidos únicamente a esfuerzos de compresión.

### **1.13.3 Abrasión**

Se define como "la capacidad de una superficie para resistir el desgaste por frotamiento y fricción".

### **1.13.4 Agresión Química**

Los agregados finos deben ser químicamente inertes, libres de cualquier recubrimiento; deben ser satisfactorios en términos físicos, es decir, en cuanto a dureza, absorción, propiedades térmicas y elásticas, aspectos todos que deben ser estudiados y evaluados en los concretos elaborados para construir pavimentos.

### **1.13.5 Cloruros**

Los cloruros se hallan normalmente en el ambiente en las zonas cercanas al mar, en el agua marina y en ciertos suelos y aguas contaminadas de manera natural o artificial.

### **1.13.6 Fisura**

Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo.

### **1.13.7 Juntas elevadas**

Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.50 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia.

### **1.13.8 Baches**

Descomposición o desintegración la losa de hormigón y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS DEL DESARROLLO DE LA**  
**INVESTIGACION**

**3.1 NÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DURABILIDAD DE EL LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS DEL JR. LIBERTAD CUADRA 9, 10, 11 CERCADO DE CHULUCANAS**

JUNTAS ELEVADAS	
DESCRIPCIÓN	<p>Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.50 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia.</p> <p>FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO - CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS)</p>
UBICACIÓN	En el Jr. Libertad Cuadra 09 lote 33 – Cercado de Chulucanas
CAUSA	<p><b>Por un mal proceso constructivo durante la ejecución de la obra.</b></p> <p>Excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles.</p>
FOTO ( F1 )	 <p><b>JUNTAS ELEVADAS IMAGEN N° 31 FUENTE: PROPIA</b></p>
CARACTERÍSTICAS	<p>Los despostillamientos se producen como consecuencia de diversos factores que pueden actuar aislada o combinadamente. Altura de 3 cm. de altura</p>

**CUADRO DE ANALISI DE JUNTAS ELEVADAS**

Nº 01

SEPARACION DE LAS JUNTAS LONGITUDINAL	
DESCRIPCIÓN	<p>Corresponde a una abertura de la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos.</p> <p>FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO – CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS)</p>
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 9 intersección Jr.isagua – Cercado de Chulucanas
CAUSA	<p><b>Debido a un mal proceso constructivo.</b></p> <p><b>Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclajes entre carriles adyacentes.</b></p>
FOTO ( F2 )	 <p style="text-align: center;">SEPARACION DE LAS JUNTAS LONGITUDINAL IMAGEN N° 32 FUENTE: PROPIA</p>
CARACTERISTICAS	Se caracteriza por la separación de la junta de dilatación.

CUADRO DE ANALISIS DE SEPARACION DE JUNTAS LOGITUDINALES

N°02

GRIETAS EN ESQUINA		FOTO ( F3 )
DESCRIPCIÓN	<p>Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.</p> <p>FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO - CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS)</p>	 <p>IMAGEN N 33 FUENTE : PROPIA GRIETA EN ESQUINA</p>
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 09 intersección con el Jr. Amazonas – Cercado de Chulucanas	
CAUSA	<p>Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga del concreto) combinadas con la acción drenante que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.</p> <p><b>Frecuentes Lluvias en la Localidad que Afectan la base del Pavimento Rígido.</b></p>	
CARACTERÍSTICAS	Son frecuentes y causadas por cargas pesadas y por la mala transferencia de cargas a través de las juntas.	

CUADRO DE ANALISIS DE GRIETAS EN ESQUINA

Nº03

FISURAS		FOTO ( F4 )
DESCRIPCIÓN	Se denomina fisuras la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas. Su identificación se realizara según su dirección, ancho y profundidad.	
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 09 al frete del lote 73 del Cercado de Chulucanas.	
CAUSA	<p>Estas grietas se originan debido a la retracción de la capa superior del concreto, mientras que el resto del concreto mantiene un volumen constante, los cambios de temperatura, ciclos de lluvias y secados de frio y calor también influyen en estas fallas.</p> <p><b>Por las Altas Temperaturas de la Ciudad</b></p>	
ARACTERÍSTICAS	Se manifiesta como grietas en forma de telaraña o se forma una especie de red de grietas muy delgadas y de poca profundidad (rara vez superior a 5 Cm) con poca separación entre ellas, es común encontrar este tipo de agrietamiento aleatorios en elementos que están expuestos a la intemperie.	

**IMAGEN N° 34**  
**FISURAS**  
**FUENTE PROPIA**

FISURA DE LAS JUNTAS DE DILATACION		FOTO ( F5 )
DESCRIPCIÓN	<p>Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo.</p> <p><b>FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO – CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS)</b></p>	 <p><b>IMAGEN N° 35</b> <b>FISURAS DE LAS JUNTAS DE DILATACION</b> <b>FUENTE: PROPIA</b></p>
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 11 al costado del parque n° 2 – cercado de Chulucanas – Piura	
CAUSA	<p>Asentamiento o erosión del concreto en las juntas de dilatación</p> <p><b>Por el calor Intenso en la Localidad de Chulucanas)</b></p>	
CARACTERÍSTICAS	Frecuentes en las esquinas y laterales de los pavimentos rígidos.	

CUADRO DE ANALISIS DE FISURA DE JUNTAS DE DILATACION N°05

GRIETAS LONGITUDINALES		FOTO ( F6 )
DESCRIPCIÓN	Fractura miento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.	
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 11 al costado del parque nº2 – Cercado de Chulucanas	
CAUSA	<p>Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales. Con frecuencia la ausencia de juntas longitudinales y/o losas, con relación ancho / longitud excesiva, conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales.</p> <p><b>FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO – CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS)</b></p>	
SEVERIDAD	0.5 MM.	

**IMAGEN Nº 36  
GRIETAS LONGITUDINALES  
FUENTE: PROPIA**

CUADRO DE ANALISIS DE GRIETAS LONGITUDINALES Nº06

GRIETAS		FOTO ( F7 )
DESCRIPCIÓN	Se trata de aberturas longitudinales y verticales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento.	
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 10 con intersección Jr. pisagua- Cercado de Chulucanas	
CAUSA	Agrietamiento por flexión; son causadas por el exceso de cargas en el elemento que se origina una cierta flexión.	
CARACTERÍSTICAS	Evolucionan con lentitud. Generalmente aparecen varias y juntas entre sí.	

**IMAGEN N° 37**  
**FUENTE PROPIA**  
**GRIETA**

CUADRO DE ANALISIS DE GRIETAS N°07

BACHES		FOTO ( F8 )
DESCRIPCIÓN	Descomposición o desintegración la losa de hormigón y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.	
UBICACIÓN	Jr. Libertad 09 frete al lote 74 - Cercado de Chulucanas	
CAUSA	Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.	
SEVERIDAD	3CM. Profundidad	

IMAGEN N° 38

CUADRO DE ANALISIS DE BACHES N°08

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO – CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS)

DESINTEGRACION		FOTO (F9)
DESCRIPCIÓN	Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del hormigón, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.	
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 09 al costado de la ferretería keisko - Cercado de Chulucanas	
CAUSA	Son causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre hormigones de pobre calidad, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).	
CARACTERISTICAS	Habitualmente aparecen luego de un evento sísmico. Se presentan pocas y casi siempre aparecen una sola por cada elemento afectado. Evolucionan muy rápidamente, afectan la armadura.	<p>IMAGEN N° 39</p> <p>FUENTE: PROPIA</p>

CUADRO DE ANALISIS DE DESINTEGRACION N°09

FISURA		FOTO ( 10 )
DESCRIPCIÓN	Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo.	
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 11 al costado del parque nº2 del cercado de Chulucanas – Piura	
CAUSA	Asentamiento o erosión del concreto en las juntas de dilatación	
CARACTERÍSTICAS	Frecuentes en las esquinas y laterales de los pavimentos rígidos.	

**Imagen N° 40**

**FUENTE: PROPIA**

CUADRO DE ANALISIS DE FISURA N°10

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO – CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS)

PARCHES DETERIORADOS	
DESCRIPCIÓN	Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado
UBICACIÓN	Jr. Libertad 10 –frente al lote 27 del Cercado Chulucanas
CAUSA	En reemplazo por nuevas losas de hormigón de espesor similar al del pavimento existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.
FOTO (F11)	 <p style="text-align: center;"><b>IMAGEN N° 41</b> <b>FUENTE: PROPIA</b></p>
SEVERIDAD	5 CM

CUADRO DE ANALISIS PARCHES DETERIORADOS N°11

**FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO – CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS**

FRAGMENTACION MULTIPLE		FOTO (F12)
DESCRIPCIÓN	Fractura miento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.	 <p><b>IMAGEN Nº 42</b> <b>FUENTE: PROPIA</b></p>
UBICACIÓN	Jr. Libertad cuadra 10 –con intersección del Jr. Pisagua del Cercado de Chulucanas	
CAUSA	Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.	
CARACTERÍSTICAS	Aparecen fisuras o grietas que con tiempo comienzan avanzar y profundizarse	

CUADRO DE ANALISIS DE FRAGMENTACION MULTIPLE Nº12

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REBOLLEDO – CHILE (DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS

### 3.2 RESULTADOS Y FACTORES:

#### ÁREAS Y MUESTRAS DE ESTUDIO

N° muestra	Áreas m2
Cdra. "9"	<b>960</b>
Cdra. "10"	<b>1200</b>
Cdra. "11"	<b>768</b>
Total	<b>2928</b>

Tabla n° 4: MUESTRAS Y ÁREAS EN ESTUDIO (Fuente propia)

#### 3.2.1 RESULTADOS

Al hacer el inventario de deterioros y analizar los factores que afectan la durabilidad de los pavimentos rígidos en el Jr. Libertad cdra. 9,10,11 de la ciudad de Chulucanas se ha obtenido una de la muestras en estudio del pavimento rígido, las cuales se dividieron en 3 cuadras. El área de la cuadras "9", "10" y "11" correspondiente al Jr. Libertad de 1400m2.

En esta etapa se dan a conocer y explicar los datos obtenidos en el campo durante la investigación e inspección visual de los pavimentos rígidos de las calles, avenidas Jr. Pasajes de la ciudad de Chulucanas. Las imágenes tomadas de los diferentes sitios de las fallas encontradas de los pavimentos rígidos están detalladas.

#### ÁREAS Y MUESTRAS DE ESTUDIO

N° muestra	Áreas m2
Cdra. "9"	<b>960</b>
Cdra. "10"	<b>1200</b>
Cdra. "11"	<b>768</b>
Total	<b>2928</b>

Tabla n° 4: MUESTRAS Y ÁREAS EN ESTUDIO (Fuente propia)

### 3.2.2 POR FACTOR ABRASIÓN

#### ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CDRA. 9

**UBICACIÓN:** Jirón Libertad cdra9

<b>Provincia:</b> Chulucanas	<b>Distrito:</b> Morropón	<b>DPTO:</b> Piura
------------------------------	---------------------------	--------------------

**Proyecto:** "ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA CIUDAD DE CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA ÚTIL- 2016".

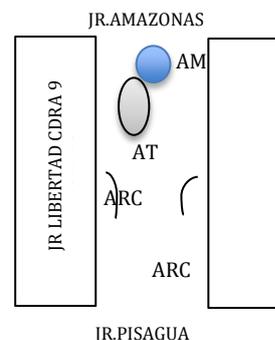
**Unidad de muestreo:** CDRA. 9

**Área de muestreo:** 960 m<sup>2</sup>

**Inspeccionado por:** Bach. Jim Anderson Irigoín Jiménez

Deterioro	Área m <sup>2</sup>	%	Ubicación
Abrasión por malos Materiales (AM)	150	43	
Abrasión por Transito Alto (AT)	120	34	
Abrasion por Baja Resistencia del Concreto(ARC)	80	23	
AREA TOTAL POR ABRASION	350	100	

FORMATO DE INSPECCIÓN PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS PCI



#### ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CDRA. 10

**ubicación:** Jirón Libertad cdra10

<b>Provincia:</b> Chulucanas	<b>Distrito:</b> Morropón	<b>DPTO:</b> Piura
------------------------------	---------------------------	--------------------

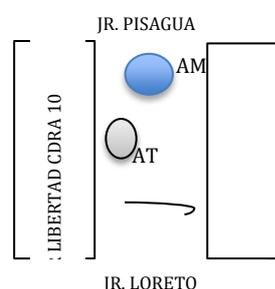
**Proyecto:** "ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA CIUDAD DE CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA ÚTIL- 2016".

**Unidad de muestreo:** CDRA. 9

**Área de muestreo:** 1200 m<sup>2</sup>

**Inspeccionado por:** Bach. Jim Anderson Irigoín Jiménez

Deterioro	Área m <sup>2</sup>	%	Ubicación
Abrasión por malos Materiales (AM)	250	50	
Abrasión por Transito Alto (AT)	150	30	
Abrasion por Baja Resistencia del Concreto(ARC)	100	20	
AREA TOTAL POR ABRASION	500	100	



## ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CDRA. 11

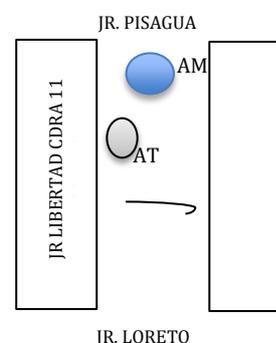
**ubicación:** Jirón Libertad cdra11

<b>Provincia:</b>	Chulucanas	<b>Distrito:</b>	Morropón	<b>DPTO:</b>	Piura
<b>Proyecto:</b>	"ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA CIUDAD DE CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA ÚTIL- 2016".				

”

<b>Unidad de muestreo:</b>	CDRA. 9	<b>Área de muestreo:</b>	768 m <sup>2</sup>
<b>Inspeccionado por:</b>	Bach. Jim Anderson Irigoín Jiménez		

Deterioro	Área m <sup>2</sup>	%	Ubicación
Abrasión por malos Materiales (AM)	50	33	
Abrasión por Transito Alto (AT)	60	40	
Abrasion por Baja Resistencia del Concreto(ARC)	40	27	
AREA TOTAL POR ABRASION	150	100	



### 3.2.3 POR UN MAL PROCESO CONSTRUCTIVO

#### ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CDRA. 9

**ubicación:** Jirón Libertad cdra9

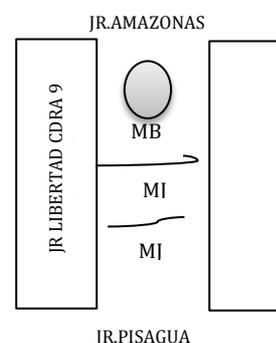
<b>Provincia:</b> Chulucanas	<b>Distrito:</b> Morropón	<b>DPTO:</b> Piura
------------------------------	---------------------------	--------------------

**Proyecto:** “análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en el pavimento rígido del Jr. libertad en las cuadras 9, 10 y 11 de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil- 2016”.

<b>Unidad de muestreo:</b> CDRA. 9	<b>Área de muestreo:</b> 960 m2
<b>Inspeccionado por:</b>	Bach. Jim Anderson Irigoín Jiménez

Deterioro	Área m <sup>2</sup>	%	Ubicación
Proceso Constructivo (mal sellado de juntas)(MJ)	250	57	
Proceso Constructivo (mal compactado de la base)(MB)	190	43	
AREA TOTAL POR ABRASION	440	100	

FORMATO DE INSPECCIÓN PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS PCI



## ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CDRA. 10

**Ubicación:** Jirón Libertad cdra10

<b>Provincia:</b> Chulucanas	<b>Distrito:</b> Morropón	<b>DPTO:</b> Piura
------------------------------	---------------------------	--------------------

**Proyecto:** "ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA CIUDAD DE CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA ÚTIL- 2016".

”

**Unidad de muestreo:** CDRA. 9

**Área de muestreo:** 1200 m<sup>2</sup>

**Inspeccionado por:** Bach. Jim Anderson Irigoín Jiménez

Deterioro	Área m <sup>2</sup>	%	Ubicación
Proceso Constructivo (mal sellado de juntas)(MJ)	80	44	
Proceso Constructivo (mal compactado de la base)(MB)	100	56	
AREA TOTAL POR ABRASION	180		

FORMATO DE INSPECCIÓN PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS PCI

## ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD CDRA. 11

**Ubicación:** Jirón Libertad cdra11

<b>Provincia:</b> Chulucanas	<b>Distrito:</b> Morropón	<b>DPTO:</b> Piura
------------------------------	---------------------------	--------------------

**Proyecto:** "ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA CIUDAD DE CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA ÚTIL- 2016".

”

**Unidad de muestreo:** CDRA. 9

**Área de muestreo:** 768 m<sup>2</sup>

**Inspeccionado por:** Bach. Jim Anderson Irigoín Jiménez

Deterioro	Área m <sup>2</sup>	%	Ubicación
Proceso Constructivo (mal sellado de juntas)(MJ)	40	80	
Proceso Constructivo (mal compactado de la base)(MB)	10	20	
<b>AREA TOTAL POR ABRASION</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	

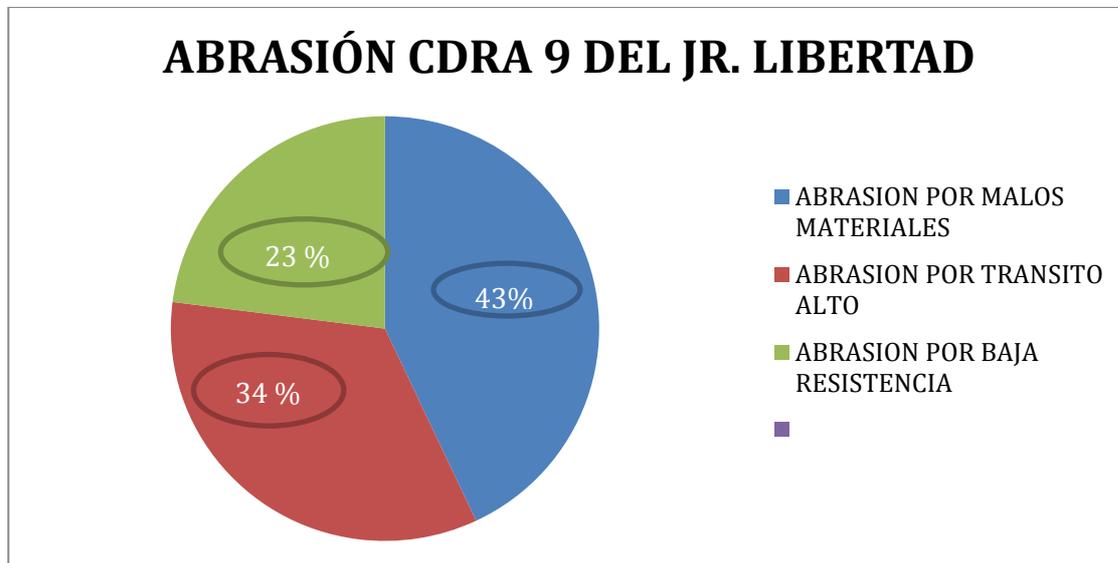
FORMATO DE INSPECCIÓN PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS PCI

## **CAPÍTULO IV**

# **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### 4.1 FACTOR ABRASIÓN

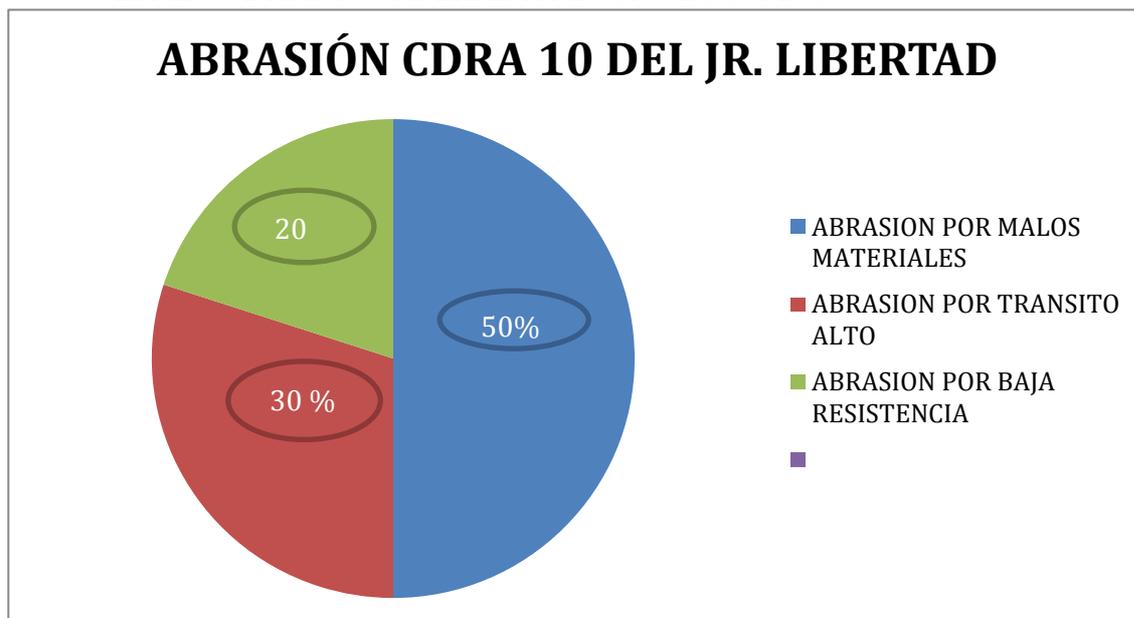
##### 4.1.1 PORCENTAJE DE LA INCIDENCIA DEL FACTOR ABRASIÓN EN LA CDRA. 9 JR. LIBERTAD CHULUCANAS



##### 4.1.1.1 INTERPRETACIÓN:

Se puede apreciar que la abrasión por malos materiales tiene un porcentaje de 43%, y que la abrasión por tránsito alto tiene un porcentaje de 34% y la abrasión por baja resistencia tiene 23%.

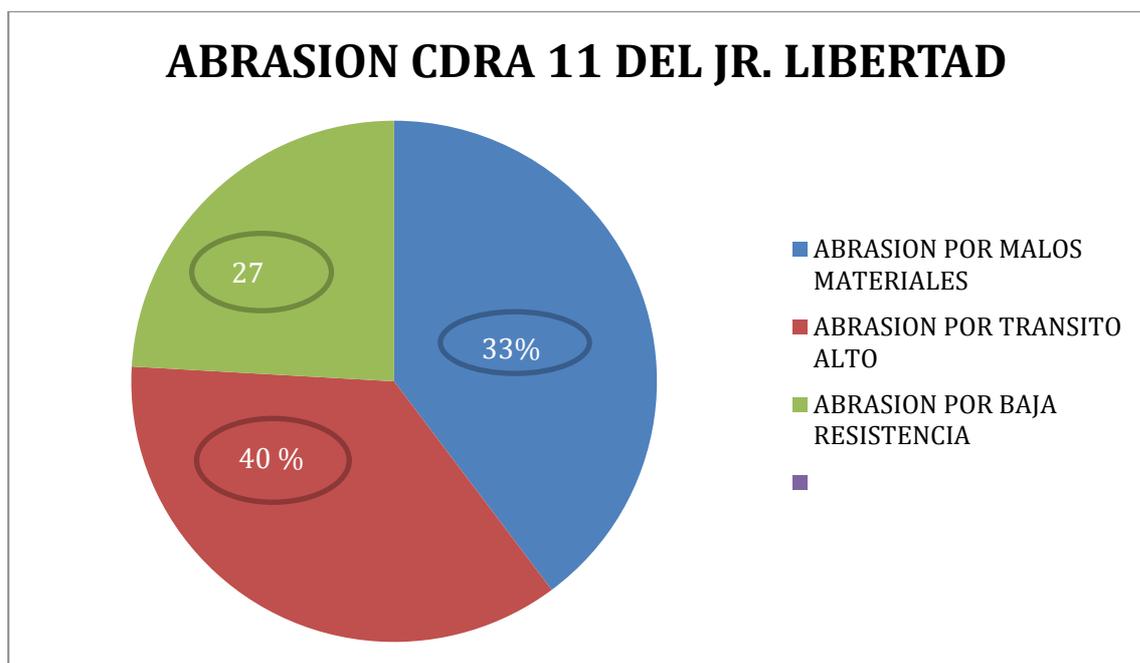
##### 4.1.2 PORCENTAJE DE LA INSIDENCIA DEL FACTOR ABRASIÓN EN LA CDRA. 10 JR. LIBERTAD CHULUCANAS



#### 4.1.2.1 INTERPRETACIÓN:

Se puede apreciar que en la cuadra 10 tenemos un resultado porcentual de 50% de abrasión por malos materiales y un 30% por abrasión por tránsito alto y un 20% por abrasión de baja resistencia.

#### PORCENTAJE DE LA INSIDENCIA DEL FACTOR ABRASIÓN EN LA CDRA. 11 JR. LIBERTAD CHULUCANAS

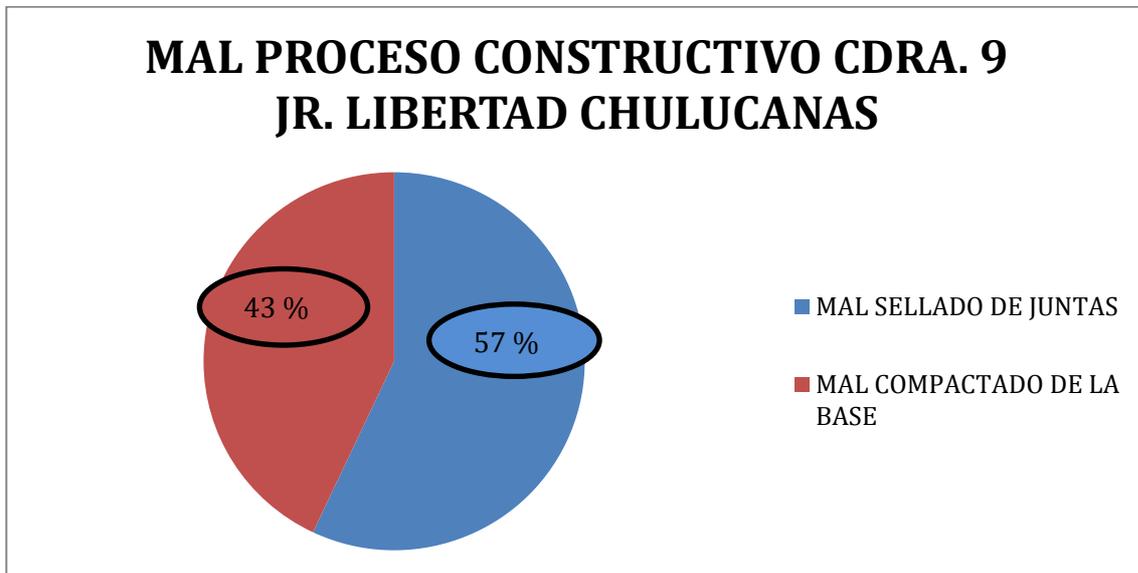


#### INTERPRETACIÓN:

En la cuadra 11 nos podemos dar cuenta que tenemos un porcentaje menor en abrasión por malos materiales que en las cuadras mencionadas que es de un 33% y por abrasión por tránsito alto es de 40% y abrasión por baja resistencia un porcentaje de 27%.

#### 4.2 POR UN MAL PROSESO CONSTRUCTIVO

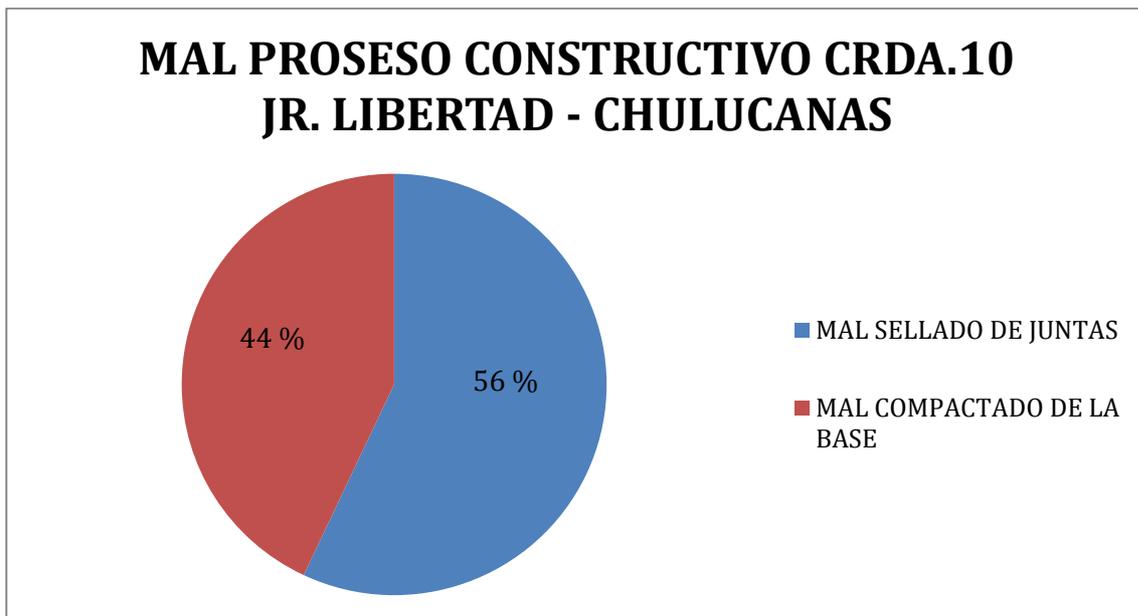
##### PORCENTAJE DE LA INSIDENCIA DEL FACTOR PROSESO CONSTRUCTIVO EN LA CDRA. 9 JR. LIBERTAD CHULUCANAS



#### INTERPRETACIÓN:

Nos podemos que por un mal sellado de juntas tenemos un 57 % de fallas y un 43% mal compactado.

