

TUES
1501
A786m
2002
Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y REPARACION DE
PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.**

PRESENTADO POR:

**HUGO ADIEL ARTEAGA
CARLOS RUBEN CATALAN OLIVA
JULIO ALFREDO RIVERA ALONZO**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

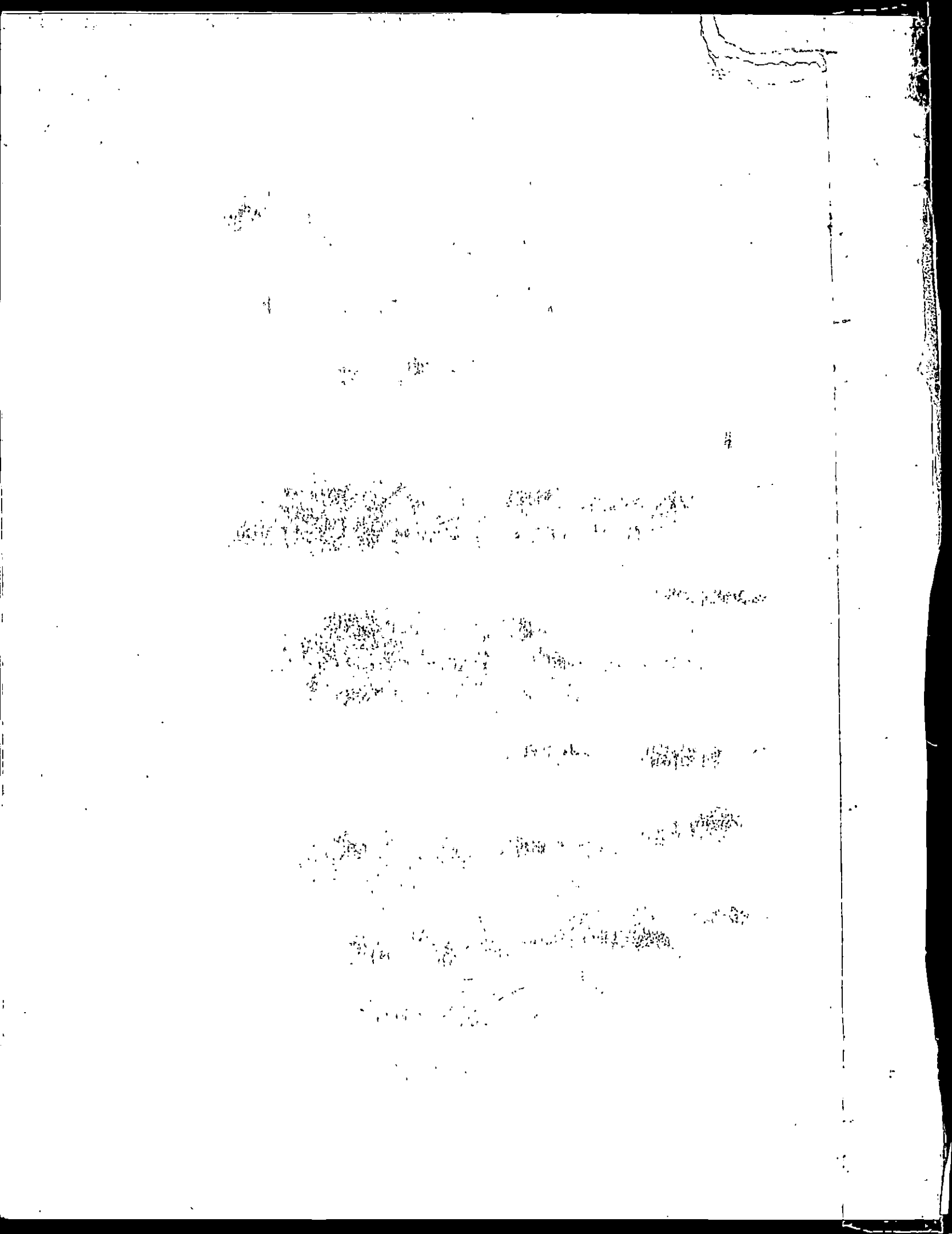
15101731
15101731

5140



CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO 2002

Recibido 5 de Marzo 2002





**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y REPARACION DE
PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.**

Presentado por :

**HUGO ADIEL ARTEAGA
CARLOS RUBEN CATALAN OLIVA
JULIO ALFREDO RIVERA ALONZO**

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador :

ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES

Asesores Externos :

ING. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA RODRIGUEZ

ING. MAURICIO ANTONIO FUNES

San Salvador, Marzo de 2002.

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador :



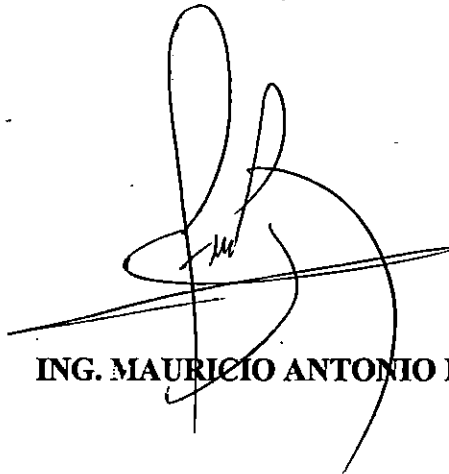
ING. EDGAR ALFREDO GAVIDIA PAREDES

Asesor Externo:



ING. CARLOS ANTONIO QUINTANILLA RODRIGUEZ

Asesor Externo:



ING. MAURICIO ANTONIO FUNES



AGRADECIMIENTOS

A nuestra Alma Máter UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR (UES), por habernos regalado la oportunidad de formarnos y profesionalizarnos; además habernos proporcionado las instalaciones para diversas actividades, equipo de oficina así como el equipo del laboratorio de suelos y materiales para los diferentes ensayos.

A las empresas e instituciones que nos colaboraron desinteresadamente, con la donación de productos, asesoría, préstamo de equipo para el trabajo de campo, permisos institucionales e información actualizada a continuación se detalla cada una de ellas.

INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO (ISCYC)

CONSULTORA TECNICA S.A. (CONTECSA)

CONCRETERA MIGUELEÑA

CONSTRUCTORA FUNES

CONSULTA SA DE CV

MULTI PAV

FC SA DE CV

MASSANA TREJO Y ASOCIADOS

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (MOP)

CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS (CIG)

VICE-MINISTERIO DE TRANSPORTE (VMT)

A los profesionales que nos ayudaron en las diferentes etapas de éste Trabajo de Graduación, con su conocimiento, consejos, recomendaciones, les agradecemos profundamente ya que con su valioso aporte alcanzamos la meta deseada.

Ing. Rafael Alejandro González Magaña.

Ing. Tulio Pineda.

Ing. Alejandro Salazar.

Ing. Ignacio Francés Fadón.

Ing. Manuel Pérez Merino.

Ing. Ranulfo Cárcamo y Cárcamo.

A las personas que nos colaboraron en diferentes aspectos y nos hicieron muchos favores.

Margarita. (UES)

Sra. Maritza. (ISCYC)

Sr. Mercedes Rivera. (ISCYC)

Sra. Mabel de Alonzo. (UES)

Evelio López. (UES)

Emiliano Espinoza. (UES)

Don Manuel. (CONTECSA)

A todas y todos que nos pusieron el hombro para salir adelante para poder finalizar victoriosamente.

AL ING. EDGAR A. GAVIDIA PAREDES

Muy agradecidos con nuestro coordinador y asesor de Trabajo de Graduación, por el tiempo que nos proporcionó, su amistad, su paciencia y su orientación. Confiando en nosotros, empujándonos a cada momento de manera motivadora y sobre todo dispuesto a ayudar en cualquier momento.

AL ING. CARLOS A. QUINTANILLA

Muy agradecidos con nuestro asesor que nos dió lo mejor de su conocimiento en el tema y siempre estuvo dispuesto a brindarnos un espacio de su tiempo para cualquier duda a pesar de sus múltiples ocupaciones, además nos tuvo paciencia en el largo periodo del desarrollo de éste trabajo

AL ING. MAURICIO A. FUNES

Muy agradecidos con nuestro asesor que nos enseñó mucho haciéndonos ver de forma constructiva nuestros errores y con su ejemplo de responsabilidad; además siempre estuvo dispuesto a escucharnos y orientarnos de la mejor manera, ayudándonos de manera especial en la ultima etapa de éste trabajo.

Que DIOS los bendiga.

DEDICATORIA.

PRIMERAMENTE AL DIOS SUPREMO, por haberme dado vida y sabiduría para llegar a este momento.

A MI TIO, José Patricio, (Q.E.P.D); que fue como un padre para mí y me educó en mis primeros años; a quien dedico este triunfo.

A MI MADRE, por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A MIS HERMANOS (Neto, Argelia y Marcela) por su apoyo moral.

AL INGENIERO, Rafael Ignacio Pacheco, por haberme dado la oportunidad de iniciarme en el ambiente de la construcción a pesar de mis compromisos universitarios.

A TODOS MIS PARIENTES Y AMIGOS, que me apoyaron en algún momento a conseguir este triunfo valioso.

Gracias a todos

Hugo Adiel.

DEDICATORIA

SOLO POR LA GRACIA DE DIOS, que me ha permitido tener vida y me ha facilitado los recursos para poder finalizar una de mis metas.

A MI MADRE ANA VILMA OLIVA GUEVARA DE CATALAN: Este trabajo lo dedico a mi linda madre, que con su esfuerzo muy intenso, siempre me ha dado la mano en las adversidades de la vida y a tí madre te debo todo lo que he logrado muchas gracias.

A MI FAMILIA: Agradezco a mis abuelitas, a mi padre **FRANCISCO CATALAN**, a mis hermanos **ALFREDO** y **DAVID** por estar cerca de mi apoyándome, comprendiéndome y dándome ánimo.

A MI NOVIA SANDRA B.: Por su amor y comprensión brindado en el desarrollo de este trabajo.

A MIS AMIGAS Y AMIGOS: Agradezco a todos ellos por brindarme su ayuda incondicional, ustedes jugaron un papel fundamental para finalizar este trabajo ya que estuvieron presentes cuando mas los necesite les agradezco infinitamente.

A MIS ORIENTADORES: Agradezco al coordinador **Ing. Edgar A. Gavidia** y asesores **Ing. Rafael A. González**, **Ing. Carlos A. Quintanilla**, **Ing. Mauricio A. Funes** por su tiempo dedicación y enseñanza.

RUBEN CATALAN OLIVA

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: Sin El, imposible llegar a la meta.

A MIS PADRES: Julio Rivera y Aracely de Rivera, quienes con mucho sacrificio me llevaron a concluir mi carrera, a pesar de todos los obstáculos Jamás me han dado la espalda, les agradezco eternamente, los Amo.

A JESSICA Y FRANKLIN: Por su colaboración incondicional que me han dado y siguen dando.

A SANDRY: Mi esposa quien ha estado, está y estará conmigo siempre brindándome ánimo y Amor. Te Amo.

A JULITO: Desde su nacimiento es mi inspiración para llegar hasta el final. Mi orgullo.

A LOS PROFESIONALES: Edgar Gavidia, Carlos Quintanilla, Mauricio Funes e Ignacio Francés, por su tiempo y dedicación brindada.

JULIO.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado con la idea de impulsar programas de mantenimiento a mediano, corto y largo plazo para las carreteras de pavimentos de concreto hidráulico de nuestro país, utilizando las técnicas adecuadas en el momento oportuno para que su aplicación sea eficaz y económica.

El trabajo se dividió en cinco capítulos, el primero trata de las generalidades de la investigación, así como la evolución de los pavimentos de concreto hidráulico.

En el segundo, se da una introducción teórica sobre el tema titulado: **“Metodología para la evaluación y reparación de pavimentos de concreto hidráulico”**, en esta sección se describe las partes componentes de los pavimentos, etapas del mantenimiento preventivo, evaluación del pavimento. La evaluación consta de dos etapas principales; una evaluación estructural y una funcional. La evaluación estructural consta de una inspección visual, levantamiento de deterioros, evaluación de las capas de apoyo, extracción de núcleos y ensayos de laboratorio.

La evaluación funcional comprende dos parámetros muy importantes en los pavimentos como es la regularidad y la resistencia al deslizamiento.

Además en este capítulo hacemos un apartado sobre las técnicas de reparación recomendadas por la metodología SHPR sobre reparaciones superficiales y estructurales.

En el tercero, se hace la aplicación de todos los parámetros estudiados en el segundo capítulo al tramo de pavimento en estudio (6ta. Av. Sur).

En el cuarto, se hace un análisis de resultados del tramo de estudio en base al tráfico, resumen de deterioros, evaluación de las capas de apoyo del pavimento (calculó del C.B.R de la base y sub-base), ensayos de laboratorio (prueba de compresión de núcleos y prueba de tensión indirecta) así como el módulo de ruptura. Además se hace la revisión estructural del pavimento bajo las condiciones actuales, con el programa PAS 5.01, fundamentado en la ACPA y AASHTO 93.

También se incluye un apartado sobre tres técnicas de reparación que fueron evaluadas para su aplicación al tramo de pavimento estudiado. Dichas técnicas son las R.P.C, capa de concreto adherida y capa de concreto no adherida

En el quinto, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

INDICE

| | |
|--|-----|
| INTRODUCCION..... | xii |
| CAPITULO I. | |
| GENERALIDADES | |
| 1.1 Antecedentes..... | 2 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 13 |
| 1.3 Objetivos y alcances globales..... | 14 |
| 1.4 Delimitación..... | 15 |
| 1.5 Limitaciones..... | 15 |
| 1.6 Justificación..... | 15 |
| CAPITULO II. | |
| METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y REPARACION DE PAVIMENTOS. | |
| 2.1 Conceptos básicos sobre pavimentos de concreto hidráulico..... | 21 |
| 2.1.1 Partes componentes de los pavimentos de concreto hidráulico..... | 22 |
| 2.1.1.1 La sub-rasante..... | 22 |
| 2.1.1.2 La sub-base..... | 23 |
| 2.1.1.3 Losas de concreto..... | 28 |
| 2.1.1.3.1 Losas de concreto simple..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 2.1.1.3.2 Losas de concreto simple con pasajuntas..... | 30 |
| 2.1.1.4 Juntas..... | 30 |
| 2.1.1.4.1 Juntas longitudinales..... | 31 |
| 2.1.1.4.2 Juntas transversales..... | 33 |
| 2.1.1.4.3 Juntas especiales..... | 35 |
| 2.1.1.5 Materiales para junta..... | 37 |
| 2.1.1.6 Barras de anclaje y dovelas..... | 41 |
| 2.1.1.6.1 Barras de anclaje o barras de amarre..... | 42 |
| 2.1.1.6.2 Dovelas o pasadores..... | 45 |
| 2.1.2 Conceptos básicos de conservación..... | 46 |
| 2.2 Mantenimiento de pavimentos de concreto hidráulico..... | 48 |
| 2.2.1 Etapas del mantenimiento preventivo..... | 49 |
| 2.2.1.1 Visita exploratoria..... | 49 |
| 2.2.2.2 Trabajo de oficina..... | 49 |
| 2.2.1.3 Visita correctiva..... | 49 |
| 2.2.1.4 Depuración de las acciones de mantenimiento..... | 50 |
| 2.2.2 Elementos de la vía a inspeccionar..... | 51 |
| 2.2.2.1 Taludes..... | 51 |
| 2.2.2.2 Drenajes..... | 51 |
| 2.2.2.3 Señalización..... | 51 |
| 2.3 Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico..... | 53 |
| 2.3.1 Antecedentes..... | 54 |

| | |
|--|-----|
| 2.3.2 Inventario..... | 57 |
| 2.3.2.1 Datos de recolección inicial..... | 58 |
| 2.3.2.2 Datos de recolección periódica..... | 59 |
| 2.3.3 Factores que afectan la funcionalidad del pavimento..... | 62 |
| 2.3.3.1 Cargas de tráfico..... | 62 |
| 2.3.3.2 Soporte del suelo de la sub-rasante..... | 62 |
| 2.3.3.3 Materiales de construcción..... | 63 |
| 2.3.3.4 Humedad..... | 63 |
| 2.3.3.5 Programas de mantenimiento..... | 63 |
| 2.3.4 Evaluación estructural..... | 64 |
| 2.3.4.1 Inspección visual..... | 64 |
| 2.3.4.1.1 Inspección visual manual..... | 65 |
| 2.3.4.1.2 Inspección con equipo de alto rendimiento..... | 68 |
| 2.3.4.2 Levantamiento de deterioros..... | 70 |
| 2.3.4.2.1 Tipología de deterioros..... | 71 |
| 2.3.4.2.2 Manual del levantamiento de deterioros..... | 97 |
| 2.3.4.2.3 Interpretación de las degradaciones..... | 152 |
| 2.3.4.3 Evaluación de las capas de apoyo del pavimento..... | 153 |
| 2.3.4.3.1 Valor soporte o capacidad soporte de un suelo..... | 153 |
| 2.3.4.3.2 Instrucciones para la operación del penetrómetro dinámico de cono..... | 156 |
| 2.3.4.3.3 Recolección de datos en campo..... | 159 |
| 2.3.4.4 Extracción de núcleos..... | 161 |

| | |
|---|-----|
| 2.3.4.5 Ensayos de laboratorio..... | 163 |
| 2.3.4.5.1 Contenido de humedad de las capas de apoyo..... | 164 |
| 2.3.4.5.2 Descripción visual manual de los suelos..... | 165 |
| 2.3.4.5.3 Método estándar de ensayo para resistencia a la compresión..... | 170 |
| 2.3.4.5.4 Método estándar para la resistencia a tensión indirecta..... | 174 |
| 2.3.5 Evaluación funcional..... | 176 |
| 2.3.5.1 Regularidad..... | 177 |
| 2.3.5.2 Resistencia al deslizamiento..... | 178 |
| 2.4 Reparación de pavimentos de concreto hidráulico..... | 180 |
| 2.4.1 Reparaciones superficiales..... | 180 |
| 2.4.1.1 Fresado con diamante..... | 180 |
| 2.4.1.2 Reparación parcial..... | 185 |
| 2.4.1.3 Resellado de juntas y grietas..... | 198 |
| 2.4.2 Reparaciones estructurales..... | 206 |
| 2.4.2.1 Estabilización de losas..... | 206 |
| 2.4.2.2 Reparación profunda..... | 211 |
| 2.4.2.3 Recolocación de pasajuntas..... | 227 |

CAPITULO III

APLICACION DE LA METODOLOGIA AL TRAMO DE PAVIMENTO EN
ESTUDIO.

| | |
|---|-----|
| 3.2 Evaluación del pavimento en estudio..... | 235 |
| 3.2.1 Inventario..... | 235 |
| 3.2.1.1 Datos recolección inicial..... | 235 |
| 3.2.1.1.1 Antecedentes..... | 235 |
| 3.2.1.1.2 Características de la estructura del pavimento..... | 243 |
| 3.2.1.1.3 Condiciones climáticas..... | 245 |
| 3.2.1.2 Datos de recolección periódica..... | 246 |
| 3.2.2 Evaluación estructural..... | 250 |
| 3.2.2.1 Inspección visual..... | 251 |
| 3.2.2.2 Levantamiento de deterioros..... | 254 |
| 3.2.2.3 Evaluación de las capas de apoyo del pavimento..... | 267 |
| 3.2.2.4 Extracción de núcleos..... | 279 |
| 3.2.2.5 Ensayos de laboratorio..... | 280 |
| 3.2.2.5.1 Contenido de humedad..... | 280 |
| 3.2.2.5.2 Clasificación visual manual..... | 281 |
| 3.2.2.5.3 Prueba de compresión a núcleos de concreto..... | 283 |
| 3.2.2.5.4 Prueba de tensión indirecta para núcleos de concreto..... | 284 |
| 3.2.3 Evaluación funcional..... | 286 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.3.1 Regularidad..... | 287 |
| 3.2.3.2 Resistencia al deslizamiento..... | 295 |
| 3.2.4 Proporcionamiento de materiales para concreto..... | 296 |
| 3.2.4.1 Reparaciones efectuadas en el tramo de estudio..... | 300 |

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

| | |
|---|-----|
| 4.1 Análisis de tráfico..... | 307 |
| 4.2 Resumen de deterioros..... | 308 |
| 4.2.1 Datos de identificación..... | 308 |
| 4.2.2 Diagnostico del tramo en estudio..... | 311 |
| 4.2.3 Interpretación de los deterioros..... | 316 |
| 4.4 Evaluación de las capas de apoyo del pavimento..... | 318 |
| 4.3.1 Calculo del C.B.R de la sub-base..... | 320 |
| 4.3.2 Calculo del C.B.R de la sub-rasante..... | 321 |
| 4.4 Extracción de núcleos..... | 323 |
| 4.5 Ensayos de laboratorio..... | 325 |
| 4.5.1 Humedad..... | 325 |
| 4.5.2 Inspección visual manual..... | 326 |
| 4.5.3 Prueba de compresión de núcleos de concreto..... | 327 |
| 4.5.4 Prueba de tensión indirecta..... | 328 |

| | |
|--|-----|
| 4.5.4.1 Determinación del módulo de ruptura..... | 329 |
| 4.6 Revisión estructural del pavimento en estudio bajo las condiciones actuales de transito, espesores de materiales y propiedades de los mismos..... | 331 |
| 4.7 Propuestas de reparación..... | 335 |
| 4.7.1 Técnicas R.P.C..... | 336 |
| 4.7.2 Capa de concreto adherida..... | 340 |
| 4.7.3 Capa de concreto no adherida..... | 342 |

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

| | |
|--------------------------|-----|
| 5.1 Conclusiones..... | 351 |
| 5.1.1 Generales..... | 351 |
| 5.1.2 Específicas..... | 352 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 356 |
| 5.3 Comentarios..... | 358 |
| Bibliografía..... | 359 |
| Glosario..... | 363 |
| Anexos. | |

INTRODUCCION

Las vías de comunicación representan un elemento importante para mantener en dinamismo, el desarrollo del comercio, la industria y la economía en general.

En El Salvador en los últimos años se ha utilizado concreto hidráulico como superficie de rodamiento en las vías urbanas, incentivándose así la utilización de materiales locales.

El crecimiento acelerado de los volúmenes de tráfico, aumenta las cargas en estas estructuras; esto invita a las personas encargadas de la administración de carreteras a organizar y desarrollar métodos que permitan conservarlas proporcionando a los usuarios seguridad y comodidad al conducir.

El presente trabajo de investigación expone una metodología que consta principalmente de tres aspectos principales que son, el mantenimiento, evaluación y reparación de pavimentos de concreto hidráulico, el capítulo I trata las generalidades.

El capítulo II desarrolla la metodología; el mantenimiento se enfoca principalmente en el mantenimiento preventivo; la evaluación se divide en evaluación estructural y evaluación funcional, la primera trata del estado y/o la capacidad que tiene el pavimento para absorber, como un todo las cargas por tráfico, intemperismo, etc.; la segunda está relacionada con el confort que percibe el conductor.

En la parte de reparaciones se presenta una topología de deterioros que pueden ser tratados con diferentes técnicas.

El capítulo III refuerza lo expuesto anteriormente, con la aplicación de la metodología a un tramo de la Sexta Avenida Sur, entre la Segunda y Cuarta Calle Oriente. Se desarrolla cada una de las partes de la metodología en forma práctica, describiéndose criterios empleados para la toma de datos esto involucra prácticas de campo y ensayos de laboratorio.

El capítulo IV consiste en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología obteniéndose información necesaria que de suficiente criterio para determinar el estado del pavimento estudiado y dar las respectivas alternativas de reparación.

Como parte final el capítulo V expone las conclusiones y recomendaciones del trabajo desarrollado.

CAPITULO I

GENERALIDADES.