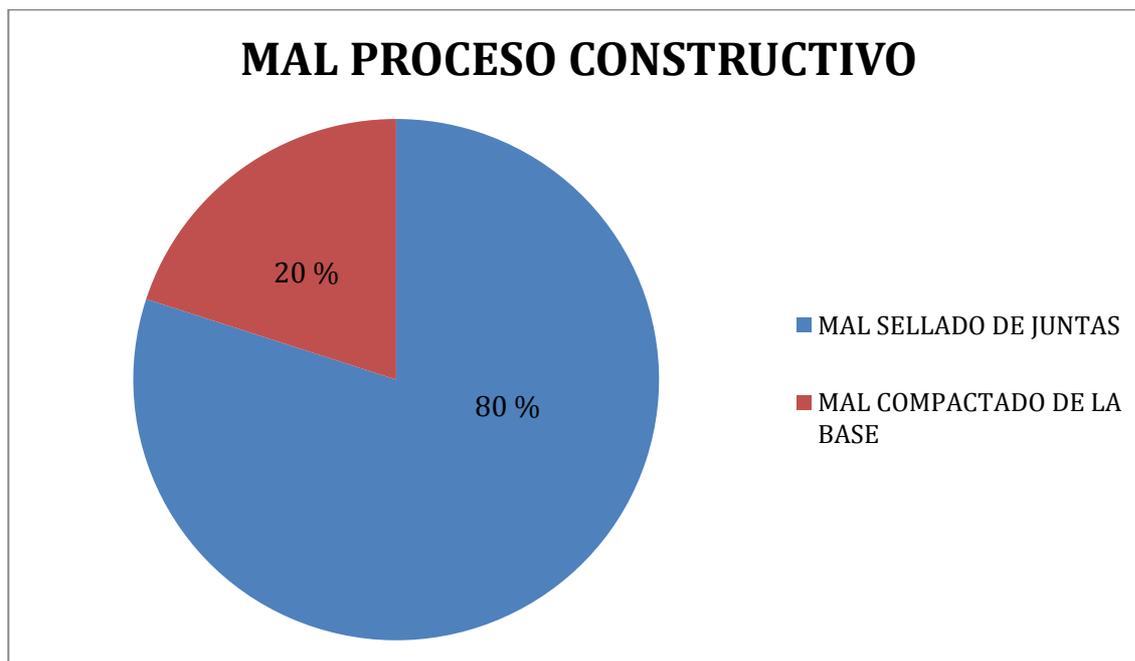
##### PORCENTAJE DE LA INSIDENCIA DEL FACTOR MAL PROSESO CONSTRUCTIVO EN LA CDRA. 10 JR. LIBERTAD CHULUCANAS



#### INTERPRETACIÓN:

Nos podemos que por un mal sellado de juntas tenemos un 56 % de fallas y un 44% mal compactado.

**PORCENTAJE DE LA INSIDENCIA DEL FACTOR PROSESO  
CONSTRUCTIVO EN LA CDRA. 11 JR. LIBERTAD CHULUCANAS**



**INTERPRETACIÓN:**

Nos podemos que por un mal sellado de juntas tenemos un 80 % de fallas y un 20% mal compactado.

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y APORTE**

## CONCLUSIONES

De los datos tomados de la investigación se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

1. El pavimento rígido en el jr. Libertad cuadra 9,10,11 del cercado de Chulucanas, tramo 9 con calle pisagua de Ingreso al mercado hasta el Jr. sucre se encuentra en mal estado y por lo observado hay presencia de fallas relevantes y consideradas en el marco teórico de ellas se mencionan:
  - ❖ Por mal procedimiento constructivo, se observa en la cuadra 11 con un 80%.
  - ❖ Por abrasión por malos materiales se da un porcentaje de 50% en la cuadra 10.
2. Espesor de las juntas mayores a las recomendadas superando una pulgada
3. Un mal sellado de juntas de dilatación porque hay pérdida de finos al entrar agua de lluvias.
4. Tránsito pesado en las noches donde el alabeo de la losa es desfavorable.
5. Debido a una mala compactación del terreno el pavimento presenta hundimientos.
6. De los resultados obtenidos se observa que a esta vía no se le ha hecho un mantenimiento periódico es ahí donde recae su mal estado.

## **RECOMENDACIONES**

1. Debe hacerse un buen estudio de campo y observar los cambios de temperatura en la zona para así poder hacer un buen diseño para la ejecución de vías.
2. Construir las juntas con las medidas que establece la normatividad vigente y de buena calidad para esta vía que se encuentra muy transitada.
3. Las juntas deben estar correctamente selladas con mortero asfáltico para que así tenga una mejor función.
4. Restringir el tránsito pesado por la zona para ampliar su vida útil.
5. Hacer una óptima compactación en el terreno y si el material natural no ayuda con la compactación traer material de préstamo de una cantera que cumpla con los requisitos.
6. Poner en el plan de desarrollo urbano e incluir las vías en mal estado para dar un mantenimiento periódico.

## **APORTE**

1. Verificar y tener en cuenta de los materiales sean los que indican en los expedientes técnicos en donde se detallan la procedencia el lugar y la cantera.
2. Verificar que la dosificación del concreto sea como manda el diseño de mezcla en el expediente técnico.
3. Hacer un buen sellado de juntas para así no perder finos en épocas de lluvia.
4. Demoler la zona afectada y compactar la base y hacer una nueva loza en la zona deteriorada y se debe hacer un buen sellado a las juntas de dilatación.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. ACI – La durabilidad del concreto de cemento Portland.
2. Asistente técnica en estudios de transporte urbano para área metropolitana de Lima y Callao – Perú - Manual de identificación, clasificación y tratamiento de fallas en pavimentos urbanos
3. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica – M5.2. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos. – Volumen N°12.
4. Flores Márquez, Luis Ricardo – Influencia de las juntas de la dilatación en la vida útil de los pavimentos rígidos en la Av. Ramón Castilla, tramo comprendido desde ingreso hasta Jr. Ancash – Chulucanas 2015.
5. Guía para la durabilidad del hormigón – informado por el comité ACI 201
6. Ing. Luis F. Altamirano Kauffmann – Deterioro de Pavimentos Rígidos – Metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones.
7. Olague Caballero, Cecilia y Castro Borges, Pedro – México mayo 1998 – Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico.
8. Rebolledo Valdivia, Ricardo Javier – Chile 2010 – Tesis de deterioro en pavimentos flexibles y rígidos.
9. Universidad nacional de Colombia y ministerio transporte de la república de Colombia – Manual de inspecciones visuales para pavimentos rígidos.

10. Vílchez Mendoza, Ivi Kathia Jahaira – Tesis de Análisis de las fallas en los pavimentos intertrabados de las calles circundantes del mercado de Catacaos - Piura 2016
11. Zapata jimenez, Darwins Americano – tesis de mantenimiento de las calles y avenidas de Piura para lograr una normal transitabilidad vehicular: Jirón Arequipa de la cuadra 2 a la cuadra 3, entre Av. Sánchez cerro y Jirón Cajamarca. – 2017.
12. ACI define la durabilidad del concreto de cemento Pórtland.
13. Hustand, T. , Loland, K.E. "Report 4: Permeability", FCB/ Sintef Norwegian Institute of Technology Trondheim 1981, Report stf 65 A81031.
14. Kosmatka S.H., Panarese W.C. "Design and control of concrete mixtures" Portland Cement Asociación, 1988.
15. Scanlon, J. "Innovations in concrete technology", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.
16. Cottier, J. "Efectos de la reacción álcali-agregado en el concreto", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.
17. Helmuth, R. Stark D. "Alkali-Silica Reactivity" Research report SHRP-C-342 Washington D.C. 1993.
18. Mendoza, C. "Evitando agrietamientos se mejora la durabilidad", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.

**ANEXOS 01**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>TÍTULO</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>FUNDAMENTOS TEORICOS</b>	<b>METODOLOGIA</b>
Análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos jr. Libertad en las cuadras 9, 10 y 11 de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil- 2016”	Cómo influye el análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de Chulucanas en el planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil	Analizar los componentes que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil	El proyecto se justificara por la necesidad de conocer el grado de vulnerabilidad que presentan los pavimentos Rígidos de la cuidad de Chulucanas del Jirón Libertad a fin de prevenir su deterioro y contrarrestar los daños encontrados .por los factores que causan su deterioro.	<p><b>PAVIMENTO RÍGIDO</b></p> <p>Pavimento con alta rigidez de concreto Hidráulica así como de su elevado coeficiente de elasticidad, que distribuye los esfuerzos producidos por el tráfico.</p> <p><b><u>Factores que afectan al pavimento rígido</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Congelamiento y deshielo</li> <li>▪ Ambiente químicamente agresivo</li> <li>▪ Abrasión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inductivo</li> <li>▪ Analítico</li> <li>▪ Descriptivo</li> <li>▪ Observativo</li> <li>▪ No experimental</li> <li>▪ Reacciones químicas</li> </ul>

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

N<sup>a</sup>

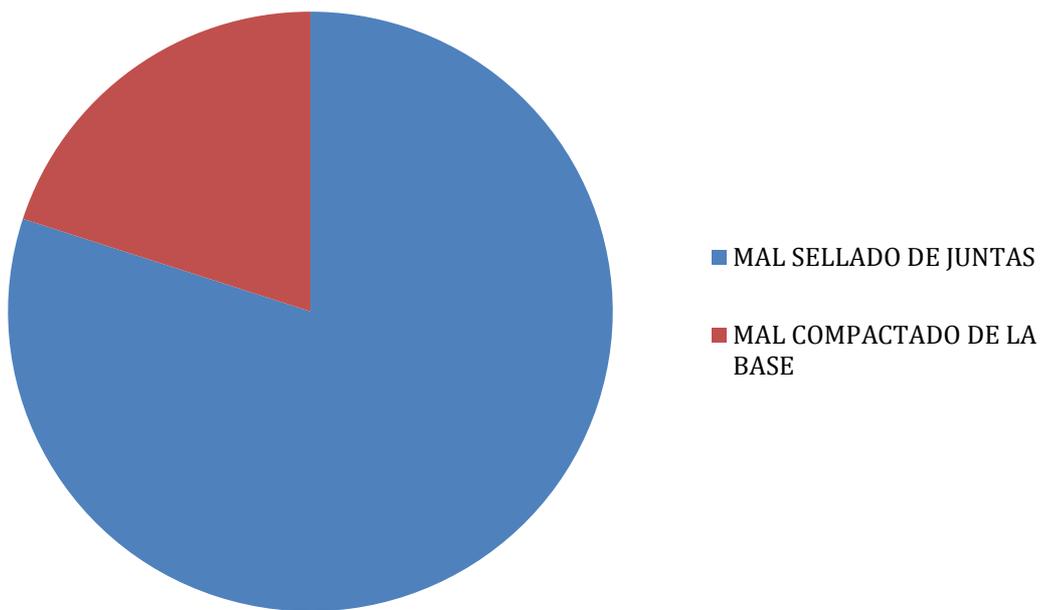
**FUENTE PROPIA**

## **ANEXOS 02: INSTRUMENTOS DE RECOPIACION DE DATOS**

### **FORMATOS EN EXCEL**

N° muestra	Áreas m2

### **MAL PROCESO CONSTRUCTIVO**



PARCHES DETERIORADOS	
DESCRIPCIÓN	
UBICACIÓN	
CAUSA	
FOTO (F11)	
SEVERIDAD	

## ANALISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RIGIDO DEL JR. LIBERTAD CDRA. 11

**Ubicación:** Jirón Libertad cdra11

<b>Provincia:</b> Chulucanas	<b>Distrito:</b> Morropón	<b>DPTO:</b> Piura
------------------------------	---------------------------	--------------------

**Proyecto:** "análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en el pavimento rígido del Jr. libertad en las cuadras 9, 10 y 11 de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil- 2016".

”

<b>Unidad de muestreo:</b> CDRA. 9	<b>Área de muestreo:</b> 768 m <sup>2</sup>
<b>Inspeccionado por:</b> Bach. Jim Anderson Irigoín Jiménez	

Deterioro	Área m <sup>2</sup>	%	Ubicación
Proceso Constructivo (mal sellado de juntas)(MJ)	40	80	
Proceso Constructivo (mal compactado de la base)(MB)	10	20	
AREA TOTAL POR ABRASION	50	100	

FORMATO DE INSPECCIÓN PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS PCI

JR.PISAGUA

### **ANEXO 3. DECLARACIÓN JURADA**

Yo, JIM ANDERSON IRIGOIN JIMENEZ Bachiller de INGENIERIA CIVIL de la Universidad ALAS PERUANAS, identificado (a) con DNI N° 44390476, con la tesis titulada:

**“ANALISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN EL PAVIMENTO RIGIDO DEL JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA CIUDAD DE CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA UTIL- 2016”**

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), de plagio (información sin citar a autores), de piratería (uso ilegal de información ajena) o de falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad ALAS PERUANAS.

Piura, 13 de Febrero del 2017

Firma:

DNI: 44390476

## ANEXOS 04

### EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS

#### FALLAS ENCONTRADAS EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS EN EL JR. LIBERTAD DE LA CIUDAD DE CHULUCANAS DE LA PROVINCIA DE PIURA.

Imágenes de la Cuadra 9. Calle pisa gua frente a la ferretería keisko de la ciudad de Chulucanas.



**IMAGEN N°43** – Desintegración del pavimento rígido en el buzón entre el Jr. Libertad y Jr. Amazonas

Fuente propia



**IMAGEN N°44-** Parche de concreto en mal estado Jr. Libertad cdra. 9 al costado de la ferretería keisko

**FUENTE** – Propia.



**IMAGEN N°45** – Erosión de la superficie del pavimento rígido Jr. Libertad cuadra 9 lote 33.

**FUENTE** – Propia



**IMAGEN N°46** – Junta de dilatación con mayor espesor que el recomendado según norma Jr. Libertad cdra. 9 frente al lote 73

**FUENTE** – Propia



**IMAGEN N°47** – Juntas elevadas Jr. Libertad cdra. 9 frente al lote 33

**FUENTE** – Propia



**IMAGEN N°48**– Parche en mal estado Jr. Libertad cdra. 9 frete lote 73

**FUENTE** – Propia



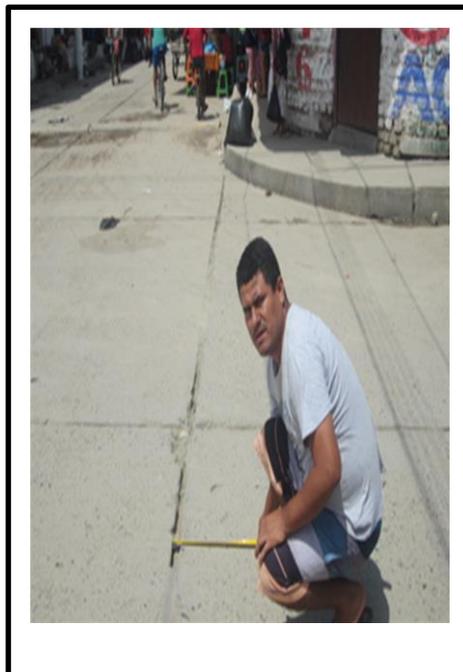
**IMAGEN N°49** – Parche en mal estado Jr. Libertad cdra10 frente al lote 11

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N°50** – Agrietamiento en esquinas Jr. Libertad cuadra 10 intersección con Jr. Pisagua

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N°51** – Separación de juntas de dilatación Jr. Libertad cdra. 9 con intersección Jr. Pisagua

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N° 52** – Desprendimiento de la superficie del pavimento rígido Jr. Libertad cdra. 9 lote 74

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N° 53** – Agrietamiento múltiple Jr. libertad cdra. 9 frente al lote 33 cercado de Chulucanas

**FUENTE** - Propia



***IMAGEN N°54*** – DESINTEGRACIÓN

***FUENTE*** - Propia



***IMAGEN N°55*** – DESINTEGRACIÓN MULTIPLE

***FUENTE*** – Propia



**IMAGEN N°56** - Desprendimiento de concreto y fisuras

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N°57**- BACHES

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N°58** - descascaramiento de los parches

**FUENTE** - propia



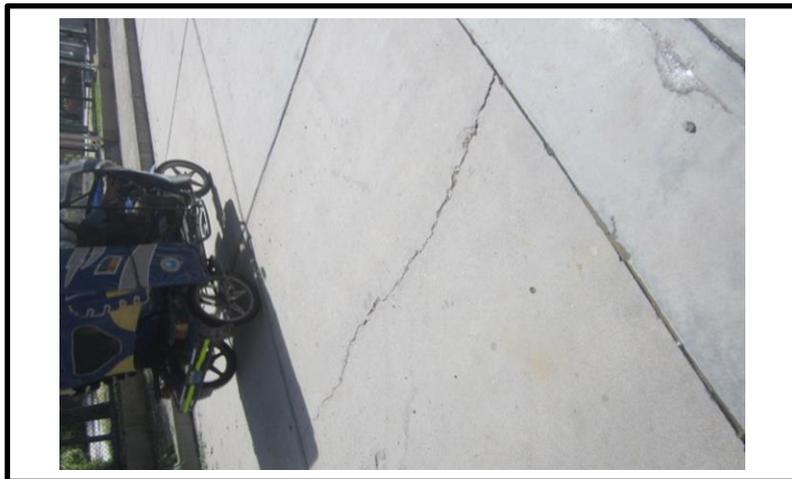
**IMAGEN N°59** - Parche en mal Estado

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N°60** – Baches por hundimiento

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N° 61** – Grietas horizontales

**FUENTE** – Propia



**IMAGEN N°62**– Grietas horizontales

**FUENTE** - Propia



**IMAGEN N°63** – Grietas verticales

**FUENTE** – Propia



**IMAGEN N°64** – SEPARACION DE JUNATAS

**FUENTE** – Propia

## **ARTÍCULO CIENTÍFICO**

“Análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos jr. Libertad en las cuadras 9, 10 y 11 de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil- 2016”

### **RESUMEN**

El propósito de elaborar esta tesis es analizar las fallas encontradas en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas, para poder determinar la severidad de las deficiencias en los pavimentos rígidos y así poder plantear las posibles soluciones que se requieran.

Para garantizar que los pavimentos rígidos en las Av., Jr., Calles Pasajes, etc. se encuentren en buena calidad, y generen bienestar, confort y seguridad para el turista y el transporte urbano es necesario e importante saber las causas de las fallas desde que comienza la construcción, y sobre todo, contar con un buen equipo de profesionales y trabajadores capacitados para así poder realizar un trabajo óptimo y de calidad.

La metodología utilizada es el método inductivo, analítico y descriptivo, por lo cual se identificó las fallas encontradas de los pavimentos rígidos en las AV., Jr., Calles y Pasajes de Ciudad de Chulucanas, en la cual se consideró que sea de tipo no experimental.

La hipótesis de esta investigación es analizar las fallas encontradas en los pavimentos rígidos para dar las posibles soluciones de mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento para lograr garantizar su vida útil.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is to analyze the factors that influence the durability of the concrete in the rigid pavements of the city of Chulucanas province of Piura, in order to determine the severity of the damages suffered in the pavements and to be able to propose the possible solutions that are required.

In order to guarantee that the rigid pavements are of good quality and generate well-being, comfort and safety for the tourist and the urban public, it is necessary and important to know the causes of the faults from the beginning of the construction, And above all, to have a good equipment Of professionals and workers trained to achieve an optimal job.

The methodology used is the inductive, analytical and descriptive method, by means of which the faults found in the rigid pavements of Chulucanas province of Piura were identified, in which it was considered non - experimental.

The hypothesis of this research is to analyze the factors that influence the durability of the hard pavements of this city to give the possible solutions of improvement, rehabilitation and maintenance to ensure their useful life.

Key word: analysis of the factors affecting the durability of the concrete in rigid pavement

## **INTRODUCCIÓN**

La presente tesis es una investigación sobre los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas que presentan a menudo ciertas anomalías, defectos y problemas más comunes que tienen los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas las cuales se encuentran en un pésimo estado, ya que es común observar por las calles y avenidas de Chulucanas el deterioro de los pavimentos rígidos que afectan su vida útil.

La diversidad de fallas que se presentan en los pavimentos rígidos, por un mal diseño o especificación, por el uso de los materiales de poca calidad, por la falta de una buena construcción o especificaciones idóneas, por una mala ejecución de mano de obra, además del desconocimiento del proceso constructivo, la absorción de agua, ataque por sulfatos, cristalización de sales, corrosión, mala compactación del terreno, generando vacíos, formación de fisuras, agrietamiento y cuarteamiento.

Estos problemas se acrecientan por la falta de mantenimiento y

reparación, por eso es importante el hecho de visualizar el deterioro de los pavimentos rígidos que nos ofrece las pautas suficientes para determinar el mantenimiento que se requiera en todo proyecto constructivo, conducentes a evitar futuros procesos de fallas, confiriendo mayor durabilidad a las obras arquitectónicas.

Este proyecto de investigación está estructurado en cinco capítulos el capítulo I se describe la problemática de los pavimentos rígidos, la delimitación de la investigación, el planteamiento del problema, el objetivo, la formulación de las hipótesis, la variable, el diseño de la investigación, la población y muestras, técnicas e instrumentos de investigación, la justificación y la importancia de la investigación del proyecto.

En el capítulo II se abordan los antecedentes de la investigación tanto locales, nacionales e internacionales, además los aspectos teóricos relacionados a las fallas de los pavimentos rígidos las calles, av., Jr., pasajes, etc. como lesiones físicas, mecánicas y químicas, el origen y causas de estas.

En el capítulo III se da a conocer los resultados de la investigación de cada uno de las fallas encontradas en los pavimentos rígidos en la inspección visual en campo, con fotografías.

En el capítulo IV se ofrece la discusión e interpretación de los resultados de la investigación obtenida en el campo.

En el capítulo V después se presentan las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Analizar los componentes que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil- 2016”

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer los factores que afectan la durabilidad del concreto en la ciudad de Chulucanas departamento de Piura.
- Analizar los factores que afectan la durabilidad del concreto en el pavimento rígidos en el Jr. Libertad

cdra.9, 10,11 de la ciudad de Chulucanas.

- plantear recomendaciones para ampliar su vida útil de los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas.

## **MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**i. Método Inductivo.-** Estos métodos nos permiten realizar un estudio particular con el propósito de llegar a la conclusión y premisas generales que pueden ser aplicadas a situaciones similares que genera del proceso de investigación.

**ii. Método Analítico.-** Es importante realizar un estudio analítico sintético de los temas expuestos en el presente trabajo, identificando cada una de las partes que caracterizan una realidad. De esa manera se establece la relación causa-efecto entre los elementos que compone el objeto de investigación, desintegrando las ideas para conocerlo con mayor profundidad.

**iii. Método Descriptivo.-** Este método consiste en evaluar

ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del tiempo. En esta investigación se analizan los datos reunidos para descubrir así, cuales variables influyen entre sí.

**iv. Método Observativo.-** Este método se usa para detectar y asimilar los rasgos de un elemento utilizando los sentidos como instrumentos principales.

## **ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente capítulo se tratará de manera breve el estado actual de los pavimentos de concreto en nuestra ciudad. Asimismo, se mencionarán los principales problemas que afectan a dichas estructuras.

También se hará una breve descripción de las principales fallas que presenta los pavimentos de concreto de la ciudad de Chulucanas, que se complementará con una galería de fotos de las mismas. Asimismo, se tratará el caso del jirón libertad cuadra 9,10 y 11 que presenta serias deficiencias en su recorrido principalmente por falta de mantenimiento.

## **Antecedentes Internacionales**

➤ **Bernal Camacho, Jesús Manuel (2009)** Existen innumerables estructuras de concreto alrededor del mundo que, a pesar de haber sido construidas hace un siglo, permanecen en uso y siguen cumpliendo satisfactoriamente las funciones para las que fueron proyectadas. Los cimientos de concreto del puente colgante sobre el Danubio, en Budapest, construido por el William T. Clark, hace más de 120 años, permanecen hoy en día en estado excelente en la llamada arcilla Kiscell, uno de los estratos más importantes del subsuelo agresivo de Budapest. Igualmente sucede con los pilares de los puentes Margareten y ferroviario del Sur, construidos en Budapest sobre subsuelos agresivos hace más de 70 años empleando cementos de Beocin y Labatlan.

Hoy en día el gran desarrollo de la construcción en los últimos 50 años se ha basado principalmente en la utilización del concreto armado y pretensado, el cual debido a sus

propiedades de durabilidad y rentabilidad se ha convertido en el principal protagonista del sector, siendo utilizado tanto para edificaciones como para obra pública. La combinación del concreto y acero ofrecen magníficas prestaciones en cuanto a resistencias mecánicas.

La ciudad de Mazatlán, Sinaloa, en los últimos años ha sido objeto de interés para una gran cantidad de inversionistas (cadenas de hoteles nacionales y extranjeros e inversión privada), quienes ven en el puerto un punto estratégico de desarrollo a futuro, convirtiéndose así en el lugar de preferencia para la visita de turismo tanto nacional como internacional. La construcción de grandes edificaciones en el puerto es consecuencia de este boom inmobiliario. También ha sido notoria la remodelación de antiguas edificaciones que se encontraban en el abandono absoluto, y a través de una previa revisión apegada a las especificaciones principalmente estructurales, fueron reforzadas y rehabilitadas (Hotel Pato Blanco ahora Proyecto Tiare Sands) al

servicio del turismo. Las construcciones en deterioro avanzado, han sido analizadas y evaluadas desde el punto de vista económico y estructural, para determinar su factibilidad y ser demolidas (Hotel Coral Reef ahora Proyecto Legacy) para su nueva construcción.

Hasta hace algunos años se consideraba que un concreto armado bien ejecutado tenía una duración prácticamente ilimitada. Ahora bien, tanto la experiencia como las investigaciones llevadas a cabo indican que diferentes agresiones de tipo físico, químico o mecánico causan el deterioro del mismo y dan lugar a que aparezca todo tipo de patologías asociadas. Por lo que las estructuras se ven rápidamente afectadas por las inclemencias de la naturaleza que predominaban frente a la costa y su vida útil es considerablemente afectada. Es por eso que hoy en día los estudios acerca de la patología del concreto son cada vez más avanzados, siempre encaminados a proponer técnicas en la elaboración de

elementos estructurales capaces de soportar el ataque de la salinidad y la humedad, garantizando así una vida útil con mayores expectativas de las edificaciones.

➤ **Lidia Argelia Juárez Ruiz (2008)** La durabilidad de concreto expuesto a un ambiente marino es uno de los temas poco abordados en la actualidad a nivel nacional y de gran importancia por el número de estructuras que se construyen en este ambiente. México posee un amplio litoral sobre el Golfo de México y el Océano Pacífico cuyo ambiente ha sido poco estudiado a través de parámetros que lo definan y relacionen con la durabilidad de las estructuras de concreto.

En este ámbito, es de interés en esta tesis el aportar conocimientos, aunque breves y específicos para una zona del Golfo de México, del comportamiento de concreto expuesto a un ambiente marino, particularmente en el Puerto de Progreso en Yucatán, México. El objetivo principal consistió en evaluar la durabilidad de vigas de

concreto ordinario (OPC) expuestas a ambiente marino, mediante la determinación del nivel de agresividad del ambiente de exposición, de los parámetros de absorción capilar y del Coeficiente de Difusión de cloruros, para obtener un modelo de predicción de vida útil de servicio del concreto. Las vigas corresponden a dos diseños de mezclas con relación agua/cemento de 0.45 y 0.65, elegidos por su alta representatividad en las construcciones que se realizan en el país y forman parte de un proyecto nacional sobre la Durabilidad de las estructuras de concreto en México (DURACON) que a su vez forma parte de un proyecto Iberoamericano para conocer el nivel de corrosividad y la Durabilidad del concreto en países de América Latina, Portugal y España.

Desde el inicio y durante el desarrollo de este trabajo se ha realizado una investigación bibliográfica y revisión de literatura sobre los temas de durabilidad del concreto, vida útil de servicio, absorción capilar,

difusividad hidráulica, proceso de penetración de cloruros en el concreto, modelos de predicción de vida útil (etapa de iniciación) que se resume en el marco teórico de la tesis.

El proceso metodológico a seguir para lograr el objetivo consistió en la realización del monitoreo y análisis de parámetros ambientales durante un periodo de cinco años y la clasificación del microclima en función de su grado de corrosividad, basándose en los criterios dados por la norma ISO 9223:1992 en el ambiente marino de exposición de las vigas de concreto. Paralelamente se realizó la determinación y el análisis de los parámetros de absorción capilar por Método de Fagerlund y de la sortividad (ASTM C 125), así como de la difusividad hidráulica (Método de Lockington), encontrando la correlación existente de estos parámetros con respecto a la relación agua/cemento.

Se encontró una relación altamente significativa entre la sortividad y los parámetros de Fagerlund analizados en

concreto dentro de un rango de porosidad efectiva de 7 a 12%. La tasa de cambio entre sortividad y torsión fue de 0,982. Los valores de sortividad están dentro del rango aceptable de penetración de agua, dado como criterio de durabilidad del concreto por Ho y Lewis. Con el fin de darle validez a los resultados, estas determinaciones se efectuaron ampliando la base de datos del proyecto DURACON con datos de absorción capilar de otros proyectos de investigación, información presentada en los anexos de la tesis.

Se realizaron ensayos centrados principalmente en la caracterización del proceso de penetración de cloruros en el concreto; se obtuvieron trozos de las vigas de concreto expuestas, se disgregaron y pulverizaron. La determinación de cloruros se realizó por medio del método del ion selectivo o potencio métrico. Mediante la técnica de perfiles de concentración de cloruros se obtuvieron los coeficientes de difusión efectivos del cloruro a diferentes tiempos de

exposición, aplicando la solución de Crank a la 2ª. Ley de Fick. Se determinó la correlación que existe entre las características del ambiente estudiado y el fenómeno de penetración de cloruros. Se evaluaron modelos de predicción de vida útil existentes, dados por otros autores en la literatura con los datos de la investigación y se discutió su validez y aplicabilidad para este microclima.

La principal aportación de este trabajo consiste en la determinación de un modelo de concentración superficial de cloruros, validado con datos de otro proyecto de investigación realizado en el mismo ambiente de exposición, en el cual se estudiaron cilindros de concreto elaborados a partir de cinco diferentes mezclas de concreto ordinario (OPC), ubicados a diferentes distancias del mar. El modelo es oscilatorio de tipo sinusoidal y responde a un patrón de comportamiento cíclico anual relacionado estrechamente con los parámetros climáticos del sitio de exposición. Este modelo es fundamental para explicar el

comportamiento de la concentración superficial de cloruros y en consecuencia el tipo de los perfiles de penetración de cloruros, en los que se basa la determinación del coeficiente de difusión. De ahí la conclusión de que un modelo de predicción de vida útil para este microclima debe considerar una concentración superficial y un coeficiente de difusión variables, parámetros fundamentales utilizados en los modelos de predicción revisados y que en se consideran constantes generalmente. También este modelo de concentración superficial de cloruros permite ver que el contenido crítico de cloruros para lograr la despasivación no es un valor único y permanente, sino que es dependiente del tiempo y la concentración superficial de cloruros.

Finalmente se propone la adecuación de un modelo de difusión variable, basado en las tendencias encontradas. Es importante hacer notar que con los resultados de este trabajo se da otro enfoque en la

consideración de parámetros para un modelo de predicción de vida útil, al relacionar el efecto climático en ciclos anuales y multianuales en el proceso de difusión de cloruros. Este comportamiento cíclico de los parámetros ambientales estudiados y su influencia en las variables de los modelos de predicción muestran la necesidad de hacer más investigaciones de largo término que se apeguen a las características del lugar de exposición y del tipo de materiales empleados, así como la definición del nivel de corrosividad por áreas geográficas para su eventual clasificación. Aunque son importantes los estudios a nivel de laboratorio para reproducir ciertas condiciones requeridas, es fundamental el estudio in situ de las estructuras de concreto armado, pues son las que están expuestas al ambiente, bajo diferentes niveles de agresividad.

### **Antecedentes Nacionales**

➤ **Becker, Edgardo (2010).**

En la IX Convención Internacional del ACI PERÚ,

presenta en su conferencia Internacional algunos aspectos a considerar en las etapas de diseño y construcción - Lima.

Donde propone 4 acciones prácticas para evitar la figuración temprana:

- 1) Minimizar la contracción temprana.
- 2) Aumentar la extensibilidad de la mezcla.
- 3) Disminuir la restricción entre la losa de pavimento y la base.
- 4) Adecuado debilitamiento controlado (materialización de juntas).

### **Antecedentes locales**

Los pavimentos de concreto de la ciudad de Chulucanas 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.

El sistema de drenaje más apropiado para la ciudad de

Chulucanas se muestra en la figura 5.289. Como podemos ver esta opción permite un drenaje bastante aceptable, ya que al tener un filtro grueso permite mejorar el tiempo de drenaje (menos de una hora), evitando la saturación de la subbase y eliminando cualquier posibilidad de bombeo que pueda ocurrir; mientras que el filtro fino evita la erosión del material de la subrasante hacia el filtro.

La capa de drenaje es usualmente conectada a drenes longitudinales con tuberías colectoras, aunque extendiéndola con inclinación hacia la cara del talud en todo el ancho también puede utilizarse. Para mayor información del tema se puede consultar la tesis “Diseño del subdrenaje de pavimentos y su aplicación a 2 zonas de Piura” del **Carlos Alberto Chuyes Gutiérrez**.

El tránsito al ser el factor de diseño más importante es recomendable que se haga una evaluación local de éste en la vía que se va a rehabilitar.

En general, en el Perú no se cuenta con un método específico

para llevar a cabo un adecuado registro de volumen de tráfico. Esta evaluación debería comprender los siguientes aspectos:

- El registro de los volúmenes de tráfico pueden hacerse en períodos cortos (5, 10, 15 minutos). Estas mediciones se expanden a tráfico horario y tráfico medio diario anual (TMDA) para analizar las tasas de flujo máximo, la variación de flujos dentro de horas punta y los límites de capacidad en el flujo de tráfico.

Para poder realizar esta expansión de toma de registros de períodos cortos a tráfico medio diario anual es necesario establecer algún tipo de relación entre las tomas de períodos cortos y el TMDA, 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.

En la actualidad existen diferentes tablas elaboradas por países como Argentina, México

que relaciona el TMDA de una intersección con el tráfico horario obtenido a partir de tomas de períodos cortos. Para esto es necesario definir primero que tipo de toma se ha efectuado (5, 10, 15 minutos), además de la hora, día de la semana y mes que se realizó la toma de datos. Después podemos expandir la toma de períodos cortos a tráfico horario. Luego de realizado el cálculo del tráfico horario se procede al cálculo del TMDA.

Es conveniente mantener un programa de registro de volúmenes, con la finalidad de mantener una base de datos actuales de las condiciones del volumen de tráfico en un determinado sistema de calles o carreteras. Estos datos son 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 urbana, ya que manifiestan diferentes patrones de tráfico.

Finalmente, es importante señalar la necesidad de contar con un adecuado registro de

volúmenes de tráfico para nuestra ciudad, el cual no sólo será útil para evaluar el flujo de tráfico actual en una zona determinada, sino que además puede ser utilizado en otros tipos de aplicaciones como para el caso de análisis de accidentes, etc. Actualmente la ciudad de Piura no cuenta con un registro de volúmenes de tráfico lo cual limita de manera significativa la posibilidad de desarrollar adecuados estudios de volumen de tráfico. Esto se debe principalmente a la falta de presupuesto de la Municipalidad de Chulucanas para contratar personas que se dediquen a la recolección de datos.

- 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 de lluvia.

- 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.

## v. BASES TEÓRICAS

### BASES TEÓRICAS PATOLOGÍA DEL CONCRETO

**Casas, Oscar 9.** Define la patología del concreto, es la parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto.

También lo define como el tratamiento sistemático de los

#### 6.1 COMPARACIÓN ENTRE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO HIDRÁULICO

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando

defectos del concreto, sus causas, sus consecuencias y sus soluciones.

**Montejo, Alfonso 10.** Define que un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le tramite durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

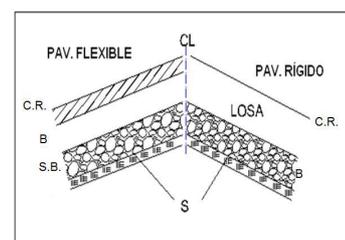


IMAGEN Nº 1

PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REVOLLEDO  
VALDIVIA. CHILE – 2010



## **ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO RÍGIDO.**

### **a) SUBRASANTE.**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

### **d) SUBBASE.**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar,

transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la

subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

➤ **Funciones de las capas de un pavimento rígido**

**Subbase:**

Impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas y bordes de las losas. El agua penetra a través de las juntas, erosiona el suelo fino de la subrasante y la base de apoyo, si esta no es resistente a este efecto, y facilita así su salida a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas vehiculares repetidas.

- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme,

estable y permanente del pavimento.

- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje para reducir la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Controlar el cambio volumétrico de la subrasante y disminuir al mínimo su acción superficial sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante **(Montejo Fonseca, op. cit.)**

**e) SUPERFICIE DE RODADURA**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye

mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

### **6.3 TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**

#### **d) Concreto Hidráulico Simple**

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

#### **e) Concreto hidráulico reforzado**

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

#### **f) Concreto hidráulico reforzado continuo**

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de

construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

### **6.4 LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO.**

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen  
**(Ibid)**

#### **• Concreto**

Actualmente en el ámbito de la construcción el concreto es uno de los materiales existentes con mayor demanda debido a la diversidad que este presenta, permitiendo además un ahorro en costos de obra en las diferentes construcciones en las que se aplica dicho material, siendo necesario elaborar métodos que nos permitan obtener un óptimo

rendimiento. El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta.

La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, los cuales conforman el cuerpo del material, creando una masa que al endurecer forma una roca artificial.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta.

- **Durabilidad**

El ACI define la durabilidad del concreto del cemento portland como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, y la ataque químico abrasión y cualquier

otro proceso o condición de servicio de las estructuras que produzcan deterioro del concreto.

En consecuencia el problema de la durabilidad es sumamente complejo, ya que amerita especificación tanto para los materiales y diseños de mezclas como para los aditivos la técnica de producción y el proceso constructivo, por lo que en este campo la generalizaciones resultan fatales

- **Factores que influyen en la durabilidad del concreto**

Los factores que afectan la durabilidad del concreto, son aquellos que producen el deterioro del mismo.

Estos factores se clasifican en 5 grupos:

1. Congelamiento y Deshielo
2. Ambiente químicamente agresivo
3. Abrasión

4. Corrosión de metales en el concreto
5. Reacciones químicas en los agregados.

### **6.5 CONGELAMIENTO Y DESHIELO Y SU MECANISMO**

Constituye un agente de deterioro que ocurre en los climas en que la temperatura desciende hasta provocar el congelamiento del agua contenida en los poros capilares del concreto. En términos generales el fenómeno se caracteriza por inducir esfuerzos internos en el concreto que pueden provocar su fisuración reiterada y la consiguiente desintegración.

Es importante tener claro que es un fenómeno que se da tanto a nivel de la pasta de cemento, como en los agregados de manera independiente, así como en la interacción entre ambos, por lo que su evaluación debe abordar cada uno de estos aspectos. **(Civilgeeks.com)**

### **D.- EFECTO EN LA PASTA DE CEMENTO**

Existen dos teorías que explican el efecto en el cemento. La primera se denomina de “Presión hidráulica” que considera que dependiendo del grado de saturación de los poros capilares y poros del gel, la velocidad de congelamiento y la permeabilidad de la pasta, al congelarse el agua en los poros ésta aumenta de volumen y ejerce presión sobre el agua aún en estado líquido, ocasionando tensiones en la estructura resistente.

La segunda teoría llamada de “Presión osmótica” asume las mismas consideraciones iniciales de la anterior pero supone que al congelarse el agua en los poros cambia la alcalinidad del agua aún en estado líquido, por lo que tiende a dirigirse hacia las zonas congeladas de alcalinidad menor para entrar en solución, lo que genera una presión osmótica del agua líquida sobre la sólida ocasionando presiones internas en la estructura resistente de la pasta.

Bajo ambas teorías, al producirse el descongelamiento se liberan

las tensiones y al repetirse este ciclo muchas veces se produce la rotura por fatiga de la estructura de la pasta, si es que no se produjo inicialmente.

### **E.- EFECTO EN LOS AGREGADOS**

En los agregados existe evidencia de que por los tamaños mayores de los poros capilares se producen generalmente presiones hidráulicas y no osmóticas, con esfuerzos internos similares a los que ocurren en la pasta de cemento, existiendo indicios que el Tamaño máximo tiene una influencia importante. Estimándose que para cada tipo de material existe un Tamaño máximo por debajo del cual se puede producir el congelamiento confinado dentro del concreto sin daño interno en los agregados.

Por otro lado, cuanto menor sea la capacidad del agregado para absorber agua, menor será el efecto del congelamiento interno de la misma.

### **F.- EFECTO ENTRE LA PASTA Y LOS AGREGADOS.**

Existe la denominada “Teoría Elástica” que considera un efecto mixto de los agregados sobre la pasta, ya que al congelarse el agua dentro de ellos, se deforman elásticamente sin romperse por tener una estructura más resistente que la del cemento y ejercen presión directa sobre la pasta generando tensiones adicionales a las ocasionadas en el cemento independientemente.

### **G.-CONTROL DE LA DURABILIDAD FRENTE AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO**

- **Aditivos Incorporadores de Aire**

Uno de los avances más importantes en la tecnología del concreto ha sido el desarrollo de los aditivos incorporadores de aire a fines de la década de los años cuarenta. Si recordamos las teorías que explican el efecto del

congelamiento en el concreto, concluiremos que en ambas existe un desplazamiento de agua en estado líquido o sólido que al encontrar restringida esta deformación genera esfuerzos.

El principio de los incorporadores de aire consiste en introducir una estructura adicional de vacíos no interconectados, que permiten asimilar los desplazamientos generados por el congelamiento

eliminando las tensiones.

Se ha establecido el denominado “Factor de espaciamento” ( $c > 0.2$  mm) que representa la distancia máxima que debe existir entre las partículas de la pasta y los vacíos introducidos por el incorporador de aire para que sea realmente efectivo en cuanto a controlar el efecto del congelamiento

y descongelamiento. **(Civilgeeks.com)**

Los porcentajes de aire incorporado que se recomiendan en función del Tamaño máximo de los agregados son los que se indican en la

Tabla 01:

- **Curado**

Tamaño máximo nominal en pulgadas	Exposición severa con humedad constante en porcentaje	Exposición moderada con humedad ocasional en porcentaje
3/8	7.5	6.0
1/2	7.0	5.5
3/4	6.0	5.0
1 1/2	5.5	4.5
3	4.5	3.5

Imagen 04  
Fuente: Guía para la durabilidad del concreto

No se puede pensar que sólo con los incorporadores de aire se soluciona el problema, pues si no le damos al concreto la posibilidad de desarrollar resistencia, de nada servirá la precaución anterior ante la fatiga que va produciendo la alternancia de esfuerzos en los ciclos de hielo y deshielo.

Para un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, el concreto debe curarse como referencia a una temperatura

de por lo menos 13 °C para un elemento de 30 cm de espesor y 5 °C para espesores de orden de 1.80 m por lo que debe procurarse mantener la temperatura adecuada mediante elementos aislantes que impidan que pierda calor y/o se evapore el agua, o se congele hasta que haya desarrollado al menos 35 kg/cm<sup>2</sup>.

Hay que recordar siempre el principio básico que se desprende de comprender el mecanismo de hidratación del cemento y que consiste en que la reacción química necesita agua, espacio para desarrollar los productos de hidratación, cierta temperatura y tiempo. Mientras controlemos estos factores mediante el curado, aseguraremos el desarrollo completo de las propiedades del concreto y favoreceremos la durabilidad.

- **Diseños de Mezcla**

Los diseños de mezcla deben ejecutarse buscando concretos con la menor permeabilidad posible, lo cual se logra reduciendo la relación Agua/Cemento al mínimo compatible con la trabajabilidad para lo cual el ACI recomienda relaciones entre 0.45 y 0.50.

Hay que indicar que los incorporadores de aire tiene un efecto mínimo en combatir el congelamiento de los agregados, por lo que es importante seleccionar los más adecuados, para lo cual es útil el ensayo ASTM C-88 que da una idea del comportamiento ante el intemperismo.

Sólo se aplican aditivos y curado apropiado en proyectos de cierta importancia cuando lo exigen las especificaciones técnicas, siendo lo corriente al recorrer las calles de estos pueblos y ciudades el comprobar que las pistas de concreto y estructuras están muy

fisuradas y deterioradas por problemas de durabilidad no enfrentados adecuadamente.

## **6.6 AMBIENTE QUÍMICAMENTE AGRESIVO**

El concreto es un material que en general tiene un comportamiento satisfactorio ante diversos ambientes químicamente agresivos.

El concepto básico reside en que el concreto es químicamente inalterable al ataque de agentes químicos que se hallan en estado sólido.

Para que exista alguna posibilidad de agresión el agente químico debe estar en solución en una cierta concentración y además tener la opción de ingresar en la estructura de la pasta durante un tiempo considerable, es decir debe haber flujo de la solución concentrada hacia el interior del concreto y este flujo debe mantenerse el tiempo suficiente para que se produzca la reacción.

Este marco de referencia reduce pues las posibilidades de ataque químico externo al concreto, existiendo algunos factores generales que incrementan la posibilidad de deterioro como son: las temperaturas elevadas, velocidades de flujo altas, mucha absorción y permeabilidad, el curado deficiente y los ciclos de humedecimiento y secado.

Los ambientes agresivos usuales están constituidos por aire, agua y suelos contaminados que entran en contacto con las estructuras de concreto.

Se puede decir pues que el concreto es uno de los materiales que demuestra mayor durabilidad frente a ambientes químicamente agresivos, ya que si se compara estadísticamente los casos de deterioro con aquellos en que mantiene sus condiciones iniciales pese a la agresividad, se concluye en que estos casos son excepcionales.

**(Civilgeeks.com)**

En la Tabla 2 se resumen los efectos que producen en el hormigón algunos agentes químicos habituales. La Tabla 2.2 muestra los factores más importantes que afectan la capacidad del hormigón para resistir el deterioro, siempre que se tomen los debidos recaudos al seleccionar los materiales utilizados para elaborar el hormigón y dosificar la mezcla.

Tabla 2.1 – Efecto de los agentes químicos de uso habitual sobre el hormigón

Velocidad del ataque a temperatura ambiente	Ácidos inorgánicos	Ácidos orgánicos	Soluciones alcalinas	Soluciones salinas	Otros
Rápida	Clorhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	–	Cloruro de aluminio	–
Moderada	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de sodio* > 20%	Nitrato de amonio Sulfato de amonio Sulfato de sodio Sulfato de magnesio Sulfato de calcio	Bromo (gaseoso) Licor de sulfato
Lenta	Carbónico	–	Hidróxido de sodio* 10 a 20%	Cloruro de amonio Cloruro de magnesio Cloruro de sodio	Cloro (gaseoso) Agua de mar Agua blanda
Despreciable	–	Ortánico Tartárico	Hidróxido de sodio* < 10% Hipoclorito de sodio Hidróxido de amonio	Cloruro de calcio Cloruro de sodio Nitrato de calcio Cromato de sodio	Amoníaco (líquido)

\* El efecto del hidróxido de potasio es similar al del hidróxido de sodio.

### IMAGEN Nº 05

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982

Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

Tabla 2.2 – Factores que afectan el ataque del hormigón por parte de los agentes químicos

Factores que aceleran o agravan el ataque	Factores que mitigan o demoran el ataque
1. Elevada porosidad debida a: i. Elevada absorción de agua ii. Permeabilidad iii. Vacíos	1. Hormigón denso obtenido mediante: i. Correcta dosificación de la mezcla * ii. Contenido mínimo de agua reducido iii. Mayor contenido de material cementicio iv. Incorporación de aire v. Compactación adecuada vi. Curado efectivo †
2. Fisuras y separaciones debidas a: i. Concentración de tensiones ii. Choque térmico	2. Tensiones de tracción reducidas en el hormigón atribuibles a: ‡ i. Uso de armadura de tracción de tamaño adecuado y correctamente ubicada ii. Inclusión de puzolana (para reducir el aumento de temperatura) iii. Colocación de materiales adecuados en las juntas de contracción
3. Lixiviación y penetración de líquidos debido a: i. Flujo de líquidos § ii. Formación de claros iii. Presión hidrónica	3. Diseño estructural: i. Minimizar las áreas de contacto y turbulencia ii. Proveer mamporras y sistemas con barreras protectoras ¶ para reducir la penetración

\* La dosificación de la mezcla y el mezclado y procesamiento inicial del hormigón fresco determinan su homogeneidad y densidad.

† Si los procedimientos de curado son defectuosos se producirán fallas y fisuras.

‡ La resistencia a la fisuración depende de la resistencia y capacidad de deformación.

§ El movimiento de las sustancias perjudiciales que transporta agua aumenta las reacciones que dependen tanto de la cantidad como de la velocidad del flujo.

¶ Los hormigones que frecuentemente estarán expuestos a agentes químicos que se sabe producen un rápido deterioro del hormigón se deberían proteger con una barrera protectora resistente a dichos agentes químicos.

### IMAGEN Nº06

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982

Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

## A. Efecto de Compuestos Químicos Corrientes Sobre el Concreto

En la Tabla 03 se puede apreciar el efecto de varias sustancias químicas comunes sobre el concreto simple, comprobándose pues que son muy pocas la que realmente le acusan un daño importante.

Dentro de este panorama, los compuestos que por su disponibilidad en el medio ambiente producen la mayoría de casos de ataque químico al concreto están constituidos por los cloruros y los sulfatos.

### • Cloruros

Como se observa en la Tabla 02, los cloruros tienen una acción insignificante sobre el concreto desde el punto de vista de la agresión química directa, pero erradamente se les considera en muchas oportunidades causantes del deterioro que es producido por otros agentes.

VELOCIDAD DE ATAQUE A TEMPERATURA AMBIENTE	ACIDOS INORGANICOS	ACIDOS ORGANICOS	SOLUCIONES ALCALINAS	SOLUCIONES SALINAS
Rápida	Clorhídrico Fluorhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	—	Cloruro de Aluminio
Moderada	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de Sodio > 20 %	Nitrato de Amonio Sulfato de Amonio Sulfato de sodio Sulfato de Magnesio Sulfato de Calcio
Lenta	Carbónico	—	Hidróxido de Sodio 10 a 20 % Hipoclorito de Sodio	Cloruro de Amonio Cloruro de Magnesio Cloruro de Sodio
Insignificante	—	Oxálico Tartárico	Hidróxido de Sodio > 10 % Hidróxido de Amonio	Cloruro de Calcio Cloruro de Sodio Nitrato de Zinc Cromato de sodio

**IMAGEN N°06**

**Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982**

**Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.**

- **Control de la agresión química**

La manera más directa consiste en evitar el construir en ambiente agresivo, pero esto no siempre puede llevarse a cabo, por lo que como regla general se debe procurar alguna barrera que evite el contacto de los cloruros y sulfatos en solución con el concreto.

Esta protección puede llevarse a cabo con pinturas bituminosa, a base de caucho o pinturas especialmente diseñadas para este tipo de agresión (normalmente del tipo epóxico), pero que resultan usualmente soluciones caras.

Otra media es crear drenajes adecuados entre el concreto estructural y el suelo agresivo

que corten el flujo de la solución impidiendo el contacto entre ambos. Una medida conveniente en Independientemente de lo anterior, lo básico para que se reduzcan las posibilidades de que el concreto sea deteriorado por agresión química consiste en que el diseño de mezcla considere una relación agua/cemento baja de modo de reducir su permeabilidad, emplear agregados densos y utilizar cementos resistentes a los sulfatos como los Tipo II, Tipo V, Tipo IP, Tipo IPM o añadiendo específicamente Puzolanas que al combinarse con la cal libre del cemento reducen la formación de yeso.

La característica principal de los cementos resistentes a los Sulfatos consiste en un bajo contenido de Aluminato Tricálcico (Máximo entre 5 a 8%) lo que disminuye la formación de compuestos expansivos.

Los aditivos que contribuyen a reducir el agua de amasado ayudan a incrementar la resistencia a los sulfatos, pero los acelerantes que contienen cloruros tienen un efecto

negativo por lo que se recomienda prohibir su empleo en estas circunstancias

## **1. ABRASIÓN DEL CONCRETO**

El factor principal reside en qué tan resistente es desde el punto de vista estructural o mecánico, la superficie expuesta al desgaste.

Se han desarrollado varias maneras de medir el desgaste o la resistencia a la abrasión tanto a nivel de laboratorio como a escala natural pero los resultados son bastante relativos pues ninguna de ellas puede reproducir las condiciones reales de uso de las estructuras, ni dar una medida absoluta en términos numéricos que pueda servir para comparar condiciones de uso o concretos similares, por lo tanto el mejor indicador es evaluar principalmente factores como la resistencia en compresión, las características de los agregados, el diseño de mezcla, la técnica constructiva y el curado.

## **2. CORROSIÓN DE LOS METALES**

El concreto por ser un material con una alcalinidad muy elevada ( $\text{PH} >$

12.5), y alta resistividad eléctrica constituye uno de los medios ideales para proteger metales introducidos en su estructura, al producir en ellos una película protectora contra la corrosión. Pero si por circunstancias internas o externas se cambian estas condiciones de protección, se producen el proceso electroquímico de la corrosión generándose compuestos de óxidos de hierro que llegan a triplicar el volumen original del hierro, destruyendo el concreto al hincharse y generar esfuerzos internos.

En el concreto pueden incluirse una serie de metales dependiendo de la utilidad que queremos darle, pero lo real es que el acero, es el metal de mayor uso desde que se desarrolló el concreto reforzado y sus múltiples aplicaciones, por lo que en este acápite se tratará solo el caso de la corrosión del acero de refuerzo.

En el caso del acero de refuerzo, permitiéndose las siguientes conclusiones:

1. El ánodo y cátodo están separados, pero dicha separación puede ser una micra o una distancia muy grande e igualmente se verifica el fenómeno, por lo que en el acero de refuerzo se puede dar la corrosión por microceldas o macroceldas.
2. El oxígeno no está involucrado en el lugar donde se produce la corrosión, que es exclusivamente el ánodo, sin embargo, si es imprescindible que en el cátodo haya oxígeno y agua para el proceso electroquímico.
3. Debe existir la suficiente concentración de iones para que se inicie el flujo electroquímico, lo que en la práctica se produce cuando ingresan cloruros en cantidad suficiente, se reduce la alcalinidad ( $\text{PH} < 8.0$ ) y se dan las condiciones de humedad en el cátodo.
4. El flujo se interrumpe y consecuentemente la corrosión, cuando se elimina el conductor metálico entre el ánodo y el cátodo o evitando que haya oxígeno en el cátodo o

eliminando el agua entre ambos que es el medio de transporte de los iones .

En consecuencia, analizando el mecanismo, es evidente que deben cumplirse varias condiciones para que se produzca la corrosión y en general salvo casos especiales esto no ocurre con frecuencia. Solo si tenemos cloruros en una determinada concentración referida al peso del cemento estimada normalmente del orden del 0.2% existe la posibilidad de corrosión si a la vez se cumplen los otros requisitos. La terminología de la ASTM (G15) define la corrosión

### **3. REACCIÓN QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS**

La reacción propicia el desarrollo de un gel expansivo en la interface agregado – pasta, que rompe la estructura interna del concreto provocando fisuración y desintegración.

## **6.7 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL CONCRETO**

El factor principal reside en qué tan resistente es desde el punto de vista estructural o mecánico, la superficie expuesta al desgaste.

Se han desarrollado varias maneras de medir el desgaste o la resistencia a la abrasión tanto a nivel de laboratorio como a escala natural pero los resultados son bastante relativos pues ninguna de ellas puede reproducir las condiciones reales de uso de las estructuras, ni dar una medida absoluta en términos numéricos que pueda servir para comparar condiciones de uso o concretos similares, por lo tanto el mejor indicador es evaluar principalmente factores como la resistencia en compresión, las características de los agregados, el diseño de mezcla, la técnica constructiva y el curado.

## **6.8 RECOMENDACIONES SOBRE REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS**

Como ya mencionamos, en nuestro medio no hay muchos antecedentes de ocurrencia de este tipo de reacciones pese a que

por ejemplo la andesita es un mineral muy abundante en nuestro país, pero es probable que la cantidad de obras que se hayan ejecutado en las zonas que pudieran ser potencialmente reactivas no hayan ameritado el empleo masivo de estos materiales, o simplemente no tienen la reactividad que tienen en otros países donde el problema sí es grave.

En conclusión, la mejor recomendación al evaluar una cantera donde haya sospecha de reactividad alcalina es recopilar la mayor información estadística sobre el uso anterior de los agregados en la producción de concreto e inspeccionar las obras ejecutadas para poder estimar el riesgo.

## **6.9 Aplicaciones del Pavimentos Rígidos:**

### **a) Aeropistas**

En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un sistema de apertura rápida; éste consiste en el colado secuencial del pavimento en la

reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.

### **b) Vialidades urbanas**

La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas, pues además del tiempo y costo, afectan al tránsito vehicular. Sin embargo, con los pavimentos de concreto de apertura rápida, estos problemas se minimizan ostensiblemente.

### **c) Zonas residenciales**

El uso de pavimentos de concreto en zonas residenciales aumenta día con día, debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limitar a sólo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

## **6.10 FALLAS QUE ORIGINAN EL DETERIORO DEL PAVIEMNTO RIGIDO**

Las fallas que suelen presentarse a continuación pueden generarse debido a varios factores presentes en este ámbito constructivo.

### **6.11 JUNTAS**

Se presentan tres tipos de fallas:

#### **DEFICIENCIAS DEL SELLADO**

Deterioro del sello de las juntas que permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.

Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos: endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, fluencia fuera de la caja, carencia total, incrustación de materias ajenas y crecimiento de vegetación.

Entre sus causas más comunes podemos encontrar:

- **Endurecimiento:** producto de mala calidad, envejecimiento
- **Despegado de las paredes de la junta:**

producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada.

- **Fluencia fuera de la caja:** exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- **Carencia:** producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- **Incrustaciones de materias incompresibles:** bermas no pavimentadas, vehículos que dejan caer materiales.



**Imagen N° 08**

*Deficiencias de Sellado*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica.

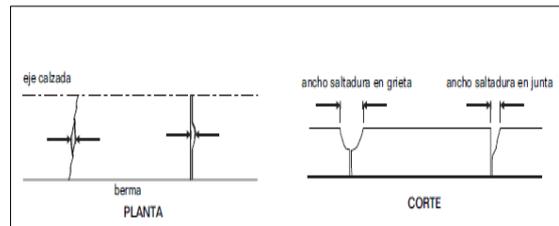
## JUNTAS SALTADAS

Desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal

o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 500 mm dentro de la losa, medidos como se indica en la Figura.

Entre sus causas podemos encontrar:

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a un acabado excesivo u otro defecto de construcción.
- Penetración de partículas incompresibles dentro de la caja de una junta o dentro de una grieta activa



**Imagen N° 09**

*Juntas Saltadas*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica



**Imagen N°10 y 11**

*Juntas Saltadas*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

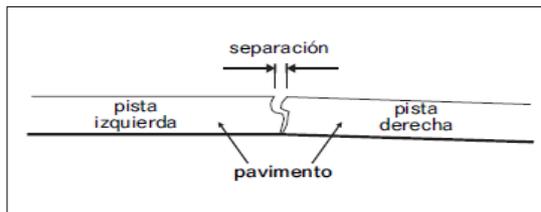
**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL

Abertura en la junta longitudinal del pavimento.

Las causas posibles para este caso son:

- Ausencia de barras de acero de amarre entre pistas adyacentes.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.
- Carencia de bermas.

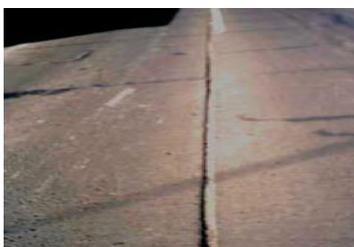


**Imagen N°12**

*Separación de la Junta longitudinal*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica



**Imagen N° 13**

*Separación de la Junta longitudinal*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

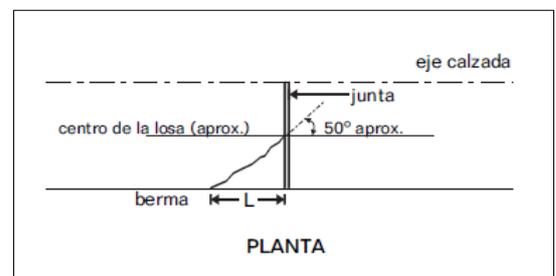
## GRIETAS

### GRIETAS DE ESQUINA

Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50 grad. con la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa. (Ver Figura).

Entre sus causas posibles podemos encontrar:

- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las juntas.



**Imagen N°14**

*Grietas de Esquina*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

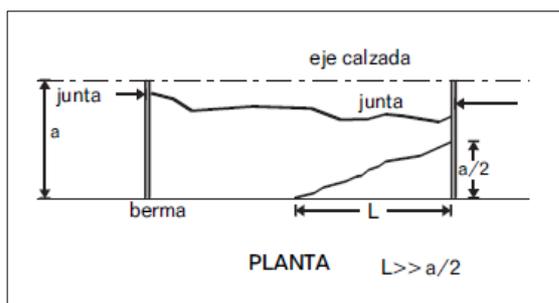
**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## GRIETAS LONGITUDINALES

Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia ( $L$  en la Figura) mucho mayor que la mitad del ancho de la losa ( $a/2$  en la Figura).

Las causas más comunes que tenemos ante este tipo de falla son:

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.
- Aserrado tardío de la junta.



*Imagen N°15*

*Grietas Longitudinales*

*Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.*

*Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica*

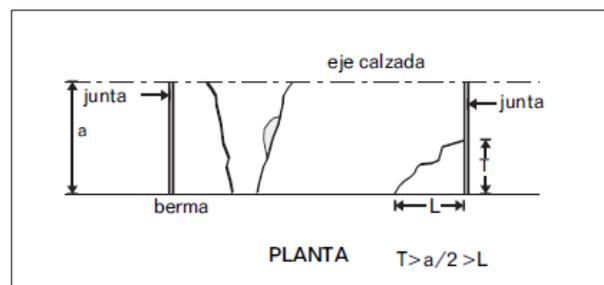
## GRIETAS TRANSVERSALES

Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada. También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde

del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa ( $T > a/2$  en la Figura) y la intersección con el borde se encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa ( $L < a/2$  en la Figura).