1.1 ANTECEDENTES.

Se llama pavimento a toda superficie plana especialmente construida sobre el suelo o sobre una obra, para estacionamiento o circulación de personas y vehículos, con el objeto de hacer posible su uso en toda estación climática y transmitir las cargas al suelo en una forma adecuada.

En algunos países del mundo los arqueólogos han encontrado vestigios de caminos antiguos siendo estos los que funcionaron en Mesopotamia hace mas o menos 4000 años a.C. y los correspondientes a la isla de Creta que funcionaron en el año 1500 a.C.

En América hay evidencia de que los Mayas, Aztecas y los Incas construyeron redes de caminos. Por ejemplo la civilización Maya desde época muy remota (150 a.C. y 150 d.C.) nos brinda el ejemplo más notable de ciudad llamado "El Mirador"¹ ubicado en el limite norte del bosque tropical lluvioso de Guatemala; ya que resolvían el problema de la convivencia ordenada y productiva de un gran centro de población, además presentaban estructuras de función pública de la que podemos mencionar una en especial: los SACBE (SACBEOOB en plural), que son redes de caminos que unen complejos arquitectónicos y que están orientados a mejorar la circulación y facilitar el comercio. El material utilizado para la realización de estas estructuras era extraído de las sascaberías (canteras a cielo abierto donde se extraía una caliza intemperizada, o SASCAB, que se utilizaba como agregado en cementantes, aplanados y apisonados).

¹ Según el Arqueólogo Ray T. Matheny, "LOS MAYAS" Peter Shmidt, 1999.

El imperio Romano a la vez que sus poderosos ejércitos conquistaban extensas regiones fueron los mayores constructores de carreteras y durante muchos siglos no surgió una técnica tan elaborada como la suya, el pavimento utilizado por los Romanos fue conocido como “pavimento romano”, cuyo espesor podía sobrepasar el metro, y estaba compuesto por las siguientes capas:

- Capas inferiores:

Cimiento de piedras planas (ESTATUMEN)

Capa de detritus de cantera (RUDUS)

- Capa de base:

Capa de concreto de piedra partida y cal grasa (NUCLEUS)

- Capa de rodadura:

Mortero de cal (SUMMUM DOSSUM)

Este es el primer pavimento de concreto hidráulico que se conoce en la historia, aunque en esta época no existía el Cemento Portland, ellos utilizaron como cementante hidráulico la cal.

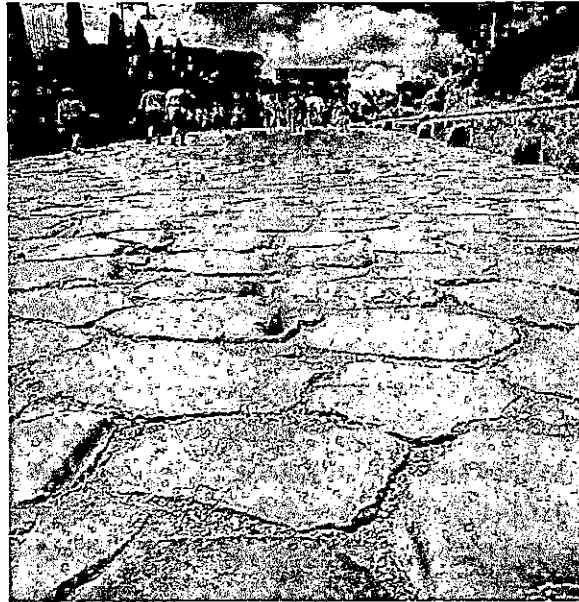


Fig.1.1 Pavimento romano, vía Apia.

En el siglo XVIII, se observa un intento de normalización de técnicas constructivas y de conservación de caminos con el nombramiento de SULLY como gran encargado de la conservación de estas estructuras en Francia.

El concepto de la economía en la construcción de carreteras no era prioridad, y la utilidad de estos trabajos públicos era generalizada, los ingenieros hacían resaltar las ventajas que para el comercio suponía contar con una red de carreteras que permitiese el transporte rápido y seguro.

Otro aspecto importante de resaltar es que se evitan las compactaciones, dejando al transcurso del tiempo el cuidado de asegurar la consolidación.

A finales del siglo XVIII y principios de XIX, las ideas escasamente evolucionan. Tressaget, memoria 1775, al que se atribuye haber establecido la premisa de reducir espesores de pavimento.

En 1820, Mac Adam, planteó la utilidad del cimiento a base de piedras gruesas y formula con claridad la idea de que el pavimento constituye un colchón de reparto de cargas.

Según el manual de ingenieros de carreteras de los Estados Unidos de Blanchard, en Escocia en el año de 1879, se utilizó un concreto con cemento Pórtland como aglomerante; siendo éste uno de los primeros proyectos utilizando concreto hidráulico, la superficie fue bastante buena pero cuando la carretera se empezó a romper se convirtió en fragmentos muy rápidamente.

El automóvil apareció a finales del siglo XIX, pero no tomó auge hasta después de la incorporación del neumático. En 1893, los hermanos Michelin llevaron a cabo los primeros neumáticos para automóviles.

Con el incremento vehicular iniciaba un verdadero reto para los pavimentos, puesto que las cargas vehiculares aumentaron considerablemente, así como sus repeticiones.

En los Estados Unidos en 1893, se pavimentó utilizando concreto hidráulico la calle SOUTH FITZHUGH, en Rochester, Nueva York, por el ingeniero MC. Clintock; sin embargo el pavimento se deterioró rápidamente desarrollando grietas irregulares por temperatura llegando a la falla total del pavimento.

En 1894, se realizó la pavimentación de Bellefontaine, Ohio, a cargo del Sr. George Bartholomew, se realizó con mezclas muy secas las cuatro calles que circundaban la plaza municipal; las técnicas de pavimentación fueron muy lentas ya que se tardaron dos años para terminar esta obra. La Asociación de Pavimentos de Concreto

Hidráulico de los Estados Unidos, conmemoró a su constructor en el centenario de la pavimentación. Actualmente existe sólo un tramo de los cuatro iniciales que el Sr. Bartholomew construyó; este tramo hoy parte de la "Court Avenue" ha sido convertido en paseo peatonal.

En El Salvador, en el centro de la capital, existen pavimentos de concreto hidráulico que se construyeron dentro de un proyecto llamado SANEAMIENTO Y PAVIMENTACION DE SAN SALVADOR; que inició en Marzo de 1924 ², en el campo Marte, (hoy parque Infantil), avenida Independencia y calle de la finca Modelo simultáneamente, finalizando el 30 de Junio 1928 ³, con un total de 15,250 m² de pavimento.

Este proyecto se documenta por varios contratos acordados, que a través del tiempo iban modificándose. El primer contrato fue acordado el 12 de Mayo de 1913 entre la Municipalidad, Junta de Fomento y los Señores S. Pearson & Sons Sucesores S.A. ⁴.

En la actualidad aún existen tramos que están soportando carga por tráfico, las cuales se han incrementado considerablemente en volumen como en carga, comparada con los de diseño. Como ejemplo de lo antes mencionado se muestra en la figura 1.2, una fotografía de la sexta Avenida Sur en la época de su construcción, con una foto actual.

² Publicado en el Diario Oficial, San Salvador, 26 de Febrero e 1925

³ Publicado en el Diario Oficial, San Salvador, 18 de Febrero de 1927.

⁴ Publicado en el Diario Oficial, San Salvador, 19 de Mayo de 1913.

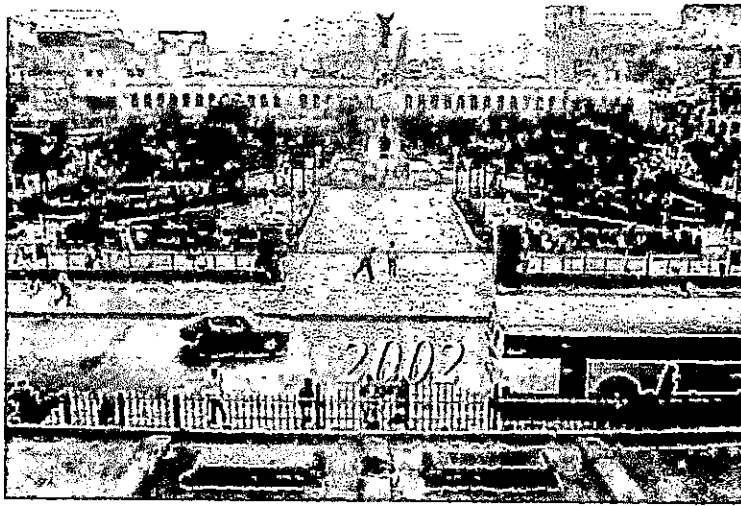
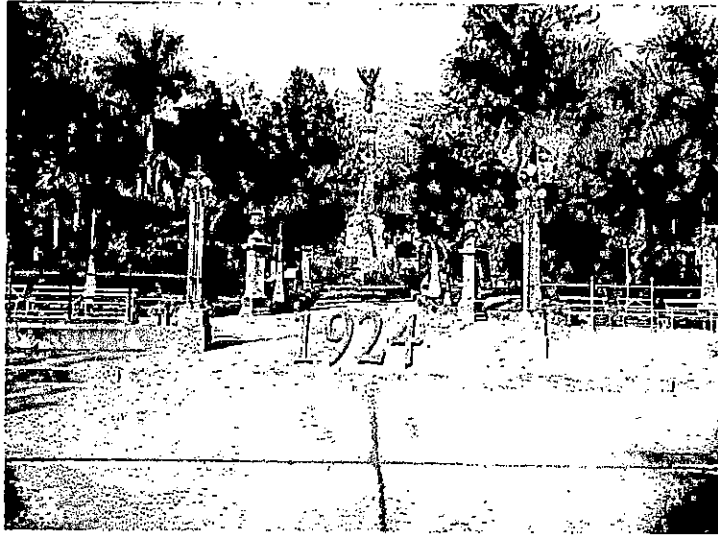


Fig.1.2 Sexta Av. Sur (Frente al Parque Libertad).

Con la construcción de estos pavimentos, El Salvador da un paso tecnológico muy importante, ya que nuestros técnicos tuvieron la oportunidad de tener la maquinaria para la pavimentación pionera en la época , como la mezcladora de concreto “Austin” de

4 pies cúbicos, una bomba completa doble marca "Humdinger", camiones "Mack" de 3½ toneladas⁵, etc.

Tomando en cuenta los beneficios que la red vial traería al desarrollo del país la Asamblea Nacional Legislativa en la sesión del 5 de julio de 1940 aprobó el decreto # 19 mediante el cual se crea la Dirección General de Carreteras como dependencia del Ministerio de Fomento. Esta Dirección General tuvo a su cargo la dirección y supervisión de los trabajos en carreteras.

El 11 de Julio de 1940, durante la administración del General Maximiliano Hernández Martínez, se creó el reglamento para la construcción, mantenimiento y mejoramiento de las carreteras de la república. En este reglamento se deja fuera lo relativo al pavimento blanco, debido principalmente a la construcción generalizada de pavimentos flexibles y el poco conocimiento respecto a la conservación del concreto hidráulico.

A pesar de la especialización y la mejora tecnológica que tuvieron los ingenieros salvadoreños, en el pavimento hidráulico, se registró un estancamiento en la construcción de nuevos tramos. Fue hasta el año de 1960 que se continúa con esta técnica, en la tercera calle poniente (costado norte de la Lotería Nacional), 24 avenida norte (frente al mercado La Tiendona), etc. Como se puede observar en la tabla 1.

Hoy en día en nuestro país no se ha avanzado mucho en lo que a la conservación de pavimentos de concreto hidráulico respecta, muestra de esto es que todavía se tiene la idea, que estas obras no necesitan mantenimiento o necesitan poco.

⁵ Publicado en el Diario Oficial, San Salvador, 28 de Julio de 1924.

| PAVIMENTOS RIGIDOS EN VIAS URBANAS Y CARRETERAS DE EL SALVADOR | | | | |
|--|---|--------------|---------------|-----------|
| AÑOS | PROYECTO | ESPEJOR (cm) | LONGITUD (km) | ANCHO (m) |
| 1920-1930 | Centro de San Salvador | 10-15 | 2.5 | 6.10 |
| 1960-1970 | 3° Calle Poniente Costado Norte de Lotería Nacional | 15 | 0.5 | 7.0 |
| | 4° Calle poniente costado sur del Palacio Nacional | 12.5 | 1 | 7.3 |
| | Tramo en Av. España | 15 | 0.2 | 12 |
| | 24° Av. Norte (Frente a Mercado la Tiendona) | 15 | 1 | 12 |
| | 49° Av. Sur (Frente al Estadio Flor Blanca) | 15 | 0.3 | 15 |
| | 2° Calle Oriente Santa Tecla | 15 | 1 | 7.3 |

| PAVIMENTOS RIGIDOS EN VIAS URBANAS Y CARRETERAS DE EL SALVADOR | | | | |
|--|--|--------------|---------------|-----------|
| AÑOS | PROYECTO | ESPEJOR (cm) | LONGITUD (km) | ANCHO (m) |
| 1970-1980 | - Calle a Tonacatepeque (Tramo). | 17 | 1 | 7.3 |
| | Redondel de la Plaza José Martí. | 15 | 0.1 | 12 |
| | Redondel Ex cine Variedades. | 15 | 0.16 | 14 |
| | Redondel Reloj de Flores. | 20 | 0.2 | 16 |
| | Redondel Fuente Luminosa. | 20 | 0.16 | 14 |
| | Carretera a Santa Ana (La Cuchilla-km 35). | 20 | 12 | 14.6 |
| 1998-1999 | 50° Av. Sur. | 20 | 2.5 | 13 |
| | Calle al Volcán. | 20 | 0.6 | 14 |
| | Bulevar Constitución. | 20 | 0.8 | 14 |
| | 50 Av. Norte entre Bulevar del Ejército y Calle Antigua a Soyapango. | 20 | 0.9 | 13 |

Tabla 1.1 Fuente: Curso taller de pavimentos de concreto hidráulico, UES.

Existen metodologías que de ser aplicadas correctamente, permitirían conservar en buen estado los pavimentos de concreto hidráulico, por lo que existe la necesidad de adaptar una para el tratamiento de nuestros pavimentos.

Entre estas podemos mencionar tres:

- Metodología SHRP⁶.
- Metodología Española⁷ (Instituto Español del Cemento y Aplicaciones).
- Metodología PIARC⁸.

Las cuales difieren un poco en cuanto a las condiciones existentes en nuestro país como cargas por tráfico, condiciones ambientales, entre otras. Las metodologías se dividen en dos partes principales que son:

EVALUACION Y REPARACION

Dentro de la evaluación tenemos:

- EVALUACION ESTRUCTURAL:

En esta etapa se realizan trabajos de campo y laboratorio, para obtener información que permita evaluar características estructurales del pavimento, dentro del trabajo de campo tenemos: inspecciones visuales, levantamiento de deterioros, extracción de núcleos, revisión de las capas del pavimento, etc.

⁶ Expuesta por Enrique Dahlhaus Parkman, 1999.

⁷ Expuesta por Carlos Jofré Ibañez, 1999.

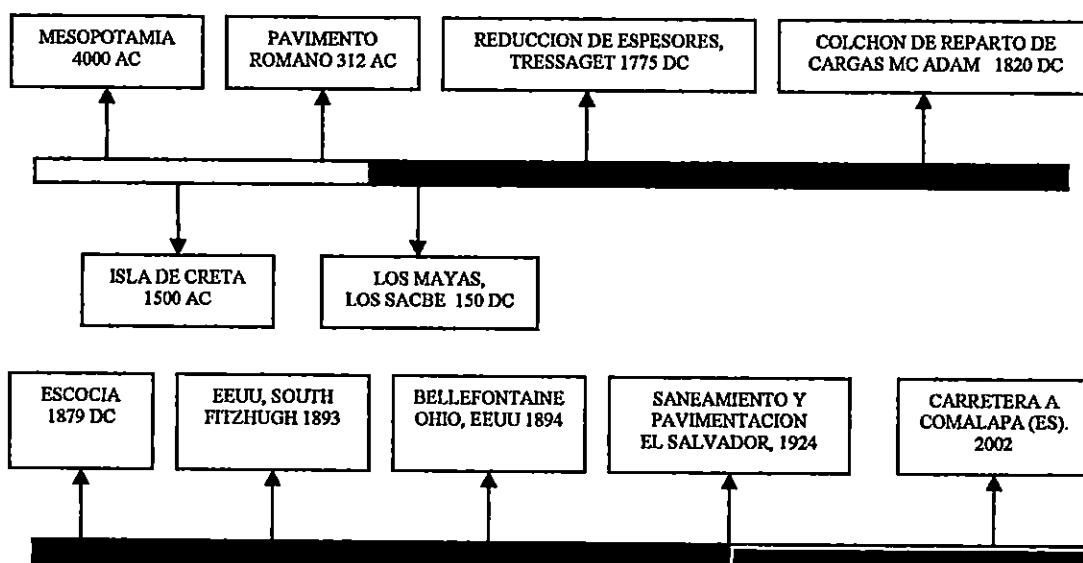
⁸ Producido por Messrs CHRISTORI Y NISSOUX, Impreso por PIARC, 1992.

- REPARACION:

Esta etapa consiste en analizar la información obtenida en la etapa anterior y de acuerdo a la tipología de deterioros que se presente, se facilitarán las propuestas de reparación.

En El Salvador se han realizado estudios para evaluar pavimentos de concreto hidráulico, aplicando las metodologías mencionadas, dichas investigaciones han sido realizadas por el Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto (ISCYC), de acuerdo a estos estudios, la aplicación de estas metodologías, representa una solución a la conservación de pavimentos de concreto hidráulico, lo que impulsa a elaborar una metodología propia adaptada a las condiciones de nuestro país.

EVOLUCION DE PAVIMENTOS HIDRAULICOS

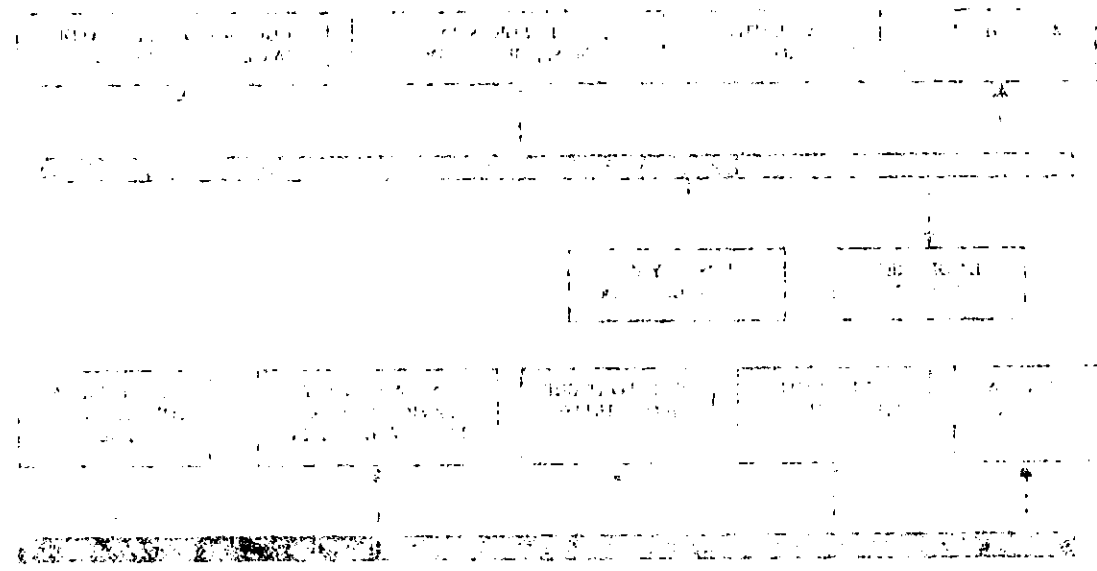


1991 12 27 9:30 AM

Dear Mr. [Name],
I am pleased to hear from you regarding the [Project Name] and the [Location]. The information you provided is very helpful and we are currently reviewing it. We will get back to you as soon as possible.

Thank you for your patience and understanding. We appreciate your interest in the project and the area. We will be in touch again once a final decision has been reached. In the meantime, please let us know if you have any further questions or need any additional information.

ATTENTION: [Name]



1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Existen pavimentos de concreto hidráulico construidos en décadas pasadas como los del 20's, 60's, 70's hasta llegar a los construidos en los 90's y 2000. Existe un factor común para estos pavimentos que es la falta de mantenimiento por creer que necesitan poco. Lo cierto es que comparado con el pavimento asfáltico es mucho menor el mantenimiento que requieren. A pesar que estos pavimentos de décadas pasadas presentan deterioros debido a las cargas por tráfico, vida útil excedida (en algunos casos), inclemencias del tiempo, etc., no se cuenta con una metodología que ayude a mantener, evaluar y reparar estas estructuras en una forma completa y apegadas a las condiciones de nuestro país.

En El Salvador las instituciones de gobierno como el Ministerio de Obras Públicas (M. O. P.), Dirección de Urbanismo Y Arquitectura (D. U. A.), y las municipalidades aplican una metodología de inspección visual para determinar el diagnóstico de la situación del pavimento; pero esta técnica no es suficiente para un conocimiento certero del estado actual del pavimento.

Ante tal situación se desarrollará una metodología para el mantenimiento, evaluación y reparación de pavimentos de concreto hidráulico, que podrá ser aplicada a cualquier tipo de pavimentos con juntas simples (JPCP) existentes en nuestro país; sin importar la edad que estos tengan y servirá de apoyo a las instituciones involucradas en la construcción y conservación de éstas obras.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES GLOBALES.

1.3.1 OBJETIVOS.

1.3.1.1 OBJETIVO GENERAL:

Elaborar la metodología para mantener, evaluar y reparar pavimentos de concreto hidráulico adaptada a las diversas condiciones de nuestro país; tales como cargas por tráfico, condiciones ambientales, entre otras.

1.3.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Dar a conocer las técnicas de mantenimiento necesarias para los pavimentos de concreto hidráulico.
- Proponer una evaluación funcional y estructural de los pavimentos de concreto hidráulico.
- Proponer técnicas de reparación, de acuerdo a la tipología de deterioros de la metodología elaborada.
- Ejemplificar el uso de la metodología elaborada.

1.3.2 ALCANCES GLOBALES.

La metodología expondrá el procedimiento para el mantenimiento, evaluación y reparación de pavimentos de concreto hidráulico con juntas simples (JPCP, Joint Plain Concrete Pavement), y como ejemplo de aplicación se estudiará el tramo de la sexta Avenida Sur, entre segunda y cuarta Calle Oriente, con una longitud en estudio de 63m metros, a la cual se le harán las pruebas necesarias para su respectivo análisis.

1.4 DELIMITACION.

La metodología propuesta comprenderá el análisis de los pavimentos de concreto hidráulico con juntas simples (JPCP), con o sin dispositivos de transferencia de carga (dovelas), y barras de unión.

Se extraerán cuatro especímenes para determinar las propiedades mecánicas del pavimento.

No se extraerán viguetas, por la edad y dimensiones del tramo.

El análisis se hará sólo al tramo mencionado anteriormente, lo cual se justifica posteriormente.

1.5 LIMITACIONES.

- Las pruebas de campo, específicamente la extracción de núcleos en los tramos de prueba, dependerán de las autoridades encargadas de proporcionar los permisos correspondientes.

1.6 JUSTIFICACION.

En nuestro país se han construido pavimentos de concreto hidráulico desde la década de los 20's, hasta los 70's; cobrando auge nuevamente en la década de los 90's y 2000 en las vías urbanas, como se observa en la tabla 2.

El deterioro de estos pavimentos aumenta conforme pasa el tiempo, como sucede en cualquier otra obra civil, dando como resultado una disminución del nivel de servicio de las vías y además se aumentan los costos de operación de los usuarios. A pesar de la

trayectoria de este tipo de pavimentos, no se cuenta con una metodología que permita mantener evaluar y reparar este tipo de infraestructura; evitando llegar a un estado avanzado de deterioro.

Para ello se propone la elaboración de una metodología propia para El Salvador como alternativa para asegurar el buen estado de estas estructuras e impulsar el desarrollo en lo que a este tipo de investigación se refiere.

Se considera importante que además de elaborar la metodología debemos mostrar su aplicación, a través del llenado de guías prácticas para recolección de datos, también se gestionarán permisos a las instituciones respectivas para realizar ensayos destructivos, como la extracción de núcleos en el tramo en estudio, lo que debe hacerse en horas nocturnas con el propósito de disminuir la obstaculización del tráfico vehicular. Por lo mencionado anteriormente se considera suficiente el tramo propuesto, además por considerarse éste, como joya histórica y por la posibilidad de presentar la variedad más amplia de fallas, según profesionales especializados en la materia.

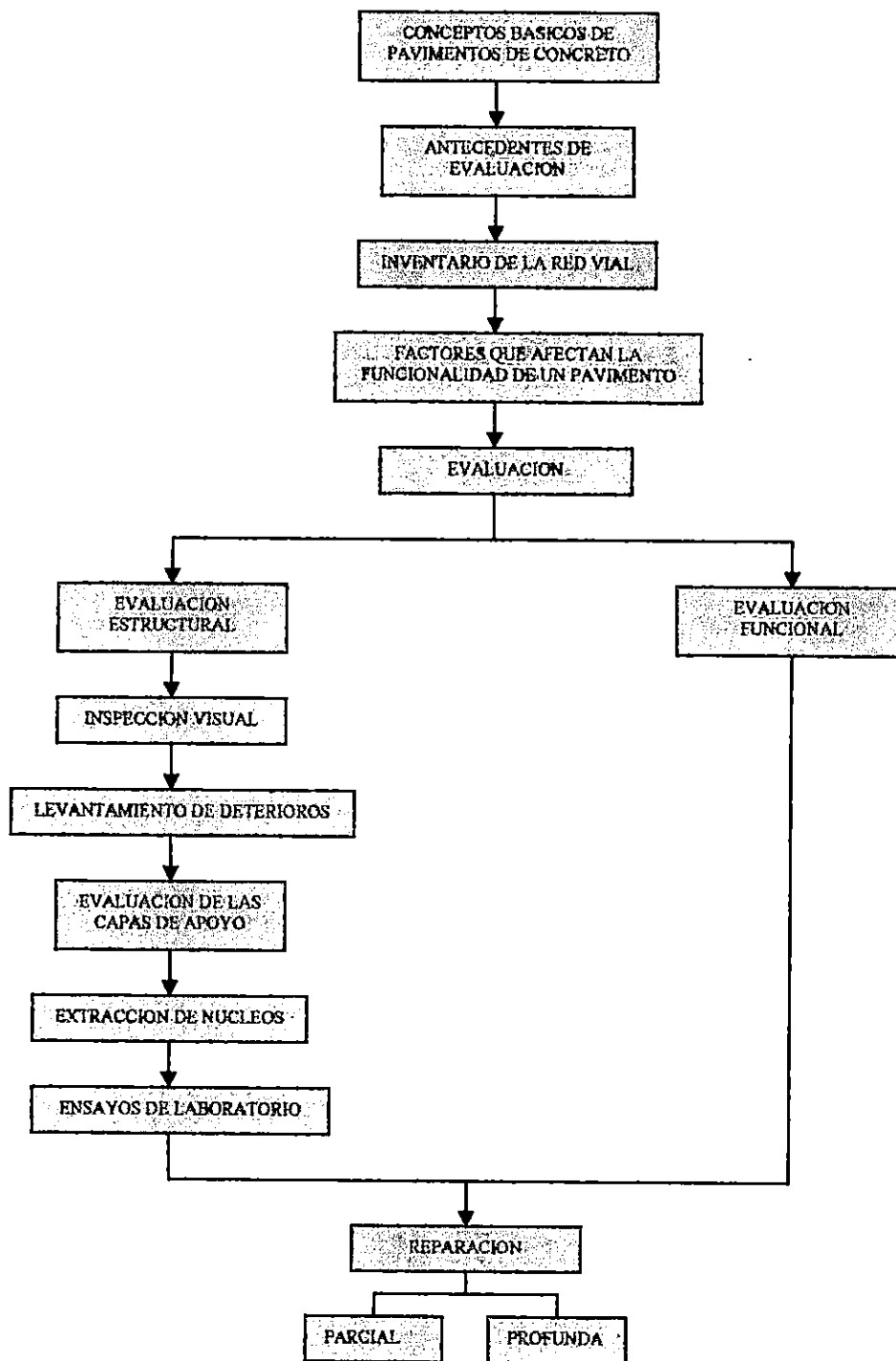
El propósito central de la aplicación es mostrar la manera de utilizar la metodología propuesta.

| PAVIMENTOS RIGIDOS EN VIAS URBANAS | | |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| AÑOS | PROYECTO | M ³ DE CONCRETO HIDAULICO |
| 1999- 2001 | Paso a Desnivel Bulevar Venezuela, 25 Av. Norte. | 850.0 |
| | Intercambiadores de tres niveles Bulevar. Venezuela/49 Av. Norte. | 357.0 |
| | Intercambiadores Hermano Lejano. | 720.0 |
| | Intercambiador Árbol de la Paz. | 3675.0 |
| | Páso a desnivel 6 ^a -10 ^a Calle Poniente El Progreso/49 Av. Sur. | 403.0 |
| | Paso a Desnivel Alameda Rosevelt / 49 Av. Norte-Sur. | 700.0 |
| | Paso a Desnivel 1 ^a Calle Poniente/49 Av. Norte. | 252.0 |
| | Paso a Desnivel Bulevar. Los Héroes Alameda Juan Pablo II. | 1440.0 |
| | Prolongación de Calle el Pedregal (Chiltiupan). | 6743.0 |

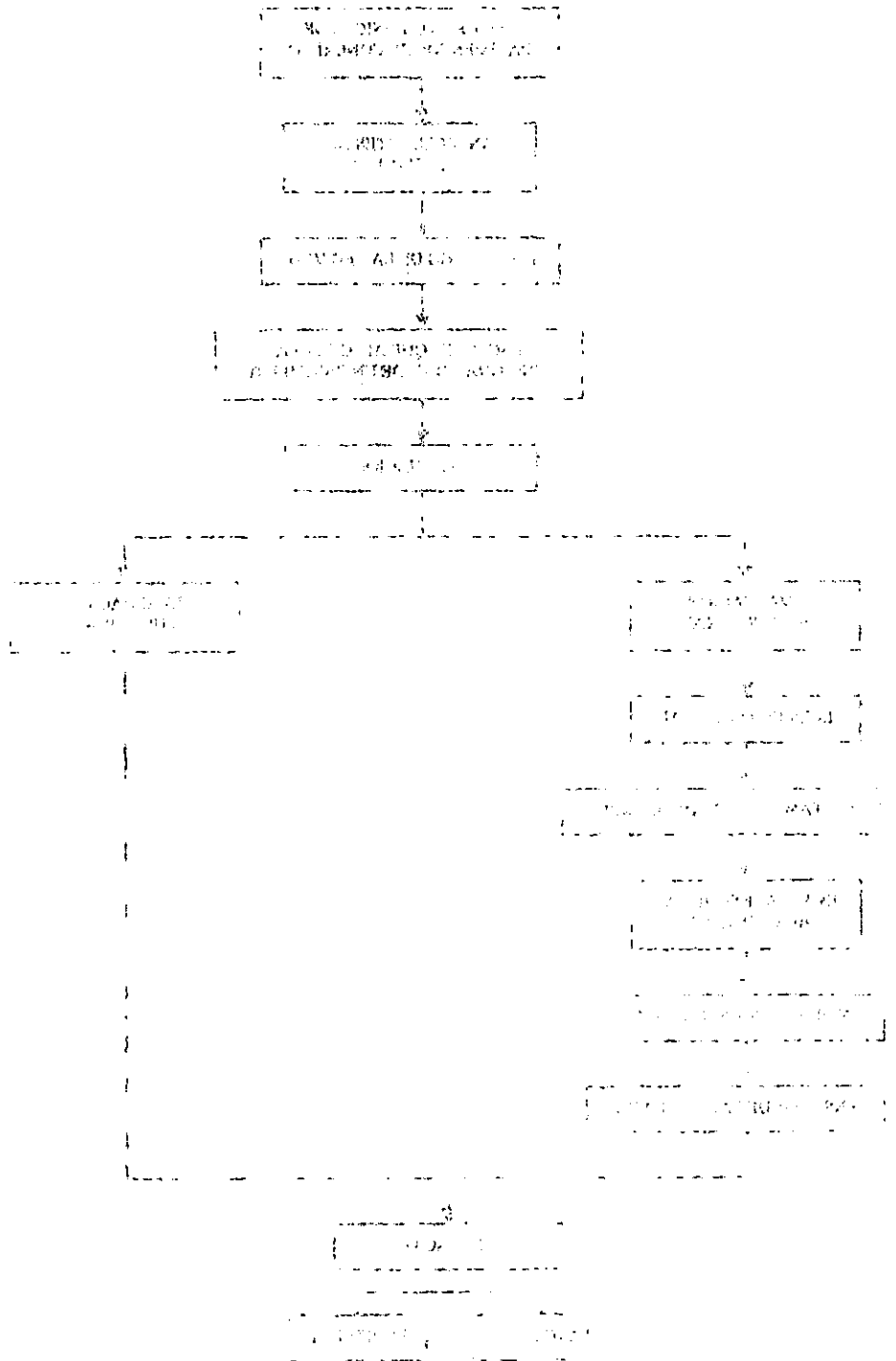
| PAVIMENTOS RIGIDOS EN VIAS URBANAS | | |
|------------------------------------|---|--------------------------------------|
| AÑOS | PROYECTO | M ³ DE CONCRETO HIDAULICO |
| 1999- 2001 | 50 Av. Norte, entre Bulevar del Ejército y Calle Antigua a Soyapango. | 2288.0 |
| | Prolongación del Bulevar Constitución. | 2261.0 |
| | Urbanización Madreselva. | 990.0 |

Tabla 1.2 Fuente: Curso taller de pavimentos de concreto hidráulico, UES.

ORGANIGRAMA DE LA METODOLOGIA



PROCESO DE TRABAJO DE LA EMPRESA



2.1 CONCEPTOS BASICOS SOBRE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

En el estudio de pavimentos de concreto hidráulico es muy necesaria la comprensión de los diferentes conceptos y/o definiciones que se involucran, con el objetivo de preparar al investigador en el tema y que adquiriera una visión de los aspectos generales y específicos que comprenden los pavimentos de concreto hidráulico.

En general, el pavimento es la estructura que descansa sobre el terreno de fundación o sobre una obra (sub-rasante), formada por una capa o conjunto de capas de materiales apropiados; con la finalidad de transmitir a la sub-rasante los esfuerzos producidos por el estacionamiento o circulación de personas y vehículos; proporciona una superficie resistente a la acción del tránsito, al intemperismo y otros agentes; además debe cumplir las características geométricas para que los vehículos puedan circular con comodidad, seguridad y economía.

Los pavimentos de concreto hidráulico son losas construidas con un conglomerado pétreo artificial que se obtiene mezclando una pasta aglutinante de cemento Pórtland, con materiales pétreos (llamados agregados) incluye aire y algunas veces aditivos; cuando la pasta aglutinante de cemento Pórtland reacciona con el agua, se endurece y por eso se le llama concreto hidráulico. Estas losas se colocan sobre la subrasante directamente, sobre una sub-base granular compactada o una base tratada con cemento o suelo cemento.

Los pavimentos de concreto hidráulico pueden agruparse en cinco categorías:

Pavimentos de concreto con juntas simples (JPCP).

Pavimentos de concreto compactado.

Pavimentos de concreto armado (JRCP Y CRCP).

Pavimentos de concreto pretensado.

Pavimentos de concreto prefabricados.

Los más empleados en nuestro país, por su adaptabilidad técnica y económica a diferentes condiciones son los pavimentos (JPCP) (Join Plain Concrete Pavement) (Pavimentos de Concreto con Juntas Simples).

Esta tesis tiene como alcance analizar los pavimentos de concreto con juntas simples (JPCP), con o sin dispositivos de transferencia de carga (dovelas), y barras de unión. Por tanto los otros tipos de pavimentos pueden tratarse en estudios posteriores.

2.1.1 PARTES COMPONENTES DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

2.1.1.1 LA SUB-RASANTE:

Es la parte de una carretera que sirve para el soporte de las capas del pavimento, por tanto debe de cumplir con ciertas características estructurales, de manera que los materiales seleccionados que se colocan sobre ella se acomoden en espesores uniformes y su resistencia debe ser homogénea en toda la superficie para evitar fallas en el pavimento.

La sub-rasante es de vital importancia en cualquier tipo de pavimento, la capacidad de soporte de la sub-rasante y de las capas de apoyo de un pavimento se cuantifica por medio de un parámetro llamado Modulo de Reacción, conocido también como coeficiente de balasto o Modulo de Westergaard representado convencionalmente por (k); que es igual a la relación entre la presión aplicada sobre el terreno y el asentamiento correspondiente.

$$k = p / d$$

Donde:

k: Modulo de reacción.

p: Presión aplicada.

d: Asentamiento correspondiente.

Las unidades de k son $\text{kg} / \text{cm}^2 / \text{cm}$ ó kg / cm^3 . Este valor depende del tipo de suelo, su densidad y su contenido de humedad. Los suelos blandos como las arcillas plásticas tienen valores de k de $1.40 \text{ kg} / \text{cm}^3$ aproximadamente, los suelos densamente graduados arena - grava no plásticos, pueden tener valores de k hasta de $14.0 \text{ kg} / \text{cm}^3$.

Uno de los métodos para encontrar este valor, es el ensayo de placa de carga que rige la norma ASTM D 1196 y AASHTO T 222.

2.1.1.2 LA SUB-BASE:

En pavimentos de concreto hidráulico (rígidos) a diferencia de los pavimentos asfálticos (flexibles) no es necesario colocar base; debido a sus características

estructurales, por lo tanto únicamente se colocan materiales de sub-base sobre la sub-rasante, cuando ésta no presente condiciones adecuadas de soporte.

La sub-base es una capa relativamente delgada de materiales seleccionados o especificados de espesor determinado colocado entre la sub-rasante y la losa, con el objeto de mejorar el soporte, prevenir el bombeo (perdida de finos) o controlar la humedad del suelo, para sub-rasantes de alto cambio volumétrico. El espesor de la sub-base oscila entre 10 y 25 cm, si son menores de los 10 cm puede ocurrir que las irregularidades de la sub-rasante propicien espesores de sub-bases demasiados delgados y no se de una resistencia de soporte uniforme a la losa; por otro lado si son mayores de 25 cm solo se ocupan cuando en la sub-rasante existen suelos altamente expansivos ya que la sub-base controla los hinchamientos y contracciones de estos suelos.

2.1.1.2.1 Sub-bases tratadas con cemento y suelo-cemento:

Cuando se desea mejorar las características de una sub-rasante con una sub-base y no se cuente con los materiales apropiados, existe la factibilidad de utilizar un suelo tratado con cemento o un suelo-cemento, para la estabilización del soporte de la losa.

El empleo de sub-bases tratadas con cemento se ha vuelto común en muchas áreas geográficas para la construcción de pavimentos de carreteras y aeropistas.

Las sub-bases tratadas con cemento permiten un uso mas eficiente de los materiales locales, de los agregados subestándar y de los materiales reciclados para pavimentación.

Esto se traduce en la conservación de los agregados y en ahorros de material y transporte de los mismos.

Otras ventajas que se pueden obtener a partir del uso de estas sub-bases están las siguientes:

- Reducción de los esfuerzos y de las deflexiones en los pavimentos provocados por el tráfico de vehículos.
- Se logra un apoyo firme para una pavimentadora de cimbra deslizante o para cimbras laterales.
- Prevención de la consolidación de la sub-base debida al tráfico.
- Se logra una mejor transmisión de carga a las juntas del pavimento.
- Se logra una superficie más resistente a la erosión.

También se utiliza suelo-cemento para estabilizar sub-bases, presentando propiedades mejoradas en cuanto a deformabilidad y resistencia. Las propiedades del material dependen de tres factores.

- Características del suelo.
- Dosificación de cemento.
- Proceso de fabricación, compactación y curado.

Las características que se obtienen de una mezcla suelo-cemento al realizar un tratamiento adecuado son las siguientes:

- Mayor resistencia, obteniéndose una capa base que reparte las cargas a una mayor área, esto origina una reducción significativa en el espesor de la losa de concreto, ya que el módulo de reacción del suelo aumenta considerablemente.
- Es más impermeable.
- En presencia de humedad aumenta su resistencia.
- Su resistencia aumenta con el tiempo.

Con respecto a las cantidades de cemento a utilizar, las distintas normas insisten en la necesidad de realizar ensayos de laboratorio para determinar un porcentaje. Sin embargo, pueden darse dosificaciones basadas en la experiencia, según el tipo de suelo y el objetivo del tratamiento (base tratada con cemento o suelo-cemento). En la siguiente tabla se muestran dosificaciones aconsejadas según varias referencias, en función de las clasificaciones ASTM y AASHTO.

| TIPO DE SUELO | % CEMENTO RECOMENDADO | | |
|--------------------|-----------------------|-----------|-------|
| | SMC (1) | SC (1) | (2) |
| (ASTM) | | | |
| GW,GP,GM,GC | 4-7 | 5-8 | 3-6 |
| SW | 4-7 | 5-8 | 5-8 |
| SP | 6-10 | 7-10 | 5-8 |
| SC | 6-10 | 7-10 | 8-12 |
| ML,MH | 7-12 | | 8-12 |
| CL-ML | 10-16 | | 12-20 |
| Arena muy uniforme | 8-12 | 9-14 | |

| TIPO DE SUELO (AASHTO) | % CEMENTO RECOMENDADO | | |
|---------------------------|-----------------------|------|-------|
| | (3) | (4) | (5) |
| A-1-a | 3-5 | 3-8 | 2-4 |
| A-1-b | 5-8 | 3-8 | 2-4 |
| A-2 | 5-9 | 5-9 | 2-4 |
| A-3 | 7-11 | 5-10 | 4-6 |
| A-4 | 7-12 | 7-12 | 6-8 |
| A-5 | 8-13 | 8-14 | 10-12 |
| A-6 | 9-15 | 9-15 | 12-15 |
| A-7 | 10-16 | 9-15 | 12-15 |

Tabla 2.1

Referencias:

- (1) Arredondo (1964), Normas y manuales del instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento. Madrid.
- (2) VSS (Normas Suizas) (1967). Zurich.
- (3) Terrel, R.L. (1979) "Estabilización de suelos en estructuras de pavimentos: Manual del usuario. FHWA. Washington D.C.
- (4) Kraemer, C y Delval, M.A. (1983) "Firmes y pavimentos" Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- (5) Ingles, O.G. y Metcalf, J.B. (1972) "Estabilización de suelos practicas y principios" Buttersworths, Sydney.

Por último, se ha observado aumento en la vida útil de un pavimento colocado sobre sub bases tratadas con cemento o suelo cemento.

2.1.1.3 LOSAS DE CONCRETO:

La losa de concreto es elemento principal de este tipo de pavimento; toma la mayor parte de los esfuerzos del pavimento, uniformizándolos y transmitiendo esfuerzos relativamente pequeños a las capas inferiores.

Existen diferentes fenómenos que se deben considerar al diseñar una losa de concreto por ejemplo: La dilatación y contracción de las losas por efecto de la temperatura; ya que cambia todo el tiempo, se dan variaciones según la región, la estación del año y la hora del día.

Cuando se combina la temperatura y el peso propio de la losa en esta forma: En el día generalmente, la temperatura es mayor en la superficie que en el suelo inferior provocando que los bordes de la losa se alabeen hacia abajo en relación con la sección central, esta tendencia opuesta al peso de la losa crea efectos de tensión en el fondo y compresión en la parte superior; durante la noche ocurre completamente lo contrario esto puede visualizarse en la figura 2.1.

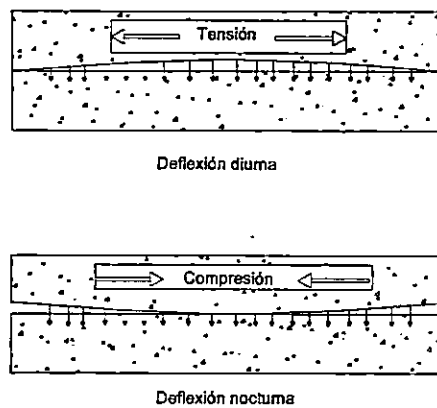


Fig. 2.1 Acción de ondulación en una losa de concreto.

Las losas de concreto hidráulico pueden diferenciarse de acuerdo a la tipología siguiente:

2.1.1.3.1 Losas cortas de concreto simple.

2.1.1.3.2 Losas de concreto simple con pasajuntas.

2.1.1.3.1 Losas cortas de concreto simple.

Están constituidas por concreto común con agregados y sin ningún tipo de armaduras. Las dimensiones de estas losas tienen mucha relación con la ejecución de juntas; en la tabla 2.2 se muestran las dimensiones recomendables de las losas de acuerdo al espesor seleccionado.

| Distancia recomendada entre juntas para pavimentos de concreto simple. (Espesor) | Distancia recomendable. |
|--|-------------------------|
| 125 mm | 3.0 – 3.8 m |
| 150 mm | 3.7 – 4.6 m |
| 175 mm | 4.3 – 4.6 m |
| 200 mm o mas | 4.6 m |

Tabla 2.2 Fuente: ACPA (Asociación Americana de Pavimentos de Concreto)

La resistencia estructural de este tipo de pavimento depende exclusivamente del concreto simple.

2.1.1.3.2 Losas de concreto simple con pasajuntas.

Este tipo de losas consta de barras en las zonas más críticas que es precisamente, en las juntas transversales de construcción, para que se transmitan las cargas, propiciando un trabajo en conjunto; obteniéndose una mayor capacidad estructural del pavimento y se logra reducir el espesor de la losa.

2.1.1.4 JUNTAS:

La junta se define como un plano de debilidad para controlar el agrietamiento o movimientos causados por gradientes de temperatura o humedad en pavimentos de concreto. Una junta puede ser elaborada en concreto fresco o en concreto endurecido.

Las juntas en pavimentos de concreto son pequeñas separaciones construidas en las losas reduciendo los esfuerzos causados por los cambios de volumen que ocasionan las diferentes temperaturas, evitando así efectos dañinos sobre la losa. Las juntas generalmente oscilan entre 3mm y 6 mm de ancho y su profundidad puede ser desde 1/4 hasta todo el espesor de la losa.

Los sistemas de construcción de juntas se basan en el principio de controlar las grietas que aparecen por causas naturales en los pavimentos de concreto. Las juntas se colocan en el pavimento para controlar la ubicación y geometría del agrietamiento.

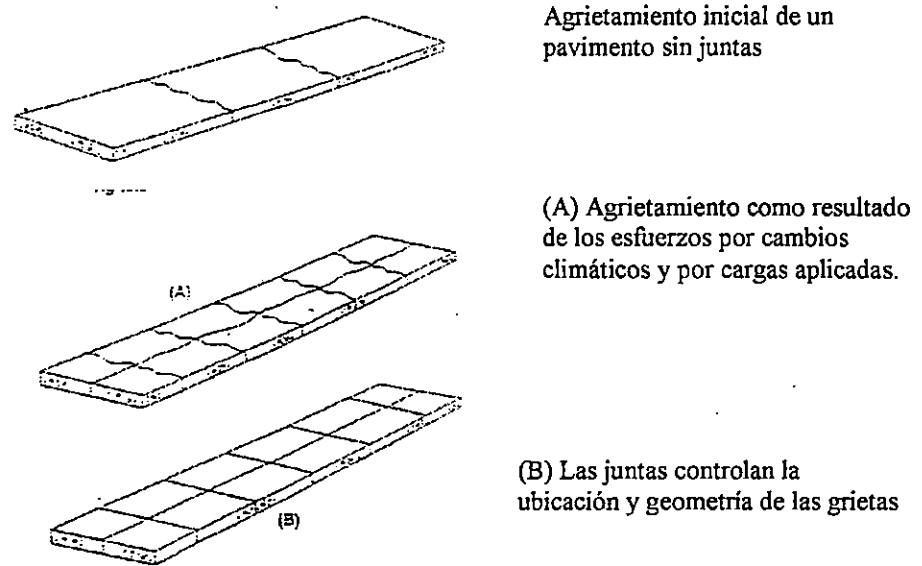


Fig. 2.2 Patrones de agrietamiento.