Posibles causas:

- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones.
- Retracción térmica que origina alabeos.



*Imagen N° 16*

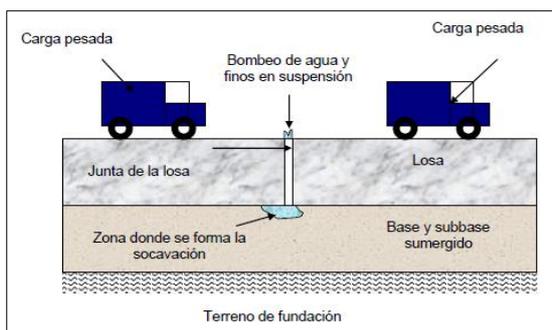
*Grietas Transversales*

*Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.*

*Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica*

## BOMBEO

Cuando existe acumulación de agua en la estructura del pavimento, las deflexiones de las losas de concreto en las juntas, las grietas y a lo largo de borde de las losas bajo efecto de cargas pesadas, se produce desplazamiento y eyección de agua. Esta acción contiene partículas de suelo en suspensión y bajo constantes repeticiones remueve parte de la superficie del suelo provocando socavaciones, que conducen a una falla de soporte y consiguientemente la falla del pavimento. Este fenómeno se conoce como Bombeo. Ver figura



**Imagen N° 17**

*Fenómeno de Bombeo en Losas de Concreto, de Cemento Portland.*

**Fuente:** Clasificación de Fallas de Pavimentos Flexibles y Rígidos.

**Autor:** Oficina Técnica Ingeniero José Heredia & asociados C.A.

Las investigaciones y observaciones de campo han demostrado la existencia de cuatro condiciones básicas para que se produzca el fenómeno del bombeo que son:

- Suelo de subrasante de granulometría fina, o con abundante contenido de finos en

los materiales que componen la base y subbase.

- Agua libre bajo el pavimento.
- Cargas frecuentes de ejes pesados.
- Existencia de juntas y grietas en el pavimento.

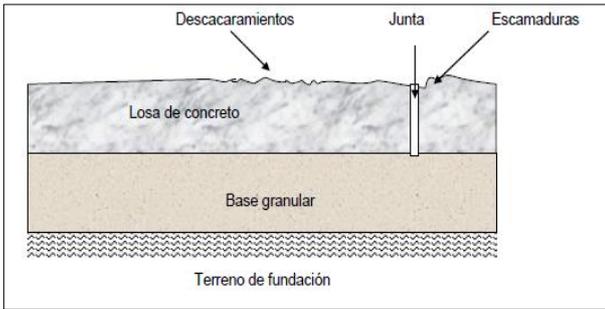
## DESCASCARAMIENTOS Y ESCAMADURAS

Los descascaramientos y escamaduras son fallas en la superficie del concreto por deterioro o rotura.

Los descascaramientos consisten en deterioro de la superficie del pavimento por desgaste o conformación inadecuada. En la mayoría de los casos el efecto progresivo tiende a profundizarse.

Los fenómenos de descascaramiento se producen por exceso de acabado, defectos de la mezcla, poca calidad de los agregados o curado inapropiado.

Las escamaduras son las roturas del concreto en juntas, grietas y bordes del pavimento

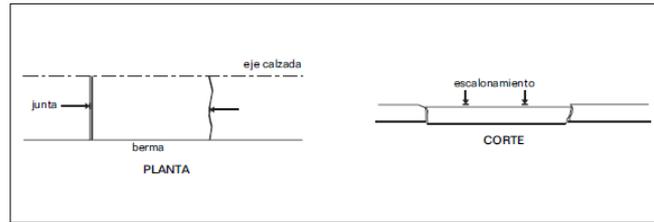


**Imagen N° 18**

*Fenómeno de Descascaramiento y Escamaduras en Losas de Concreto, de Cemento Portland.*

**Fuente:** Clasificación de Fallas de Pavimentos Flexibles y Rígidos.

**Autor:** Oficina Técnica Ingeniero José Heredia & asociados C.A



**Imagen N°19**

*Escalonamiento de Juntas y Grietas*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## ESCALONAMIENTO DE JUNTAS Y GRIETAS

Desnivel entre dos superficies del pavimento, separadas por una junta transversal o grieta.

Las causas posibles que tenemos son:

- Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta.
- Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losas.
- Asentamiento diferencial de la subrasante.
- Drenaje insuficiente.

## SELLADO DE JUNTAS

El sellado de las juntas tiene como objetivo evitar la entrada de agua por las mismas, que podría afectar, tanto a los pasadores o barras de atado en el caso de haberlas, como a la capa de base del pavimento, a la que podría llegar a erosionar provocando el bombeo de finos por las juntas y el escalonamiento de las mismas por descalce de las losas.

Además, el sellado impide también la entrada de elementos incompresibles en las juntas que podrían provocar la aparición de desportillados en las mismas e incluso roturas de esquina.

Por ello, se recomienda el sellado de todas las juntas, tanto longitudinales como transversales,

en las que se dispongan pasadores o barras de atado.

En otros casos, se recomienda su sellado únicamente en el caso de que el pavimento deba soportar un tráfico elevado de vehículos pesados y se encuentre en una zona con precipitación media anual elevada.

Previamente al sellado de las juntas, debe realizarse un cajeo en la parte superior de la junta a fin de obtener un surco con las dimensiones adecuadas para el producto de sellado que se utilice.

#### ✓ **Relleno de juntas**

Cuando las juntas son del tipo llamado “de trabajo” (generalmente juntas aserradas de pequeño espesor), prácticamente no existen diferencias entre su relleno y el sellado de fisura.

En cambio, cuando la junta es “de dilatación”, la función del relleno, además de sellar y proteger la base del ingreso de humedad, es la de conformar un elemento elástico que sea capaz de absorber los movimientos que se producen

entre las placas por efecto de los cambios de temperatura.

La ausencia de este relleno hace que se acumule suciedad entre las placas, que con el tiempo, al irse compactando, termina conformando un cuerpo rígido que impide el libre movimiento de expansión / contracción.

Esta situación hace que se acumulen tensiones mecánicas que terminan rompiendo el pavimento.



**Imagen** N° 20

*Junta de Dilatación*

**Fuente:** Sellado de Fisuras y Relleno de Juntas.

**Autor:** Flexotop - Insumos Viales S.A.

Los productos de sellado pueden ser, según su forma de trabajo, de los siguientes tipos

- Productos que trabajan por adherencia, como los de naturaleza asfáltica, colocados en caliente, o las siliconas de uno o dos componentes, colocadas en frío.
- Productos que trabajan a compresión, como los perfiles preformados de policloropreno (neopreno).

Las dimensiones del cajeado de la junta serán las adecuadas para que el producto de sellado pueda soportar correctamente los movimientos a los que va a estar sometido como consecuencia de las dilataciones y contracciones producidas por efecto de la temperatura.

Para trabajar adecuadamente, los productos que trabajan por adherencia deben colocarse con un factor de forma (relación entre la altura y el ancho del cordón de sellado) que depende del tipo de producto.

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

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

#### ✓ 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 acorta 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.

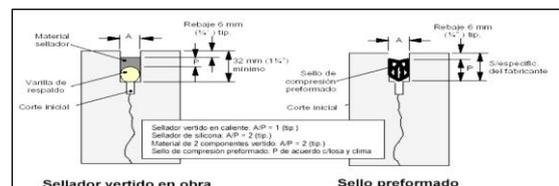
✓ **SELLOS ELASTOMÉRICOS PREFORMADOS**

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. En la figura se observan los diferentes tipos de selladores.



**Imagen N° 21**

*Tipos de Sellos*

**Fuente:** artículo "Design and construction of joint for concrete highways",

**Autor:** American Concrete Pavement Association (ACPA)

✓ **PROCEDIMIENTO DE SELLADO**

**Limpieza Previa**

Previo al sellado, la abertura de la junta deberá ser limpiada a fondo de compuestos de curado, residuos, natas y cualquier otro material ajeno. La limpieza de las caras de la junta afecta directamente la adherencia del sellante al concreto. Una limpieza pobre reduce la adherencia del sellador la interfase con la junta, lo que reduce significativamente la efectividad del sellador. Por lo tanto la correcta limpieza es esencial para obtener una superficie de junta que no perjudicará el lazo o adhesión con el sellador.

La limpieza se puede hacer con sandblast, agua, aire a presión, cepillado de alambre o de varias otras maneras, esto dependiendo de las condiciones de la junta y las recomendaciones del fabricante del sellador.

**1º Paso: Hidrolavado**

- ✓ Objetivo: Eliminar los restos de material fino producto de las tareas de aserrado
- ✓ La presión de agua deberá ser de 5 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Se recomienda aplicarlo inmediatamente después del aserrado secundario (cajeado).

**2º Paso: Arenado**

- ✓ Objetivo: Alcanzar una textura rugosa en las caras de la junta para mejorar la adherencia del sellador a las paredes de la junta.
- ✓ El arenado no debe efectuarse dirigiendo la boquilla directamente a la junta.
- ✓ La boquilla debe sostenerse en Angulo cercana a la junta para limpiar los 25 mm superiores de la caja.
- ✓ Deberán efectuarse una pasada por cada pared del reservorio para alcanzar buenos resultados.

### 3º Paso: Soplado

- ✓ Objetivo: Eliminar restos de arena, suciedad y polvo de la junta y de la superficie del pavimento, provistos por la tarea anterior o el propio tránsito de obra.
- ✓ Presión recomendada 6kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Deberá aplicarse en lo posible justo antes de proceder a la instalación del cordón de respaldo y sellado.
- ✓ Se debe repetir la limpieza con chorro de aire en aquellas juntas que han quedado abiertas durante la noche o por periodos prolongados.



**Imagen** N° 22

*Soplado de Juntas previo al sellado*

**Fuente:** *Diseño y Construcción de Juntas*

**Autor:** *Ing. Diego H. Calo – Instituto del Cemento Portland Argentino*

### Colocación del material de respaldo

- ✓ Impide el contacto del sellador con el fondo de la caja y permite alcanzar el factor de forma especificado.
- ✓ Optimizar la cantidad de sellado utilizada, minimizando las pérdidas de material en el fondo de la junta.
- ✓ Diámetro: mínimo 25 % mayor que ancho de caja (no estirar)
- ✓ Se coloca con una herramienta especial (rueda), que posiciona el cordón a la profundidad necesaria



**Imagen** N° 23

*Colocación de Material de sellado*

**Fuente:** *Diseño y Construcción de Juntas*

**Autor:** *Ing. Diego H. Calo – Instituto del Cemento Portland Argentino*

## 6.12 REPARACION DE FALLAS DEACUERDO AL NIVEL DE SEVERIDAD

## 6.12.1 JUNTAS

### DEFICIENCIAS DE SELLADO

#### Nivel de severidad

- ✓ **Baja:** Longitud con deficiencias de sellado < 5% de la longitud de la junta.
- ✓ **Media:** 5% longitud con deficiencias de sellado 25% de la longitud de la junta.
- ✓ **Alta:** longitud con deficiencias de sellado > 25% de la longitud de la junta.

#### **Medición**

- ✓ Para Juntas transversales indicar cuantas están deterioradas (Nº) y para cada una especificar el nivel de severidad del deterioro.
- ✓ Para juntas longitudinales, contabilizar el número de tramos (mínimo de 1 m de longitud cada uno) deteriorados y su longitud total (m) y deteriorada (m). Indicar el nivel de deterioro que presenta cada una.

#### **Reparación**

- ✓ Verificar que la caja disponga de un ancho

compatible con la elongación admisible del producto de sellado por utilizar y los movimientos que experimentan las losas.

- ✓ Retirar todo vestigio del antiguo sello, limpiar cuidadosamente la caja, imprimir con el material adecuado, cuando corresponda, colocar cordón de respaldo y vaciar la cantidad exacta de sellante, todo en conformidad con lo dispuesto en la operación Nº 1, Sellado de Juntas y Grietas.

### JUNTAS SALTADAS

#### Niveles de severidad

- ✓ **Baja:** ancho saltaduras < 50 mm, medido al centro de la junta o grieta, con pérdida de material o saltaduras, sin pérdidas de material y no parchadas.
- ✓ **Media:** 50 mm ancho saltaduras 150 mm, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material.

- ✓ **Alta:** ancho saltadura > 150 mm, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material

#### **Medición**

- ✓ Establecer para cada nivel de severidad la longitud (m) de juntas y grietas que presentan saltaduras.

#### **Reparación**

- ✓ Severidad baja: reparar el sello, según Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Severidad media y alta: reparar mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, según Operación N° 4, Reparación de Espesor Parcial.

## **SEPARACION DE LA JUNTA LONGITUDINAL**

### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** ancho separación < 3 mm y sin deformación perceptible de la sección transversal.
- ✓ **Media:** 3 mm ancho separación 20 mm y la deformación de la sección transversal no implica riesgos para la seguridad de los usuarios.

- ✓ **Alta:** ancho separación > 20 mm y/o la deformación de la sección transversal, cualquiera sea el ancho de la separación, conlleva riesgos

#### **Medición**

- ✓ Determinar su longitud (m) y clasificar según grado de severidad.

#### **Reparación**

- ✓ Cuando la sección transversal no presenta deformaciones que signifiquen un riesgo para la seguridad de los usuarios, sellar de acuerdo con la Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Si hay deformación peligrosa de la sección transversal, reconstruir el tramo, reconfirmando y recompactando la subrasante y colocando barras de acero de amarre en la junta longitudinal. Luego construir el pavimento de reemplazo de acuerdo con el sistema reparación en todo el espesor; Operación N° 2 o N° 3 Reparación en todo el Espesor, según corresponda.
- ✓ Fresado para restituir el perfil longitudinal original.

## SEVERIDAD DE LAS GRIETAS

### GRITEAS DE ESQUINA

#### Nivel de severidad

- ✓ **Baja:** longitud con saltaduras < 10% de su longitud; escalonamiento imperceptible y el trozo de la esquina está completo.
- ✓ **Media:** saltaduras de severidad baja en más del 10% de la longitud o la saltadura de la grieta o junta < 15 mm y el trozo de la esquina está completo.
- ✓ **Alta:** saltaduras de severidad media o alta en más del 10% de longitud o la saltadura de la grieta o junta es 15 mm o el trozo de la esquina está quebrado en dos o más pedazos.

#### **Medición**

- ✓ Establecer el número (Nº) de grietas de esquina para cada nivel de severidad. Clasificarlas con el más alto nivel de severidad presente en al menos el 10% de la longitud.

#### **Reparación**

- ✓ Para severidad baja, sellar, según Operación Nº 1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para severidades media y alta, reparar en todo el espesor una

franja de pavimento del ancho de la losa y de una longitud mínima igual a la distancia entre la junta y la intersección de la grieta con el borde externo Operación Nº 2 o Nº 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda.

### GRIETAS LONGITUDINALES

#### Nivel de severidad

- ✓ **Baja:** ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
- ✓ **Media:** 3 ancho grieta 10 mm con saltadura de ancho < 50 mm escalonamiento < 15 mm.
- ✓ **Alta:** ancho 10 mm o saltaduras de ancho 50 mm escalonamiento 15 mm.

#### **Medición**

- ✓ Determinar la longitud (m) y número (Nº) de grietas longitudinales para cada nivel de severidad.
- ✓ Determinar separadamente también la longitud (m) de grietas longitudinales selladas, clasificándolas según nivel de severidad.

### **Reparación**

- ✓ Para niveles de severidad baja y media, sellar según Operación N° 1 Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor del tramo dañado; Operación N° 2 o N° 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda.

## **GRIETAS TRANSVERSALES**

### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
- ✓ **Media:** 3 ancho grieta 6 mm o con saltaduras de ancho < 50 mm o escalonamiento < 6 mm.
- ✓ **Alta:** ancho 6 mm o saltadura de ancho 50 mm o escalonamiento 6 mm.

### **Medición**

- ✓ Determinar el número (N°) y la longitud (m) de grietas para cada nivel de severidad.
- ✓ Asignar a cada grieta el nivel de severidad más alto que representa al menos el 10% de la longitud total.

- ✓ Determinar separadamente también la longitud (m) total de grietas, agrupadas por nivel de severidad, que tengan el sello en buenas condiciones.

### **Reparación**

- ✓ Para niveles de severidad baja y media, sellar; según Operación N°1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor; Operación N° 2 o N° 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda.

## **6.13 BOMBEO Y ESCALONAMIENTO**

### **Medidas a adoptar**

#### **Severidad Baja:**

- Cepillado con disco diamantado.
- Recolocación de pasadores (Recomendado para pavimentos con pasadores).

#### **Severidad Media:**

- Reparación en Profundidad Total.

#### **Severidad Alta:**

- Reparación Profundidad Total.



*Imagen N°24*

*Bombeo de Juntas*

*Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación de Pavimentos Rígidos*

*Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo Souza– Instituto del Cemento Portland Argentino*

## **2.10.1 OPERACIÓN N° 1 SELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS**

### **1.- Descripción y Alcances.**

En esta operación se definen los trabajos para resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de hormigón.

Mantener selladas las juntas y grietas es fundamental para alcanzar la vida útil esperada para el pavimento. Sin embargo, para que un sellado cumpla cabalmente el objetivo para el cual se coloca es necesario que las juntas y grietas no trabajen, es decir que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí. Los desplazamientos se originan porque no existe un traspaso adecuado de las cargas entre las losas, el que se

puede detectar, si no se cuenta con instrumental para ese objetivo, temprano en la mañana, antes que el sol caliente la superficie. En ese momento las caras se encuentran con su máxima separación, a veces sin tocarse, lo que se puede determinar introduciendo una delgada lámina de acero, y/o porque presentan los bordes saltados.

Las juntas y grietas que presentan esa condición de estar trabajando, deben repararse con los procedimientos descritos en las Operaciones N° 2 ó N° 3, Reparación en todo el Espesor o Reparación en todo el Espesor para Puesto en Servicio Acelerado, respectivamente, antes de proceder con un resellado.

Para los efectos de esta operación, las juntas y grietas se agruparán en función de su ancho promedio, forma y ubicación, de acuerdo a lo siguiente:

- Juntas de hasta 12 mm de ancho.
- Juntas de ancho entre 12 mm y 20 mm.
- Juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm.

- Grietas de ancho entre 3 mm y 30 mm.
- Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm.
- Juntas longitudinales de cualquier ancho.

### **2.10.2 OPERACIÓN N° 2 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR.**

#### **Descripción**

La operación tiene por objetivo reemplazar una parte deteriorada del pavimento de hormigón, la que como mínimo debe abarcar el ancho de una pista y tener no menos de 0,5 m en el sentido longitudinal. En el caso que el reemplazo afecte un área delimitada por juntas de contracción, en ellas se deberán instalar barras de traspaso de cargas; en ese caso la longitud mínima por reponer será de 1,8 m.

El procedimiento se utiliza para reparar losas que presenten los siguientes problemas:

- Grietas (transversales, longitudinales o de esquina) que muestren señales de estar trabajando y por lo tanto, no exista transferencia de cargas entre los trozos.

- Juntas o grietas con saltaduras en las aristas que alcanzan hasta un tercio del espesor de la losa.

Parte importante del éxito del procedimiento que se describe depende de dos consideraciones; la zona por reemplazar debe aislarse completamente del resto del pavimento antes de comenzar a retirarla y debe asegurarse una transmisión de cargas adecuada cuando la zona por reemplazar queda delimitada por una o más juntas de contracción y tomar las medidas para que exista una unión monolítica entre el hormigón de reemplazo y el pavimento antiguo no afectado, en los demás casos.

### **2.10.3 OPERACIÓN N° 3 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR PARA PUESTA EN SERVICIO ACELERADA**

#### **Descripción**

Corresponde a una intervención idéntica a la definida en la Operación N° 2, Reparación en Todo el Espesor, pero utilizando tecnologías que permitan su puesta en servicio en un plazo muy breve, no mayor

que 24 horas después del hormigonado (técnicas del fast-track).

La tecnología por aplicar para la entrega acelerada al tránsito no difiere substancialmente, en ningún aspecto, de los procedimientos que se utilizan para reemplazar losas completas de un pavimento o secciones de él. La diferencia se encuentra en la preparación, colocación y curado del hormigón que permite, tomando algunas precauciones especiales, devolver al tránsito la zona reemplazada en plazos que normalmente van de 6 a 24 horas.

No existe ningún diseño preestablecido de dosificación para el hormigón por utilizar en estas técnicas; sólo se requiere de una mejor selección de los materiales por utilizar, de manera de obtener altas resistencias a tempranas edades. Por las razones expuestas, antes de especificar por primera vez este tipo de técnicas se recomienda desarrollar en el laboratorio un análisis detallado para establecer las características del hormigón preparado con los materiales locales.

#### **2.10.4 OPERACIÓN N° 4 REPARACIÓN DE ESPESOR PARCIAL**

#### **Descripción**

La reparación en profundidad parcial comprende la remoción y reemplazo de una porción de la losa del tercio superior de la losa con el fin de reparar daños superficiales.

**Ventana de Oportunidad:** La ejecución de reparaciones en profundidad parcial se aplica en la mayoría de los casos a despostillamientos o quebraduras en juntas, fisuras o en las zonas interiores de las losas.

La mayoría de las quebraduras ocurren como consecuencia de un mal mantenimiento de juntas, las que al no estar selladas permiten el ingreso de materiales incompresibles en su interior en la época de menores temperaturas. Este tipo de reparación puede emplearse siempre y cuando el daño solo sea superficial. Si los despostillamientos son superiores de 150 mm, nos está indicando que el sector inferior también puede presentar daños. En estas circunstancias debería efectuarse una reparación en profundidad total.

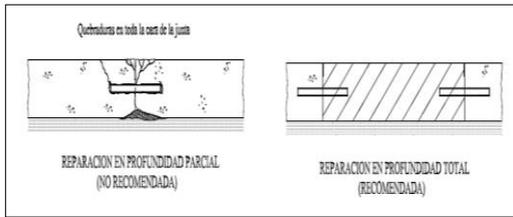


Imagen N° 25

Reparación en profundidad parcial y total  
Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación  
de Pavimentos Rígidos

Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo  
Souza– Instituto del Cemento Portland  
Argentino

### 2.10.5 OPERACIÓN N° 5 PULIDO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

#### Descripción

El pulido permite corregir eficientemente los siguientes problemas:

- Escalonamiento de juntas y fisuras.
- Elevada rugosidad del pavimento (generada en la construcción, en servicio o por las tareas de rehabilitación).
- Macrotextura inadecuada (por texturado insuficiente u originada por el desgaste del pavimento en servicio).
- Niveles de ruido excesivos.
- En esencia, la función del equipo de pulido es similar al de un cepillo para madera común.

- El pulido se ejecuta con una máquina autopropulsada especialmente diseñada para suavizar, perfilar y dar una textura adecuada a la superficie del pavimento de hormigón mediante discos de diamante.



Imagen N°26

Pulido del pavimento

Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación  
de Pavimentos Rígidos

Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo  
Souza– Instituto del Cemento Portland  
Argentino

### 2.11 TIPOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO

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

- Pavimentos de concreto simple.
  - Sin pasadores.
  - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas

- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

## b) Pavimentos de concreto simple

### 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.

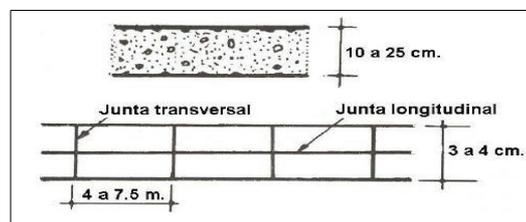


Imagen N° 27

*Pavimento de concreto simple sin pasadores*

*Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos*

*Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).*

### 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 desplazamientos 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.

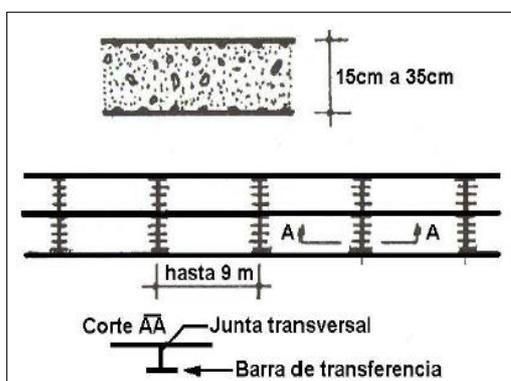


Imagen N° 28

Pavimento de concreto simple con pasadores

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

## b) Pavimentos de concreto 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.

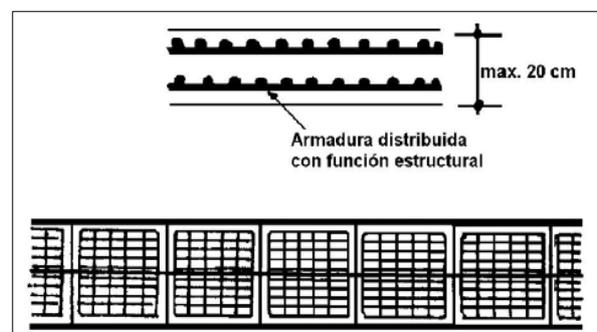


Imagen N°29

Pavimento de concreto reforzado

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

## c) Pavimentos de concreto con refuerzo.

A diferencia de los pavimentos de concreto 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.

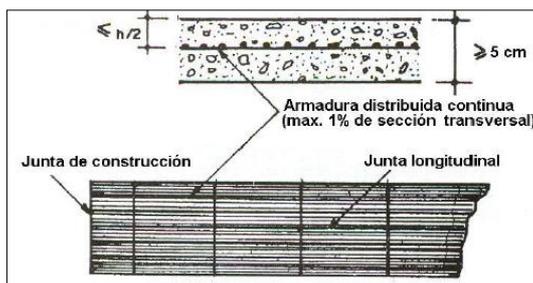


Imagen N°30

Pavimento de refuerzo continuo

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

## 1.14 PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA CONSTRUIR UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy

importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las subrasantes:

(1). **Compactación de los suelos**, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento. (2).

**Fijado de la rasante**, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento. (3). **Uniformado del terreno** en zonas donde se

tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo. (4). **Nivelación selectiva de la rasante** en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la subrasante. En ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el pavimento de concreto, el cual se conoce como sub-base. Las sub-bases se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito

pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

#### **1.14.1 PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO.**

1. Conformar **terracerías** con respecto al trazo y niveles especificados en el proyecto. Es conveniente pedir asesoría a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referentes al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los suelos.

2. El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografía. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.

3. Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.

4. Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado, que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de un vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar al concreto, con la ayuda de un escantillón que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasará la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.

5. El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, que será arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.

6. Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto. En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizará en seguida del texturizado.

7. El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.

8. La limpieza de juntas se hace mediante la inyección de agua a presión sobre las incisiones. Posteriormente se secarán los bordes con aire, se colocará un agente sellador dentro de la junta y una cintilla de respaldo.

### **2.12.2 REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS.**

➤ **Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico**

- **Una Metodología Original Basada en Criterios de Durabilidad**

Sin embargo, las especificaciones de diseño y construcción que se aplican no contemplan, por lo general, la acción del ambiente sobre los pavimentos, ni consideran los tipos de suelo que existen en la república y que podrían, en ambos casos, afectar su durabilidad.

Dicha metodología propone la evaluación de pavimentos de concreto hidráulico considerando cinco áreas básicas:

- 1.- MATERIALES Y CONCRETO
- 2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN
- 3.- TIPOS DE CARGA
- 4.- EFECTOS AMBIENTALES
- 5.- RESPUESTAS DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES.

#### **1.- MATERIALES Y CONCRETO:**

Estudios de caracterización de materiales.

Resulta fundamental en los análisis de durabilidad del concreto el conocimiento de las propiedades de los materiales empleados en cada región para la construcción de pavimentos de concreto, para lo cual se deberán realizar estudios de caracterización de materiales mediante análisis petrográficos, estudios básicos para determinar los agregados potencialmente reactivos, estudios básicos de los cementos empleados en la región que consideran la composición química de los mismos, su contenido de álcalis y su finura. Esta información facilitará la formulación de una caracterización química y física de los materiales empleados en la construcción de las losas de concreto.

Se sugiere la definición de regiones climáticas en el área de estudio con la realización de estudios petrográficos de agregados gruesos y finos. En el caso de los agregados gruesos, se ubicarán los bancos de calizas de donde se los extrae por tener una dureza 3 y

se procederá a la toma de muestras tanto del material triturado final como del material directo del banco. Debe realizarse una exploración detallada del banco en la misma ocasión en que se realice el muestreo. En el caso de los agregados finos el material generalmente es arena de río, razón por la cual deben ubicarse los ríos de donde se la extrae, y se procederá al muestreo del material necesario para el estudio, conforme a las diferentes regiones climáticas consideradas.

Los estudios petrográficos se complementarán con análisis de difracción de rayos X para obtener información relativa a la composición química de los agregados.

Estas muestras se utilizarán además para determinar el carácter reactivo o no de los agregados de cada región climática. La reactividad álcali-agregado se sugiere que se realice con base en:

- d) Ensayes de barras de mortero (ASTM C 227),

prueba que requiere de tres a seis meses para obtener resultados.

- e) Prueba química rápida (ASTM C 289), la cual determina el contenido de agregados silíceos potencialmente reactivos (dos o tres días para obtener resultados).
- f) Prueba de núcleo de roca (ASTM C 586), que determina agregados de roca con carbonatos potencialmente reactivos (se tienen resultados en 28 días).

La evaluación detallada permitirá definir criterios para ubicar los sitios de donde se extraerán corazones a los que se efectuarán pruebas de resistencia a la compresión y de permeabilidad. Se considera necesario la determinación del módulo de ruptura de los pavimentos de cada región.

**La permeabilidad** de un concreto es un buen

indicador de su durabilidad frente a agresiones físicas y químicas. La baja permeabilidad y una mejora sustancial de la microestructura de su pasta implicarán una reducción de la permeabilidad. Hustain y Loland confirman lo anterior.<sup>13</sup> Skurdal presenta resultados de la influencia que en la permeabilidad tiene la temperatura de la superficie.

## **2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Como se puede apreciar en las imágenes 21, los deterioros más severos y más numerosos que presentan los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Chihuahua se encuentran ubicados tanto en las juntas de construcción como en las juntas de expansión. Por ello, un aspecto fundamental para considerar en la metodología es el análisis de las causas reales que están ocasionando estos deterioros.