2.1.1.4.1 Juntas longitudinales.

Son juntas que se construyen paralelamente al eje de la vía y sirven para controlar las grietas longitudinales.

- Juntas longitudinales de contracción.

Son juntas que dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, en lugares donde se colocan dos o más secciones de un mismo carril simultáneamente.

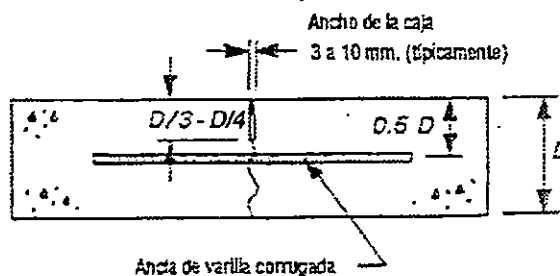


Fig. 2.3 Junta longitudinal de contracción.

- Juntas Longitudinales de construcción.

Son aquellas que unen carriles adyacentes de pavimento, que se construyen en diferentes tiempos.

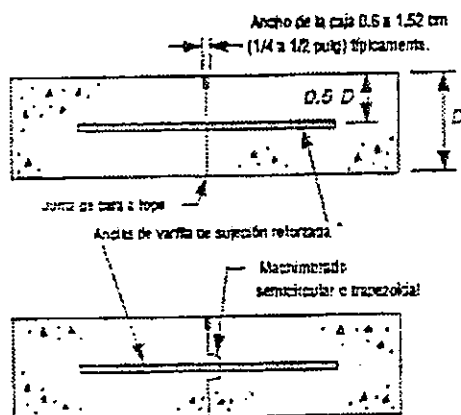


Fig. 2.4 Juntas longitudinales de construcción.

2.1.1.4.2 Juntas Transversales

Estas son utilizadas para controlar las grietas transversales.

- Juntas transversales de contracción.

Son juntas que se colocan perpendicularmente al eje de trazo y se separan entre sí, para controlar el agrietamiento inducido por esfuerzos debido a contracción y a cambios diferenciales de temperatura, humedad y mantiene la trabazón de agregados.

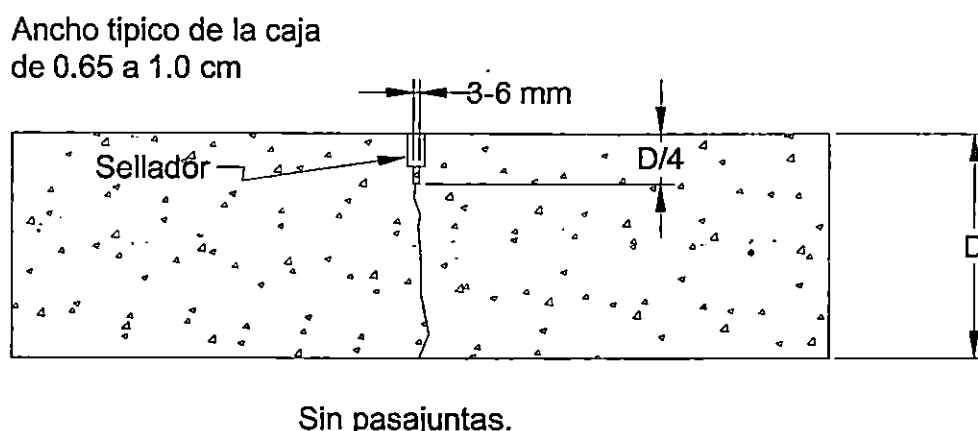


Fig. 2.5 Juntas transversales de contracción.

- Juntas transversales de dilatación.

Son aquellas que se colocan en lugares que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes (puentes, estructura de drenaje, etc.) y el propio pavimento.

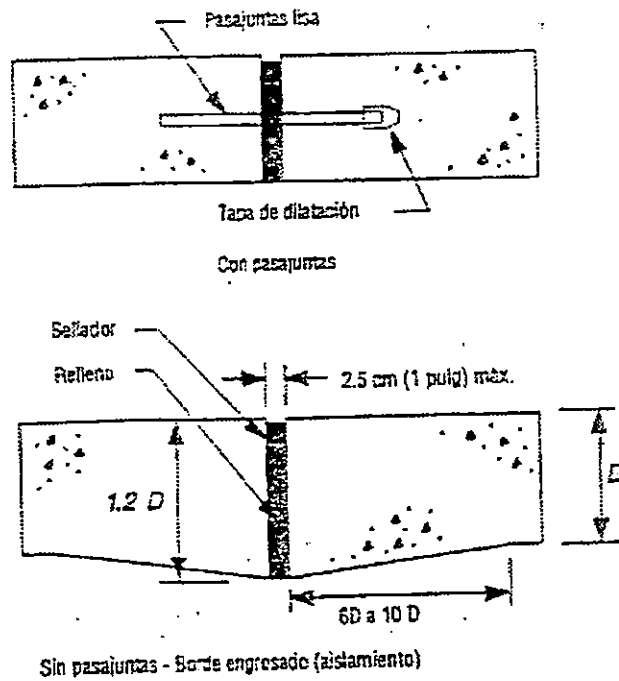


Fig. 2.6 Juntas transversales de dilatación.

- Juntas transversales de construcción.

Las juntas que se instalan al terminar la operación de pavimentos o al ocurrir cualquier otro tipo de interrupción. Estas juntas se colocan de ser posible en el lugar donde se ha proyectado de tener una junta definitiva.

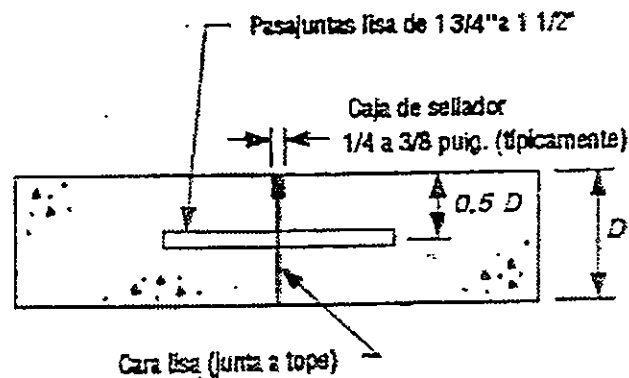


Fig. 2.7 Junta transversal de construcción.

2.1.1.4.3 Juntas Especiales.

Son las que se construyen en casos especiales ya sea por causas los procesos constructivos previstos o no; por nuevas construcciones o por conveniencias en la forma de trabajo de las juntas.

- Juntas en Pozos y Cajas.

Son juntas que se construyen para dar aislamiento a estos elementos e inducir el agrietamiento por contracción.

- Junta de Aislamiento.

Son juntas que separan las partes adyacentes de una estructura de concreto, pero permiten un movimiento relativo y evitan la formación de grietas en cualquier lugar en el concreto.

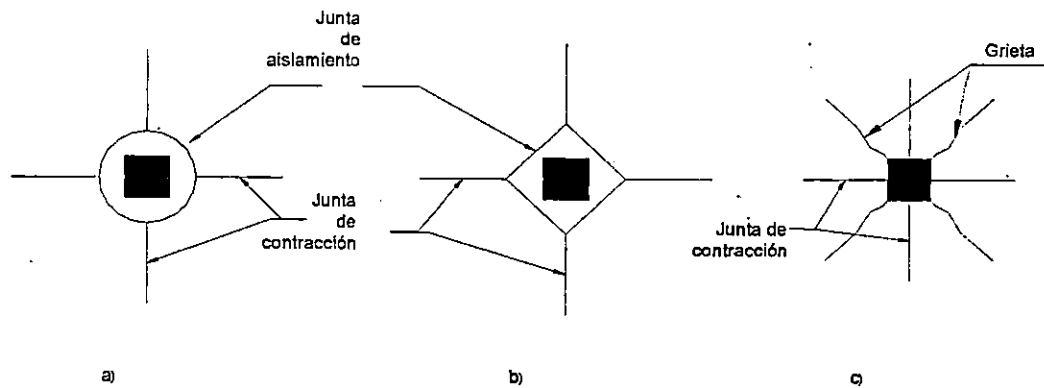


Fig. 2.8 Juntas en pozos y cajas.

- Junta de Expansión.

Son juntas que permiten movimientos grandes de cierre, para prevenir el desarrollo de compresión lateral entre losas adyacentes; normalmente son usadas para aislar estructuras como puentes.

- Junta de Emergencia.

Son juntas que se realizan en puntos no planeados, por algún tipo de interrupción o paros de emergencia; son juntas cuadradas entre dos miembros y no se benefician de la trabazón del agregado, por lo tanto es necesario colocar pasadores garantizando la transferencia de cargas.

2.1.1.5 MATERIALES PARA JUNTAS:

El material que se coloca en la sección de una junta debe ser resistente a los esfuerzos producidos por los cambios volumétricos en el concreto, para tal efecto el material debe cumplir con ciertas características elásticas logrando la impermeabilidad del pavimento. Existen materiales que cumplen con las características deseadas y además tienen una larga duración.

Los selladores para juntas se clasifican generalmente en líquidos o preformados. Los selladores líquidos pueden aplicarse en caliente o en frío, ser de uno o de dos componentes, y ser autoenrasables o labrables.

Los selladores preformados (selladores de compresión) dependen de la recuperación de la compresión a largo plazo para conseguir un asiento adecuado.

En la siguiente tabla se muestran descripciones y especificaciones de la mayor parte de selladores comerciales.

| Tipo de sellador | Especificación | Propiedades |
|---|----------------|--|
| Selladores aplicados en caliente: | | |
| Con base de asfalto polimérico. | AASHTO MO173 | Autoenrasante |
| | ASTM D3405 | Autoenrasante |
| | SS-S-1401 C | Autoenrasante |
| | ASTM D1190 | Autoenrasante |
| Sellador polimérico | ASTM D3405 | Autoenrasante |
| Bajo módulo | Modificado | Autoenrasante |
| Sellador elastomérico | SS-S-1614 | Autoenrasante |
| Alquitrán de hulla, PVC | ASTM D3406 | Autoenrasante |
| Selladores aplicados en caliente/ Componentes individuales: | | |
| Sellador de silicón | No. Aplica. | No pegajoso, con herramientas, bajo módulo. |
| Sellador de silicón | No. Aplica. | Autoenrasable (sin herramientas), bajo módulo. |
| Sellador de silicón | No. Aplica. | Autoenrasable (sin herramientas), ultra bajo módulo. |
| Sellador de hule nitrilo | No. Aplica. | Autoenrasable (con / sin herramientas), bajo módulo. |
| Sellador de polisulfuro | No. Aplica. | Autoenrasable (sin herramientas), bajo módulo. |
| Policloropreno elastomérico preformado (Sellos de compresión): | | |
| Sellos de compresión preformados | ASTM D2628-81 | Deformación unitaria |
| Adhesivo lubricante | ASTM D2835 | Permisible de 20-50% |

| | | |
|---|---------------------------|--|
| Material de relleno para juntas de dilatación preformadas: | | |
| Material de relleno preformado | ASTM D1751 AASHTO M213 | Bituminoso, no extrusionable, resiliente |
| Material de relleno preformado | ASTM D1752 AASHTO M153 | Hulespuma |
| Material de relleno preformado | ASTM D994 AASHTO M33 | Bituminoso |

Tabla 2.3 Fuente ACPA.

- Sellos de compresión preformados.

El diseño de la caja de la separación y la selección del sello de compresión, deben garantizar que el sello permanezca comprimido dentro de un rango de 20 a 50% en todo momento. La profundidad de la caja debe exceder el espesor del sello comprimido pero no está relacionada directamente con el ancho de la caja. Si el sello se subdimensiona, la abertura de la junta puede quedar demasiado grande y se perdería el efecto de la compresión.

- Barra de Respaldo.

La barra de respaldo constituye un componente importante para instalar los selladores líquidos, ya que evitan que el sellador se escape por el fondo de la junta y evitan la adherencia del sellador con el fondo de la capa de la junta; también ayuda a definir el factor de forma y optimiza la cantidad de sellador aplicada.

La barra de respaldo se coloca dentro de la caja de la junta antes de aplicar los selladores líquidos, el diámetro de esta barra de respaldo debe ser 25% mayor que el ancho de la caja a fin de asegurar un ajuste hermético.

Los materiales utilizados para este tipo de elemento pueden ser:

Espuma de polietileno, espuma de polietileno reticulada, espuma de poliuretano.

- Cajas para el Sellador de Juntas.

El factor de forma es crítico para el buen funcionamiento a largo plazo de una aplicación de sellado; ya que la sección transversal cambia durante la dilatación y la contracción del pavimento de concreto, se desarrollan esfuerzos dentro del sellador y a lo largo de la superficie de contacto sellador / caja.

Estos esfuerzos pueden ser excesivos si el factor forma no es el adecuado para el material de sello.

El factor de forma se define de la siguiente manera:

$$\text{Factor de forma} = \text{Espesor} / \text{Ancho}.$$

El diseño del factor de forma debe incluir el arremetimiento del sellador a una profundidad de 6 a 9.5 mm. Este arremetimiento es importante para evitar los problemas de extrusión.

| Tipo de sellador | Factor de forma típico |
|----------------------|---------------------------|
| Aplicado en caliente | 1.0 |
| Silicón | 0.5 |
| Tipo compresión | * |

* No se rige por el factor de forma.

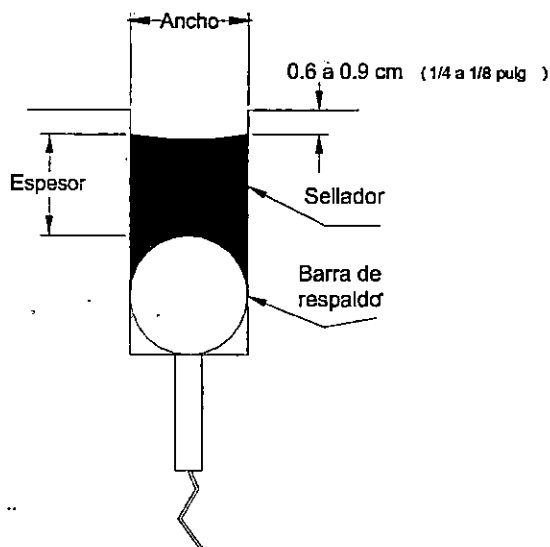


Fig. 2.9 Caja de la junta.

2.1.1.6 BARRAS DE ANCLAJE Y DOVELAS:

Estas son construidas con el propósito de mantener unidas las losas y para transmisión de cargas entre ellas respectivamente.

2.1.1.6.1 Barras de Anclaje o Barras de Amarre.

Estas son barras de acero corrugado se usan generalmente a través de las juntas longitudinales, especialmente en condiciones de no confinamiento lateral y tráfico pesado, o cuando se realizan colados en diferentes tiempos (carriles), las barras de amarre no son dispositivos de transferencia de carga, simplemente trabajan a tensión, que son provocadas por los esfuerzos de fricción entre la barra corrugada, concreto y sub-rasante, las barras de anclaje para cualquier tipo de junta longitudinal que las requiera, se diseñan para resistir la fuerza de tracción generada por la fricción entre losa del pavimento y la sub-rasante o sub-base, la sección transversal de acero por unidad de longitud de junta se puede calcular con base a la siguiente ecuación.

$$A_s = \frac{b f w}{F_s}$$

Donde:

A_s : Área de acero por unidad de longitud de junta (cm^2/m).

b : Distancia entre la junta en consideración y el borde libre del pavimento (m).
corresponde normalmente al ancho de un carril.

f : Coeficiente de fricción entre losa y suelo (se toma generalmente como 1.5).

w : Peso de la losa por unidad de área (Kg/m^2).

f_s : Esfuerzo de trabajo del acero (Kg/cm^2); normalmente se toma igual a $0.67 f_y$ siendo f_y el esfuerzo de cedencia del acero.

Asimismo, la longitud de las barras de anclaje debe, ser tal que el esfuerzo de adherencia a cada lado de la junta iguale el esfuerzo de trabajo del acero.

Agregando 7.5 cm. para compensar defectos de colocación de la varilla, la longitud total de ésta puede calcularse por medio de la fórmula siguiente:

$$L = \frac{2 \cdot A \cdot f_s}{a \cdot p} + 7.5$$

En la cual:

- L: Longitud de la barra de anclaje (cm).
- A: Área transversal de una barra de anclaje (cm^2).
- f_s : Coeficiente de fricción entre losa y suelo (1.5).
- a : Esfuerzo de trabajo por adherencia. Para acero corrugado, se permite usar el 10% del valor de la resistencia a compresión del concreto; sin embargo no debe exceder de $24.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$.
- p : perímetro de una varilla (cm).

En la tabla 2.4 se presentan separaciones recomendadas y características de las barras corrugadas en función del espesor de la losa y el tipo de junta longitudinal.

| Separación máxima recomendada entre barras de anclaje (pulg.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---------------|-------------|----|-------------|----|----|-------------|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Nota: se recomienda una separación máxima de 48" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diámetro de la varilla | | | Varilla # 4 | | | | | Varilla # 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clasificación del acero | | | Grado 40 * | | Grado 60 ** | | | Grado 40 ** | | Grado 60 ** | | | | | | | | | | | | | |
| Longitud de varilla | | | 24 plg | | 32 plg | | | 30 plg | | 40 plg | | | | | | | | | | | | | |
| Distancia al bode libre (pies) | | | 10 | 12 | 16 | 22 | 24 | 10 | 12 | 16 | 22 | 24 | 10 | 12 | 16 | 22 | 24 | | | | | | |
| Espesor | 9" | Tipo de junta | Machimbrada | 37 | 31 | 23 | 17 | 16 | 48 | 47 | 35 | 25 | 23 | 48 | 48 | 36 | 26 | 24 | 48 | 48 | 48 | 40 | 36 |
| | | | A tope | 26 | 22 | 16 | 12 | 11 | 40 | 34 | 25 | 18 | 16 | 42 | 35 | 26 | 19 | 17 | 48 | 48 | 39 | 29 | 26 |
| | 10" | | Machimbrada | 34 | 28 | 22 | 16 | 14 | 48 | 42 | 32 | 23 | 20 | 48 | 44 | 33 | 24 | 22 | 48 | 48 | 48 | 36 | 32 |
| | | | A tope | 24 | 20 | 16 | 11 | 10 | 36 | 30 | 23 | 16 | 14 | 38 | 31 | 24 | 17 | 16 | 48 | 47 | 35 | 26 | 23 |
| | 11" | | Machimbrada | 31 | 25 | 20 | 15 | 13 | 47 | 38 | 29 | 21 | 19 | 48 | 40 | 30 | 22 | 20 | 48 | 40 | 30 | 22 | 20 |
| | | | A tope | 22 | 18 | 14 | 11 | 9 | 34 | 27 | 21 | 15 | 14 | 34 | 29 | 21 | 16 | 14 | 48 | 43 | 31 | 23 | 21 |
| | 12" | | Machimbrada | 28 | 23 | 18 | 13 | 12 | 42 | 35 | 27 | 19 | 18 | 44 | 36 | 28 | 20 | 13 | 48 | 48 | 41 | 30 | 28 |
| | | | A tope | 20 | 16 | 13 | 9 | 9 | 30 | 25 | 19 | 14 | 13 | 31 | 26 | 20 | 14 | 13 | 47 | 39 | 29 | 21 | 20 |

Tabla 2.4

Junta machimbrada: junta aserrada o de construcción con machimbrado.

Junta a tope: junta de construcción sin machimbrado.

* Longitud necesaria para desarrollar toda la resistencia al límite del acero.

** Clasificación del acero con base en la norma ASTM A615.

Fuente ACPA.

2.1.1.6.2 Dovelas o pasadores.

Estas son barras de acero lisas, se usan generalmente a través de las juntas transversales para transmisión de cargas entre losas. Estas barras deben permitir que la junta pueda abrirse y cerrarse pero manteniendo juntos a un mismo nivel los bordes de la losa.

El diámetro de la barra será en función del espesor como lo indica la tabla 2.5, estas pasajuntas no deberán tener una longitud mayor a 45 cm, con un espaciamiento a cada 30 cm.

| Espesor del pavimento | Diámetro del pasador (cm) (plg) | Longitud total (cm) | Separación entre centros (cm) |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 10 | 1.27 ½ | 25 | 30 |
| 11 - 13 | 1.59 5/8 | 30 | 30 |
| 14 - 15 | 1.91 3/4 | 35 | 30 |
| 16 - 18 | 2.22 7/8 | 35 | 30 |
| 19 - 20 | 2.54 1.0 | 35 | 30 |
| 21 - 23 | 2.86 1 1/8 | 40 | 30 |
| 24 - 25 | 3.18 1 1/4 | 45 | 30 |
| 26 - 28 | 3.49 1 3/8 | 45 | 30 |
| 29 - 30 | 3.81 1 ½ | 50 | 30 |

Tabla 2.5 Fuente: Curso Colombiano de pavimentos

2.1.2 CONCEPTOS BASICOS DE CONSERVACION.

- **Conservación:**

Es un término genérico que cubre todas las tareas necesarias para mantener las carreteras en condiciones adecuadas de servicio desde el punto de vista funcional (seguridad vial y comodidad de rodadura) y asegurar la máxima durabilidad de la infraestructura. Incluye la inspección, el mantenimiento y la rehabilitación de las carreteras.

- **Inspección:**

Comprende el conjunto de tareas encaminadas a determinar el estado de las carreteras, que evoluciona desde su puesta en servicio debido a su uso y a los agentes meteorológicos. Esta evolución puede verse acelerada por deficiencias en el proyecto.

- **Mantenimiento o Conservación Ordinaria:**

Se define como la preservación de los elementos iniciales de la carretera incluyendo la calzada, hombros, estructuras y todos aquellos dispositivos para la regulación del tráfico, necesarios para una utilización segura y eficaz de la carretera.

Suelen incluirse aquí las actuaciones rutinarias de reposición de elementos accesorios y limpieza, los saneos o tratamientos en longitudes relativamente cortas, sellado de grietas, etc.

- **Rehabilitación:**

Es un término que se aplica conjunta o separadamente a las operaciones de reparación de gran envergadura, refuerzos, reconstrucción y en su caso reciclado.

La estrategia de conservación más económica es la preventiva las intervenciones preventivas van dirigidas a mantener la carretera en el mismo estado en que se construyó.

Entre las intervenciones más importantes de conservación preventiva se encuentra todas aquellas dirigidas a mantener la integridad de las juntas y a evitar la entrada de agua en el pavimento, como el sellado de grietas y/o juntas, la rehabilitación o mejora en el drenaje del pavimento, junto con reparaciones de hombros y las pequeñas reparaciones superficiales de zonas deterioradas de calzada antes de que se extiendan los daños, más adelante se profundiza en cuanto a mantenimiento preventivo y reparaciones. Se debe tener presente que las técnicas de reparación tienen sus propias características, que las diferencian de las utilizadas en otros tipos de pavimentos.

Por tal razón reparar un pavimento de concreto implica, conocer a fondo el funcionamiento de estos pavimentos y las técnicas específicas a utilizar. Un aspecto importante de los pavimentos de concreto es que la aparición de grietas no significa un fallo del conjunto del pavimento, ya que estos se deterioran por la acción conjunta de las acciones climáticas y del tráfico, y muchas veces estas últimas son preponderantes. Estas losas una vez rotas pueden quedar estables y, debidamente selladas, soportar sin problemas las cargas de servicio.

Es muy importante subrayar que al igual que otros tipos de pavimentos las reparaciones sólo pueden tener éxito cuando incluyen las medidas necesarias para evitar el origen de los deterioros.

Si un agrietamiento de losa se ha producido por un fallo de drenaje y éste no se soluciona es inútil reconstruir de nuevo la losa, porque volverá a fallar en un corto plazo de tiempo.

2.2 MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

Según las experiencias vividas en el comportamiento de pavimentos de concreto hidráulico, podemos afirmar que necesitan un mantenimiento inferior al que necesitan los pavimentos de concreto asfáltico, ya que este material es el más duradero de los que se utilizan en la construcción de carreteras. Con frecuencia se hace referencia a esta ventaja, llegando en algunos casos a sobreestimarla, desatendiéndolos y provocando una disminución en su nivel de servicio.

Las técnicas de conservación de pavimentos de concreto hidráulico, no se conocen en la misma medida que las de otros tipos de pavimentos. Además, en nuestro país, no se aplican tradicionalmente criterios normalizados sobre como y cuando llevar a cabo las actuaciones de reparación apropiadas.

En esta parte de la metodología se propondrán las acciones de mantenimiento de pavimentos de concreto hidráulico de carácter preventivo o sea, antes de ocurrida la falla o cuando esta ya ha ocurrido, pero es mínima.

El mantenimiento que trataremos en este capítulo se enfoca en aquellos elementos de la vía que regularmente no se les brinda la atención que merecen; tales como drenajes, taludes y señalización.

En la parte de reparación, se aborda ampliamente los pasos a seguir para mantener el pavimento en estado aceptable.

El mantenimiento de una vía, consiste en una serie de acciones que tienen por objeto la conservación en su estado original de construcción.

2.2.1 ETAPAS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

El mantenimiento preventivo consta de las siguientes etapas principales:

2.2.1.1 VISITA EXPLORATORIA:

El objeto de la etapa es la recolección de la información necesaria, para que el evaluador tenga un panorama claro de la situación de la vía.

2.2.1.2 TRABAJO DE OFICINA:

Esta etapa se concentra en el análisis de las hojas de las visitas exploratorias, para determinar las acciones a realizar por cada tramo en estudio.

2.2.1.3 VISITA CORRECTIVA:

Al llegar a esta etapa, ya se cuenta con las acciones específicas a realizar, para corregir los defectos encontrados. Por lo general se tiene que cerrar total o parcialmente

el tráfico; en tal caso se debe garantizar la seguridad del conductor, trabajador, y de todo usuario de la vía.

2.2.1.4 DEPURACION DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO:

En esta etapa se pretende la evaluación de los mecanismos utilizados para las acciones de mantenimiento, eliminando y/o agregando actividades que sean necesarias para la eficiencia y calidad en los trabajos.

Un elemento de gran trascendencia para lograr un buen funcionamiento, en macro, del mantenimiento vial es un “inventario vial informatizado”, que contenga cada una de las etapas mencionadas y que lleve un registro de las acciones realizadas y por realizar; de cada tramo en estudio. Que esté al alcance del evaluador, permitiéndole conocer los antecedentes del mismo, para tomar la mejor decisión; tomando en cuenta que tanto ha sido la efectividad de las acciones realizadas.

La etapa más crítica del año, para nuestros pavimentos, es indiscutiblemente la época lluviosa. La situación de emergencia que vivimos todos los años al llegar esta época constituye un grave problema para el usuario de la red vial. Por esto que la primera etapa del mantenimiento preventivo (Visita exploratoria), se realizará con la anticipación adecuada para que a la llegada del invierno, tengamos concluida la etapa correctiva. Por esto tal visita debe realizarse en enero de cada año.

2.2.2 ELEMENTOS DE LA VIA A INSPECCIONAR.

2.2.2.1 TALUDES:

Un talud que sea inestable puede ocasionar muchos daños, entre los que podemos mencionar la obstrucción de drenajes, bloquear o cortar el paso vehicular y provocar accidentes.

En la visita exploratoria se investigarán los siguientes daños:

Erosión de la superficie:

- Erosión del talud.
- Deslizamientos de material.
- Obstrucción de drenajes y obstrucción de la vía pública.

2.2.2.2 DRENAJES:

La misión del sistema de drenaje en la vía, es la recogida y conducción rápida del agua lluvia, fuera de la carretera y del sub-suelo.

El agua puede causar daños profundos a la carretera debilitando su cimentación, lo cual combinado con las cargas por tráfico puede ocurrir la falla del pavimento.

El sistema de drenaje es por lo tanto el componente más importante de una carretera; por lo que su mantenimiento es de suma importancia.

2.2.2.3 SEÑALIZACION:

La señalización de las carreteras es un elemento básico para el funcionamiento del sistema vial, ya que permite al usuario la información relativa a normas de

circulación y a las características de la carretera, advierten los peligros potenciales y proporciona la orientación necesaria para seguir su camino, contribuyendo que la circulación se desarrolle de forma ordenada y segura.

Existen dos grandes grupos en que se divide la señalización vial:

- Señalización Permanente:

Es la que debe permanecer inalterable, brindando información necesaria al usuario para realizar un movimiento de forma ordenada y segura.

- Señalización Temporal:

Es el tipo de señalización que permanece por un determinado periodo en un tramo de carretera cuando, por ejemplo, ha ocurrido un daño en el pavimento y es necesario desviar el tráfico mientras se repara y vuelve a la normalidad.

Independientemente de cual sea el tipo de señalización, debe cumplir cinco requisitos básicos para resultar eficaces:

- Ser necesarias.
- Atraer la atención.
- Transmitir un mensaje claro y sencillo.
- Ser respetadas por los usuarios.
- Permitir un tiempo de respuesta adecuado.

2.3 EVALUACION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

La evaluación de pavimentos de concreto hidráulico, implica determinar las condiciones actuales de servicio de la superficie y de la estructura del pavimento, las obras de drenaje, hombros y otros.

La nueva visión de las administraciones de carreteras ha tomado mucho interés en la evaluación de las carreteras ya que siendo esta minuciosa y objetiva, lleva a ahorros importantes en los costos iniciales de un proyecto de reparación o rehabilitación.

La evaluación es el termómetro por medio del cual podemos detectar como se está comportando un pavimento a través de la medición de la temperatura de varias variables tanto internas como externas. Entre las variables internas se puede mencionar; la capacidad estructural, índice de deterioro, índice de servicio, etc. entre las variables externas se puede mencionar clima, temperatura, cargas de tráfico, seguridad, el costo de conservación, etc.

La evaluación nos permite obtener un diagnóstico detallado de la estructura, el cual es el instrumento principal para dar solución a los problemas actuales o futuros de los pavimentos de concreto cumpliendo con la finalidad de obtener pavimentos en condiciones óptimas de circulación y garantizando la seguridad vial.

Los resultados de la evaluación proporcionan una visión del estado del pavimento. La calidad de esta visión de estado del pavimento dependerá de la calidad de la metodología empleada (modos de operación, muestreo, etc.) y de la confiabilidad de los equipos de medición involucrados (sensibilidad, exactitud, repetitividad, etc.)

La evaluación del estado de los pavimentos es una actividad esencial para el mantenimiento de carreteras, cualquier reparación o intervención preventiva debe basarse en el análisis de los deterioros presentes o previstos, determinados tanto en extensión como en gravedad. No puede llegarse a una solución efectiva de las necesidades de rehabilitación de un tramo sin llevar a cabo una evaluación de su estado.

2.3.1 ANTECEDENTES.

En El Salvador los antecedentes de evaluación de pavimentos de concreto hidráulico son muy escasos ya que las instituciones encargadas de realizar este trabajo como la Dirección General de Caminos (DGC) y Dirección de Urbanismo y Arquitectura (DUA) están más orientadas a la evaluación de pavimentos flexibles; dado que en nuestro país todavía es mayor el porcentaje de estos pavimentos con respecto a los pavimentos de concreto hidráulico. Esto puede comprobarse con la tabla proporcionada por el MOP que muestra el resumen del estado de deterioros de las vías urbanas pavimentadas, reflejando mayores valores para pavimentos asfálticos lo que puede indicar que es mayor el número de vías con este tipo de material.

En el período de 1980-1990 se utilizaron formatos de evaluación para calles pavimentadas que fueron exigidos por la fuente de financiamiento del proyecto.¹

¹ Información proporcionada por Ing. Gilberto Lima, Técnico de Inventarios Viales MOP.

| RESUMEN DEL ESTADO DE DETERIORO DE LAS VIAS URBANAS PAVIMENTADAS | | | | | |
|--|-------------------------|------------|------------|-----------|-------|
| DEPARTAMENTO | TIPO DE PAVIMENTO (KMS) | | | | |
| | ASFALTO | ADOQUINADO | HIDRAULICO | EMPEDRADO | MIXTO |
| Ahuachapán | 18.99 | 6.97 | | 2 | |
| Cabañas | 5.21 | 4.34 | | 4.34 | |
| Chalatenango | 3.28 | 4.05 | | 4.05 | |
| Cuscatlán | 17.1 | 11.41 | | 11.41 | |
| | | | | | 2.43 |
| La Paz | 13.09 | 7.48 | | 9.35 | |
| | | | | | 1.14 |
| La Unión | 8.3 | 3.56 | | 2.86 | |
| | | | | | 0.75 |
| La libertad | 50.93 | 2.1 | | | |
| Morazán | 9.56 | 3.56 | | 2.86 | |
| San Salvador | 358.12 | 59.69 | 29.84 | 59.69 | |
| San Miguel | 47.94 | 33.1 | 7.13 | 3.63 | 0.27 |
| Santa Ana | 61.28 | 10.27 | | 4.05 | 1.9 |
| San Vicente | 12.88 | 7.36 | | 9.21 | |
| Sonsonete | 44.98 | 20.24 | | 10.08 | |
| Usulután | 8.82 | 8.16 | 0.36 | 10.09 | 0.37 |
| TOTAL | 660.48 | 182.29 | 37.33 | 133.62 | 6.86 |

Tabla 2.6 Fuente: MOP Enero de 2001.

En 1991 se dispone de un instructivo “inventario vial de las vías pavimentadas. En este se presentan los pasos a realizar en el campo de trabajo.

El procedimiento consiste en cuantificar, identificar y evaluar los aspectos que involucran el estado de deterioro de las carreteras; por ejemplo las condiciones de la superficie del pavimento, aspectos geométricos, señalización y otras como obras de drenaje; los cuales se relacionan con códigos, niveles de frecuencia o extensión en el caso de las fallas.

Lo importante es que en estos instructivos se toma en cuenta el pavimento de concreto ya que en los códigos que se identifican por medio de letras, se encuentra el código del tipo de rodadura de concreto.

Ejemplo:

Código del tipo de rodadura

Asfalto (A)

Concreto (C)

Mixto (M) Concreto-Asfalto

Los aspectos de clasificación para evaluación de carreteras están contenidos en un formulario del instructivo inventario vial de vías pavimentadas.

Después de obtener la información se procesa a la base de datos del SIAMV (Sistema Integrado de Administración de Mantenimiento de Vialidades) documento que recomienda las actividades de mantenimiento y rehabilitación de las carreteras de acuerdo al estado físico en que estas se encuentren, utilizando un programa de computación que evalúa los datos proporcionados.

Actualmente las instituciones encargadas se encuentran en un punto de transición ya que los diferentes proyectos de construcción y rehabilitación se están llevando a cabo por empresas privadas, siendo el supervisor de estos las instituciones como el MOP y DUA con el propósito de crear competitividad y que las empresas privadas estén cumpliendo de forma eficiente los diferentes aspectos de evaluación y reparación de los pavimentos.

2.3.2 INVENTARIO.

Una evaluación de pavimentos requiere la recogida de una importante cantidad de datos sobre el pavimento existente, por lo tanto es necesario realizar un inventario de los pavimentos de concreto de nuestro país. La recopilación de la información esta orientada al conocimiento de datos relativos a identificar el proyecto en cuanto a fechas de construcción de los tramos, ubicación, área (longitud y ancho) características geométricas, tipo y volúmenes de carga que circulan en el área de estudio, historial del tránsito, espesores del pavimento, espesores de la base, tipo de cemento, relación agua / cemento, resistencia a flexión, resistencia a compresión, tamaño máximo del agregado usado, tipo de juntas utilizadas, datos climatológicos, entre otros. El inventario servirá para definir la organización para el levantamiento de datos en el campo.

A continuación se presentan los datos a tomar para caracterizar el pavimento en estudio, tomando en cuenta las acciones de tráfico y climáticas.

La toma de datos se organiza generalmente partiendo de los proyectos de construcción; para los existentes la toma de datos parte de la historia del pavimento;

además conviene dividir los proyectos en tramos homogéneos. Se consideran como tales los que tienen características similares de proyectos, materiales, subrasante, fundación de la losa, año de construcción e intensidad de tráfico. Los tramos homogéneos iniciales pueden subdividirse posteriormente en función de la evolución de los deterioros. Cada proyecto puede tener uno o más tramos homogéneos.

Los datos se toman a nivel de tramo homogéneo, se toman datos que no varían y deben tomarse una sola vez, mientras que otros necesitan una recolección periódica.

2.3.2.1 DATOS DE RECOLECCION INICIAL.

- Identificación del proyecto, y del tramo homogéneo considerado.

En esta parte se involucra fechas de construcción, ubicación y el levantamiento topográfico del tramo para obtener las características geométricas y determinar el área de estudio (longitud, ancho) niveles, etc.

- Características de la losa de concreto. (espesor, anchura, longitud, existencia o no de pasadores, espaciamiento de las juntas de construcción, existencia o no de juntas de dilatación.)
- Descripción de los pasadores y barras de unión si las hay (diámetro, longitud, separación, tipo de protección, forma de colocación)
- Juntas transversales y longitudinales (forma de ejecución, anchura, profundidad, tipo de materiales de sellado)

- Dosificación del concreto. Dosificación de materiales tamaño máximo del agregado, resistencia a 28 días (flexión y compresión), revenimiento, tipo de cemento, aire incluido, aditivos, tipo y origen del árido grueso y de la arena.
- Puesta en Obra. Tipo de pavimentación, métodos de curado y terminación.
- Base del pavimento. Tipo, espesor, resistencia, contenido de finos.
- Sub-rasante. Clasificación, caracterización mecánica, humedad y densidad óptima e in situ, límites de Atterberg.
- Hombros. Anchura, espesor y tipo de materiales.
- Drenaje profundo. Tipo, diámetro de tubos, continuidad o intermitencia a lo largo del tramo.
- Condiciones climáticas. Temperatura máxima, mínima mensuales, temperatura y pluviometría media mensual, altitud, latitud.
- Condiciones del entorno. Terraplenes o desmontes, vegetación y plantación, etc.
- Otros factores. Canalizaciones, gabaldos, peligrosidad, desprendimientos, coeficientes de expansión térmica del concreto.

2.3.2.2 DATOS DE RECOLECCION PERIODICA.

- Tránsito Vehicular.

Es necesario datos de cargas por eje y aforos. Es recomendable una frecuencia de datos entre 2 y 4 años. Los datos de cargas por eje pueden obtenerse mediante básculas dinámicas situadas en el entorno del tramo, o estimarse mediante distribuciones medias que se consideren que representan el tipo de carreteras que se esté analizando.

Es importante determinar el tránsito, los tipos de vehículos (Tabla 2.7) la frecuencia, con que pasan en el carril de estudio, las cargas actuales y futuras sobre el pavimento, con el fin de convertirlas en un número equivalente de cargas por eje sencillo estándar de 8.2 ton (ESAL's) para el período en estudio.

Para analizar el tráfico se determina:

El tráfico promedio diario anual (TPDA) para el primer año del período en estudio, la composición vehicular (en porcentaje), el factor de sentido del tránsito, la tasa de crecimiento anual de tránsito (r), el porcentaje de vehículos en el carril de diseño y el período de estudio del pavimento (n); para pavimentos nuevos o pavimentos en etapa de diseño.

Para pavimentos viejos debe analizarse el tráfico para el cual fue diseñado, y analizar el tráfico presente en el periodo de estudio para realizar comparaciones.

ACUERDO REGIONAL SOBRE LIMITES MAXIMOS DE PESOS Y DIMENSIONES PARA VEHICULOS DE CARGA INTERNACIONAL EN CARRETERAS DE CENTROAMERICA

| TIPO DE VEHICULO | ESQUEMA DE VEHICULO | LONGITUD MAXIMA | | | | MIS | PESO MAXIMO TOTAL | TON-ME |
|------------------|---------------------|-----------------|---------|---------|---------|-------|-------------------|--------|
| | | 1er EJE | 2do EJE | 3er EJE | 4to EJE | | | |
| C2 | | 4.50 | 9.00 | | | 11.00 | 13.50 | |
| C3 | | 5.00 | 16.00 | | | 12.00 | 21.00 | |
| C4 | | 5.00 | 20.00 | | | 12.00 | 25.00 | |
| T2-S1 | | 5.00 | 9.00 | 9.00 | | 17.50 | 23.00 | |
| T2-S2 | | 5.00 | 9.00 | 16.00 | | 17.50 | 30.00 | |
| T2-S3 | | 5.00 | 9.00 | 20.00 | | 17.50 | 34.00 | |
| T3-S1 | | 5.00 | 16.00 | 9.00 | | 17.50 | 30.00 | |
| T3-S2 | | 5.00 | 16.00 | 16.00 | | 17.50 | 37.00 | |
| T3-S3 | | 5.00 | 16.00 | 20.00 | | 17.50 | 41.00 | |
| C2-R2 | | 4.50 | 9.00 | 6.5 B/ | 4.0 A/ | 18.30 | 21.50 | 26.50 |
| C2-R2 | | 4.50 | 9.00 | 6.5 B/ | 6.5 B/ | 18.30 | 24.00 | 29.00 |
| C3-R2 | | 5.00 | 16.00 | 4.0 A/ | 4.0 A/ | 18.30 | 31.50 | 33.50 |
| C3-R2 | | 5.00 | 16.00 | 6.5 B/ | 6.5 B/ | 18.30 | 33.50 | 37.50 |
| C3-R3 | | 5.00 | 16.00 | 4.0 A/ | 10.0 C/ | 18.30 | 35.00 | 37.50 |
| C3-R3 | | 5.00 | 16.00 | 6.5 B/ | 10.0 C/ | 18.30 | 37.50 | 37.50 |

Notas:

1) La altura máxima de la unidad no excederá de 4.15 Metros.

2) El peso máximo permisible será menor entre el especificado por el fabricante y la norma centroamericana (P Máximo Total autorizado).

3) El ancho máximo no excederá de 2.60 Metros.

a/ Eje sencillo, llanta sencilla, b/ Eje sencillo, llanta doble, c/ Eje tandem

En el caso de vehículos que transporten líquidos, productos a granel o en polvo en contenedores de 20" sobre ras: mayor dimensión, se les permitirá un margen de tolerancia del 5%, para nivelar el mal balance, siempre y cuando: máxima no exceda de las 37 toneladas.

Tabla 2.7

- Intervenciones de Conservación.

En esta parte se registran las intervenciones de conservación llevadas a cabo en el período analizado: Tipo de intervención, localización, tipo de material utilizado, forma ejecución de la intervención, etc.

2.3.3 FACTORES QUE AFECTAN LA FUNCIONALIDAD DEL PAVIMENTO PARA CUANDO SE DISEÑA O EVALUA PAVIMENTOS:

2.3.3.1 CARGAS DE TRAFICO.

Las cargas de tráfico son aquellas que se acumulan debido a la interacción rueda-pavimento, en toda su vida útil, éste es un factor importante para el diseño y evaluación de un pavimento; ya que sin tráfico, se presentarían pequeños daños en el pavimento.

2.3.3.2 SOPORTE DEL SUELO DE LA SUB-RASANTE.

Existen dos características del suelo que son de mucho interés, su clasificación y sus esfuerzos. La clasificación de suelos muestra al especialista una idea de la gradación y los componentes del material in situ. Los sistemas de clasificación de suelos más utilizados son, el (SUCS) (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el de la (AASHTO) (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales.) también se conoce un método rápido que es la clasificación visual manual.

Los esfuerzos tales como esfuerzo de compresión no confinado, coeficientes de espesores, módulos de reacción, módulo elástico y valor relativo de soporte son las más

importantes características que se debe conocer de la sub-rasante, para conocer éstas características se realizan ensayos de campo y laboratorio.

2.3.3.3 MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Los materiales más utilizados en la construcción de pavimentos son el asfalto; cementos Pórtland, agregados, agua, aditivos y acero.

Cuando se realiza una combinación adecuada, se producen mezclas que últimamente forman los componentes estructurales de un pavimento. Es claro que materiales de alta calidad, mezclas bien diseñadas, buenas prácticas de construcción y control de calidad, ayudan a maximizar la capacidad de carga última de un pavimento.

2.3.3.4 HUMEDAD.

La humedad es uno de los factores más influyentes en el funcionamiento del pavimento; ya que la humedad puede penetrar a la estructura del pavimento a través de grietas y hoyos en la superficie, lateralmente a través del suelo de la subrasante y de la acción de la capilaridad cuando el nivel freático se encuentra superficial.

2.3.3.5 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.

El mantenimiento es una actividad importante como ya se mencionó en el apartado de mantenimiento y en el funcionamiento de un pavimento, para mantenerlo a un nivel de servicio aceptable. El costo de esta actividad es generalmente mucho menor que el costo de la reconstrucción que podría últimamente ser requerida si estas son ignoradas.

2.3.4 EVALUACION ESTRUCTURAL.

La evaluación estructural de pavimentos de concreto hidráulico, comprende en una evaluación global de todos aquellos parámetros involucrados en la estructura, (de un pavimento); por tanto es necesario la detección y medición de cada una de las partes que componen la estructura del pavimento; de esta manera analizar los parámetros y determinar el desempeño de la estructura.

El desempeño de un pavimento se refiere a la forma que este satisface su objetivo estructural y su objetivo funcional.

Dentro del objetivo estructural se toman en cuenta los deterioros en el pavimento ya sea grietas de diferente tipo, escalonamiento, hundimientos, desprendimientos, etc. El objetivo funcional se refiere al nivel de comodidad y seguridad que brinda el pavimento al usuario que lo recorre.

La evaluación estructural permitirá obtener información cualitativa necesaria para determinar las causas del deterioro de los pavimentos, y para desarrollar alternativas adecuadas para reparar el deterioro y prevenir su ocurrencia. Además define criterios para ubicar los sitios de donde se extraerán núcleos de concreto, para que algunos de ellos se les realicen pruebas de resistencia a la comprensión y flexión.

De forma general, la evaluación estructural se dirige a los siguientes aspectos:

2.3.4.1 INSPECCION VISUAL.

Los parámetros fundamentales de una evaluación de pavimentos son:

- El estado de degradación superficial del pavimento:

Grietas, estado de las juntas, surgencias de agua y finos, defectos

localizados, estado de los hombros, etc.

- Las características superficiales como resistencia al deslizamiento y regularidad superficial que serán analizados posteriormente.

La evaluación de estos parámetros debe realizarse con una periodicidad anual, aunque una vez establecido el comportamiento del pavimento, puede aumentarse el plazo hasta 3 años en vías principales y 5 en vías secundarias.

Un elemento importante para determinar estos parámetros son las inspecciones visuales, ya que consiste en recolección de datos en forma visual de diferentes defectos o deterioros que presentan los pavimentos de concreto; estos pueden realizarse manualmente o empleando aparatos de medida de gran rendimiento.