En primer término debe realizarse una recopilación de los procedimientos y equipos de construcción empleados en la región. Posteriormente, y con base en la evaluación tanto somera como detallada que se realizó previamente, se debe crear una base de datos por tipos de juntas y grietas profundas de acuerdo con una convención sugerida en las mismas metodologías. Se sugiere determinar la eficiencia de las juntas mediante la medición de las deflexiones del área cargada contra el área no cargada empleando la viga Benkelman, equipo económico y fácilmente accesible.

### **3.- TIPOS DE CARGA**

Los volúmenes vehiculares máximos, así como los datos del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual), dimensiones y peso máximo de los vehículos que circulan por los pavimentos, son datos básicos que

deben ser considerados en los análisis de durabilidad. Esta información puede obtenerse mediante una recopilación de datos existentes en las dependencias correspondientes. Asimismo se procederá a la verificación, cuando se considere necesario, mediante aforos vehiculares que determinen tanto el volumen como la composición del tránsito que circula por las vialidades. Esto se hace con el fin de contar con una información confiable y segura.

### **4.- EFECTOS AMBIENTALES**

Las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento, los agregados y el material de base; esto reafirma el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos utilizados en la

construcción de la estructura del pavimento.<sup>13</sup>

Es importante el estudio de los mecanismos que inducen el agrietamiento por contracción plástica del concreto<sup>5</sup> así como el agrietamiento por cargas de servicio ya que este redundará en una menor durabilidad de los pavimentos.<sup>18</sup> Esto requiere información

relacionada con el gradiente térmico, la humedad relativa y datos de contaminación por sulfatos, CO<sub>2</sub> y cloruros.

El conocimiento del gradiente térmico de la losa así como de la humedad relativa interna del pavimento es muy importante para cada región y en cada caso particular de interés.

## **5.- RESPUESTAS DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES.**

Los estudios de resistencia al congelamiento y al deshielo deben efectuarse en las regiones con susceptibilidad alta y media, de acuerdo con la regionalización del país propuesta en el manual del concreto de la CFE 1996. Esta se relacionará con datos, previamente obtenidos, de porosidad, absorción, permeabilidad y estructura del poro de los agregados. En general las partículas gruesas presentan más porosidad por lo que son las más propensas a saturarse y, en consecuencia, a expandirse cuando se someten a la congelación. Este aspecto deberá cuidarse especialmente en las zonas críticas (ASTM C 666).

Adicionalmente, se sugiere la realización de pruebas para determinar la profundidad de carbonatación en los pavimentos existentes en cada región, seleccionando los sitios de muestreo con base en la antigüedad y las

condiciones que propicien la presencia de este problema.

Es importante estudiar el efecto colateral que la carbonatación podría tener en el agrietamiento del pavimento, ya que al densificarse la mezcla como resultado de la reacción álcali-carbonato podría la sobrecapa ser más susceptible de agrietarse con el paso del tránsito.<sup>18</sup>

#### **2.12.4 PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL CONCRETO**

Los distintos elementos que intervienen en la mezcla de concreto deben cumplir con los siguientes requisitos en términos de durabilidad:

a) Los agregados finos deben ser químicamente inertes, libres de cualquier recubrimiento; deben ser satisfactorios en términos físicos, es decir, en cuanto a dureza, absorción, propiedades térmicas y elásticas, aspectos todos que

deben ser estudiados y evaluados en los concretos elaborados para construir pavimentos.<sup>14</sup>

b) El agregado grueso debe ser petrográficamente aceptable en cuanto a dureza y tenacidad; debe ser químicamente inerte, libre de cualquier recubrimiento, tener granulometría y forma apropiadas; debe ser satisfactorio tanto en términos físicos como en densidad y absorción, cualidades que serán analizadas en cada uno de los bancos de materiales de la región.<sup>14</sup>

c) El agua de mezclado debe ser compatible y debe estimular la hidratación química del cemento; ésta deberá estar libre de cloruros o sulfatos.<sup>14</sup>

d) Los aditivos deben ser mutuamente compatibles en el sentido químico.<sup>14, 12</sup>

La importancia de estudiar el espesor se desprende de un estudio en el que se

evidencia la influencia del espesor del pavimento en la durabilidad del mismo.

Se ha visto que uno de los factores que más inciden en la durabilidad de las mezclas de concreto es la relación agua / cemento: cuanto más baja es esta relación más resistente es el concreto y más densa e impermeable es la mezcla.<sup>15</sup>

Los compuestos químicos que se encuentran en la base hidráulica pueden contener elementos reactivos con el pavimento de concreto. Si estos compuestos ascienden por capilaridad pueden llegar al pavimento y ocasionarle deterioros.<sup>16</sup>

El estudio de dosificaciones adecuadas de mezclas y el empleo de aditivos se analizarán con el fin de determinar las más adecuadas de acuerdo con los materiales de la región. Se analizarán los bancos de materiales de la zona con el objeto de conocer la calidad

de los mismos, la posible reactividad álcali-agregado,<sup>17,</sup><sup>13</sup> la contaminación con sulfatos<sup>11</sup> o cloruros que puedan afectar la durabilidad de los concretos empleados en pavimentación.<sup>14</sup>

En esta parte del estudio y con fundamento en el conocimiento previo de la caracterización química y física de los materiales, se plantea la realización de un estudio que defina la influencia del método de dosificación de mezclas en la durabilidad del concreto obtenido. Se sugiere la comparación entre el método tradicional del ACI y un método experimental, desarrollado por un investigador cubano, el doctor V. O Reilly, cuya aplicación plantea la obtención de mezclas más económicas y durables.

#### **2.12.5 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Como se puede apreciar en las imagen 21, los deterioros más severos y más

numerosos que presentan los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Chihuahua se encuentran ubicados tanto en las juntas de construcción como en las juntas de expansión. Por ello, un aspecto fundamental para considerar en la metodología es el análisis de las causas reales que están ocasionando estos deterioros.

En primer término debe realizarse una recopilación de los procedimientos y equipos de construcción empleados en la región. Posteriormente y con base en la evaluación tanto somera como detallada que se realizó previamente, se debe crear una base de datos por tipos de juntas y grietas profundas de acuerdo con una convención sugerida en las mismas metodologías. Se sugiere determinar la eficiencia de las juntas mediante la medición de las deflexiones del área cargada contra el área no cargada empleando la viga

Benkelman, equipo económico y fácilmente accesible.

#### **2.12.6 TIPOS DE CARGA**

Los volúmenes vehiculares máximos, así como los datos del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual), dimensiones y peso máximo de los vehículos que circulan por los pavimentos, son datos básicos que deben ser considerados en los análisis de durabilidad. Esta información puede obtenerse mediante una recopilación de datos existentes en las dependencias correspondientes. Asimismo se procederá a la verificación, cuando se considere necesario, mediante aforos vehiculares que determinen tanto el volumen como la composición del tránsito que circula por las vialidades. Esto se hace con el fin de contar con una información confiable y segura.

#### ***EFFECTOS AMBIENTALES***

Las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento, los agregados y el material de base; esto reafirma el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos utilizados en la construcción de la estructura del pavimento.<sup>13</sup>

Es importante el estudio de los mecanismos que inducen el agrietamiento por contracción plástica del concreto<sup>5</sup> así como el agrietamiento por cargas de servicio ya que este redundará en una menor durabilidad de los pavimentos.<sup>18</sup> Esto requiere información relacionada con el gradiente térmico, la humedad relativa y datos de contaminación por sulfatos, CO<sub>2</sub> y cloruros.

El conocimiento del gradiente térmico de la losa así como de la humedad relativa interna del pavimento es muy importante para cada región

y en cada caso particular de interés.

### **2.12.7 RESPUESTA DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES**

Los estudios de resistencia al congelamiento y al deshielo deben efectuarse en las regiones con susceptibilidad alta y media, de acuerdo con la regionalización del país propuesta en el manual del concreto de la CFE 1996. Esta se relacionará con datos, previamente obtenidos, de porosidad, absorción, permeabilidad y estructura del poro de los agregados. En general las partículas gruesas presentan más porosidad por lo que son las más propensas a saturarse y, en consecuencia, a expandirse cuando se someten a la congelación. Este aspecto deberá cuidarse especialmente en las zonas críticas (ASTM C 666).

Adicionalmente, se sugiere la realización de pruebas para

determinar la profundidad de carbonatación en los pavimentos existentes en cada región, seleccionando los sitios de muestreo con base en la antigüedad y las condiciones que propicien la presencia de este problema.

Es importante estudiar el efecto colateral que la carbonatación podría tener en el agrietamiento del pavimento, ya que al densificarse la mezcla como resultado de la reacción álcali-carbonato podría la sobrecapa ser más susceptible de agrietarse con el paso del tránsito.<sup>18</sup> Ello permitirá realizar diseños más acordes con las características climatológicas del lugar y no utilizar únicamente normativa que no se sabe si es aplicable a las condiciones del medio. Para estudiar estos efectos es necesario seleccionar pavimentos y elaborar un mapeo de grietas señalando su ubicación y espesor. Esta evaluación se llevará a cabo con el Manual SHRP

(Strategic Highway Research Program) 1993.<sup>19</sup>

Posteriormente se extraerán corazones de concreto en zonas agrietadas y zonas sanas para observar su resistencia a la compresión simple, su carbonatación y su permeabilidad. La correlación de estos factores permitirá conocer las causas de las fallas encontradas en pavimentos de este tipo.

Se deberá determinar además el frente de sulfatación y el perfil de cloruros en donde corresponda, dependiendo de la información relativa a contaminaciones existentes.

Otro aspecto fundamental es el que se refiere al conocimiento de las condiciones locales que inducen el deterioro del acero empleado en el pavimento rígido (pasajuntas y barras de amarre) y que, en caso de ignorarse sus efectos, inducirían un proceso de corrosión con los consecuentes daños a la estructura. Cabe hacer

mención de la importancia del estudio de este parámetro que no es considerado de manera sistemática en ninguna metodología y que repercute considerablemente en los costos de un pavimento ya que, si bien 6 por ciento de éstos corresponde al costo del cemento, le sigue el costo de los pasajuntas y barras de amarre con 17 por ciento del costo total de la losa. Esto pone en evidencia la importancia de dictar recomendaciones relativas a mejorar la durabilidad del concreto y su protección contra los agentes que corroen el acero

Los estudios básicos de corrosión se fundamentan desde luego en toda la información previamente obtenida. Dada la importancia de este aspecto y el desconocimiento del fenómeno mismo, se plantea la realización de una investigación profunda de los mecanismos que inducen la corrosión de pasajuntas y barras de amarre en

carreteras construidas en ambientes marinos y se propone como blanco de este estudio el caso de los pavimentos de Chihuahua.

Es importante tener en cuenta que en este trabajo se pretende únicamente presentar de manera general la metodología para evaluar en términos de durabilidad los pavimentos de concreto. Los detalles de tal metodología se especificarán en trabajos posteriores, de acuerdo con los resultados de su aplicación en el plan piloto que se realiza en algunos estados de la república.

### **NORMAS Y CRITERIOS DE DURABILIDAD PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO**

Una vez analizada la influencia de cada uno de los factores, se estará en posibilidades de determinar criterios de diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico para

obtener una mayor durabilidad del concreto al reducir su susceptibilidad al agrietamiento,<sup>20, 18</sup> y aumentar su impermeabilidad, dureza y resistencia a la compresión. El ahorro en costos de mantenimiento y conservación de nuestras vialidades mediante el empleo de metodologías acordes con nuestras características climáticas y nuestros materiales es una forma de contribuir al desarrollo de cada región

## **1.15 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS**

### **1.15.1 Concreto**

El concreto es un material compuesto que consiste esencialmente en un medio conglomerante dentro del cual se hallan ahogadas partículas o fragmentos de

agregados. En el concreto de cemento hidráulico, el medio conglomerante está formado por una mezcla de concreto hidráulico y agua.

### **1.15.2 Concreto Armado**

El concreto, por sus características, es el material idóneo para elementos que estén sometidos únicamente a esfuerzos de compresión.

### **1.15.3 Abrasión**

Se define como "la capacidad de una superficie para resistir el desgaste por frotamiento y fricción".

### **1.15.4 Agresión Química**

Los agregados finos deben ser químicamente inertes, libres de cualquier recubrimiento; deben ser satisfactorios en términos físicos, es decir, en cuanto a dureza, absorción, propiedades térmicas y

elásticas, aspectos todos que deben ser estudiados y evaluados en los concretos elaborados para construir pavimentos.

#### **1.15.5 Cloruros**

Los cloruros se hallan normalmente en el ambiente en las zonas cercanas al mar, en el agua marina y en ciertos suelos y aguas contaminadas de manera natural o artificial.

#### **1.15.6 Fisura**

Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo.

#### **1.15.7 Juntas elevadas**

Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.50 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. ACI – la durabilidad del concreto de cemento Portland.
2. Asistente técnica en estudios de transporte urbano para área metropolitana de Lima y Callao – Perú - Manual de identificación, clasificación y tratamiento de fallas en pavimentos urbanos
3. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica – M5.2. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos. – Volumen N°12.
4. FLORES MARQUEZ, Luis Ricardo – Influencia de las juntas de la dilatación en la vida útil de los pavimentos rígidos en la Av. Ramón Castilla, tramo comprendido desde ingreso hasta Jr. Ancash – Chulucanas 2015.
5. Guía para la durabilidad del hormigón – informado por el comité ACI 201
6. Ing. Luis F. Altamirano Kauffmann – Deterioro de Pavimentos Rígidos – Metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones.
7. OLAGUE CABALLERO, Cecilia y CASTRO BORGES, Pedro – México mayo 1998 – Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico.
8. REBOLLEDO VALDIVIA, Ricardo Javier – Chile 2010 – Tesis de deterioro en pavimentos flexibles y rígidos.
9. Universidad nacional de Colombia y ministerio transporte de la república de Colombia – Manual de inspecciones visuales para pavimentos rígidos.
10. VÍLCHEZ MENDOZA, Ivi Kathia Jahaira – Tesis de Análisis de las fallas en los pavimentos intertrabados de las calles circundantes del

- mercado de Catacaos - Piura 2016
11. ZAPATA JIMENEZ, Darwins Americano – tesis de mantenimiento de las calles y avenidas de Piura para lograr una normal transitabilidad vehicular: Jirón Arequipa de la cuadra 2 a la cuadra 3, entre Av. Sánchez cerro y Jirón Cajamarca. – 2017.
12. ACI define la durabilidad del concreto de cemento Pórtland
13. Hustand, T. , Loland, K.E. "Report 4: Permeability", FCB/ Sintef Norwegian Institute of Technology Trondheim 1981, Report stf 65 A81031.
14. Kosmatka S.H., Panarese W.C. "Design and control of concrete mixtures" Portland Cement Asociación, 1988.
15. Scanlon, J. "Innovations in concrete technology", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.
16. Cottier, J. "Efectos de la reacción álcali-agregado en el concreto", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.
17. Helmuth, R. Stark D. "Alkali-Silica Reactivity" Research report SHRP-C-342 Washington D.C. 1993
18. Mendoza, C. "Evitando agrietamientos se mejora la durabilidad", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.

## REFERENCIA PERSONALES



Bachiller en Ingeniería civil, egresado de la Universidad Alas Peruanas – Filial Piura.

Soy una persona capaz y competitiva en el campo laboral con principios y valores, responsable, puntual, eficiente profesional, con buena capacidad de análisis y decisión para tomar iniciativa para resolver problemas, adaptabilidad para trabajar en grupo – proactivo.

**CATALOGO DEL SUNEDU**  
**CATALOGO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, TESIS Y PROYECTOS**  
**ASAMBLEA NACIONAL DE RECTORES**  
**RESUMEN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,**  
**TESIS Y PROYECTOS**

**I. DATOS GENERALES**

• **PRE GRADO**

- **UNIVERSIDAD:** Alas Peruanas

- **FACULTAD:** Ingenierías y Arquitectura

- **CARRERA PROFESIONAL**

Ingeniería Civil

- **TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

“ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO EN  
LOS PAVIMENTO RÍGIDO JR. LIBERTAD EN LAS CUADRAS 9, 10 Y 11 DE LA CIUDAD DE  
CHULUCANAS Y PLANTEAMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA AMPLIAR SU VIDA  
ÚTIL- 2016”

- **AREA DE INVESTIGACION**

Construcciones

- **AUTOR:**

**Bach. IRIGOIN JIMÉNEZ JIM ANDERSON**

-**DNI:** 44390476

- **TITULO PROFESIONAL A QUE CONDUCE**

Ingeniero Civil

- **AÑO DE APROBACION DE LA SUSTENTACION**

2016

- **Email:** libra\_1987\_0 a hotmali.com

## **II RESUMEN**

El objetivo de esta tesis es analizar los factores de influyen en la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas provincia de Piura, para poder determinar la gravedad de los daños sufridos en los pavimentos y poder proponer las posibles soluciones que se requieran.

Para garantizar que los pavimentos rígidos son de buena calidad y generan bienestar, comodidad y seguridad para el turista y el público urbano, es necesario e importante conocer las causas de los fallos desde el inicio de la construcción, Y sobre todo, tener un buen equipo de profesionales y trabajadores capacitados para lograr un trabajo óptimo.

La metodología utilizada es el método inductivo, analítico y descriptivo, mediante el cual se identificaron las fallas encontradas en los pavimentos rígidos de Chulucanas provincia de Piura, en los que se consideró no experimental.

La hipótesis de esta investigación es analizar los factores que influyen en la durabilidad de los pavimentos rígidos de dicha ciudad para dar las posibles soluciones de mejora, rehabilitación y mantenimiento para asegurar su vida útil.

Palabra clave: análisis de los factores que afectan la durabilidad del concreto en el pavimento rígido.

### **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Determinar las fallas encontradas de los acabados en los muros de las edificaciones construidas con ladrillos de arcilla y plantear posibles soluciones para que así los acabados de las edificaciones de Piura tengan una mejor calidad.

#### **1.1.1. OBJETIVOS PRINCIPAL**

Analizar los componentes que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la ciudad de Chulucanas y planteamiento de recomendaciones para ampliar su vida útil”

## **1.2. FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL**

Al hacer el análisis de los Factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos de la Ciudad de Chulucanas en el jirón Libertad cuadra 9, 10 y 11 se plantearan recomendaciones para ampliar su vida útil - 2016”

### **1.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- I analizar los factores que afectan la durabilidad del concreto en los pavimentos rígidos en la Jr Libertad en la cuadra 10 y 11 de la ciudad de Chulucanas para así lograr conocer la severidad encontrada en dicho pavimento.
- Al subsanar las fallas de dicho Jr libertad de las cuadra 10 y 11 se podrá saber q tipo de tratamiento o recomendación para así mejorar su vida útil del pavimento rígido.

## **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En el presente capítulo se tratará de manera breve el estado actual de los pavimentos de concreto en nuestra ciudad. Asimismo, se mencionarán los principales problemas que afectan a dichas estructuras.

También se hará una breve descripción de las principales fallas que presenta los pavimentos de concreto de la ciudad de Chulucanas, que se complementará con una galería de fotos de las mismas. Asimismo, se tratará el caso del jirón libertad cuadra 9,10 y 11 que presenta serias deficiencias en su recorrido principalmente por falta de mantenimiento.

## **Antecedentes Internacionales**

➤ **Bernal Camacho, Jesús Manuel (2009)** Existen innumerables estructuras de concreto alrededor del mundo que, a pesar de haber sido construidas hace un siglo, permanecen en uso y siguen cumpliendo satisfactoriamente las funciones para las que fueron proyectadas. Los cimientos de concreto del puente colgante sobre el Danubio, en Budapest, construido por el William T. Clark, hace más de 120 años, permanecen hoy en día en estado excelente en la llamada arcilla Kiscell, uno de los estratos más importantes del subsuelo agresivo de Budapest. Igualmente sucede con los pilares de los puentes Margareten y ferroviario del Sur, construidos en Budapest sobre subsuelos agresivos hace más de 70 años empleando cementos de Beocin y Labatlan.

Hoy en día el gran desarrollo de la construcción en los últimos 50 años se ha basado principalmente en la utilización del concreto armado y pretensado, el cual debido a sus propiedades de durabilidad y rentabilidad se ha convertido en el principal protagonista del sector, siendo utilizado tanto para edificaciones como para obra pública. La combinación del concreto y acero ofrecen magníficas prestaciones en cuanto a resistencias mecánicas.

La ciudad de Mazatlán, Sinaloa, en los últimos años ha sido objeto de interés para una gran cantidad de inversionistas (cadenas de hoteles nacionales y extranjeros e inversión privada), quienes ven en el puerto un punto estratégico de desarrollo a futuro, convirtiéndose así en el lugar de preferencia para la visita de turismo tanto nacional como internacional. La construcción de grandes edificaciones en el puerto es consecuencia de este boom inmobiliario. También ha sido notoria la remodelación de antiguas edificaciones que se encontraban en el abandono absoluto, y a través de una previa revisión apegada a las especificaciones principalmente estructurales, fueron reforzadas y rehabilitadas (Hotel Pato Blanco ahora Proyecto Tiare Sands) al servicio del turismo. Las construcciones en deterioro avanzado, han

sido analizadas y evaluadas desde el punto de vista económico y estructural, para determinar su factibilidad y ser demolidas (Hotel Coral Reef ahora Proyecto Legacy) para su nueva construcción.

Hasta hace algunos años se consideraba que un concreto armado bien ejecutado tenía una duración prácticamente ilimitada. Ahora bien, tanto la experiencia como las investigaciones llevadas a cabo indican que diferentes agresiones de tipo físico, químico o mecánico causan el deterioro del mismo y dan lugar a que aparezca todo tipo de patologías asociadas. Por lo que las estructuras se ven rápidamente afectadas por las inclemencias de la naturaleza que predominaban frente a la costa y su vida útil es considerablemente afectada. Es por eso que hoy en día los estudios acerca de la patología del concreto son cada vez más avanzados, siempre encaminados a proponer técnicas en la elaboración de elementos estructurales capaces de soportar el ataque de la salinidad y la humedad, garantizando así una vida útil con mayores expectativas de las edificaciones.

➤ **Lidia Argelia Juárez Ruiz (2008)** La durabilidad de concreto expuesto a un ambiente marino es uno de los temas poco abordados en la actualidad a nivel nacional y de gran importancia por el número de estructuras que se construyen en este ambiente. México posee un amplio litoral sobre el Golfo de México y el Océano Pacífico cuyo ambiente ha sido poco estudiado a través de parámetros que lo definan y relacionen con la durabilidad de las estructuras de concreto.

En este ámbito, es de interés en esta tesis el aportar conocimientos, aunque breves y específicos para una zona del Golfo de México, del comportamiento de concreto expuesto a un ambiente marino, particularmente en el Puerto de Progreso en Yucatán, México. El objetivo principal consistió en evaluar la durabilidad de vigas de concreto ordinario (OPC) expuestas a ambiente marino, mediante la determinación del nivel de agresividad del ambiente de exposición, de los parámetros de absorción capilar y del Coeficiente de Difusión de cloruros, para obtener un modelo de predicción de vida útil de servicio

del concreto. Las vigas corresponden a dos diseños de mezclas con relación agua/cemento de 0.45 y 0.65, elegidos por su alta representatividad en las construcciones que se realizan en el país y forman parte de un proyecto nacional sobre la Durabilidad de las estructuras de concreto en México (DURACON) que a su vez forma parte de un proyecto Iberoamericano para conocer el nivel de corrosividad y la Durabilidad del concreto en países de América Latina, Portugal y España.

Desde el inicio y durante el desarrollo de este trabajo se ha realizado una investigación bibliográfica y revisión de literatura sobre los temas de durabilidad del concreto, vida útil de servicio, absorción capilar, difusividad hidráulica, proceso de penetración de cloruros en el concreto, modelos de predicción de vida útil (etapa de iniciación) que se resume en el marco teórico de la tesis.

El proceso metodológico a seguir para lograr el objetivo consistió en la realización del monitoreo y análisis de parámetros ambientales durante un periodo de cinco años y la clasificación del microclima en función de su grado de corrosividad, basándose en los criterios dados por la norma ISO 9223:1992 en el ambiente marino de exposición de las vigas de concreto. Paralelamente se realizó la determinación y el análisis de los parámetros de absorción capilar por Método de Fagerlund y de la sortividad (ASTM C 125), así como de la difusividad hidráulica (Método de Lockington), encontrando la correlación existente de estos parámetros con respecto a la relación agua/cemento.

Se encontró una relación altamente significativa entre la sortividad y los parámetros de Fagerlund analizados en concreto dentro de un rango de porosidad efectiva de 7 a 12%. La tasa de cambio entre sortividad y torsión fue de 0,982. Los valores de sortividad están dentro del rango aceptable de penetración de agua, dado como criterio de durabilidad del concreto por Ho y Lewis. Con el fin de darle validez a los resultados, estas determinaciones se efectuaron ampliando la

base de datos del proyecto DURACON con datos de absorción capilar de otros proyectos de investigación, información presentada en los anexos de la tesis.

Se realizaron ensayos centrados principalmente en la caracterización del proceso de penetración de cloruros en el concreto; se obtuvieron trozos de las vigas de concreto expuestas, se disgregaron y pulverizaron. La determinación de cloruros se realizó por medio del método del ion selectivo o potencio métrico. Mediante la técnica de perfiles de concentración de cloruros se obtuvieron los coeficientes de difusión efectivos del cloruro a diferentes tiempos de exposición, aplicando la solución de Crank a la 2<sup>a</sup>. Ley de Fick. Se determinó la correlación que existe entre las características del ambiente estudiado y el fenómeno de penetración de cloruros. Se evaluaron modelos de predicción de vida útil existentes, dados por otros autores en la literatura con los datos de la investigación y se discutió su validez y aplicabilidad para este microclima.

La principal aportación de este trabajo consiste en la determinación de un modelo de concentración superficial de cloruros, validado con datos de otro proyecto de investigación realizado en el mismo ambiente de exposición, en el cual se estudiaron cilindros de concreto elaborados a partir de cinco diferentes mezclas de concreto ordinario (OPC), ubicados a diferentes distancias del mar. El modelo es oscilatorio de tipo sinusoidal y responde a un patrón de comportamiento cíclico anual relacionado estrechamente con los parámetros climáticos del sitio de exposición. Este modelo es fundamental para explicar el comportamiento de la concentración superficial de cloruros y en consecuencia el tipo de los perfiles de penetración de cloruros, en los que se basa la determinación del coeficiente de difusión. De ahí la conclusión de que un modelo de predicción de vida útil para este microclima debe considerar una concentración superficial y un coeficiente de difusión variables, parámetros fundamentales utilizados en los modelos de predicción revisados y que en se consideran constantes generalmente. También este modelo de concentración

superficial de cloruros permite ver que el contenido crítico de cloruros para lograr la despasivación no es un valor único y permanente, sino que es dependiente del tiempo y la concentración superficial de cloruros.

Finalmente se propone la adecuación de un modelo de difusión variable, basado en las tendencias encontradas. Es importante hacer notar que con los resultados de este trabajo se da otro enfoque en la consideración de parámetros para un modelo de predicción de vida útil, al relacionar el efecto climático en ciclos anuales y multianuales en el proceso de difusión de cloruros. Este comportamiento cíclico de los parámetros ambientales estudiados y su influencia en las variables de los modelos de predicción muestran la necesidad de hacer más investigaciones de largo término que se apeguen a las características del lugar de exposición y del tipo de materiales empleados, así como la definición del nivel de corrosividad por áreas geográficas para su eventual clasificación. Aunque son importantes los estudios a nivel de laboratorio para reproducir ciertas condiciones requeridas, es fundamental el estudio in situ de las estructuras de concreto armado, pues son las que están expuestas al ambiente, bajo diferentes niveles de agresividad.

### **Antecedentes Nacionales**

- **Becker, Edgardo (2010).** En la IX Convención Internacional del ACI PERÚ, presenta en su conferencia Internacional algunos aspectos a considerar en las etapas de diseño y construcción - Lima.

Donde propone 4 acciones prácticas para evitar la figuración temprana:

- 1) Minimizar la contracción temprana.
- 2) Aumentar la extensibilidad de la mezcla.
- 3) Disminuir la restricción entre la losa de pavimento y la base.
- 4) Adecuado debilitamiento controlado (materialización de juntas).

## **Antecedentes locales**

Los pavimentos de concreto de la ciudad de Chulucanas 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.

El sistema de drenaje más apropiado para la ciudad de Chulucanas se muestra en la figura 5.289. Como podemos ver esta opción permite un drenaje bastante aceptable, ya que al tener un filtro grueso permite mejorar el tiempo de drenaje (menos de una hora), evitando la saturación de la subbase y eliminando cualquier posibilidad de bombeo que pueda ocurrir; mientras que el filtro fino evita la erosión del material de la subrasante hacia el filtro.

La capa de drenaje es usualmente conectada a drenes longitudinales con tuberías colectoras, aunque extendiéndola con inclinación hacia la cara del talud en todo el ancho también puede utilizarse. Para mayor información del tema se puede consultar la tesis “Diseño del subdrenaje de pavimentos y su aplicación a 2 zonas de Piura” del **Carlos Alberto Chuyes Gutiérrez**.

El tránsito al ser el factor de diseño más importante es recomendable que se haga una evaluación local de éste en la vía que se va a rehabilitar.

En general, en el Perú no se cuenta con un método específico para llevar a cabo un adecuado registro de volumen de tráfico. Esta evaluación debería comprender los siguientes aspectos:

- El registro de los volúmenes de tráfico pueden hacerse en períodos cortos (5, 10, 15 minutos). Estas mediciones se expanden a tráfico horario y tráfico medio diario anual (TMDA) para analizar las tasas de flujo máximo, la variación de flujos dentro de horas punta y los límites de capacidad en el flujo de tráfico.

- Para poder realizar esta expansión de toma de registros de períodos cortos a tráfico medio diario anual es necesario establecer algún tipo de relación entre las tomas de períodos cortos y el TMDA, 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.

En la actualidad existen diferentes tablas elaboradas por países como Argentina, México que relaciona el TMDA de una intersección con el tráfico horario obtenido a partir de tomas de períodos cortos. Para esto es necesario definir primero que tipo de toma se ha efectuado (5, 10, 15 minutos), además de la hora, día de la semana y mes que se realizó la toma de datos. Después podemos expandir la toma de períodos cortos a tráfico horario. Luego de realizado el cálculo del tráfico horario se procede al cálculo del TMDA.

Es conveniente mantener un programa de registro de volúmenes, con la finalidad de mantener una base de datos actuales de las condiciones del volumen de tráfico en un determinado sistema de calles o carreteras. Estos datos son 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.

Finalmente, es importante señalar la necesidad de contar con un adecuado registro de volúmenes de tráfico para nuestra ciudad, el cual no sólo será útil para evaluar el flujo de tráfico actual en una zona determinada, sino que además puede ser utilizado en otros tipos de aplicaciones como para el caso de análisis de accidentes, etc. Actualmente la ciudad de Piura no cuenta con un registro de volúmenes de tráfico lo cual limita de manera significativa la posibilidad de desarrollar adecuados estudios de volumen de tráfico. Esto se debe principalmente a la falta de presupuesto de la Municipalidad de Chulucanas para contratar personas que se dediquen a la recolección de datos.

- 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 de lluvia.
- 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.

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 1.15.9 PATOLOGÍA DEL CONCRETO

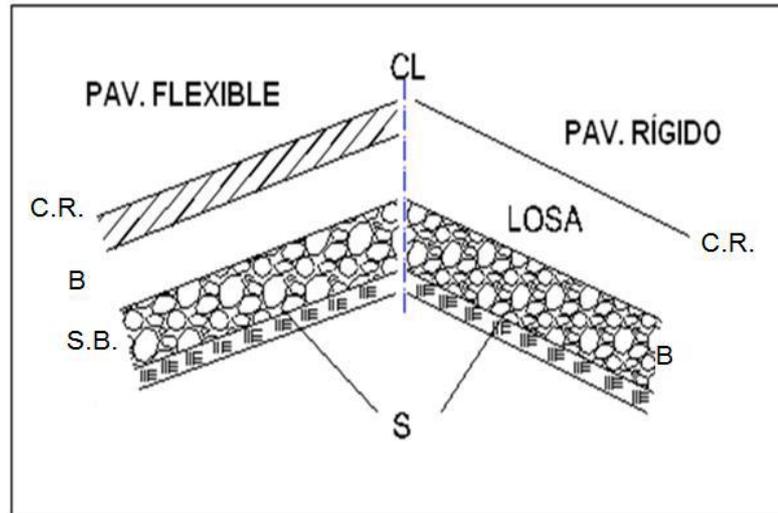
**Casas, Oscar 9.** Define la patología del concreto, es la parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto.

También lo define como el tratamiento sistemático de los defectos del concreto, sus causas, sus consecuencias y sus soluciones.

**Montejo, Alfonso 10.** Define que un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le tramite durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

### 1.15.10 COMPARACIÓN ENTRE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO HIDRÁULICO

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de



rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

IMAGEN Nº 1

PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REVOLLEDO VALDIVIA. CHILE – 2010

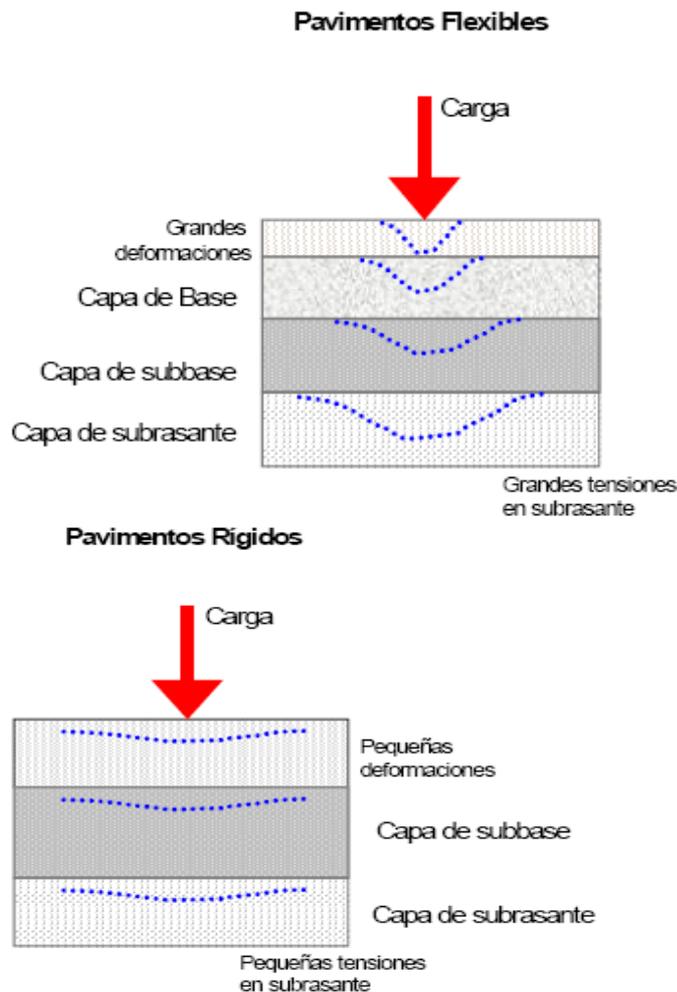


IMAGEN Nº 2

PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE

FUENTE: RICARDO JAVIER MIRANDA REVOLLEDO VALDIVIA. CHILE – 2010

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

### 1.15.10.1 PAVIMENTO RÍGIDO

Considera que pavimento rígido: Fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido (Figura 1). Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una

zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. **(Manual para el mantenimiento de la red vial secundaria)**

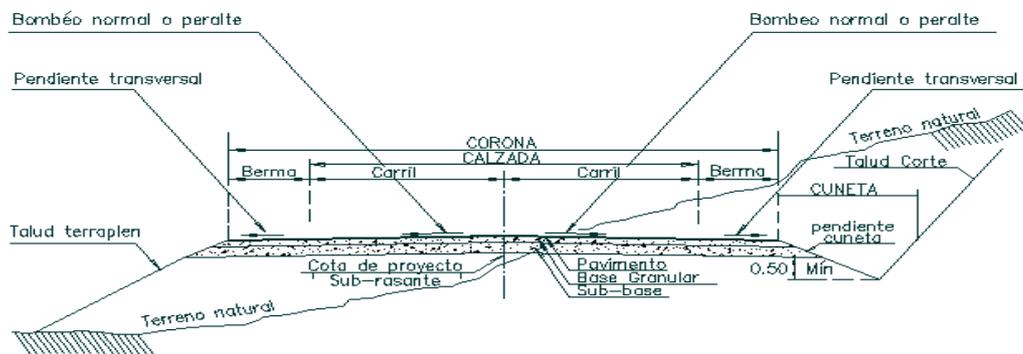


Imagen No 3

FUENTE: <http://arllangtebyanian.blogspot.pe/2015/10/clase-5.html>  
Sección típica de un pavimento rígido

### 1.15.10.2 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO RÍGIDO.

#### f) SUBRASANTE.

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el

ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

**g) SUBBASE.**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

➤ **Funciones de las capas de un pavimento rígido Subbase:**

Impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas y bordes de las losas. El agua penetra a través de las juntas, erosiona el suelo fino de la subrasante y la base de apoyo, si esta no es resistente a este efecto, y facilita así su salida a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas vehiculares repetidas.

- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje para reducir la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Controlar el cambio volumétrico de la subrasante y disminuir al mínimo su acción superficial sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante **(Montejo Fonseca, op. cit.)**

#### **h) SUPERFICIE DE RODADURA**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

### **1.15.10.3 TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**

#### **g) Concreto Hidráulico Simple**

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

#### **h) Concreto hidráulico reforzado**

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

#### **i) Concreto hidráulico reforzado continuo**

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

#### **1.15.10.4 LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO.**

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen (**ibid**).

- **Concreto**

Actualmente en el ámbito de la construcción el concreto es uno de los materiales existentes con mayor demanda debido a la diversidad que este presenta, permitiendo además un ahorro en costos de obra en las diferentes construcciones en las que se aplica dicho material, siendo necesario elaborar métodos que nos permitan obtener un óptimo rendimiento. El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta.

La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava, los cuales conforman el cuerpo del material, creando una masa que al endurecer forma una roca artificial.

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos

los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta.

- **Durabilidad**

El ACI define la durabilidad del concreto del cemento portland como la habilidad para resistir la acción del intemperismo y el ataque químico abrasión y cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras que produzcan deterioro del concreto.

En consecuencia el problema de la durabilidad es sumamente complejo, ya que amerita especificación tanto para los materiales y diseños de mezclas como para los aditivos la técnica de producción y el proceso constructivo, por lo que en este campo las generalizaciones resultan fatales

#### **1.15.10.5 Factores que influyen en la durabilidad del concreto**

Los factores que afectan la durabilidad del concreto, son aquellos que producen el deterioro del mismo.

Estos factores se clasifican en 5 grupos:

6. Congelamiento y Deshielo
7. Ambiente químicamente agresivo
8. Abrasión
9. Corrosión de metales en el concreto
10. Reacciones químicas en los agregados.

#### **6. CONGELAMIENTO Y DESHIELO Y SU MECANISMO<sup>12</sup>**

Constituye un agente de deterioro que ocurre en los climas en que la temperatura desciende hasta provocar el congelamiento del agua contenida en los poros capilares

del concreto. En términos generales el fenómeno se caracteriza por inducir esfuerzos internos en el concreto que pueden provocar su fisuración reiterada y la consiguiente desintegración.

Es importante tener claro que es un fenómeno que se da tanto a nivel de la pasta de cemento, como en los agregados de manera independiente, así como en la interacción entre ambos, por lo que su evaluación debe abordar cada uno de estos aspectos. **(Civilgeeks.com)**

#### **H.- EFECTO EN LA PASTA DE CEMENTO<sup>12</sup>**

Existen dos teorías que explican el efecto en el cemento. La primera se denomina de “Presión hidráulica” que considera que dependiendo del grado de saturación de los poros capilares y poros del gel, la velocidad de congelamiento y la permeabilidad de la pasta, al congelarse el agua en los poros ésta aumenta de volumen y ejerce presión sobre el agua aún en estado líquido, ocasionando tensiones en la estructura resistente.

La segunda teoría llamada de “Presión osmótica” asume las mismas consideraciones iniciales de la anterior pero supone que al congelarse el agua en los poros cambia la alcalinidad del agua aún en estado líquido, por lo que tiende a dirigirse hacia las zonas congeladas de alcalinidad menor para entrar en solución, lo que genera una presión osmótica del agua líquida sobre la sólida ocasionando presiones internas en la estructura resistente de la pasta.

Bajo ambas teorías, al producirse el descongelamiento se liberan las tensiones y al repetirse este ciclo muchas veces se produce la rotura por fatiga de la estructura de la pasta, si es que no se produjo inicialmente.

## **I.- EFECTO EN LOS AGREGADOS<sup>12</sup>**

En los agregados existe evidencia de que por los tamaños mayores de los poros capilares se producen generalmente presiones hidráulicas y no osmóticas, con esfuerzos internos similares a los que ocurren en la pasta de cemento, existiendo indicios que el Tamaño máximo tiene una influencia importante. Estimándose que para cada tipo de material existe un Tamaño máximo por debajo del cual se puede producir el congelamiento confinado dentro del concreto sin daño interno en los agregados.

Por otro lado, cuanto menor sea la capacidad del agregado para absorber agua, menor será el efecto del congelamiento interno de la misma.

## **J.- EFECTO ENTRE LA PASTA Y LOS AGREGADOS.**

Existe la denominada “Teoría Elástica” que considera un efecto mixto de los agregados sobre la pasta, ya que al congelarse el agua dentro de ellos, se deforman elásticamente sin romperse por tener una estructura más resistente que la del cemento y ejercen presión directa sobre la pasta generando tensiones adicionales a las ocasionadas en el cemento independientemente.

## **K.- CONTROL DE LA DURABILIDAD FRENTE AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO**

- **Aditivos Incorporadores de Aire**

Uno de los avances más importantes en la tecnología del concreto ha sido el desarrollo de los aditivos incorporadores de aire a fines de la década de los años cuarenta. Si recordamos las teorías que explican el efecto del

congelamiento en el concreto, concluiremos que en ambas existe un desplazamiento de agua en estado líquido o sólido que al encontrar restringida esta deformación genera esfuerzos.<sup>12</sup>

El principio de los incorporadores de aire consiste en introducir una estructura adicional de vacíos no interconectados, que permiten asimilar los desplazamientos generados por el congelamiento eliminando las tensiones.

Se ha establecido el denominado “Factor de espaciamiento” ( $c > 0.2$  mm) que representa la distancia máxima que debe existir entre las partículas de la pasta y los vacíos introducidos por el incorporador de aire para que sea realmente efectivo en cuanto a controlar el efecto del congelamiento y descongelamiento. **(Civilgeeks.com)**

Los porcentajes de aire incorporado que se recomiendan en función del Tamaño máximo de los agregados son los que se indican en la Tabla 01:

Tamaño máximo nominal en pulgadas	Exposición severa con humedad constante en porcentaje	Exposición moderada con humedad ocasional en porcentaje
• 3/8	7.5	6.0
• 1/2	7.0	5.5
• 3/4	6.0	5.0
• 1 1/2	5.5	4.5
• 3	4.5	3.5

**Imagen 04**

**Fuente: Guía para la durabilidad del concreto**

- **Curado**

No se puede pensar que sólo con los incorporadores de aire se soluciona el problema, pues si no le damos al concreto la posibilidad de desarrollar resistencia, de nada servirá la precaución anterior ante la fatiga que va produciendo la alternancia de esfuerzos en los ciclos de hielo y deshielo.

Para un desarrollo normal de resistencia en el tiempo, el concreto debe curarse como referencia a una temperatura de por lo menos 13 °C para un elemento de 30 cm de espesor y 5 °C para espesores de orden de 1.80 m por lo que debe procurarse mantener la temperatura adecuada mediante elementos aislantes que impidan que pierda calor y/o se evapore el agua, o se congele hasta que haya desarrollado al menos 35 kg/cm<sup>2</sup>.

Hay que recordar siempre el principio básico que se desprende de comprender el mecanismo de hidratación del cemento y que consiste en que la reacción química, necesita agua, espacio para desarrollar los productos de hidratación, cierta temperatura y tiempo. Mientras controlemos estos factores mediante el curado, aseguraremos el desarrollo completo de las propiedades del concreto y favoreceremos la durabilidad.

- **Diseños de Mezcla**

Los diseños de mezcla deben ejecutarse buscando concretos con la menor permeabilidad posible, lo cual se logra reduciendo la relación Agua/Cemento al mínimo compatible con la trabajabilidad para lo cual el ACI recomienda relaciones entre 0.45 y 0.50.

Hay que indicar que los incorporadores de aire tiene un efecto mínimo en combatir el congelamiento de los agregados, por lo que es importante seleccionar los más adecuados, para lo cual es útil el ensayo ASTM C-88 que da una idea del comportamiento ante el intemperismo.

Sólo se aplican aditivos y curado apropiado en proyectos de cierta importancia cuando lo exigen las especificaciones técnicas, siendo lo corriente al recorrer las calles de estos pueblos y ciudades el comprobar que las pistas de concreto y

estructuras están muy fisuradas y deterioradas por problemas de durabilidad no enfrentados adecuadamente.

## **7. AMBIENTE QUÍMICAMENTE AGRESIVO**

El concreto es un material que en general tiene un comportamiento satisfactorio ante diversos ambientes químicamente agresivos.

El concepto básico reside en que el concreto es químicamente inalterable al ataque de agentes químicos que se hallan en estado sólido.

Para que exista alguna posibilidad de agresión el agente químico debe estar en solución en una cierta concentración y además tener la opción de ingresar en la estructura de la pasta durante un tiempo considerable, es decir debe haber flujo de la solución concentrada hacia el interior del concreto y este flujo debe mantenerse el tiempo suficiente para que se produzca la reacción.

Este marco de referencia reduce pues las posibilidades de ataque químico externo al concreto, existiendo algunos factores generales que incrementan la posibilidad de deterioro como son: las temperaturas elevadas, velocidades de flujo altas, mucha absorción y permeabilidad, el curado deficiente y los ciclos de humedecimiento y secado.

Los ambientes agresivos usuales están constituidos por aire, agua y suelos contaminados que entran en contacto con las estructuras de concreto.

Se puede decir pues que el concreto es uno de los materiales que demuestra mayor durabilidad frente a ambientes químicamente agresivos, ya que si se compara estadísticamente los casos de deterioro con aquellos en que mantiene sus condiciones iniciales pese a la agresividad, se

concluye en que estos casos son excepcionales.  
(Civilgeeks.com)

En la Tabla 02 y Tabla 03 se resumen los efectos que producen en el hormigón algunos agentes químicos habituales. La Tabla 2.2 muestra los factores más importantes que afectan la capacidad del hormigón para resistir el deterioro, siempre que se tomen los debidos recaudos al seleccionar los materiales utilizados para elaborar el hormigón y dosificar la mezcla.

Tabla 2.1 – Efecto de los agentes químicos de uso habitual sobre el hormigón

Velocidad del ataque a temperatura ambiente	Ácidos inorgánicos	Ácidos orgánicos	Soluciones alcalinas	Soluciones salinas	Otros
Rápida	Clorhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	-	Cloruro de aluminio	-
Moderada	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de sodio* > 20%	Nitrato de amonio Sulfato de amonio Sulfato de sodio Sulfato de magnesio Sulfato de calcio	Bromo (gaseoso) Licor de sulfato
Lenta	Carbónico	-	Hidróxido de sodio* 10 a 20%	Cloruro de amonio Cloruro de magnesio Cianuro de sodio	Cloro (gaseoso) Agua de mar Agua blanda
Despreciable	-	Oxálico Tartárico	Hidróxido de sodio* < 10% Hipoclorito de sodio Hidróxido de amonio	Cloruro de calcio Cloruro de sodio Nitrato de cinc Cromato de sodio	Amoniaco (líquido)

\* El efecto del hidróxido de potasio es similar al del hidróxido de sodio.

a  
05

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982  
Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

Tabla 2.2 – Factores que afectan el ataque del hormigón por parte de los agentes químicos

Factores que aceleran o agravan el ataque	Factores que mitigan o demoran el ataque
1. Elevada porosidad debida a: i. Elevada absorción de agua ii. Permeabilidad iii. Vacíos	1. Hormigón denso obtenido mediante: i. Correcta dosificación de la mezcla * ii. Contenido unitario de agua reducido iii. Mayor contenido de material cementicio iv. Incorporación de aire v. Compactación adecuada vi. Curado efectivo †
2. Fisuras y separaciones debidas a: i. Concentración de tensiones ii. Choque térmico	2. Tensiones de tracción reducidas en el hormigón atribuibles a: ‡ i. Uso de armadura de tracción de tamaño adecuado y correctamente ubicada ii. Inclusión de puzolana (para reducir el aumento de temperatura) iii. Colocación de materiales adecuados en las juntas de contracción
3. Lixiviación y penetración de líquidos debido a: i. Flujo de líquidos § ii. Formación de charcos iii. Presión hidráulica	3. Diseño estructural: i. Minimizar las áreas de contacto y turbulencia ii. Proveer membranas y sistemas con barreras protectoras ¶ para reducir la penetración

\* La dosificación de la mezcla y el mezclado y procesamiento inicial del hormigón fresco determinan su homogeneidad y densidad.

† Si los procedimientos de curado son defectuosos se producirán fallas y fisuras.

‡ La resistencia a la fisuración depende de la resistencia y capacidad de deformación.

§ El movimiento de las sustancias perjudiciales que transportan agua aumenta las reacciones que dependen tanto de la cantidad como de la velocidad del flujo.

¶ Los hormigones que frecuentemente estarán expuestos a agentes químicos que se sabe producen un rápido deterioro del hormigón se deberían proteger con una barrera protectora resistente a dichos agentes químicos.

IMAGEN N°06

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982  
Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

## B. Efecto de Compuestos Químicos Corrientes Sobre el Concreto

En la Tabla 02 se puede apreciar el efecto de varias sustancias químicas comunes sobre el concreto simple, comprobándose pues que son muy pocas las que realmente le acusan un daño importante.

Dentro de este panorama, los compuestos que por su disponibilidad en el medio ambiente producen la mayoría de casos de ataque químico al concreto están constituidos por los cloruros y los sulfatos.

- **Cloruros**

Como se observa en la Tabla 04, los cloruros tienen una acción insignificante sobre el concreto desde el punto de vista de la agresión química directa, pero erradamente se les considera en muchas oportunidades causantes del deterioro que es producido por otros agentes.

VELOCIDAD DE ATAQUE A TEMPERATURA AMBIENTE	ACIDOS INORGANICOS	ACIDOS ORGANICOS	SOLUCIONES ALCALINAS	SOLUCIONES SALINAS
Rápida	Clorhídrico Fluorhídrico Nítrico Sulfúrico	Acético Fórmico Láctico	---	Cloruro de Aluminio
Moderada	Fosfórico	Tánico	Hidróxido de Sodio > 20 %	Nitrato de Amonio Sulfato de Amonio Sulfato de sodio Sulfato de Magnesio Sulfato de Calcio
Lenta	Carbónico	---	Hidróxido de Sodio 10 a 20 % Hipoclorito de Sodio	Cloruro de Amonio Cloruro de Magnesio Cloruro de Sodio
Insignificante	---	Oxálico Tartárico	Hidróxido de Sodio > 10 % Hidróxido de Amonio	Cloruro de Calcio Cloruro de Sodio Nitrato de Zinc Cromato de sodio

IMAGEN N°07

Fuente: Report ACI Comité 201 2R- "Guide to Durable Concrete"- 1982  
Ing. P. Mejía B. (Universidad José Carlos Mariátegui. 2010.

- **Control de la agresión química**

La manera más directa consiste en evitar el construir en ambiente agresivo, pero esto no siempre puede llevarse a cabo, por lo que como regla general se debe procurar alguna barrera que evite el contacto de los cloruros y sulfatos en solución con el concreto.

Esta protección puede llevarse a cabo con pinturas bituminosa, a base de caucho o pinturas especialmente diseñadas para este tipo de agresión (normalmente del tipo epóxico), pero que resultan usualmente soluciones caras.

Otra medida es crear drenajes adecuados entre el concreto estructural y el suelo agresivo que corten el flujo de la solución impidiendo el contacto entre ambos. Una medida conveniente en Independientemente de lo anterior, lo básico para que se reduzcan las posibilidades de que el concreto sea deteriorado por agresión química consiste en que el diseño de mezcla considere una relación agua/cemento baja de modo de reducir su permeabilidad, emplear agregados densos y utilizar cementos resistentes a los sulfatos como los Tipo II, Tipo V, Tipo IP, Tipo IPM o añadiendo específicamente Puzolanas que al combinarse con la cal libre del cemento reducen la formación de yeso.

La característica principal de los cementos resistentes a los sulfatos consiste en un bajo contenido de Aluminato Tricálcico (Máximo entre 5 a 8%) lo que disminuye la formación de compuestos expansivos.

Los aditivos que contribuyen a reducir el agua de amasado ayudan a incrementar la resistencia a los sulfatos, pero los acelerantes que contienen cloruros tienen un efecto negativo por lo que se recomienda prohibir su empleo en estas circunstancias

## **8. ABRASIÓN DEL CONCRETO**

El factor principal reside en qué tan resistente es desde el punto de vista estructural o mecánico, la superficie expuesta al desgaste.

Se han desarrollado varias maneras de medir el desgaste o la resistencia a la abrasión tanto a nivel de laboratorio como a escala natural pero los resultados son bastante relativos pues ninguna de ellas puede reproducir las condiciones reales de uso de las estructuras, ni dar una medida absoluta en términos numéricos que pueda servir para comparar condiciones de uso o concretos similares, por lo tanto el mejor indicador es evaluar principalmente factores como la resistencia en compresión, las características de los agregados, el diseño de mezcla, la técnica constructiva y el curado.

## **9. CORROSIÓN DE LOS METALES**

El concreto por ser un material con una alcalinidad muy elevada ( $\text{PH} > 12.5$ ), y alta resistividad eléctrica constituye uno de los medios ideales para proteger metales introducidos en su estructura, al producir en ellos una película protectora contra la corrosión. Pero si por circunstancias internas o externas se cambian estas condiciones de protección, se producen el proceso electroquímico de la corrosión generándose compuestos de óxidos de hierro que llegan a

triplicar el volumen original del hierro, destruyendo el concreto al hincharse y generar esfuerzos internos.

En el concreto pueden incluirse una serie de metales dependiendo de la utilidad que queremos darle, pero lo real es que el acero, es el metal de mayor uso desde que se desarrolló el concreto reforzado y sus múltiples aplicaciones, por lo que en este acápite se tratará solo el caso de la corrosión del acero de refuerzo.

En el caso del acero de refuerzo, permitiéndose las siguientes conclusiones:

1. El ánodo y cátodo están separados, pero dicha separación puede ser una micra o una distancia muy grande e igualmente se verifica el fenómeno, por lo que en el acero de refuerzo se puede dar la corrosión por microceldas o macroceldas.

2. El oxígeno no está involucrado en el lugar donde se produce la corrosión, que es exclusivamente el ánodo, sin embargo, si es imprescindible que en el cátodo haya oxígeno y agua para el proceso electroquímico.

3. Debe existir la suficiente concentración de iones para que se inicie el flujo electroquímico, lo que en la práctica se produce cuando ingresan cloruros en cantidad suficiente, se reduce la alcalinidad ( $\text{PH} < 8.0$ ) y se dan las condiciones de humedad en el cátodo.

4. El flujo se interrumpe y consecuentemente la corrosión, cuando se elimina el conductor metálico entre el ánodo y el cátodo o evitando que haya oxígeno en el cátodo o

eliminando el agua entre ambos que es el medio de transporte de los iones .

En consecuencia, analizando el mecanismo, es evidente que deben cumplirse varias condiciones para que se produzca la corrosión y en general salvo casos especiales esto no ocurre con frecuencia. Solo si tenemos cloruros en una determinada concentración referida al peso del cemento estimada normalmente del orden del 0.2% existe la posibilidad de corrosión si a la vez se cumplen los otros requisitos. La terminología de la ASTM (G15) define la corrosión

## **10. REACCIÓN QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS**

La reacción propicia el desarrollo de un gel expansivo en la interface agregado – pasta, que rompe la estructura interna del concreto provocando fisuración y desintegración.

## **RECOMENDACIONES SOBRE REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS**

Como ya mencionamos, en nuestro medio no hay muchos antecedentes de ocurrencia de este tipo de reacciones pese a que por ejemplo la andesita es un mineral muy abundante en nuestro país, pero es probable que la cantidad de obras que se hayan ejecutado en las zonas que pudieran ser potencialmente reactivas no hayan ameritado el empleo masivo de estos materiales, o simplemente no tienen la reactividad que tienen en otros países donde el problema sí es grave.

En conclusión, la mejor recomendación al evaluar una cantera donde haya sospecha de reactividad alcalina es recopilar la mayor información estadística sobre el uso anterior de los agregados en la producción de concreto e inspeccionar las obras ejecutadas para poder estimar el riesgo.

## **APLICACIONES DEL PAVIMENTOS RÍGIDOS:**

### **a) Aeropistas**

En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un sistema de apertura rápida; éste consiste en el colado secuencial del pavimento en la reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.

### **b) Vialidades urbanas**

La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas, pues además del tiempo y costo, afectan al tránsito vehicular. Sin embargo, con los pavimentos de concreto de apertura rápida, estos problemas se minimizan ostensiblemente.

### **c) Zonas residenciales**

El uso de pavimentos de concreto en zonas residenciales aumenta día con día, debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limitar a sólo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

## **FALLAS QUE ORIGINAN EL DETERIORO DEL PAVIEMNTO RIGIDO**

Las fallas que suelen presentarse a continuación pueden generarse debido a varios factores presentes en este ámbito constructivo.

### **2. JUNTAS**

Se presentan tres tipos de fallas

#### **DEFICIENCIAS DEL SELLADO**

Deterioro del sello de las juntas que permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial.

Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos: endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, fluencia fuera de la caja, carencia total, incrustación de materias ajenas y crecimiento de vegetación.

Entre sus causas más comunes podemos encontrar:

- **Endurecimiento:** Producto de mala calidad, envejecimiento
- **Despegado de las paredes de la junta:** Producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada.
- **Fluencia fuera de la caja:** Exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- **Carencia:** Producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente.
- **Incrustaciones de materias incompresibles:** Bermas no pavimentadas, vehículos que dejan caer materiales.



**Imagen** N° 08

*Deficiencias de Sellado*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

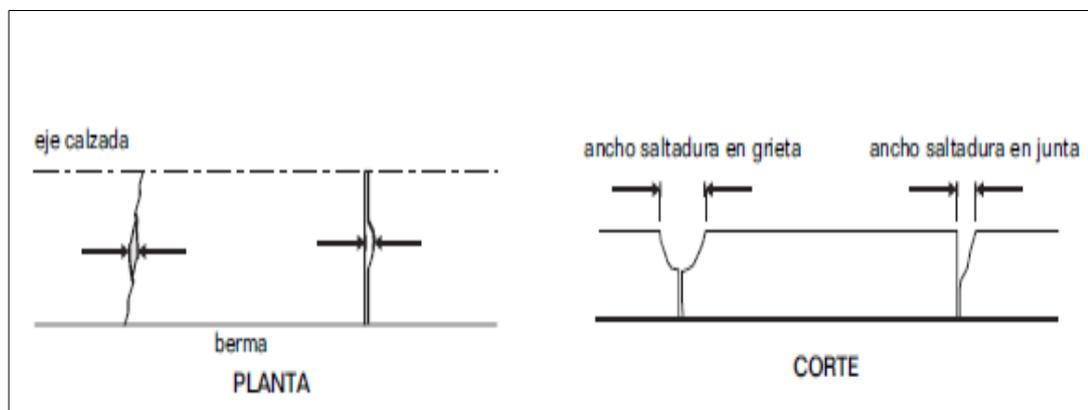
**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica.

## JUNTAS SALTADAS

Desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos y que puede afectar hasta unos 500 mm dentro de la losa, medidos como se indica en la Figura.

Entre sus causas podemos encontrar:

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a un acabado excesivo u otro defecto de construcción.
- Penetración de partículas incompresibles dentro de la caja de una junta o dentro de una grieta activa



**Imagen N° 09**

*Juntas Saltadas*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica



**Imagen N°10 y 11**

*Juntas Saltadas*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

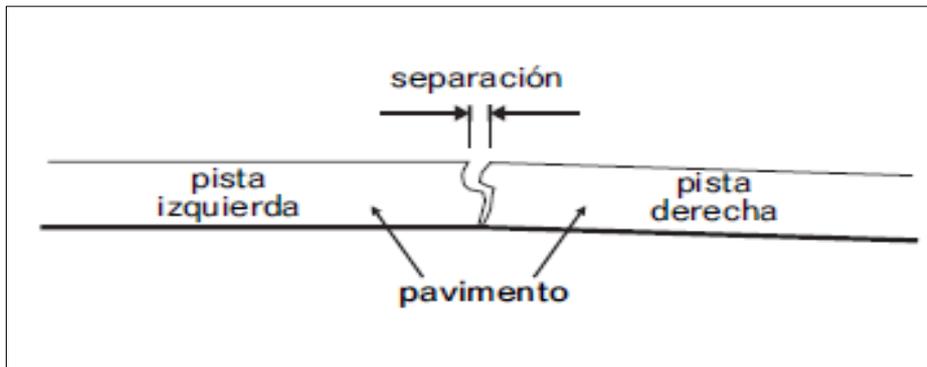
**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL

Abertura en la junta longitudinal del pavimento.