2.3.4.1.1 Inspección visual manual.

Si se cuenta con un equipo experimentado, proporcionan resultados fiables y consistentes.

Las inspecciones deben llevarse a cabo preferentemente en época de temperatura baja o intermedia, al final del invierno ya que en verano las losas se encuentran dilatadas y es más difícil apreciar las grietas existentes. Es deseable escoger un período de buen tiempo inmediatamente después de un período de lluvias, pues las fisuras se reflejan nítidamente en la superficie del pavimento al conservarse húmedas durante más tiempo.

El equipo mínimo de inspección está constituido por dos inspectores y un conductor. Mientras uno de los inspectores maneja el odómetro (sirve para contar los pasos), el otro anota los deterioros. La inspección manual involucra un riesgo importante, por lo que los inspectores deben estar equipados con vestimentas adecuadas para que puedan ser vistas claramente por los otros conductores.

Si la inspección se hace sin corte de tráfico es conveniente que detrás del equipo de inspección vaya un vehículo provisto de luces de aviso y llevarla a cabo en horas de menor tráfico.

Generalmente las inspecciones visuales se realizan en dos etapas. En la primera se recorre el tramo en un vehículo para obtener una visión general, anotando las depresiones que se aprecian desde el vehículo, referencias, reparaciones y cambios de pavimentos. En la segunda el equipo de inspección recorre la carretera o el tramo a pie, andando por el hombro, midiendo y anotando los deterioros observables. En general debe inspeccionarse ambos carriles y los hombros. Puede ser necesario cerrar al tráfico, el carril que se está inspeccionando, si se quiere medir escalonamientos u observar más detalladamente la superficie, suele ser conveniente acompañar la forma de datos con fotografías que sirvan de registro permanentes de los deterioros.

Los datos registrados deben quedar impresos en hojas en las que se han dibujado las losas de forma continua de tal forma que se tenga un esquema claro de la condición del pavimento, para posteriormente analizar los posibles defectos que puedan

presentarse, así como una descripción y medición de los mismos; para ello es necesario de lo que se conoce como levantamiento de deterioros que es el siguiente punto a tratar.

La inspección de los deterioros superficiales es una de las principales etapas de la evaluación para valorar la condición del pavimento; ya que en esta inspección se registran los deterioros visibles en la superficie de la carretera. Del conocimiento de estos deterioros puede deducirse mucha información sobre las posibles causas de los problemas. Por ejemplo, si se detecta una sugerencia de finos en un pavimento de concreto hidráulico simple es una indicación de que:

- Sé esta produciendo una deflexión excesiva.
- Sé esta erosionando una de las capas subyacentes.
- Hay un exceso de humedad bajo la losa.

El análisis de los resultados puede servir para:

- Identificar deterioros que haya que reparar.
- Definir tramos homogéneos en cuanto a su estado.
- Planificar inspecciones detalladas (extracción de núcleos, deflexiones).
- Conocer las posibles causas de los deterioros.
- Si se dispone de inspecciones en años sucesivos, pueden utilizarse para prever el momento de aparición de deterioros.

2.3.4.1.2 Inspección con equipo de alto rendimiento.

La inspección visual puede realizarse también mediante equipo de alto rendimiento. En España se dispone del equipo GERPHO (Groupe d'Examen Routier por Photographie) Ver figura 2.10. Desarrollado en Francia a partir de una idea japonesa, que consta esquemáticamente de una cámara de filmación, suspendida de un brazo mecánico, colocado en la parte superior de un vehículo que circula a velocidad constante (60 km /h generalmente). Para evitar la variabilidad de la iluminación diurna, el trabajo se realiza de noche mediante una potente iluminación artificial posteriormente; en gabinete se proyecta la película sobre una pantalla digitalizada por secciones de 20 m que quedan registrados en un soporte magnético, pudiéndosele dar tratamiento informático deseado.

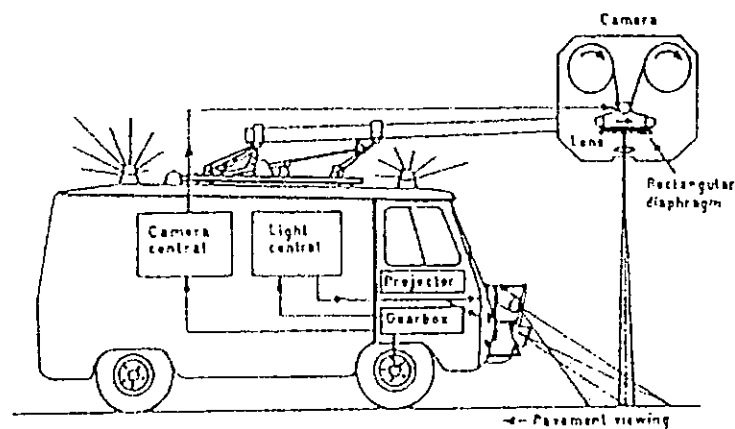


Fig. 2.10 Esquema general de funcionamiento del equipo GERPHO.

El sistema de restitución puede proyectar y superponer las películas del mismo tramo en dos épocas diferentes, lo que permite observar su evolución.

En nuestro país para el levantamiento e inspecciones de pavimentos de proporciones mayores, se puede hacer uso de técnicas de geoprocesamiento, obteniéndose una investigación minuciosa de las causas sistemáticas del apareamiento de daños y una relación con las variables macroreferenciadas, asociados a programas CAD (Computer Assisted Design) y al SIG (Sistema de Información Geográfica del lugar).

Para realizar este trabajo son útiles las siguientes herramientas:

- **Colectores electrónicos:** Su función es la recolección rápida y precisa en campo de la información necesaria del pavimento en estudio y del lugar (detalles y daños).
- **G.P.S (Global Position System):** El sistema de posicionamiento global es de gran utilidad para los datos geodésicos necesarios, para el levantamiento topográfico del pavimento en estudio, referencias especiales y actualización de información.

Otros equipos de inspección de pavimentos de alto rendimiento tenemos:

1. Equipo ERT, de medida de rozamiento transversal.
2. Deflectómetro de impacto, evalúa las capas del pavimento.
3. Perfilógrafo Láser, registra perfiles longitudinales y transversales.
4. Analizador de regularidad superficial (ARS).
5. Viágrafo, mide de tipo geométrico la regularidad de un pavimento.
6. FWD (Falling Weight Deflectometer) mide la deflexión por medio de una carga controlada. (Ver figuras en anexos)

2.3.4.2 LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS.

La medida más directa de la condición del pavimento es la identificación y cuantificación de los deterioros. Este proceso se lleva a cabo en el momento de la realización de las inspecciones visuales para ello es necesario contar con criterios básicos para realizar este trabajo en campo.

El mecanismo de daños básicos en pavimentos de concreto puede agruparse en tres categorías, estas son las relacionadas a cargas, temperatura y humedad.

Los mecanismos relacionados a las cargas de ejes son considerados los que más contribuyen al deterioro de pavimentos rígidos.

El mecanismo de fatiga en este tipo de pavimentos se refiere a un proceso progresivo en donde las losas sobrellevan así muchas aplicaciones repetitivas de esfuerzos que eventualmente hace que se agrieten.

El impacto al pavimento en los bordes y juntas transversales es muy significativo; el fallo identifica un mecanismo en el cual el resultado final es una red diferencial de desplazamiento vertical entre losas.

Estas condiciones contribuyen a un rápido desarrollo de fallas que incluye excesiva humedad a la capa de soporte subyacente y pobre transferencia de carga de juntas o grietas.

Los pavimentos de concreto pueden experimentar daños como resultado de significativos decrementos o aumentos de temperaturas en las losas a partir de la temperatura en la cual fue construida.

2.3.4.2.1 Tipología de deterioros.

Los pavimentos de concreto correctamente diseñados y construidos se caracterizan por su durabilidad y por la reducida conservación que necesitan, en comparación con otras alternativas, para mantener en adecuadas condiciones su viabilidad. No obstante, posibles errores de proyecto o de ejecución pueden dar lugar a la rápida aparición de deterioros.

Según los casos, dichos deterioros pueden sufrir una degradación prácticamente nula, con unas operaciones de conservación y/o reparación mínimas; o por el contrario pueden llegar a requerir importantes actuaciones de rehabilitación, e incluso la reconstrucción del pavimento.

Estos deterioros pueden clasificarse de la siguiente forma:

A. Defectos estructurales.

Los defectos estructurales son aquellos que pueden afectar a todo el espesor de la losa. La principal manifestación de la falla estructural de un pavimento rígido es la aparición de grietas, que puede ir precedida, en algunos casos, por corrimientos verticales de los bordes y juntas de las losas (Fig. 2.11).

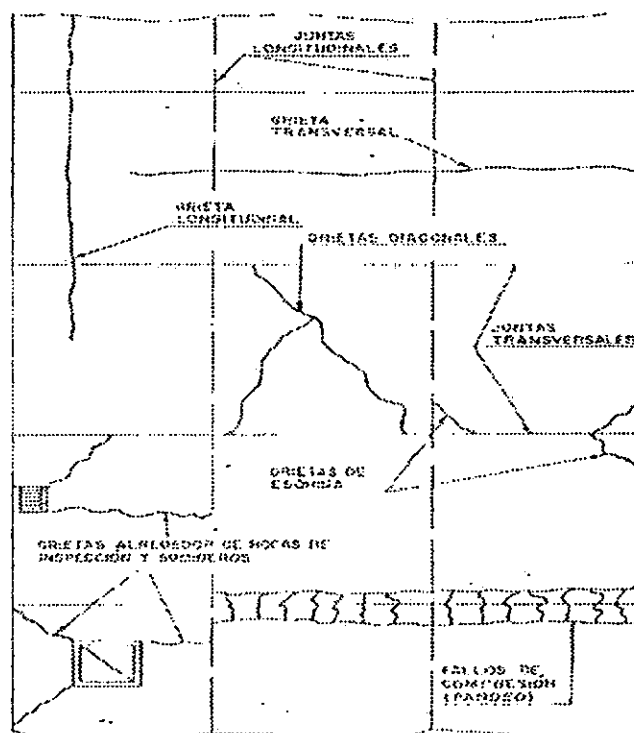


Fig. 2.11 Grietas estructurales.

Las fallas pueden ser debidos a la existencia de asentos en el cimiento de la losa, bombeo de agua y finos en la interfase losa-base-hombro, o bien a la falta de transferencia de cargas entre losas. Menos frecuentes son las roturas por pandeo causadas por expansión de las losas debido al calor, en coincidencia con defectos de ejecución u otras circunstancias desfavorables.

A.1 Agrietamiento de las losas.

Las grietas de origen estructural se clasifican de acuerdo a su importancia; ésta se define en términos del ancho no desportillado de la grieta, medido en la superficie de la losa.

Se consideran grietas finas las que tienen un ancho menor o igual a 3 mm, por lo que se supone que han retenido la totalidad de la trabazón de los áridos, mantienen la transmisión de cargas y mantiene condiciones de humedad mínimas, se definen como grietas medianas aquellas que tienen un ancho comprendido entre 3 mm y 13 mm para grietas longitudinales y entre 3mm y 6mm para las grietas transversales, mantienen solo parcialmente la transmisión de carga debido al reducido número de áridos trabados y permiten la entrada del agua.

Finalmente las grietas anchas son aquellas cuyo ancho es mayor de 13 mm, se supone que no hay ningún engranaje de áridos a uno y otro lado de las mismas y por lo tanto no proporcionan ninguna transferencia de carga a través de ellas. Asimismo permiten la entrada de agua, sales y residuos finos.

La tipología de las grietas de las losas es muy variada, con grietas longitudinales, transversales, oblicuas, de esquina, etc. cuyas causas no siempre son fáciles de definir.

En muchos casos se deben a circunstancias difíciles de constatar a posteriori, tales como condiciones ambientales desfavorables durante la colocación, un curado deficiente o inexistente, o un aserrado tardío de las juntas. En otras ocasiones sí es posible indicar la causa por existir circunstancias aparentes: longitud excesiva de las losas, espesor insuficiente, mala calidad de los áridos, falta de capacidad soportante excesiva adherencia a la capa de base, bloqueo de juntas contiguas por mala colocación de pasadores, corrosión de pasadores, movimientos del cemento, erosión de la capa de base con formación de huecos bajo la losa, discontinuidades no bien resueltas, ángulos

agudos en las esquinas de las losas, o falta de correspondencia entre juntas transversales de carriles adyacentes.

A.1.1 Agrietamiento transversal.

La existencia de grietas transversales se debe normalmente a:

- Longitud excesiva de la losa, cuando la grieta se localiza en su tercio central.
- Serrado tardío de las juntas transversales, cuando están cerca de ellas.
- Mala colocación de los pasadores que impiden el libre movimiento de las losas en las juntas.
- Excesivo rozamiento con la capa subyacente por su gran irregularidad o por existir adherencia con la misma.
- Falta de apoyo por asiento del cimiento o por formación de huecos bajo la losa por fenómenos de erosión.

A.1.2 Agrietamiento longitudinal.

Las causas más frecuentes del agrietamiento longitudinal son:

- Dimensiones excesivas o desproporcionadas de la losa, con falta de junta longitudinal.
- Falta de inductores de grietas en juntas moldeadas en fresco, serrado tardío o insuficiente profundidad en juntas aserradas.
- Deformaciones, especialmente sobre rellenos junto a muros.
- Variaciones de humedad en terraplenes, sobre todo si están constituidos por materiales expansivos.

La aparición de grietas longitudinales no es admisible en ningún tipo de pavimentos de concreto, y su presencia es siempre indicativa de algún fallo.

Con gran frecuencia, cuando se produce una grieta longitudinal en una zona del pavimento, se ensancha y extiende a lo largo del mismo, deteriorándose muy rápidamente a menos que se lleve a cabo alguna acción. Las grietas anchas permiten la entrada de agua y residuos y son especialmente perjudiciales en las zonas de las rodadas. Tampoco es deseable que las grietas longitudinales se crucen con las transversales porque se puede producir desportillamientos en los puntos de intersección, sobre todo si se cruzan oblicuamente.

A.1.3 Grietas de esquina.

Se conocen con este nombre las grietas que cortan a una junta longitudinal y una transversal adyacente, formando aproximadamente un ángulo de 45° con la dirección del tráfico. La longitud interceptada en cada una de las juntas suele oscilar entre 30 cm y la mitad del ancho de la losa.

Las causas más frecuentes del agrietamiento de esquinas son:

- Falta de apoyo de la capa subyacente, producida generalmente por fenómenos de bombeo de finos.
- Pérdida de transferencia de cargas entre losas, por un mal funcionamiento de la junta debido a un mal alineamiento de los pasadores.
- Formación de ángulos agudos en las esquinas, por una disposición defectuosa de las juntas.

A.1.4 Agrietamiento diagonal.

Se entiende por grietas diagonales, aquellas que afectan a todo el espesor de la losa y no son ni transversales, ni longitudinales, ni de esquina.

La causa más común de este tipo de grietas es el asentamiento o elevación de las capas inferiores del pavimento. Cuando esto se produce, normalmente el grado de asentamiento transversal de la losa no es el mismo que en el sentido longitudinal, y como consecuencia las grietas que surgen son de dirección variable.

A.1.5 Grietas en pozos de visita y cajas tragantes.

Si los huecos para el alojamiento de los sumideros están colocados incorrectamente en relación con las juntas longitudinales o transversales, o si el pavimento se apoya sobre alguno de estos elementos, aparecerán grietas en el mismo.

Para evitar que ello se produzca, los huecos del pavimento deben ser suficientemente grandes, de manera que abarquen completamente todos los elementos del registro o sumidero. Por otra parte, dichos huecos se deben situar en las esquinas de las losas, al lado de una junta transversal y tener las esquinas "achaflanadas". Cuando esto no sea posible, se debe construir una junta adicional de alabeo, desde el centro del hueco hasta la junta longitudinal más próxima y/o el borde de la losa.

A.1.6 Movimientos verticales de las losas y bombeo de finos.

Los corrimientos verticales o asientos de las losas pueden ser permanentes, como los causados por el asentamiento de un relleno, especialmente si se encuentra junto a un muro o estructura; pero con más frecuencia se trata de movimientos causados

por las cargas del tráfico a su paso por una junta en la que no haya una adecuada transferencia de cargas, ni un buen soporte de la capa subyacente.

La infiltración de agua por una junta transversal no provista de pasadores puede dar lugar, si la capa inferior es erosionable, a un fenómeno de surgencia o bombeo de finos por la junta, al paso de las cargas del tráfico. Este fenómeno, denominado habitualmente bombeo (del inglés "pumping") se explica de la siguiente forma:

El agua lluvia penetra hacia la interfase losa-base-hombro, a través de las juntas existentes en la calzada y en el borde calzada-hombro, llenando los huecos que dejan las losas al curvarse por efecto de los gradientes de temperatura y/o humedad que se originan en las mismas.

El paso de vehículos pesados produce un movimiento de la losa que hace que el agua sea expulsada, a gran velocidad, por las juntas y posibles grietas existentes en el pavimento. Si el material que constituye la base es erosionable, el movimiento del agua provoca un arrastre de finos, creando huecos bajo la losa en los puntos en los que el fenómeno es más severo, es decir, en las esquinas exteriores de la misma. El proceso se ve acelerado si el material que constituye el hombro no está estabilizado, y contiene una gran cantidad de finos que pueden penetrar bajo la losa.

Estos movimientos de agua y de finos se explican en la figura 2.12, al pisar la rueda del camión la losa anterior a una junta, en el sentido de circulación, dicha losa va deflectando progresivamente y empuja el agua que hay bajo ella hacia el hueco existente bajo la losa siguiente, a una velocidad que no es suficiente para provocar la erosión de la



base y/o el hombro. Si la transmisión de cargas en la junta es deficiente, este movimiento de la losa aguas arriba no es seguido por las situada aguas abajo. Al pasar la rueda a esta última, el golpe brusco que sobre ella se produce lanza el agua a gran velocidad, pudiendo producir erosiones con arrancamiento de finos, los cuales son desplazados junto con el agua hacia la losa anterior. El efecto de bombeo se ve aumentado por la succión de la losa aguas arriba, al verse abandonada bruscamente por la rueda. Como consecuencia de ello, se va formando una cavidad cada vez mayor bajo el borde de la junta correspondiente a la losa que el camión pisa en segundo lugar, produciéndose un defectuoso apoyo de la misma que da lugar a la formación de una fisura transversal muy característica, situada aproximadamente entre 1 m y 2 m de la junta, en el sentido aguas abajo del tráfico. Bajo la primera losa se va depositando una parte de los finos, formando un cordón que la levanta y da lugar al fenómeno de escalonamiento, mientras que otra parte sale expulsada por las juntas, especialmente la longitudinal entre el pavimento y el hombro, dejando unas manchas características de la “surgencia de finos”.

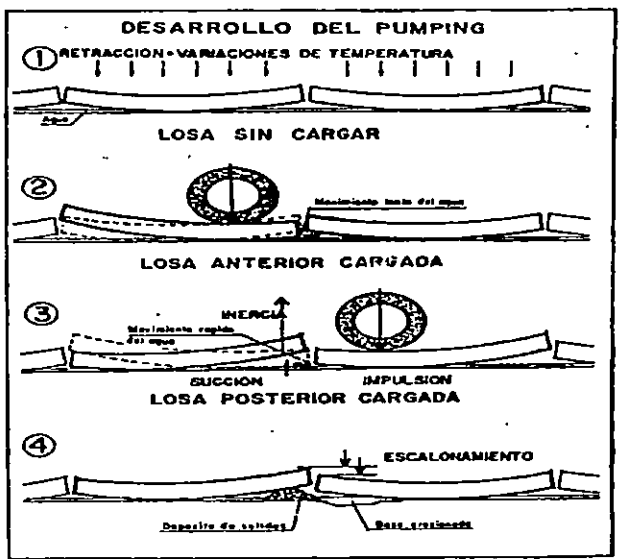
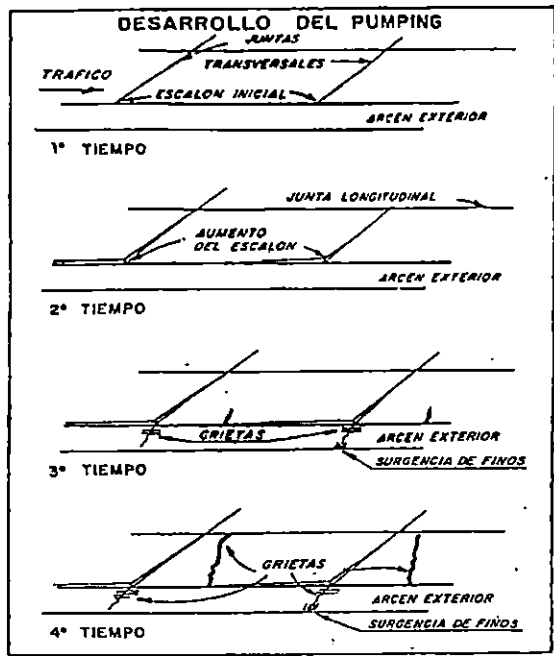


Fig. 2.12 Desarrollo del pumping.

En consecuencia, para que se produzcan los fenómenos anteriores deben presentarse simultáneamente los siguientes factores:

- Agua retenida bajo las losas (por ejemplo, por un mal drenaje).
- Una base y/o hombro erosionables.
- Una deficiente transmisión de cargas en las juntas (motivada, por ejemplo, por la utilización de losas excesivamente largas, no provistas de pasadores).
- Un tráfico pesado e intenso, que de lugar a un gran número de choques en las juntas de suficiente intensidad.

Las deflexiones importantes al paso de los vehículos pesados pueden observarse visualmente, mientras que las más débiles se detectan por las vibraciones que se sienten al permanecer de pie junto al borde del pavimento.

Dichos movimientos varían mucho en función de los gradientes térmicos presentes en las losas; en general son más severos durante la medianoche o las primeras horas de la madrugada, que es cuando se producen los máximos gradientes negativos (parte superior de la losa más fría que la inferior), produciéndose un despegue por combado entre el pavimento y la sub-base de las juntas.

En cuanto al bombeo, aunque la magnitud del mismo depende de las condiciones de la humedad, por lo que en un mismo punto del pavimento no tiene siempre las mismas características, pueden definirse de la siguiente forma.

- Nivel bajo: el agua es impulsada fuera de una junta (incluida la longitudinal entre pavimento y hombro) o grieta cuando los vehículos pesados pasan por

encima de la misma, o bien existe un flujo de agua. No se aprecian finos en la superficie de la calzada ni tampoco en el hombro.

- Nivel Medio: se observa una pequeña cantidad de finos cerca de algunas de las juntas o grietas de la calzada u hombro.
- Nivel alto: existe una gran cantidad de finos acumulada a lo largo de las juntas o grietas de la calzada u hombro.

A.1.7 Fallas por compresión o estallamientos.

Las fallas por compresión pueden manifestarse bajo la forma de grietas longitudinales, como un conjunto de grietas cortas longitudinales y transversales próximas a una junta (dando la apariencia de “cuarteo”) o como una falla por pandeo en el que la losa se resquebraja y se levanta en la base. Estas fallas se producen como consecuencia de los esfuerzos excesivos de compresión que desarrollan en el hombro, debido a la restricción de la dilatación de la losa en períodos cálidos. Los efectos se ven acentuados cuando el concreto tiene un contenido alto de humedad.

Las grietas longitudinales que se producen en estas circunstancias empiezan normalmente en juntas transversales o grietas y a menos que se actúe sobre las mismas, evolucionan muy rápidamente.