Las causas posibles para este caso son:

- Ausencia de barras de acero de amarre entre pistas adyacentes.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.
- Carencia de bermas.



**Imagen N°12**

*Separación de la Junta longitudinal*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica



**Imagen N° 13**

*Separación de la Junta longitudinal*

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

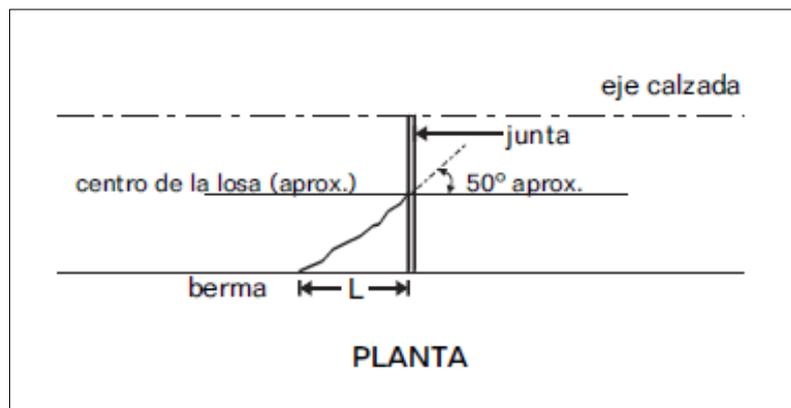
## 1.16 GRIETAS

### 2.3.1 GRIETAS DE ESQUINA

Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50 grad. con la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa.

Entre sus causas posibles podemos encontrar:

- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las juntas.



*Imagen N°14*

*Grietas de Esquina*

*Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.*

*Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica*

### 2.3.2 GRIETAS LONGITUDINALES

Grietas que son predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L en la Figura) mucho mayor que la mitad del ancho de la losa (a/2 en la Figura).

Las causas más comunes que tenemos ante este tipo de falla son:

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.
- Aserrado tardío de la junta.

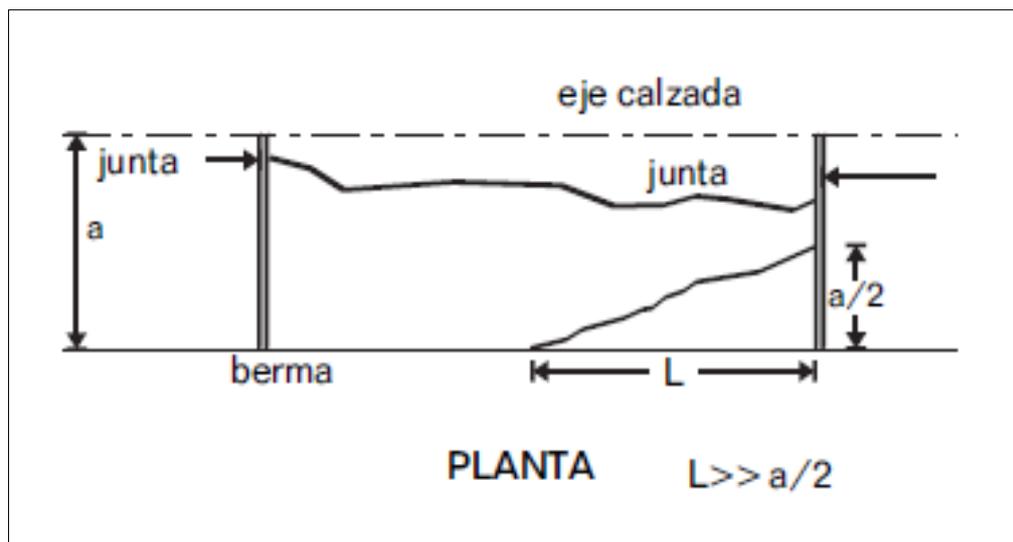


Imagen N°15

Grietas Longitudinales

Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

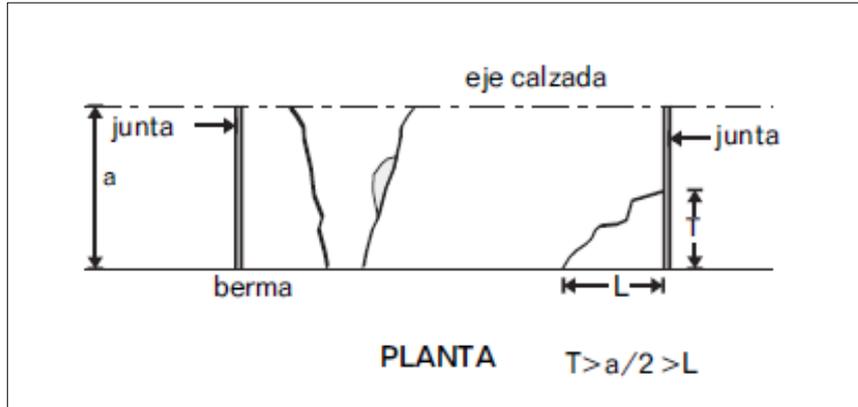
### 2.3.3 GRIETAS TRANSVERSALES

Grietas predominantemente perpendiculares al eje de la calzada.

También pueden extenderse desde una junta transversal hasta el borde del pavimento, siempre que la intersección con la junta esté a una distancia del borde mayor que la mitad del ancho de la losa ( $T > a/2$  en la Figura) y la intersección con el borde se encuentre a una distancia inferior que la mitad del ancho de la losa ( $L < a/2$  en la Figura).

Posibles causas:

- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones.
- Retracción térmica que origina alabeos.



**Imagen N° 16**

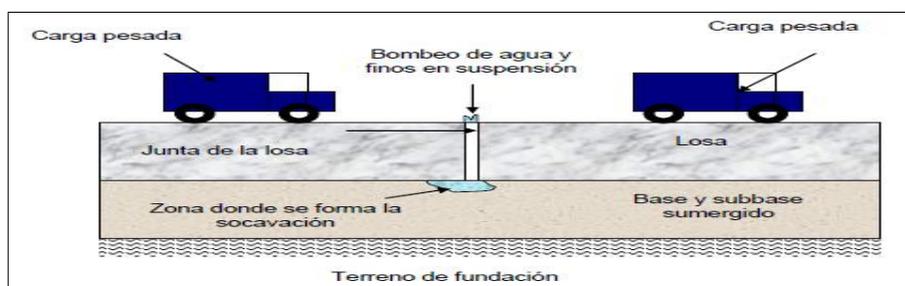
Grietas Transversales

**Fuente:** M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

**Autor:** Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## 1.17 BOMBEO

Cuando existe acumulación de agua en la estructura del pavimento, las deflexiones de las losas de concreto en las juntas, las grietas y a lo largo de borde de las losas bajo efecto de cargas pesadas, se produce desplazamiento y eyección de agua. Esta acción contiene partículas de suelo en suspensión y bajo constantes repeticiones remueve parte de la superficie del suelo provocando socavaciones, que conducen a una falla de soporte y consiguientemente la falla del pavimento. Este fenómeno se conoce como Bombeo. Ver imagen.



**Imagen N° 17**

Fenómeno de Bombeo en Losas de Concreto, de Cemento Portland.

**Fuente:** Clasificación de Fallas de Pavimentos Flexibles y Rígidos.

**Autor:** Oficina Técnica Ingeniero José Heredia & asociados C.A.

Las investigaciones y observaciones de campo han demostrado la existencia de cuatro condiciones básicas para que se produzca el fenómeno del bombeo que es:

- Suelo de subrasante de granulometría fina, o con abundante contenido de finos en los materiales que componen la base y subbase.
- Agua libre bajo el pavimento.
- Cargas frecuentes de ejes pesados.
- Existencia de juntas y grietas en el pavimento.

### 1.18 DESCASCARAMIENTOS Y ESCAMADURAS

Los descascaramientos y escamaduras son fallas en la superficie del concreto por deterioro o rotura. Los descascaramientos consisten en deterioro de la superficie del pavimento por desgaste o conformación inadecuada. En la mayoría de los casos el efecto progresivo tiende a profundizarse.

Los fenómenos de descascaramiento se producen por exceso de acabado, defectos de la mezcla, poca calidad de los agregados o curado inapropiado.

Las escamaduras son las roturas del concreto en juntas, grietas y bordes del pavimento

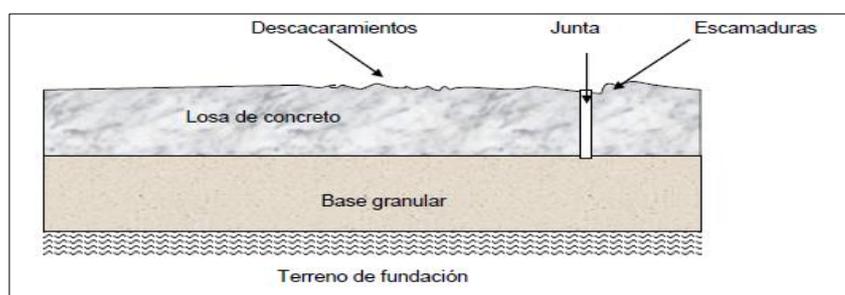


Imagen N° 18

Fenómeno de Descascaramiento y Escamaduras en Losas de Concreto, de Cemento Portland.

Fuente: Clasificación de Fallas de Pavimentos Flexibles y Rígidos.

Autor: Oficina Técnica Ingeniero José Heredia & asociados C.A

## 1.19 ESCALONAMIENTO DE JUNTAS Y GRIETAS

Desnivel entre dos superficies del pavimento, separadas por una junta transversal o grieta.

Las causas posibles que tenemos son:

- Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta.
- Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losas.
- Asentamiento diferencial de la subrasante.
- Drenaje insuficiente.

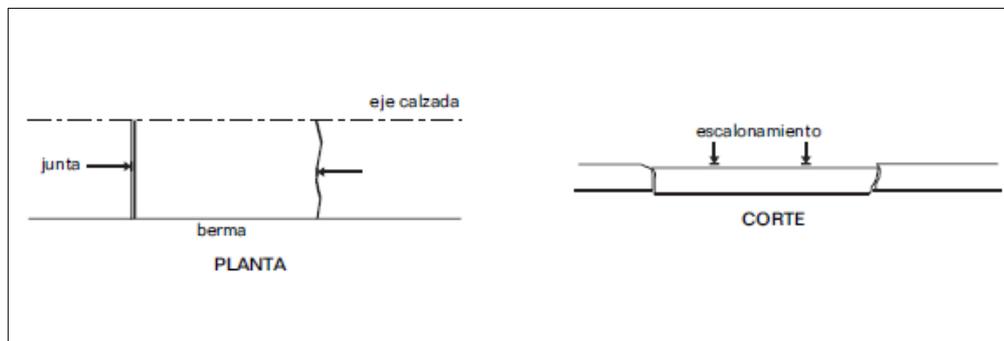


Imagen N°19

Escalonamiento de Juntas y Grietas

Fuente: M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos.

Autor: Consejo de Directores de Carreteras De Iberia e Iberoamérica

## 1.20 SELLADO DE JUNTAS

El sellado de las juntas tiene como objetivo evitar la entrada de agua por las mismas, que podría afectar, tanto a los pasadores o barras de atado en el caso de haberlas, como a la capa de base del pavimento, a la que podría llegar a erosionar provocando el bombeo de finos por las juntas y el escalonamiento de las mismas por descalce de las losas.

Además, el sellado impide también la entrada de elementos incompresibles en las juntas que podrían provocar la aparición de desportillados en las mismas e incluso roturas de esquina.

Por ello, se recomienda el sellado de todas las juntas, tanto longitudinales como transversales, en las que se dispongan pasadores o barras de atado. En otros casos, se recomienda su sellado únicamente en el caso de que el pavimento deba soportar un tráfico elevado de vehículos pesados y se encuentre en una zona con precipitación media anual elevada.

Previamente al sellado de las juntas, debe realizarse un cajeo en la parte superior de la junta a fin de obtener un surco con las dimensiones adecuadas para el producto de sellado que se utilice.

✓ **Relleno de juntas**

Cuando las juntas son del tipo llamado “de trabajo” (generalmente juntas aserradas de pequeño espesor), prácticamente no existen diferencias entre su relleno y el sellado de fisura.

En cambio, cuando la junta es “de dilatación”, la función del relleno, además de sellar y proteger la base del ingreso de humedad, es la de conformar un elemento elástico que sea capaz de absorber los movimientos que se producen entre las placas por efecto de los cambios de temperatura.

La ausencia de este relleno hace que se acumule suciedad entre las placas, que con el tiempo, al irse compactando, termina conformando un cuerpo rígido que impide el libre movimiento de expansión / contracción.

Esta situación hace que se acumulen tensiones mecánicas que terminan rompiendo el pavimento.



*Imagen N° 20*

*Junta de Dilatación*

*Fuente: Sellado de Fisuras y Relleno de Juntas.*

*Autor: Flexotop - Insumos Viales S.A.*

Los productos de sellado pueden ser, según su forma de trabajo, de los siguientes tipos

- Productos que trabajan por adherencia, como los de naturaleza asfáltica, colocados en caliente, o las siliconas de uno o dos componentes, colocadas en frío.
- Productos que trabajan a compresión, como los perfiles preformados de policloropreno (neopreno).

Las dimensiones del cajeadado de la junta serán las adecuadas para que el producto de sellado pueda soportar correctamente los movimientos a los que va a estar sometido como consecuencia de las dilataciones y contracciones producidas por efecto de la temperatura. Para trabajar adecuadamente, los productos que trabajan por adherencia deben colocarse con un factor de forma (relación entre la altura y el ancho del cordón de sellado) que depende del tipo de producto.

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

- Impermeabilidad
- Deformabilidad
- Resiliencia
- Adherencia
- Resistencia

- Estable
- Durable

#### ✓ **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 acorta 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.

#### ✓ **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. En la figura se observan los diferentes tipos de selladores.

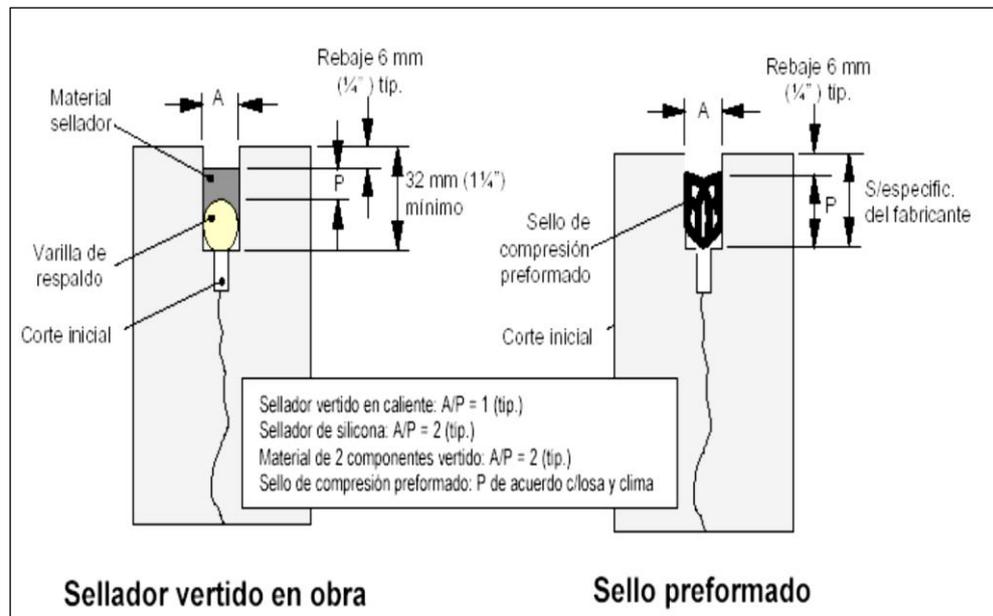


Imagen N° 21

Tipos de Sellos

Fuente: artículo "Design and construction of joint for concrete highways",

Autor: American Concrete Pavement Association (ACPA)

## ✓ PROCEDIMIENTO DE SELLADO

### Limpieza Previa

Previo al sellado, la abertura de la junta deberá ser limpiada a fondo de compuestos de curado, residuos, natas y cualquier otro material ajeno. La limpieza de las caras de la junta afecta directamente la adherencia del sellante al concreto. Una limpieza pobre reduce la adherencia del sellador la interfase con la junta, lo que reduce significativamente la efectividad del sellador. Por lo tanto la correcta limpieza es esencial para obtener una superficie de junta que no perjudicará el lazo o adhesión con el sellador.

La limpieza se puede hacer con sandblast, agua, aire a presión, cepillado de alambre o de varias otras maneras, esto dependiendo de

las condiciones de la junta y las recomendaciones del fabricante del sellador.

### **1º Paso: Hidrolavado**

- ✓ Objetivo: Eliminar los restos de material fino producto de las tareas de aserrado
- ✓ La presión de agua deberá ser de 5 a 7 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Se recomienda aplicarlo inmediatamente después del aserrado secundario (cajeado).

### **2º Paso: Arenado**

- ✓ Objetivo: Alcanzar una textura rugosa en las caras de la junta para mejorar la adherencia del sellador a las paredes de la junta.
- ✓ El arenado no debe efectuarse dirigiendo la boquilla directamente a la junta.
- ✓ La boquilla debe sostenerse en Angulo cercana a la junta para limpiar los 25 mm superiores de la caja.
- ✓ Deberán efectuarse una pasada por cada pared del reservorio para alcanzar buenos resultados.

### **3º Paso: Soplado**

- ✓ Objetivo: Eliminar restos de arena, suciedad y polvo de la junta y de la superficie del pavimento, provistos por la tarea anterior o el propio tránsito de obra.
- ✓ Presión recomendada 6kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Deberá aplicarse en lo posible justo antes de proceder a la instalación del cordón de respaldo y sellado.
- ✓ Se debe repetir la limpieza con chorro de aire en aquellas juntas que han quedado abiertas durante la noche o por periodos prolongados.



*Imagen N° 22*

*Soplado de Juntas previo al sellado*

*Fuente: Diseño y Construcción de Juntas*

*Autor: Ing. Diego H. Calo – Instituto del Cemento Portland Argentino*

### **Colocación del material de respaldo**

- ✓ Impide el contacto del sellador con el fondo de la caja y permite alcanzar el factor de forma especificado.
- ✓ Optimizar la cantidad de sellado utilizada, minimizando las pérdidas de material en el fondo de la junta.
- ✓ Diámetro: mínimo 25 % mayor que ancho de caja (no estirar)
- ✓ Se coloca con una herramienta especial (rueda), que posiciona el cordón a la profundidad necesaria



*Imagen N° 23*

*Colocación de Material de sellado*

*Fuente: Diseño y Construcción de Juntas*

*Autor: Ing. Diego H. Calo – Instituto del Cemento Portland Argentino*

## 1.21 REPARACIÓN DE FALLAS DE ACUERDO AL NIVEL DE SEVERIDAD

### 2.8.1 JUNTAS DEFICIENCIAS DE SELLADO

#### Nivel de severidad

- ✓ **Baja:** Longitud con deficiencias de sellado < 5% de la longitud de la junta.
- ✓ **Media:** 5% longitud con deficiencias de sellado 25% de la longitud de la junta.
- ✓ **Alta:** longitud con deficiencias de sellado > 25% de la longitud de la junta.

#### **Medición**

- ✓ Para Juntas transversales indicar cuantas están deterioradas (Nº) y para cada una especificar el nivel de severidad del deterioro.
- ✓ Para juntas longitudinales, contabilizar el número de tramos (mínimo de 1 m de longitud cada uno) deteriorados y su longitud total (m) y deteriorada (m). Indicar el nivel de deterioro que presenta cada una.

#### **Reparación**

- ✓ Verificar que la caja disponga de un ancho compatible con la elongación admisible del producto de sellado por utilizar y los movimientos que experimentan las losas.
- ✓ Retirar todo vestigio del antiguo sello, limpiar cuidadosamente la caja, imprimir con el material adecuado, cuando corresponda, colocar cordón de respaldo y vaciar la cantidad exacta de sellante, todo en conformidad con lo dispuesto en la operación Nº 1, Sellado de Juntas y Grietas. **(Ítem 2.10.1)**

## 2.8.2 JUNTAS SALTADAS

### Niveles de severidad

- ✓ **Baja:** ancho saltaduras < 50 mm, medido al centro de la junta o grieta, con pérdida de material o saltaduras, sin pérdidas de material y no parchadas.
- ✓ **Media:** 50 mm ancho saltaduras 150 mm, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material.
- ✓ **Alta:** ancho saltadura > 150 mm, medido al centro de la junta o grieta y con pérdida de material

### **Medición**

- ✓ Establecer para cada nivel de severidad la longitud (m) de juntas y grietas que presentan saltaduras.

### **Reparación**

- ✓ Severidad baja: reparar el sello, según Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas. **(Ítem 2.10.1)**
- ✓ Severidad media y alta: reparar mediante el procedimiento denominado reparación de espesor parcial, según Operación N° 4, Reparación de Espesor Parcial. **(item2.10.4).**

## 2.8.3 SEPARACIÓN DE LA JUNTA LONGITUDINAL

### Nivel de severidad

- ✓ **Baja:** Ancho separación < 3 mm y sin deformación perceptible de la sección transversal.
- ✓ **Media:** 3 mm ancho se paración 20 mm y la deformación de la sección transversal no implica riesgos para la seguridad de los usuarios.
- ✓ **Alta:** ancho separación > 20 mm y/o la deformación de la sección transversal, cualquiera sea el ancho de la separación, conlleva riesgos

### **Medición**

- ✓ Determinar su longitud (m) y clasificar según grado de severidad.

### **Reparación**

- ✓ Cuando la sección transversal no presenta deformaciones que signifiquen un riesgo para la seguridad de los usuarios, sellar de acuerdo con la Operación N° 1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Si hay deformación peligrosa de la sección transversal, reconstruir el tramo, reconfirmando y recompactando la subrasante y colocando barras de acero de amarre en la junta longitudinal. Luego construir el pavimento de reemplazo de acuerdo con el sistema reparación en todo el espesor; Operación N° 2 o N° 3 Reparación en todo el Espesor, según corresponda. (ITEM
- ✓ Fresado para restituir el perfil longitudinal original.

## **1.22 SEVERIDAD DE LAS GRIETAS**

### **2.9.1 GRITEAS DE ESQUINA**

#### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** longitud con saltaduras < 10% de su longitud; escalonamiento imperceptible y el trozo de la esquina está completo.
- ✓ **Media:** saltaduras de severidad baja en más del 10% de la longitud o la saltadura de la grieta o junta < 15 mm y el trozo de la esquina está completo.
- ✓ **Alta:** saltaduras de severidad media o alta en más del 10% de longitud o la saltadura de la grieta o junta es 15 mm o el trozo de la esquina está quebrado en dos o más pedazos.

### **Medición**

- ✓ Establecer el número (Nº) de grietas de esquina para cada nivel de severidad. Clasificarlas con el más alto nivel de severidad presente en al menos el 10% de la longitud.

### **Reparación**

- ✓ Para severidad baja, sellar, según Operación Nº 1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para severidades media y alta, reparar en todo el espesor una franja de pavimento del ancho de la losa y de una longitud mínima igual a la distancia entre la junta y la intersección de la grieta con el borde externo Operación Nº 2 o Nº 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda.

## **2.9.2 GRIETAS LONGITUDINALES**

### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
- ✓ **Media:** 3 ancho grieta 10 mm con saltadura de ancho < 50 mm escalonamiento < 15 mm.
- ✓ **Alta:** ancho 10 mm o saltaduras de ancho 50 mm escalonamiento 15 mm.

### **Medición**

- ✓ Determinar la longitud (m) y número (Nº) de grietas longitudinales para cada nivel de severidad.
- ✓ Determinar separadamente también la longitud (m) de grietas longitudinales selladas, clasificándolas según nivel de severidad.

### **Reparación**

- ✓ Para niveles de severidad baja y media, sellar según Operación Nº 1 Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor del tramo dañado; Operación Nº 2 o Nº 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda. **(ítem 2.10.2 y ítem 2.10.3)**

## **2.9.3 GRIETAS TRANSVERSALES**

### **Nivel de severidad**

- ✓ **Baja:** ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
- ✓ **Media:** 3 ancho grieta 6 mm o con saltaduras de ancho < 50 mm o escalonamiento < 6 mm.
- ✓ **Alta:** ancho 6 mm o saltadura de ancho 50 mm o escalonamiento 6 mm.

### **Medición**

- ✓ Determinar el número (Nº) y la longitud (m) de grietas para cada nivel de severidad.
- ✓ Asignar a cada grieta el nivel de severidad más alto que representa al menos el 10% de la longitud total.
- ✓ Determinar separadamente también la longitud (m) total de grietas, agrupadas por nivel de severidad, que tengan el sello en buenas condiciones.

### **Reparación**

- ✓ Para niveles de severidad baja y media, sellar; según Operación N°1, Sellado de Juntas y Grietas.
- ✓ Para nivel de severidad alta, reparación en todo el espesor; Operación N° 2 o N° 3 Reparación en Todo el Espesor, según corresponda. (**ítem 2.10.2** y **ítem 2.10.3**)

## **1.23 BOMBEO Y ESCALONAMIENTO**

### **Medidas a adoptar**

#### **Severidad Baja:**

- Cepillado con disco diamantado.
- Recolocación de pasadores (Recomendado para pavimentos con pasadores).

#### **Severidad Media:**

- Reparación en Profundidad Total.

#### **Severidad Alta:**

- Reparación Profundidad Total.



*Imagen N°24*

*Bombeo de Juntas*

*Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación de Pavimentos Rígidos*

*Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo Souza– Instituto del Cemento Portland Argentino*

## **2.10.1 OPERACIÓN N° 1 SELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS**

### **1.- Descripción y Alcances.**

En esta operación se definen los trabajos para resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de hormigón.

Mantener selladas las juntas y grietas es fundamental para alcanzar la vida útil esperada para el pavimento. Sin embargo, para que un sellado cumpla cabalmente el objetivo para el cual se coloca es necesario que las juntas y grietas no trabajen, es decir que no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí. Los desplazamientos se originan porque no existe un traspaso adecuado de las cargas entre las losas, el que se puede detectar, si no se cuenta con instrumental para ese objetivo, temprano en la mañana, antes que el sol caliente la superficie. En ese momento las caras se encuentran con su máxima separación, a veces sin tocarse, lo que se puede determinar introduciendo una delgada lámina de acero, y/o porque presentan los bordes saltados.

Las juntas y grietas que presentan esa condición de estar trabajando, deben repararse con los procedimientos descritos en las

Operaciones N° 2 ó N° 3, Reparación en todo el Espesor o Reparación en todo el Espesor para Puesto en Servicio Acelerado, respectivamente, antes de proceder con un resellado.

Para los efectos de esta operación, las juntas y grietas se agruparán en función de su ancho promedio, forma y ubicación, de acuerdo a lo siguiente:

- Juntas de hasta 12 mm de ancho.
- Juntas de ancho entre 12 mm y 20 mm.
- Juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm.
- Grietas de ancho entre 3 mm y 30 mm.
- Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm.
- Juntas longitudinales de cualquier ancho.

#### **2.10.2 OPERACIÓN N° 2 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR.**

##### **Descripción**

La operación tiene por objetivo reemplazar una parte deteriorada del pavimento de hormigón, la que como mínimo debe abarcar el ancho de una pista y tener no menos de 0,5 m en el sentido longitudinal. En el caso que el reemplazo afecte un área delimitada por juntas de contracción, en ellas se deberán instalar barras de traspaso de cargas; en ese caso la longitud mínima por reponer será de 1,8 m.

El procedimiento se utiliza para reparar losas que presenten los siguientes problemas:

- Grietas (transversales, longitudinales o de esquina) que muestren señales de estar trabajando y por lo tanto, no exista transferencia de cargas entre los trozos.
- Juntas o grietas con saltaduras en las aristas que alcanzan hasta un tercio del espesor de la losa.

Parte importante del éxito del procedimiento que se describe depende de dos consideraciones; la zona por reemplazar debe aislarse completamente del resto del pavimento antes de comenzar a retirarla y debe asegurarse una transmisión de cargas adecuada cuando la zona por reemplazar queda delimitada por una o más juntas de contracción y tomar las medidas para que exista una unión monolítica entre el hormigón de reemplazo y el pavimento antiguo no afectado, en los demás casos.

### **2.10.3 OPERACIÓN N° 3 REPARACIÓN EN TODO EL ESPESOR PARA PUESTA EN SERVICIO ACELERADA**

#### **Descripción**

Corresponde a una intervención idéntica a la definida en la Operación N° 2, Reparación en Todo el Espesor, pero utilizando tecnologías que permitan su puesta en servicio en un plazo muy breve, no mayor que 24 horas después del hormigonado (técnicas del fast-track).

La tecnología por aplicar para la entrega acelerada al tránsito no difiere substancialmente, en ningún aspecto, de los procedimientos que se utilizan para reemplazar losas completas de un pavimento o secciones de él. La diferencia se encuentra en la preparación, colocación y curado del hormigón que permite, tomando algunas precauciones especiales, devolver al tránsito la zona reemplazada en plazos que normalmente van de 6 a 24 horas.

No existe ningún diseño preestablecido de dosificación para el hormigón por utilizar en estas técnicas; sólo se requiere de una mejor selección de los materiales por utilizar, de manera de obtener altas resistencias a tempranas edades. Por las razones expuestas, antes de especificar por primera vez este tipo de técnicas se recomienda desarrollar en el laboratorio un análisis detallado para establecer las características del hormigón preparado con los materiales locales.

## 2.10.4 OPERACIÓN N° 4 REPARACIÓN DE ESPESOR PARCIAL

### Descripción

La reparación en profundidad parcial comprende la remoción y reemplazo de una porción de la losa del tercio superior de la losa con el fin de reparar daños superficiales.

**Ventana de Oportunidad:** La ejecución de reparaciones en profundidad parcial se aplica en la mayoría de los casos a despostillamientos o quebraduras en juntas, fisuras o en las zonas interiores de las losas.

La mayoría de las quebraduras ocurren como consecuencia de un mal mantenimiento de juntas, las que al no estar selladas permiten el ingreso de materiales incompresibles en su interior en la época de menores temperaturas. Este tipo de reparación puede emplearse siempre y cuando el daño solo sea superficial. Si los despostillamientos son superiores de 150 mm, nos está indicando que el sector inferior también puede presentar daños. En estas circunstancias debería efectuarse una reparación en profundidad total.

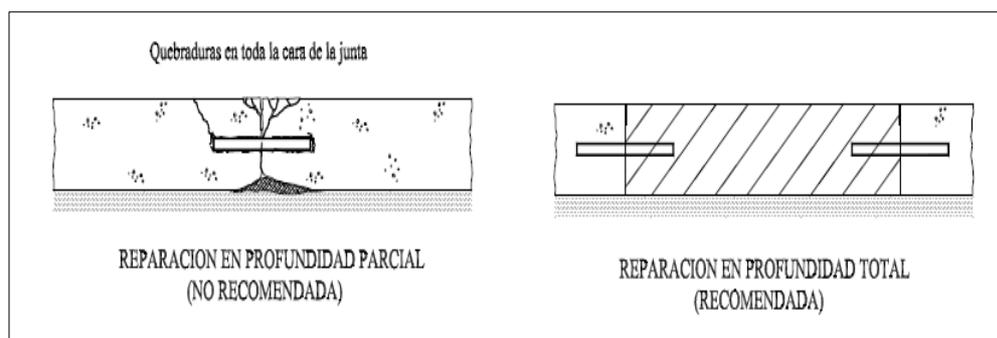


Imagen N° 25

Reparación en profundidad parcial y total

Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación de Pavimentos Rígidos

Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo Souza– Instituto del Cemento Portland Argentino

## 2.10.5 OPERACIÓN N° 5 PULIDO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

### Descripción

El pulido permite corregir eficientemente los siguientes problemas:

- Escalonamiento de juntas y fisuras.
- Elevada rugosidad del pavimento (generada en la construcción, en servicio o por las tareas de rehabilitación).
- Macrotextura inadecuada (por texturado insuficiente u originada por el desgaste del pavimento en servicio).
- Niveles de ruido excesivos.
- En esencia, la función del equipo de pulido es similar al de un cepillo para madera común.
- El pulido se ejecuta con una máquina autopropulsada especialmente diseñada para suavizar, perfilar y dar una textura adecuada a la superficie del pavimento de hormigón mediante discos de diamante.



*Imagen N°26*

*Pulido del pavimento*

*Fuente: Proyecto de Ejecución y Reparación de Pavimentos Rígidos*

*Autor: Ing. Diego H. Calo/ Arq. Edgardo Souza– Instituto del Cemento Portland Argentino*

## 2.11 TIPOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO

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

- Pavimentos de concreto simple.
  - Sin pasadores.
  - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

### c) Pavimentos de concreto simple

#### 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.

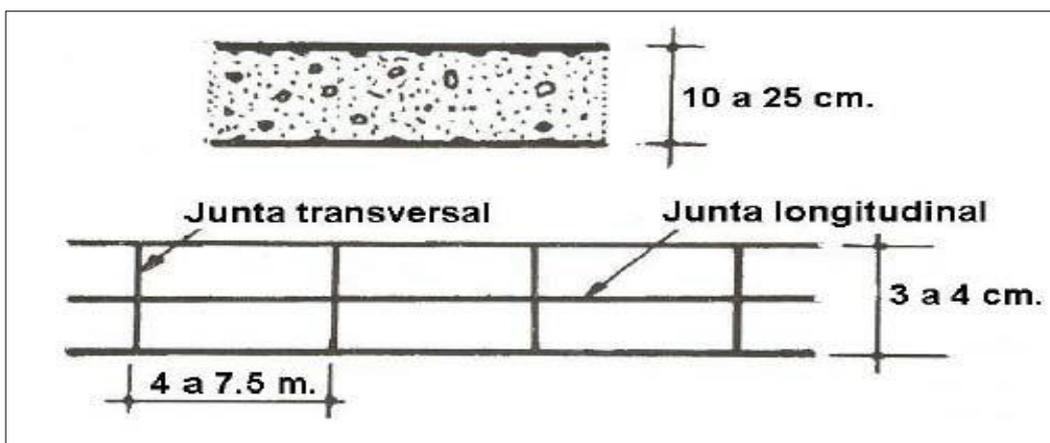


Imagen N° 27

Pavimento de concreto simple sin pasadores

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

### 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 desplazamientos 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.

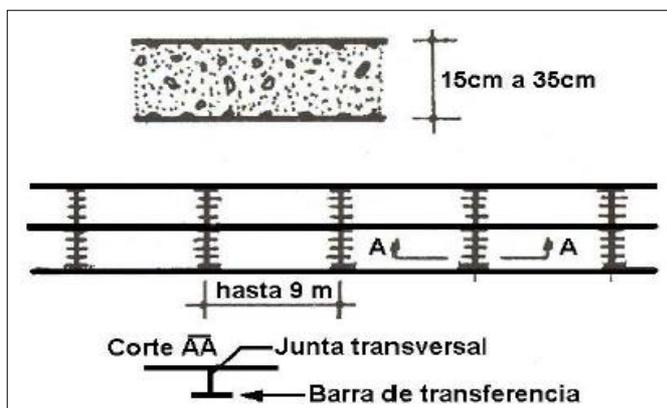


Imagen N° 28

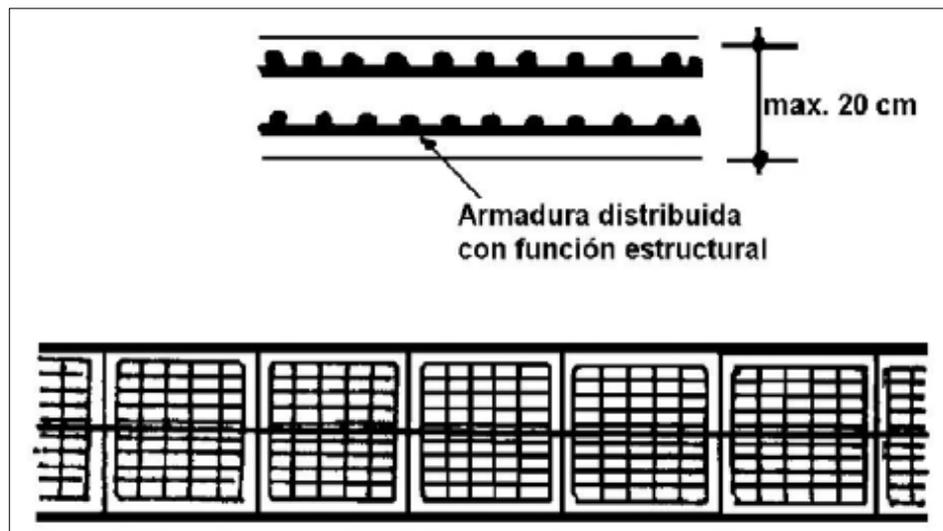
Pavimento de concreto simple con pasadores

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

### b) Pavimentos de concreto 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.



*Imagen N°29*

*Pavimento de concreto reforzado*

*Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos*

*Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).*

### **c) Pavimentos de concreto con refuerzo.**

A diferencia de los pavimentos de concreto 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.

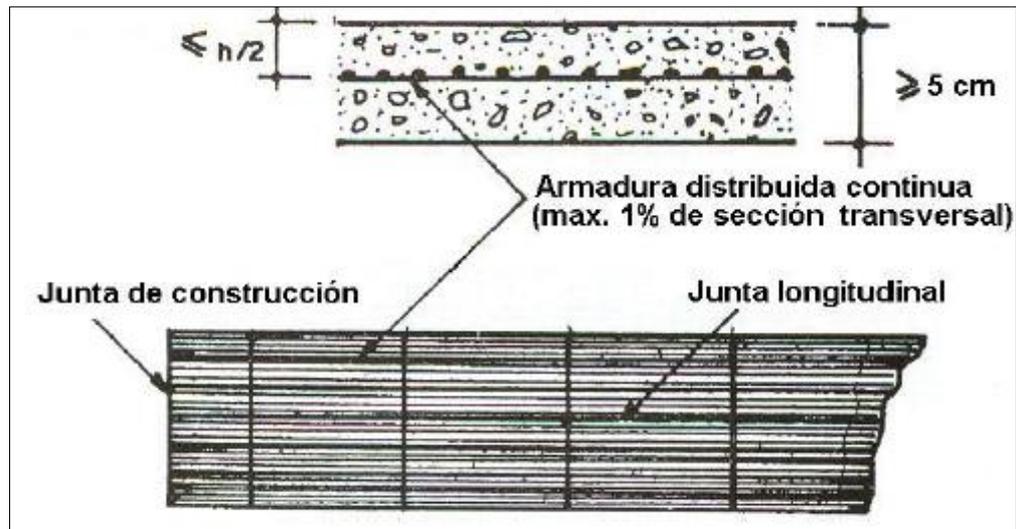


Imagen N°30

Pavimento de refuerzo continuo

Fuente: método AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos rígidos

Autor: Boletín técnico N0 81 de la Asociación de Productores de Cementos del Perú (ASOCEM).

## 1.24 PREPARACIÓN DEL TERRENO PARA CONSTRUIR UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las subrasantes:

- (1). **Compactación de los suelos**, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.
- (2). **Fijado de la rasante**, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.
- (3). **Uniformado del terreno** en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.
- (4). **Nivelación selectiva de la rasante** en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la subrasante. En ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el pavimento de concreto, el cual se conoce como sub-base. Las sub-bases se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito

pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

#### **1.24.1 PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO.**

1. Conformar **terracerías** con respecto al trazo y niveles especificados en el proyecto. Es conveniente pedir asesoría a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referentes al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los suelos.

2. El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografía. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.

3. Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.

4. Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado, que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de un vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar al concreto, con la ayuda de un escantillón que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasará la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.

5. El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, que será arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.

6. Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto. En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizará en seguida del texturizado.

7. El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.

8. La limpieza de juntas se hace mediante la inyección de agua a presión sobre las incisiones. Posteriormente se secarán los bordes con aire, se colocará un agente sellador dentro de la junta y una cintilla de respaldo.

## **2.12.2 REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS.**

### **➤ Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico**

- **Una Metodología Original Basada en Criterios de Durabilidad**

Sin embargo, las especificaciones de diseño y construcción que se aplican no contemplan, por lo general, la acción del ambiente sobre los pavimentos, ni consideran los tipos de suelo que existen en la república y que podrían, en ambos casos, afectar su durabilidad.

Dicha metodología propone la evaluación de pavimentos de concreto hidráulico considerando cinco áreas básicas:

- 1.- MATERIALES Y CONCRETO
- 2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN
- 3.- TIPOS DE CARGA
- 4.- EFECTOS AMBIENTALES
- 5.- RESPUESTAS DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES.

## **1.- MATERIALES Y CONCRETO:**

### Estudios de caracterización de materiales.

Resulta fundamental en los análisis de durabilidad del concreto el conocimiento de las propiedades de los materiales empleados en cada región para la construcción de pavimentos de concreto, para lo cual se deberán realizar estudios de caracterización de materiales mediante análisis petrográficos, estudios básicos para determinar los agregados potencialmente reactivos, estudios básicos de los cementos empleados en la región que consideran la composición química de los mismos, su contenido de álcalis y su finura. Esta información facilitará la formulación de una caracterización química y física de los materiales empleados en la construcción de las losas de concreto.

Se sugiere la definición de regiones climáticas en el área de estudio con la realización de estudios petrográficos de agregados gruesos y finos. En el caso de los agregados gruesos, se ubicarán los bancos de calizas de donde se los extrae por tener una dureza 3 y se procederá a la toma de muestras tanto del material triturado final como del material directo del banco. Debe realizarse una exploración detallada del banco en la misma ocasión en que se realice el muestreo. En el caso de los agregados finos el material generalmente es arena de río, razón por la cual deben ubicarse los ríos de donde se la extrae, y se procederá al muestreo del material necesario para el estudio, conforme a las diferentes regiones climáticas consideradas.

Los estudios petrográficos se complementarán con análisis de difracción de rayos X para obtener información relativa a la composición química de los agregados.

Estas muestras se utilizarán además para determinar el carácter reactivo o no de los agregados de cada región climática. La reactividad álcali-agregado se sugiere que se realice con base en:

- g) Ensayes de barras de mortero (ASTM C 227), prueba que requiere de tres a seis meses para obtener resultados.
- h) Prueba química rápida (ASTM C 289), la cual determina el contenido de agregados silíceos potencialmente reactivos (dos o tres días para obtener resultados).
- i) Prueba de núcleo de roca (ASTM C 586), que determina agregados de roca con carbonatos potencialmente reactivos (se tienen resultados en 28 días).

La evaluación detallada permitirá definir criterios para ubicar los sitios de donde se extraerán corazones a los que se efectuarán pruebas de resistencia a la compresión y de permeabilidad. Se considera necesario la determinación del módulo de ruptura de los pavimentos de cada región.

**La permeabilidad** de un concreto es un buen indicador de su durabilidad frente a agresiones físicas y químicas. La baja permeabilidad y una mejora sustancial de la microestructura de su pasta implicarán una reducción de la permeabilidad. Hustand y Loland confirman lo anterior.<sup>13</sup> Skurdal presenta resultados de la influencia que en la permeabilidad tiene la temperatura de la superficie.

## **2.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Como se puede apreciar en las imágenes 21, los deterioros más severos y más numerosos que presentan los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Chihuahua se encuentran ubicados tanto en las juntas de construcción como en las juntas de expansión. Por ello, un aspecto fundamental para considerar en la metodología es el análisis de las causas reales que están ocasionando estos deterioros.

En primer término debe realizarse una recopilación de los procedimientos y equipos de construcción empleados en la región. Posteriormente, y con base en la evaluación tanto somera como detallada que se realizó previamente, se debe crear una base de datos por tipos de juntas y grietas profundas de acuerdo con una convención sugerida en las mismas metodologías. Se sugiere determinar la eficiencia de las juntas mediante la medición de las deflexiones del área cargada contra el área no cargada empleando la viga Benkelman, equipo económico y fácilmente accesible.

### **3.- TIPOS DE CARGA**

Los volúmenes vehiculares máximos, así como los datos del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual), dimensiones y peso máximo de los vehículos que circulan por los pavimentos, son datos básicos que deben ser considerados en los análisis de durabilidad. Esta información puede obtenerse mediante una recopilación de datos existentes en las dependencias correspondientes. Asimismo se procederá a la verificación, cuando se considere necesario, mediante aforos vehiculares que determinen tanto el volumen como la composición del tránsito que circula por las vialidades. Esto se hace con el fin de contar con una información confiable y segura.

### **4.- EFECTOS AMBIENTALES**

Las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento, los agregados y el material de base; esto reafirma el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos utilizados en la construcción de la estructura del pavimento.<sup>13</sup>

Es importante el estudio de los mecanismos que inducen el agrietamiento por contracción plástica del concreto<sup>5</sup> así como el agrietamiento por cargas de servicio ya que este redundará en una menor durabilidad de los pavimentos.<sup>18</sup> Esto requiere información

relacionada con el gradiente térmico, la humedad relativa y datos de contaminación por sulfatos, CO<sub>2</sub> y cloruros.

El conocimiento del gradiente térmico de la losa así como de la humedad relativa interna del pavimento es muy importante para cada región y en cada caso particular de interés.

## **5.- RESPUESTAS DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES.**

Los estudios de resistencia al congelamiento y al deshielo deben efectuarse en las regiones con susceptibilidad alta y media, de acuerdo con la regionalización del país propuesta en el manual del concreto de la CFE 1996. Esta se relacionará con datos, previamente obtenidos, de porosidad, absorción, permeabilidad y estructura del poro de los agregados. En general las partículas gruesas presentan más porosidad por lo que son las más propensas a saturarse y, en consecuencia, a expandirse cuando se someten a la congelación. Este aspecto deberá cuidarse especialmente en las zonas críticas (ASTM C 666).

Adicionalmente, se sugiere la realización de pruebas para determinar la profundidad de carbonatación en los pavimentos existentes en cada región, seleccionando los sitios de muestreo con base en la antigüedad y las condiciones que propicien la presencia de este problema.

Es importante estudiar el efecto colateral que la carbonatación podría tener en el agrietamiento del pavimento, ya que al densificarse la mezcla como resultado de la reacción álcali-carbonato podría la sobrecapa ser más susceptible de agrietarse con el paso del tránsito.<sup>18</sup>

### **2.12.4 PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL CONCRETO**

Los distintos elementos que intervienen en la mezcla de concreto deben cumplir con los siguientes requisitos en términos de durabilidad:

a) Los agregados finos deben ser químicamente inertes, libres de cualquier recubrimiento; deben ser satisfactorios en términos físicos, es decir, en cuanto a dureza, absorción, propiedades térmicas y elásticas, aspectos todos que deben ser estudiados y evaluados en los concretos elaborados para construir pavimentos.<sup>14</sup>

b) El agregado grueso debe ser petrográficamente aceptable en cuanto a dureza y tenacidad; debe ser químicamente inerte, libre de cualquier recubrimiento, tener granulometría y forma apropiadas; debe ser satisfactorio tanto en términos físicos como en densidad y absorción, cualidades que serán analizadas en cada uno de los bancos de materiales de la región.<sup>14</sup>

c) El agua de mezclado debe ser compatible y debe estimular la hidratación química del cemento; ésta deberá estar libre de cloruros o sulfatos.<sup>14</sup>

d) Los aditivos deben ser mutuamente compatibles en el sentido químico.<sup>14, 12</sup>

La importancia de estudiar el espesor se desprende de un estudio en el que se evidencia la influencia del espesor del pavimento en la durabilidad del mismo.

Se ha visto que uno de los factores que más inciden en la durabilidad de las mezclas de concreto es la relación agua / cemento: cuanto más baja es esta relación más resistente es el concreto y más densa e impermeable es la mezcla.<sup>15</sup>

Los compuestos químicos que se encuentran en la base hidráulica pueden contener elementos reactivos con el pavimento de concreto. Si estos compuestos ascienden por capilaridad pueden llegar al pavimento y ocasionarle deterioros.<sup>16</sup>

El estudio de dosificaciones adecuadas de mezclas y el empleo de aditivos se analizarán con el fin de determinar las más adecuadas de acuerdo con los materiales de la región. Se analizarán los bancos de materiales de la zona con el objeto de conocer la calidad de los mismos, la posible reactividad álcali-agregado,<sup>17, 13</sup> la contaminación con sulfatos<sup>11</sup> o cloruros que puedan afectar la durabilidad de los concretos empleados en pavimentación.<sup>14</sup>

En esta parte del estudio y con fundamento en el conocimiento previo de la caracterización química y física de los materiales, se plantea la realización de un estudio que defina la influencia del método de dosificación de mezclas en la durabilidad del concreto obtenido. Se sugiere la comparación entre el método tradicional del ACI y un método experimental, desarrollado por un investigador cubano, el doctor V. O Reilly, cuya aplicación plantea la obtención de mezclas más económicas y durables.

#### **2.12.5 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Como se puede apreciar en las imágenes 21, los deterioros más severos y más numerosos que presentan los pavimentos de concreto hidráulico en la ciudad de Chihuahua se encuentran ubicados tanto en las juntas de construcción como en las juntas de expansión. Por ello, un aspecto fundamental para considerar en la metodología es el análisis de las causas reales que están ocasionando estos deterioros.

En primer término debe realizarse una recopilación de los procedimientos y equipos de construcción empleados en la región. Posteriormente y con base en la evaluación tanto somera como detallada que se realizó previamente, se debe crear una base de datos por tipos de juntas y grietas profundas de acuerdo con una convención sugerida en las mismas metodologías. Se sugiere determinar la eficiencia de las juntas mediante la medición de las deflexiones del área

cargada contra el área no cargada empleando la viga Benkelman, equipo económico y fácilmente accesible.

#### **2.12.6 TIPOS DE CARGA**

Los volúmenes vehiculares máximos, así como los datos del TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual), dimensiones y peso máximo de los vehículos que circulan por los pavimentos, son datos básicos que deben ser considerados en los análisis de durabilidad. Esta información puede obtenerse mediante una recopilación de datos existentes en las dependencias correspondientes. Asimismo se procederá a la verificación, cuando se considere necesario, mediante aforos vehiculares que determinen tanto el volumen como la composición del tránsito que circula por las vialidades. Esto se hace con el fin de contar con una información confiable y segura.

#### ***EFFECTOS AMBIENTALES***

Las condiciones del medio ambiente en que se encuentran las estructuras son tan importantes como lo es el cemento, los agregados y el material de base; esto reafirma el verdadero papel que los agregados desempeñan como componentes activos utilizados en la construcción de la estructura del pavimento.<sup>13</sup>

Es importante el estudio de los mecanismos que inducen el agrietamiento por contracción plástica del concreto<sup>5</sup> así como el agrietamiento por cargas de servicio ya que este redundaría en una menor durabilidad de los pavimentos.<sup>18</sup> Esto requiere información relacionada con el gradiente térmico, la humedad relativa y datos de contaminación por sulfatos, CO<sub>2</sub> y cloruros.

El conocimiento del gradiente térmico de la losa así como de la humedad relativa interna del pavimento es muy importante para cada región y en cada caso particular de interés.

### **2.12.7 RESPUESTA DEL PAVIMENTO A LOS EFECTOS AMBIENTALES**

Los estudios de resistencia al congelamiento y al deshielo deben efectuarse en las regiones con susceptibilidad alta y media, de acuerdo con la regionalización del país propuesta en el manual del concreto de la CFE 1996. Esta se relacionará con datos, previamente obtenidos, de porosidad, absorción, permeabilidad y estructura del poro de los agregados. En general las partículas gruesas presentan más porosidad por lo que son las más propensas a saturarse y, en consecuencia, a expandirse cuando se someten a la congelación. Este aspecto deberá cuidarse especialmente en las zonas críticas (ASTM C 666).

Adicionalmente, se sugiere la realización de pruebas para determinar la profundidad de carbonatación en los pavimentos existentes en cada región, seleccionando los sitios de muestreo con base en la antigüedad y las condiciones que propicien la presencia de este problema.

Es importante estudiar el efecto colateral que la carbonatación podría tener en el agrietamiento del pavimento, ya que al densificarse la mezcla como resultado de la reacción álcali-carbonato podría la sobrecapa ser más susceptible de agrietarse con el paso del tránsito.<sup>18</sup> Ello permitirá realizar diseños más acordes con las características climatológicas del lugar y no utilizar únicamente normativa que no se sabe si es aplicable a las

condiciones del medio. Para estudiar estos efectos es necesario seleccionar pavimentos y elaborar un mapeo de grietas señalando su ubicación y espesor. Esta evaluación se llevará a cabo con el Manual SHRP (Strategic Highway Research Program) 1993.<sup>19</sup> Posteriormente se extraerán corazones de concreto en zonas agrietadas y zonas sanas para observar su resistencia a la compresión simple, su carbonatación y su permeabilidad. La correlación de estos factores permitirá conocer las causas de las fallas encontradas en pavimentos de este tipo.

Se deberá determinar además el frente de sulfatación y el perfil de cloruros en donde corresponda, dependiendo de la información relativa a contaminaciones existentes.

Otro aspecto fundamental es el que se refiere al conocimiento de las condiciones locales que inducen el deterioro del acero empleado en el pavimento rígido (pasajuntas y barras de amarre) y que, en caso de ignorarse sus efectos, inducirían un proceso de corrosión con los consecuentes daños a la estructura. Cabe hacer mención de la importancia del estudio de este parámetro que no es considerado de manera sistemática en ninguna metodología y que repercute considerablemente en los costos de un pavimento ya que, si bien 6 por ciento de éstos corresponde al costo del cemento, le sigue el costo de los pasajuntas y barras de amarre con 17 por ciento del costo total de la losa. Esto pone en evidencia la importancia de dictar recomendaciones relativas a mejorar la durabilidad del concreto y su protección contra los agentes que corroen el acero

Los estudios básicos de corrosión se fundamentan desde luego en toda la información previamente obtenida. Dada la

importancia de este aspecto y el desconocimiento del fenómeno mismo, se plantea la realización de una investigación profunda de los mecanismos que inducen la corrosión de pasajuntas y barras de amarre en carreteras construidas en ambientes marinos y se propone como blanco de este estudio el caso de los pavimentos de Chihuahua.

Es importante tener en cuenta que en este trabajo se pretende únicamente presentar de manera general la metodología para evaluar en términos de durabilidad los pavimentos de concreto. Los detalles de tal metodología se especificarán en trabajos posteriores, de acuerdo con los resultados de su aplicación en el plan piloto que se realiza en algunos estados de la república.

### **NORMAS Y CRITERIOS DE DURABILIDAD PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO**

Una vez analizada la influencia de cada uno de los factores, se estará en posibilidades de determinar criterios de diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico para obtener una mayor durabilidad del concreto al reducir su susceptibilidad al agrietamiento,<sup>20, 18</sup> y aumentar su impermeabilidad, dureza y resistencia a la compresión. El ahorro en costos de mantenimiento y conservación de nuestras vialidades mediante el empleo de metodologías acordes con nuestras características climáticas y nuestros materiales es una forma de contribuir al desarrollo de cada región

## **1.25 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **1.25.1 Concreto**

El concreto es un material compuesto que consiste esencialmente en un medio conglomerante dentro del cual se hallan ahogadas partículas o fragmentos de agregados. En el concreto de cemento hidráulico, el medio conglomerante está formado por una mezcla de concreto hidráulico y agua.

### **1.25.2 Concreto Armado**

El concreto, por sus características, es el material idóneo para elementos que estén sometidos únicamente a esfuerzos de compresión.

### **1.25.3 Abrasión**

Se define como "la capacidad de una superficie para resistir el desgaste por frotamiento y fricción".

### **1.25.4 Agresión Química**

Los agregados finos deben ser químicamente inertes, libres de cualquier recubrimiento; deben ser satisfactorios en términos físicos, es decir, en cuanto a dureza, absorción, propiedades térmicas y elásticas, aspectos todos que deben ser estudiados y evaluados en los concretos elaborados para construir pavimentos.

### **1.25.5 Cloruros**

Los cloruros se hallan normalmente en el ambiente en las zonas cercanas al mar, en el agua marina y en ciertos suelos y aguas contaminadas de manera natural o artificial.

### **1.25.6 Fisura**

Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo.

### **1.25.7 Juntas elevadas**

Rotura, fracturación o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.50 metros de una junta o una esquina y generalmente no se extiende más allá de esa distancia.

### **1.25.8 Baches**

Descomposición o desintegración la losa de hormigón y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

## CONCLUSIONES

De los datos tomados de la investigación se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

7. El pavimento rígido en el jr. Libertad cuadra 9,10,11 del cercado de Chulucanas, tramo 9 con calle pisagua de Ingreso al mercado hasta el Jr. sucre se encuentra en mal estado y por lo observado hay presencia de fallas relevantes y consideradas en el marco teórico de ellas se mencionan:
  - ❖ Por mal procedimiento constructivo, se observa en la cuadra 11 con un 80%.
  - ❖ Por abrasión por malos materiales se da un porcentaje de 50% en la cuadra 10.
8. Espesor de las juntas mayores a las recomendadas superando una pulgada
9. Un mal sellado de juntas de dilatación porque hay pérdida de finos al entrar agua de lluvias.
10. Tránsito pesado en las noches donde el alabeo de la losa es desfavorable.
11. Debido a una mala compactación del terreno el pavimento presenta hundimientos.
12. De los resultados obtenidos se observa que a esta vía no se le ha hecho un mantenimiento periódico es ahí donde recae su mal estado.

## **RECOMENDACIONES**

1. Debe hacerse un buen estudio de campo y observar los cambios de temperatura en la zona para así poder hacer un buen diseño para la ejecución de vías.
2. Construir las juntas con las medidas que establece la normatividad vigente y de buena calidad para esta vía que se encuentra muy transitada.
3. Las juntas deben estar correctamente selladas con mortero de asfalto para que así tenga una mejor función.
4. Restringir el tránsito pesado por la zona para ampliar su vida útil.
5. hacer una óptima compactación en el terreno y si el material natural no ayuda con la compactación traer material de préstamo de una cantera que cumpla con los requisitos.
6. Poner en el plan de desarrollo urbano e incluir las vías en mal estado para dar un mantenimiento periódico.

## **APORTE**

- verificar y tener en cuenta de los materiales sean los que indican en los expedientes técnicos en donde se detallan la procedencia el lugar y la cantera.
- Verificar que la dosificación del concreto sea como manda el diseño de mezcla en el expediente técnico.
- Hacer un buen sellado de juntas para hacer no perder finos en épocas de lluvia.
- Demoler la zona afectada y compactar la base y hacer una nueva losa en la zona deteriorada y se debe hacer un buen sellado a las juntas de dilatación.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. ACI – la durabilidad del concreto de cemento Portland.
2. Asistente técnica en estudios de transporte urbano para área metropolitana de Lima y Callao – Perú - Manual de identificación, clasificación y tratamiento de fallas en pavimentos urbanos
3. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica – M5.2. Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos. – Volumen N°12.
4. FLORES MARQUEZ, Luis Ricardo – Influencia de las juntas de la dilatación en la vida útil de los pavimentos rígidos en la Av. Ramón Castilla, tramo comprendido desde ingreso hasta Jr. Ancash – Chulucanas 2015.
5. Guía para la durabilidad del hormigón – informado por el comité ACI 201
6. Ing. Luis F. Altamirano Kauffmann – Deterioro de Pavimentos Rígidos – Metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones.
7. OLAGUE CABALLERO, Cecilia y CASTRO BORGES, Pedro – México mayo 1998 – Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico.
8. REBOLLEDO VALDIVIA, Ricardo Javier – Chile 2010 – Tesis de deterioro en pavimentos flexibles y rígidos.
9. Universidad nacional de Colombia y ministerio transporte de la república de Colombia – Manual de inspecciones visuales para pavimentos rígidos.

10. VÍLCHEZ MENDOZA, Ivi Kathia Jahaira – Tesis de Análisis de las fallas en los pavimentos intertrabados de las calles circundantes del mercado de Catacaos - Piura 2016
11. ZAPATA JIMENEZ, Darwins Americano – tesis de mantenimiento de las calles y avenidas de Piura para lograr una normal transitabilidad vehicular: Jirón Arequipa de la cuadra 2 a la cuadra 3, entre Av. Sánchez cerro y Jirón Cajamarca. – 2017.
12. ACI define la durabilidad del concreto de cemento Pórtland
13. Hustand, T. , Loland, K.E. "Report 4: Permeability", FCB/ Sintef Norwegian Institute of Technology Trondheim 1981, Report stf 65 A81031.
14. Kosmatka S.H., Panarese W.C. "Design and control of concrete mixtures" Portland Cement Asociación, 1988.
15. Scanlon, J. "Innovations in concrete technology", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.
16. Cottier, J. "Efectos de la reacción álcali-agregado en el concreto", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.
17. Helmuth, R. Stark D. "Alkali-Silica Reactivity" Research report SHRP-C-342 Washington D.C. 1993
18. Mendoza, C. "Evitando agrietamientos se mejora la durabilidad", Memoria del Seminario Internacional sobre Tecnología del Concreto: Durabilidad, Monterrey, N.L. Mexico 1993.