Las fallas por pandeo son también fenómenos producidos por esfuerzos longitudinales de compresión, que tiene su mayor incidencia en épocas húmedas y calurosas. Se caracterizan por una elevación de las losas en las juntas o grietas transversales, acompañado en general por una rotura del concreto de los trozos levantados (Fig. 2.13). Aunque se producen de repente, estos fallos vienen precedidos,

frecuentemente, de una serie de síntomas que, si son detectados a tiempo, permiten prevenirlos. Normalmente se presentan por la tarde o al anochecer de un día en el que la temperatura ha sido elevada, especialmente si ha estado precedido de un tiempo frío. El pandeo se extiende normalmente a lo largo de todo el ancho de un carril. Para permitir que el tráfico circule con seguridad, antes de realizar una reparación permanente, suele ser necesaria una reparación provisional.

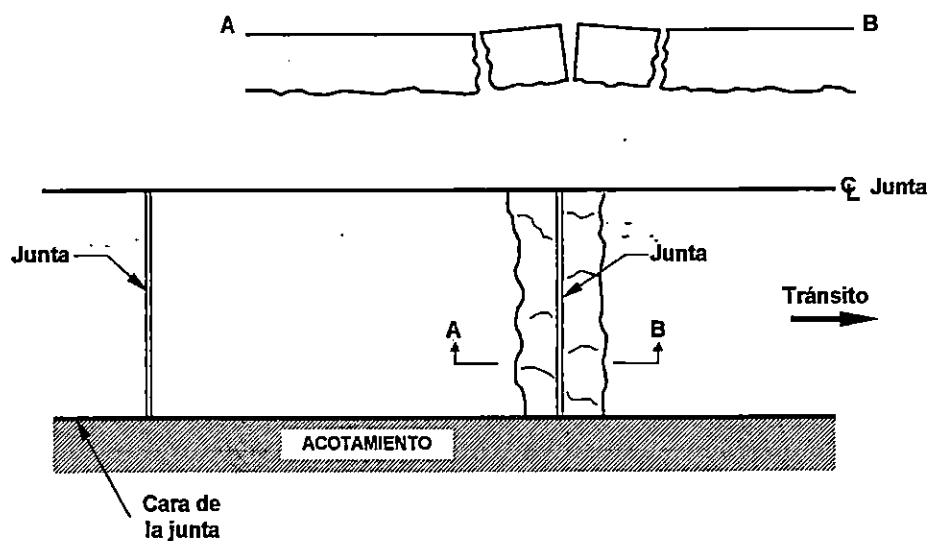


Fig. 2.13 Fallas por compresión.

Los pavimentos correctamente diseñados y construidos resisten perfectamente las compresiones adecuadas por la dilatación de sus losas, por lo que este tipo de fallas se debe fundamentalmente a defectos de proyecto o ejecución.

Como niveles de severidad de los pandeos pueden definirse los siguientes:

- Nivel bajo: se ha producido un levantamiento y/o una disgregación del concreto, pero solo da lugar a un pequeño choque del vehículo que no hace incómoda la rodadura.
- Nivel medio: el choque que se produce en los vehículos como consecuencia del levantamiento y/o disgregación del concreto da lugar a una rodadura algo incómoda. Puede haber sido preciso realizar un bacheo provisional.
- Nivel Alto: el choque da lugar a una rodadura muy incómoda, y/o a riesgos para la conducción, y/o daños en los vehículos, obligando a reducir la velocidad por motivos de seguridad.

B. Defectos en las juntas.

Los principales defectos que afectan a las juntas de los pavimentos de concreto son los siguientes:

B.1 Defecto de sellado.

B.2 Desperfectos en los bordes (desportillamiento).

B.3 Grietas en las juntas (o en sus proximidades).

B.1 Sellado de Juntas.

La misión de los productos de sellado de las juntas es impedir la entrada de cuerpos duros en las mismas, que podrían astillar sus bordes por fenómenos de dilatación térmica de las losas, así como de polvo y lodo, que podrían acuñarlas; pero sobre todo, estos productos deben evitar la infiltración de agua que reblandezca o erosione las capas situadas bajo la losa del pavimento o que, cargada de sales fundentes, corra pasadores y barras de unión, produciéndose una importante pérdida de capacidad de transmisión de cargas entre losas.

Los materiales de sellado o de juntas son muy variados, aplicándose tanto en frío como en caliente. También es posible utilizar perfiles preformados, normalmente a partir de policloropreno (neopreno). Los principales fallos relacionados con los productos de sellado de juntas, así como las causas más frecuentes de los mismos, son los que se indican en la tabla siguiente:

| Tipo de defecto | Causas |
|--|--|
| Fallo de Adherencia (Falta de adherencia entre el producto de sellado y los bordes de la caja de sellado) | Preparación inadecuada de la caja de sellado Producto de sellado defectuoso o inadecuado Dimensiones incorrectas de la caja de sellado Enfriamiento provocado por el concreto a bajas temperaturas. |

| Tipo de defecto | Causas |
|---|---|
| Fallo de integridad del producto de sellado (grietas en el producto paralelas o transversales a la caja de sellado) | <p>Envejecimiento</p> <p>Producto de sellado defectuoso, mal aplicado o inadecuado</p> <p>Dimensiones incorrectas de la caja de sellado</p> |
| Extrusión | <p>Caja de sellado rellena en exceso</p> <p>Falta de cordón de obturación en el fondo del surco de sellado</p> <p>Dimensiones incorrectas de la caja de sellado</p> |

Tabla 2.8 Fuente: IECA (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones)

En lo que se refiere al envejecimiento de los productos de sellado, hay que indicar que la vida de servicio de todos ellos (con la excepción quizás de los perfiles de neopreno de buena calidad) es inferior a la del pavimento, por lo que periódicamente habrá que proceder a su sustitución, con una frecuencia que depende del tipo de producto utilizado.

B.2 Desperfectos en los bordes (desportillamientos).

Los desportillamientos superficiales o astillados de las aristas de las juntas se deben normalmente a defectos de construcción, tales como falta de compactación, averías producidas durante la retirada de encofrados, o colocación defectuosa del inductor de junta, en caso de realizarse en fresco.

También puede originarse con posterioridad; por golpes (el biselado de los bordes de la caja de sellado puede minimizar sus efectos) o más frecuentemente por la intrusión de elementos duros en la junta. En este último caso, el desportillamiento se produce habitualmente de repente y tiene forma de cuña.

Dentro de los desportillamientos superficiales se suelen incluir también las grietas en forma de media luna, sin pérdida de material, que comienzan y terminan en un borde o junta sin separarse más de 0,5 – 0,6 m de la misma.

Si el defecto es más grave y alcanza más allá de los bordes de la junta, la causa puede ser el acodamiento de pasadores por estar doblados o mal alineados, por tener sus extremos con rebabas o por carecer de inhibidor de adherencia. Todo ello genera esfuerzos en el concreto al coartarse los movimientos de la junta.

Otras posibles causas son el retraso en el corte de la junta y la penetración de residuos sólidos en la misma. Estos últimos pueden ocasionar daños en cualquier parte de la junta, pero lo normal es que se produzcan en los bordes del pavimento, donde materiales incomprensibles procedentes del hombro pueden penetrar en la junta más

fácilmente, ocasionando que la esquina se desportille como consecuencia de los esfuerzos de compresión que se desarrollan al dilatarse la losa.

Generalmente, un desportillamiento profundo en juntas alcanza como mínimo la mitad del espesor de la losa.

Dependiendo de la amplitud de los movimientos de la junta (muy ligada a la de las variaciones de temperatura), el período hasta que el desportillamiento producido por la restricción del pasador se desarrolle totalmente o se manifieste y sea fácil de reconocer puede ser más o menos largo, alcanzando en algunos casos un gran número de años. En su primera etapa, parecerá similar a un astillado superficial con el que es fácilmente confundible. Sin embargo, las causas y soluciones son muy diferentes, por lo que, es muy importante realizar una correcta identificación de los dos tipos de desportillamiento.

B.3 Grietas en las Juntas.

Las grietas en las juntas transversales y longitudinales o en sus proximidades (en la zona que abarca la longitud de los pasadores o barras de amarre o junto a éstas) se pueden producir por defectos de construcción, conservación o proyecto.

Los tipos más importantes de estas grietas, así como las causas más frecuentes de las mismas, son las que se indican a continuación en la siguiente tabla.

| Tipo de Grieta | Causas |
|--|---|
| Grietas Transversales o diagonales en juntas transversales | Pasadores con movimiento restringido y con defectos importantes de alineación Serrado tardío de la caja |
| Grietas longitudinales en juntas transversales | Fallo por compresión Entrada de material incompresible en la junta Restricción del movimiento del borde |
| Grietas longitudinales en juntas longitudinales | Inductores de junta en fresco omitidos o mal alineados |

Tabla 2.9 Fuente: IECA

C. Defectos superficiales.

Los defectos que afectan fundamentalmente a las características superficiales de los pavimentos de concreto pueden dividirse de acuerdo con la siguiente clasificación:

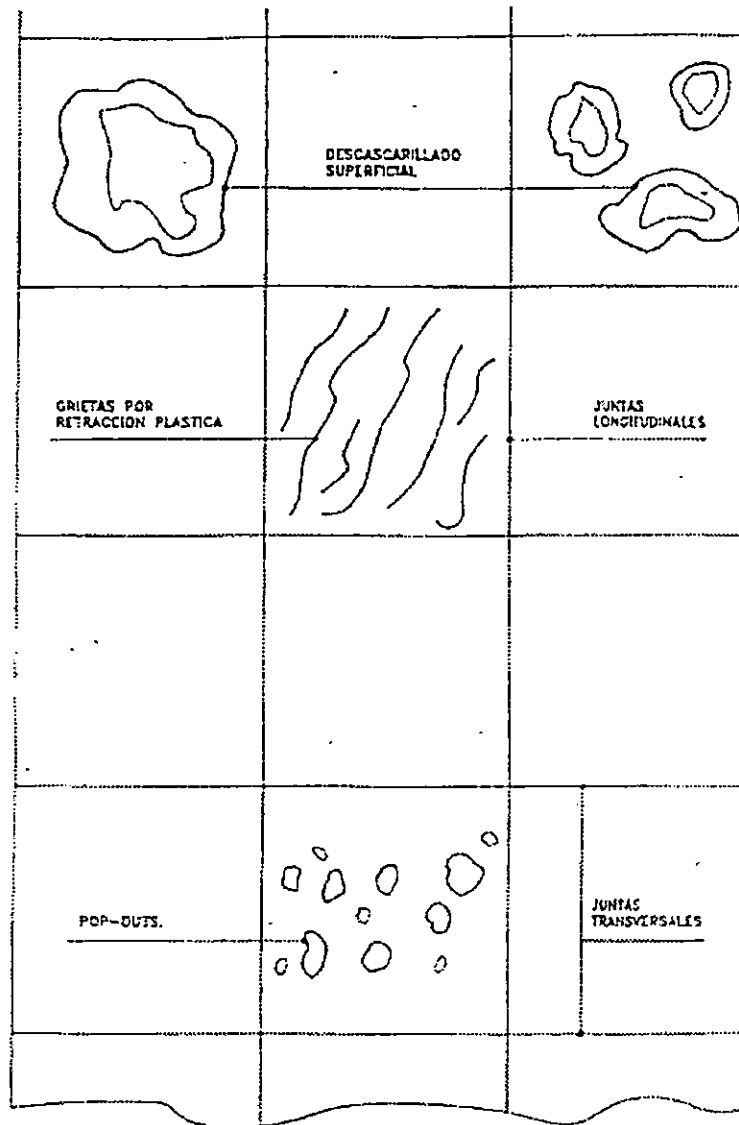


Fig. 2.14 Defectos superficiales.

C.1 Defectos de regularidad superficial.

C.2 Pérdida de textura.

C.3 Otros defectos superficiales.

C.3.1 Grietas de retracción plástica.

C.3.2 Grietas en mapa y descarnaduras.

C.3.3 Arrancamientos.

C.1 Defectos de regularidad superficial.

Los defectos de regularidad superficial se originan durante la construcción, por diversas razones, o bien durante la vida de servicio del firme. En este último caso pueden tratarse de escalonamientos de juntas y asientos de losas.

En lo que se refiere a los defectos originados durante la construcción, hay que tener en cuenta que aunque las reglas para la obtención de una regularidad superficial correcta son sencillas y conocidas desde hace mucho tiempo, en ocasiones tienden a ser olvidadas, lo que se traduce en pavimentos incómodos.

Como resumen, puede indicarse que una buena organización de la obra, un eficaz control de calidad de la fabricación y puesta en obra del concreto, la utilización de equipos fiables y bien conservados, la ejecución de los trabajos por un equipo calificado y bien entrenado, y el respeto de una serie de reglas de buena práctica constituyen las claves para la obtención de una buena regularidad durante la construcción del pavimento.

Dicha regularidad debe controlarse mediante la obtención del **Índice de Regularidad Internacional (IRI)**, pudiendo aceptarse un lote de pavimento de concreto simple con juntas (longitud de las losas < 6m) si cumple, simultáneamente, los criterios siguientes según ACPA:

| Volumen de tránsito | Alto (TMDA > 10000) | Medio (3000 < TMDA < 10000) | Bajo (TMDA < 3000) |
|---------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| IRI (m/km) | 1.0/2.5 | 1.2/3.0 | 1.4/3.5 |

C.1.1 Escalonamientos.

Otro defecto afectando a la regularidad superficial, pero con un origen de tipo estructural, es el escalonamiento de las juntas transversales, caracterizado por una desnivelación permanente de las mismas, de forma que la parte correspondiente a la losa aguas arriba del tráfico se encuentra a una cota más elevada que la de la losa aguas abajo. El origen mismo, que se describe con detalle en los apartados sobre defectos estructurales, es doble: por una parte, la presencia, en la interfaz pavimento – base, de un cordón de finos procedentes de esta última y/o el hombro; y por otra, la formación de un hueco en la base, en la zona correspondiente a la losa aguas abajo. El escalonamiento también puede producirse en una grieta transversal, así como en una junta longitudinal; aunque en este último caso, su aparición suele ser debida a asentamientos de las capas inferiores o de la sub-rasante.

El escalonamiento de una junta o grieta se cuantifica por la diferencia de nivel (en mm) entre las losas a cada lado de la misma. Dicha diferencia se mide normalmente

a 30 cm a partir del borde derecho de cada carril, excepto en el caso del carril interior, en el que la distancia se toma a partir del borde izquierdo. El grado de gravedad está muy ligado a las características de los vehículos que vayan a circular por el pavimento. Así, en Estados Unidos se especifican los tres niveles que se indican a continuación, los cuales pueden adoptarse para nuestro país.

| Nivel de severidad | Diferencia media del nivel entre bordes de junta o grieta (mm) |
|--------------------|--|
| Bajo | <1,5 |
| Medio | 1,5 – 5 |
| Alto | > 5 |

Tabla 2.10 Fuente: SHRP (Programa Estratégico de Investigación de carreteras)

C.1.2 Hundimientos.

Los puntos bajos localizados que se producen durante la vida de servicio del pavimento suelen estar asociados con asentamientos de la sub-rasante o a consolidaciones de rellenos mal compactados. Es frecuente su aparición en las aproximaciones a obras de fábrica o sobre pequeñas obras de paso. En muchos casos, los hundimientos de pequeña magnitud solamente se detectan después de una lluvia, por la formación de charcos. Las manchas de grasa provocadas por derrames en los vehículos

pueden constituir otra indicación de su presencia. Una posible clasificación de su nivel de severidad es la siguiente:

- Nivel bajo: El bache da lugar a un pequeño salto del vehículo, pero sin llegar a hacer la rodadura incómoda.
- Nivel medio: El bache provoca un salto del vehículo que da lugar a una rodadura algo incómoda.
- Nivel alto: El bache provoca un salto excesivo del vehículo, dando lugar a una rodadura incómoda, y/o peligrosa, y/o daños en el vehículo, por lo que suele exigir una reducción de velocidad por motivos de seguridad.

C.2 Pérdidas de Textura.

La resistencia al deslizamiento de un pavimento de concreto hidráulico depende del tipo y la profundidad de la textura superficial y de la resistencia al pulimento y abrasión de los áridos, especialmente el árido fino superficial. Su reducción a valores por debajo de lo deseable se debe a la pérdida de textura superficial y al pulimento que produce la acción del tráfico; el grado con que esto ocurre depende, principalmente, de la intensidad del tráfico que circula por la carretera.

Para velocidades elevadas, la resistencia al deslizamiento requiere de una macro textura superficial que proporcione un buen drenaje debajo de los neumáticos en tiempo húmedo. Suele medirse en función de la profundidad de la textura. Por su parte, la

resistencia al deslizamiento a velocidades bajas requiere una micro textura superficial para proporcionar un elevado nivel de fricción entre el neumático y la superficie. Para caracterizarla se utiliza el valor del Coeficiente de Rozamiento Transversal (CRT), medido a 50 km/h.

Todas las superficies de rodadura sufren un desgaste por la acción del tráfico, especialmente en los primeros años de vida del pavimento. Pero en un plazo corto la micro textura alcanza un nivel de equilibrio y, en consecuencia, la resistencia al deslizamiento a baja velocidad permanece constante, si no hay un incremento notable del tráfico. Por el contrario, este último continúa actuando sobre la macro textura, reduciendo gradualmente la resistencia al deslizamiento a alta velocidad. En este proceso, la resistencia al pulimento de la arena empleada en el concreto, así como la de los áridos gruesos si se utilizan acabados de árido visto, es un factor determinante en la mayor o menor duración de la textura del pavimento bajo la acción del tráfico.

La realización de actuaciones para remediar este tipo de defectos está ligada a que se alcancen unos determinados valores límite, los cuales dependen del tipo y categoría de la vía, sus características geométricas y de trazado, el índice de siniestralidad registrado, etc.

C.3 Otros defectos superficiales.

C.3.1 Grietas de retracción plástica.

Otros tipos de defectos superficiales, que en este caso se originan durante la ejecución del pavimento, lo constituyen las grietas por retracción plástica. Normalmente

se presentan en forma de grupos de grietas cortas y oblicuas, pero no suelen llegar a los bordes de las losas. Inicialmente son poco profundas, pero como consecuencia de posteriores calentamientos y enfriamientos y humedecimientos y secados, es posible que algunas de ellas se prolonguen a todo el ancho y/o espesor de la losa.

Estas grietas se producen en las primeras horas después de la puesta en obra del concreto y antes de que haya fraguado. Básicamente, se deben a los cambios de volumen que tienen lugar en la superficie del concreto como consecuencia de una evaporación demasiado rápida del agua del mismo, los cuales pueden verse acentuados con las caídas bruscas de la temperatura (por ejemplo, durante la noche). Por lo tanto, en condiciones de calor, viento o sequedad, es necesario un curado muy efectivo para evitarlas. Los concretos con aire incluido parecen ser menos propicios a desarrollar grietas de retracción plástica que los que no lo tienen. Una posible razón es que los primeros son menos permeables y se pueden adaptar mejor a los esfuerzos de tracción que se desarrollan mientras se conservan todavía en estado plástico.

Las grietas de retracción plástica pequeñas, estrechas y de poca longitud suelen experimentar un proceso de auto cosido, por lo que normalmente no precisan que se actúe sobre las mismas. Por el contrario, los casos moderados y graves exigen un tratamiento posterior (sellado, reparación a espesor completo).

C.3.2 Grietas en mapa y descarnaduras.

Las grietas en mapa se caracteriza por un conjunto de grietas superficiales y finas, que normalmente se interceptan formando ángulos de 120° . Normalmente es debida a defectos de construcción (por ejemplo, un exceso de operaciones de acabado) y

puede dar lugar, como etapa final, a la formación de descarnaduras superficiales. No obstante, estas últimas (normalmente con profundidades comprendidas entre 5 y 15 mm) se producen en general por la acción combinada de ciclos hielo-deshielo y de sales fundentes empleadas en período invernal. Esta última causa se limita, por tanto, a zonas con climatología rigurosa, y a concretos con insuficiente aire incluido.

Por lo tanto no aplican en nuestro país.

En ocasiones, las descarnaduras pueden también originarse como consecuencia de accidentes de tráfico, pérdida de productos agresivos para el concreto por parte de camiones de transporte, etc.

Cuando la descarnadura ha rebasado un cierto límite, del orden de 10 - 15 mm es necesario reemplazar el concreto perdido o dañado.

C.3.3 Arrancamientos (popouts).

Se denomina con este nombre las pequeñas cavidades o baches que se producen en la superficie por desprendimientos de pequeños trozos de concreto (en general con diámetros comprendidos entre 25 y 100 mm y profundidades entre 13 y 50 mm), normalmente debidos al empleo de áridos de poca durabilidad o expansivos. Otra causa frecuente es la utilización de áridos contaminados con terrones de arcilla, los cuales, por su relativa baja densidad, flotan hasta la superficie durante la vibración del concreto, desapareciendo luego con facilidad y dejando un hueco.

Los arrancamientos suelen evaluarse mediante su número por unidad de superficie. Únicamente suelen tenerse en cuenta cuando la densidad es superior a 1 arrancamiento por m² en el conjunto de la superficie del pavimento.

D. Otros tipos de defectos.

D.1 Grietas por “simpatía”.

La falta de continuidad de las juntas transversales entre carriles contiguos da lugar, por un fenómeno de simpatía, a la aparición de grietas en las concreteadas, junto a otras ya construidas, en prolongación de las juntas de estas últimas.

2.3.4.2.2 Manual de levantamiento de deterioros.

A. Deterioros en pavimentos de concreto hidráulico con juntas.

Este apartado cubre pavimentos de concreto hidráulico con juntas (sin refuerzo). Cada uno de estos deterioros ha sido agrupado dentro de una de las siguientes categorías:

- Agrietamiento.
- Deficiencias de las juntas.
- Defectos de la superficie.
- Deterioros diversos.

El siguiente manual que se presenta está fundamentado en la Metodología de Evaluación SHRP que se refiere a un programa estratégico de investigación de carreteras desarrollado en los Estados Unidos (USA).

Los daños que se presentan, son los que aplican en nuestro país, por el clima y condiciones a los que están expuestos nuestros pavimentos de concreto.

La siguiente tabla resume los diversos tipos de deterioros y las unidades de medida. Algunos deterioros tienen también niveles de severidad.

| Tipo de deterioro | Unidad de medida | ¿Nivel de severidad definido? |
|---|-------------------------|--------------------------------------|
| <i>Agrietamiento</i> | | |
| Roturas de esquina | Número | Sí |
| Agrietamiento oblicuo o digonal | Metros | Sí |
| Agrietamiento longitudinal | Metros | Sí |
| Agrietamiento transversal | Número, metros | Sí |
| <i>Deficiencias de las juntas</i> | | |
| Daño del sello de la junta transversal | Número | Sí |
| Daño del sello de la junta longitudinal | Número, metros | No |

| Tipo de deterioro | Unidad de medida | ¿Nivel de severidad definido? |
|--|--------------------------|--------------------------------------|
| Desportillamiento de las juntas longitudinales | Metros | Sí |
| Desportillamiento de las juntas transversales | Número, metros | Sí |
| <i>Defectos de la superficie</i> | | |
| Agrietamiento tipo mapa | Número, metros cuadrados | No |
| Escamadura | Número, metros cuadrados | No |
| Pulimento del agregado | Metros cuadrados | No |
| Desprendimientos | Número/metros cuadrados | No |
| <i>Deterioros diversos</i> | | |
| Entallamientos | Número | No |
| Escalonamiento de las juntas transversales y grietas | Número | No |
| Hundimiento carril-acotamiento | Milímetros | No |

| Tipo de deterioro | Unidad de medida | ¿Nivel de severidad definido? |
|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Separación carril-acotamiento | Milímetros | No |
| Bacheo/deterioro del Bacheo | Número, metros cuadrados | Sí |
| Escurrecimiento de agua y bombeo | Número, metros cuadrados | No |

Tabla 2.11

La siguiente figura ilustra la medición correcta del ancho de la grieta y el ancho del desportillamiento para grietas y juntas.

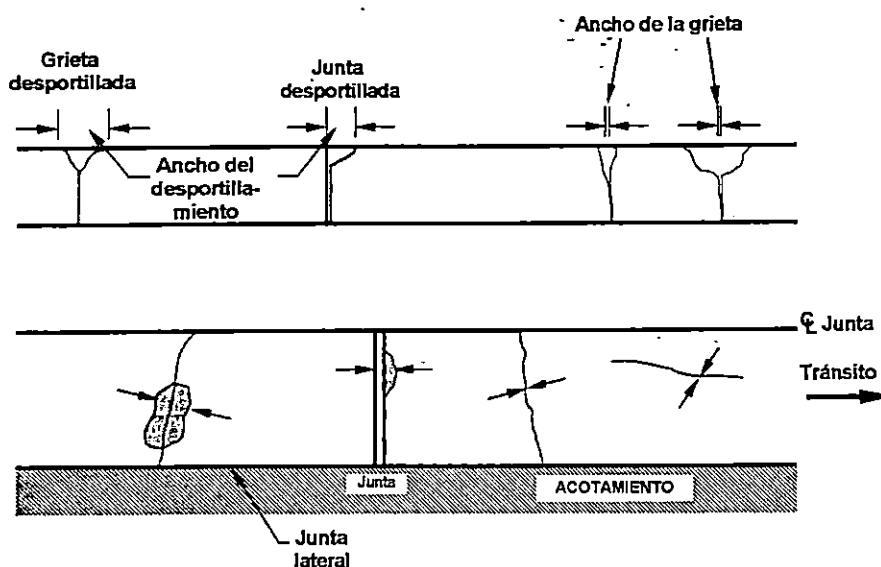


Fig.2.15 Forma de medición de anchos de desportillamientos y grietas.

A.1. Agrietamientos.

A.1.1. Roturas de esquina.

A.1.1.1 Descripción.

Una porción de la losa separada por una grieta que intercepta las juntas adyacentes transversal y longitudinal, describiendo aproximadamente un ángulo de 45° en la dirección del tránsito. La longitud de los lados varía de 0,3 m a un medio ($\frac{1}{2}$) el ancho de la losa, en cada lado de la esquina.

A.1.1.2. Niveles de Severidad.

- Baja

La grieta no está desportillada en más del 10% de la longitud de la grieta; no existe escalonamiento medible; y el fragmento de la esquina no está roto en dos o más piezas.

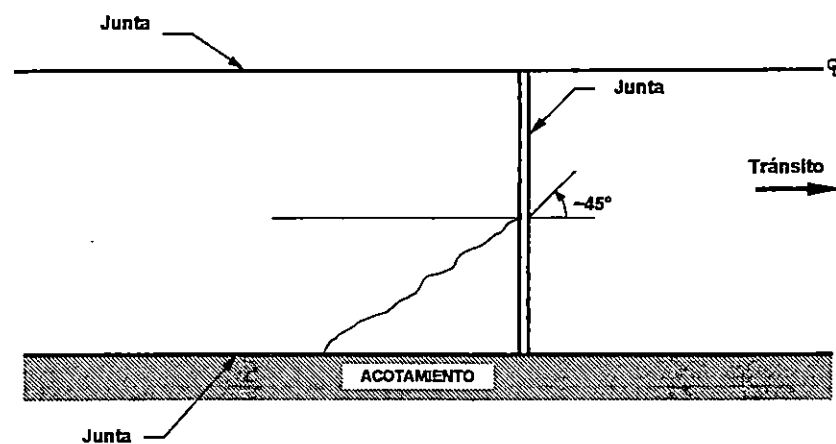


Fig. 2.16 Roturas de esquina.

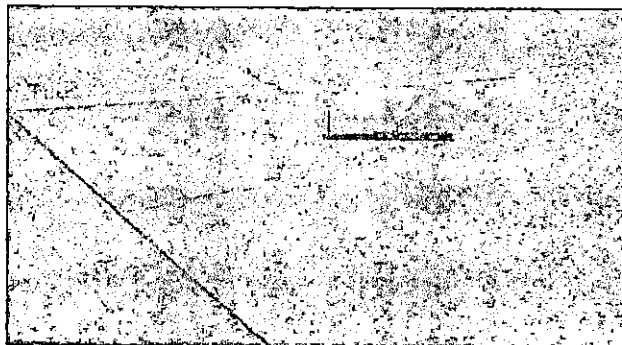


Fig. 2.17 Rotura de esquina con severidad Baja.

- Moderada

La grieta está desportillada con una severidad baja en más del 10% de su longitud total; o el escalonamiento de la grieta o la junta es < 13 mm; y el fragmento de la esquina no está roto en dos o más piezas.

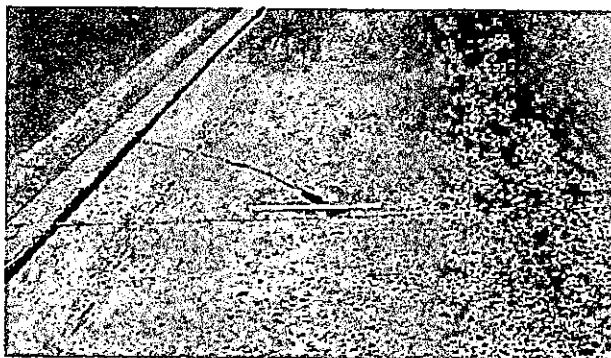


Fig. 2.18 Rotura de esquina con severidad moderada.

- Alta

La grieta está desportillada con una severidad de moderada a alta en más del 10% de su longitud total; o el escalonamiento de la grieta o junta es ≥ 13 mm; o el fragmento de la esquina está roto en dos o más piezas.

A.1.1.3. Forma de medición.

Registre el número de roturas de esquina para cada nivel de severidad.

A.1.2. Agrietamiento oblicuo o diagonal.

A.1.2.1. Descripción.

Grietas predominantes con ángulos agudos de 30° a 60° en diferentes lugares del pavimento.

A.1.2.2. Niveles de Severidad.

- Baja

Anchos de las grietas < 3 mm, sin desportillamiento y escalonamientos no medibles; o bien selladas y con un ancho que no se puede determinar.

- Moderada

Anchos de las grietas ≥ 3 mm y < 6 mm; o con desportillamiento < 75 mm; o escalonamiento de hasta 6 mm.

- Alta

Anchos de las grietas ≥ 6 mm; o con desportillamiento ≥ 75 mm; o escalonamiento ≥ 6 mm.



Fig. 2.19 Agrietamiento oblicuo o diagonal de severidad Baja.

A.1.3. Agrietamiento longitudinal.

A.1.3.1. Descripción.

Grietas predominantes paralelas a la línea central del pavimento.

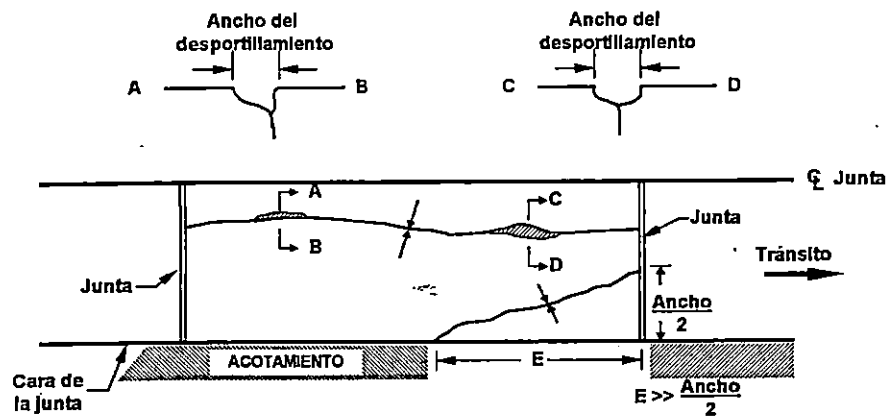


Fig. 2.20 Agrietamiento longitudinal.

A.1.3.2. Niveles de Severidad

- Baja

Anchos de las grietas < 3 mm, sin desportillamiento y escalonamientos no medibles; o bien selladas y con un ancho que no se puede determinar.

- Moderada

Anchos de las grietas ≥ 3 mm y < 13 ; o con desportillamiento < 75 mm; o escalonamiento de hasta 13 mm.

- Alta

Anchos de las grietas ≥ 13 mm; o con desportillamiento ≥ 75 mm; o escalonamiento ≥ 13 mm.

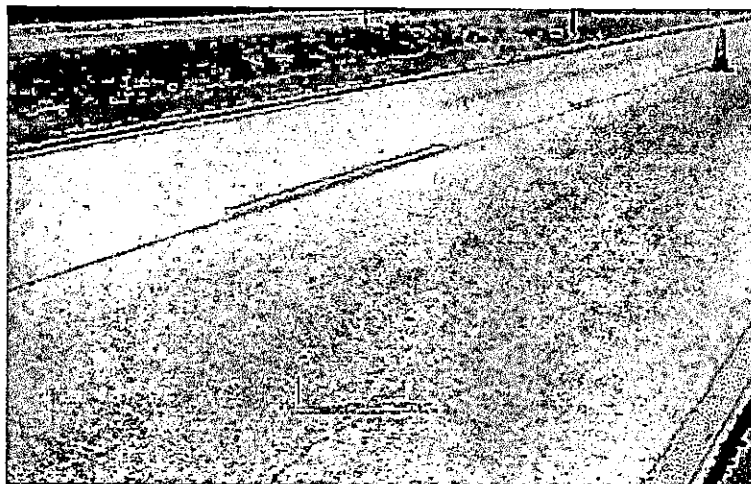


Fig. 2.21 Agrietamiento longitudinal con severidad Baja.



Fig. 2.22 Agrietamiento longitudinal con severidad Moderada.

A.1.3.3. Forma de medición.

Registre la longitud en metros de los agrietamientos longitudinales para cada nivel de severidad.

También registre la longitud en metros de los agrietamientos longitudinales con sello en buenas condiciones para cada nivel de severidad.

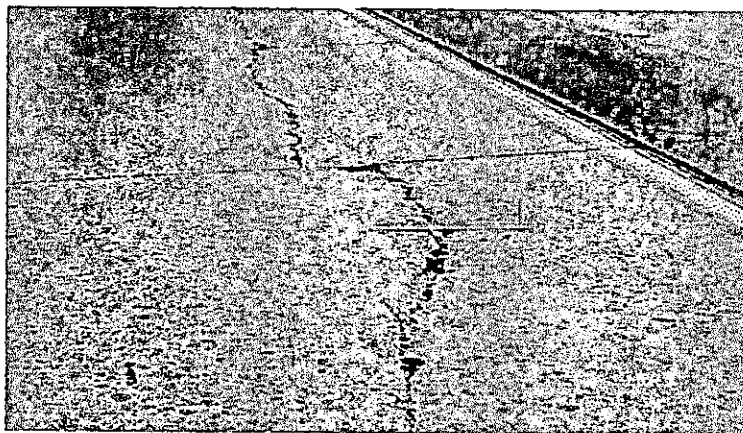


Fig. 2.23 Agrietamiento longitudinal con severidad Alta.

A.1.4. Agrietamiento transversal

A.1.4.1. Descripción

Grietas predominantemente perpendiculares a la línea central del pavimento.

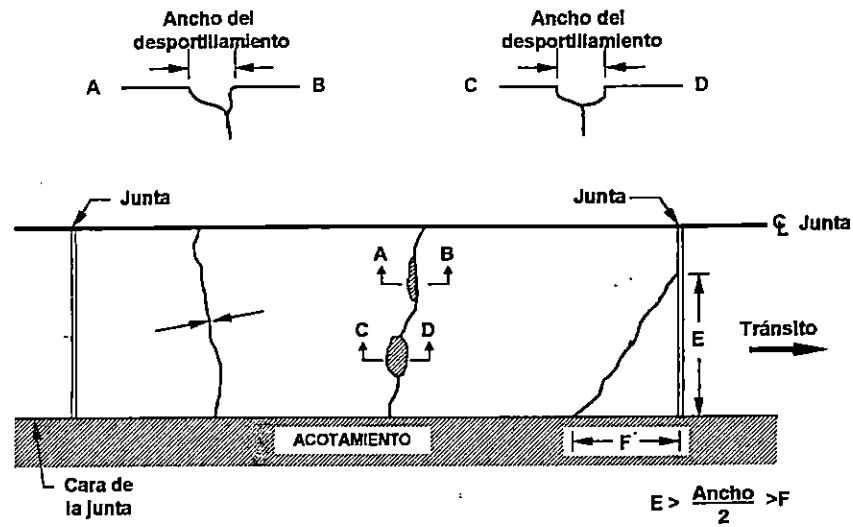


Fig. 2.24 Agrietamiento transversal.

A.1.4.2. Niveles de Severidad

- Baja

Anchos de las grietas < 3 mm, sin desportillamiento y escalonamientos no medibles; o bien selladas y con un ancho que no se puede determinar.

- Moderada

Anchos de las grietas ≥ 3 mm y < 6 mm; o con desportillamiento < 75 mm; o escalonamiento de hasta 6 mm.

- Alta

Anchos de las grietas ≥ 6 mm; o con desportillamiento ≥ 75 mm; o escalonamiento ≥ 6 mm.

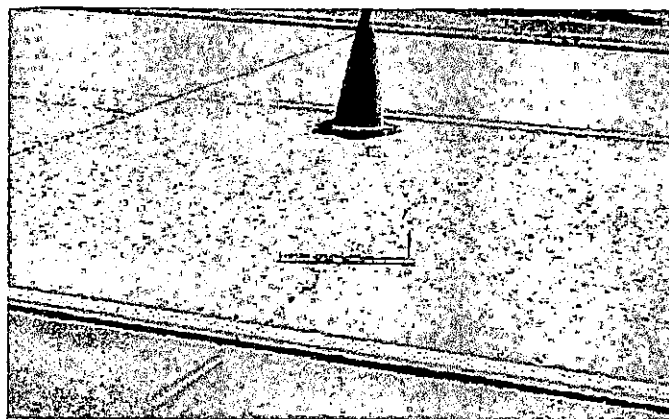


Fig. 2.25 Agrietamiento transversal con severidad Moderada.

A.1.4.3. Forma de medición.

Registre el número y longitud de las grietas transversales para cada nivel de severidad. Clasifique toda la grieta transversal para el nivel de severidad más alto presente en por lo menos 10% del total de la longitud de la grieta. La longitud registrada, en metros, es la longitud total de la grieta y se asigna al nivel de severidad más alto presente en por lo menos 10% del total de la longitud de la grieta.



Fig. 2.26 Agrietamiento transversal con severidad Alta

También registre la longitud, en metros, del agrietamiento transversal para cada nivel de severidad con sellador en buenas condiciones. La longitud registrada, en metros, es la longitud total de la grieta bien sellada y se le asigna el nivel de severidad de la grieta. Registre únicamente cuando el sellador se encuentre en buenas condiciones en al menos el 90% de la longitud de la grieta.

A.2. Fallas de las juntas.

A.2.1. Sello dañado en las juntas transversales.

A.2.1.1. Descripción

El daño en el sello es cualquier condición que permite que material incompresible o una cantidad importante de agua se infiltre a la junta desde la superficie.

Los tipos más comunes de daño en el sello de la junta son:

- Extrusión, endurecimiento, falla del adhesivo, falla cohesiva (separación), o pérdida total del sellador.

- Penetración de material ajeno en la junta.
- Crecimiento de hierba en la junta.



Fig. 2.27 Daño del sello de la junta con severidad Baja.

A.2.1.2. Niveles de Severidad

- Baja

El daño del sello en la junta transversal descrita anteriormente existe en menos del 10% de la junta.

- Moderada

El daño del sello en la junta transversal descrita anteriormente existe de un 10-50% de la junta.

- Alta

El daño del sello en la junta transversal descrita anteriormente existe en más del 50% de la junta.



Fig. 2.28 Daño del sello de la junta con severidad Moderada.

A.2.1.3. Forma de medición.

Indique si las juntas transversales han sido selladas (sí o no)

En caso afirmativo, registre el número de juntas transversales selladas para cada nivel de severidad.

A.2.3. Sello dañado en las juntas longitudinales.

A.2.3.1. Forma de medición.

Registre el número de juntas longitudinales que están selladas (0, 1, 2).

Registre la longitud total de las juntas longitudinales selladas que presenten sello dañado de la forma ya descrita. Las ocurrencias individuales se registran únicamente cuanto tengan al menos 1 m de longitud.

A.2.4. Desportillamiento de las juntas longitudinales.

A.2.4.1. Descripción.

Agrietamiento, rotura, desconche o desgaste de las orillas de la losa dentro de 0,6 m desde la junta longitudinal.

A.2.4.2. Niveles de Severidad.

- Baja

Desportillamientos menores de 75 mm de ancho, medidos hacia el centro de la junta, con pérdida de material, o desportillamientos sin pérdida de material y sin bacheo.

- Moderada

Desportillamientos de 75 mm a 150 mm de ancho, medidos hacia el centro de la junta, con pérdida de material.

- Alta

Desportillamientos mayores a 150 mm de ancho, medidos hacia el centro de la junta, con pérdida de material.

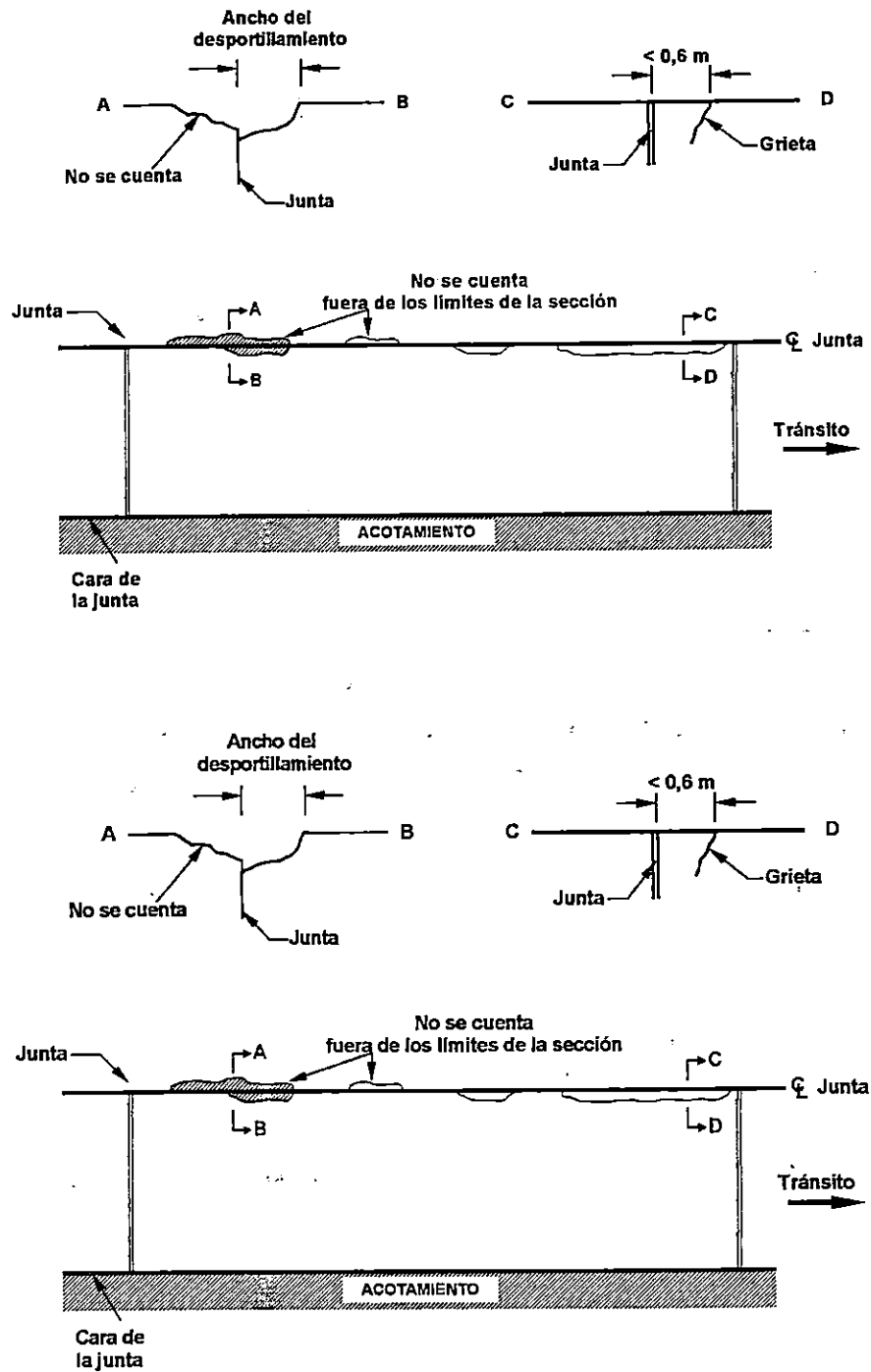


Fig. 2.29 Desportillamiento de las juntas longitudinales.

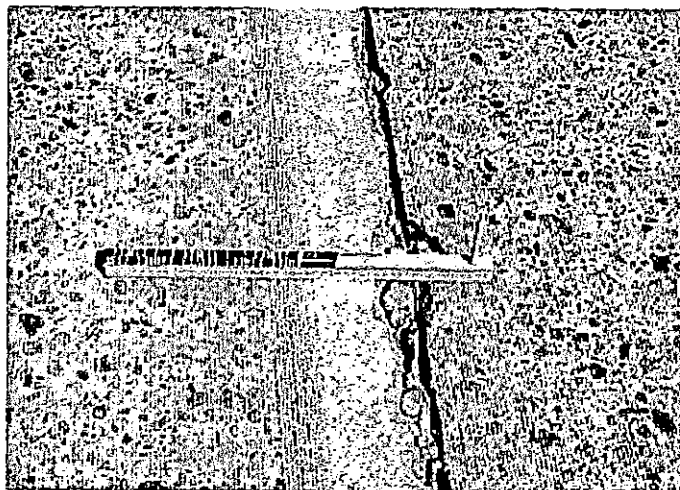


Fig. 2.30 Desportillamiento de las juntas longitudinales con severidad Baja.

A.2.4.3. Forma de medición

Registre la longitud en metros de los desportillamientos de la junta longitudinal para cada nivel de severidad.

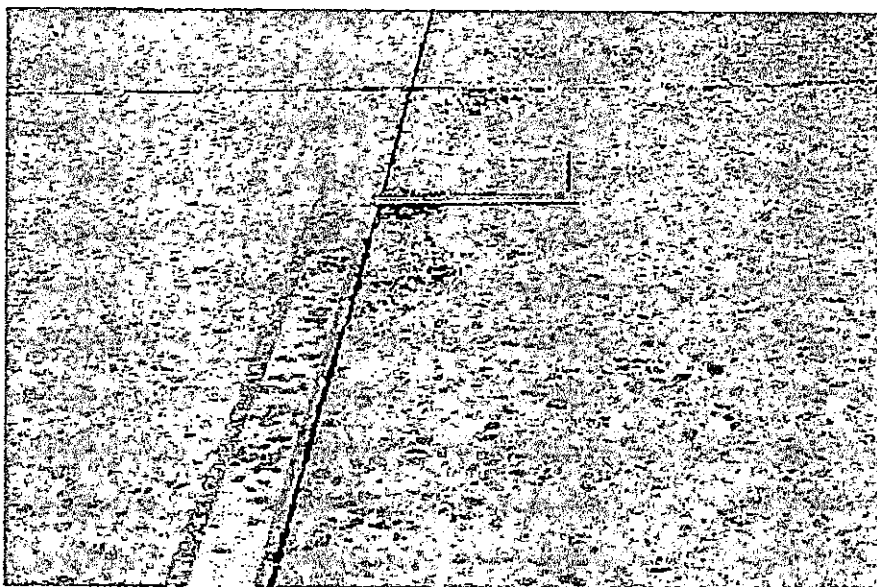


Fig. 2.31 Desportillamiento de las juntas longitudinales con severidad alta

A.2.5. Desportillamiento de las juntas transversales.

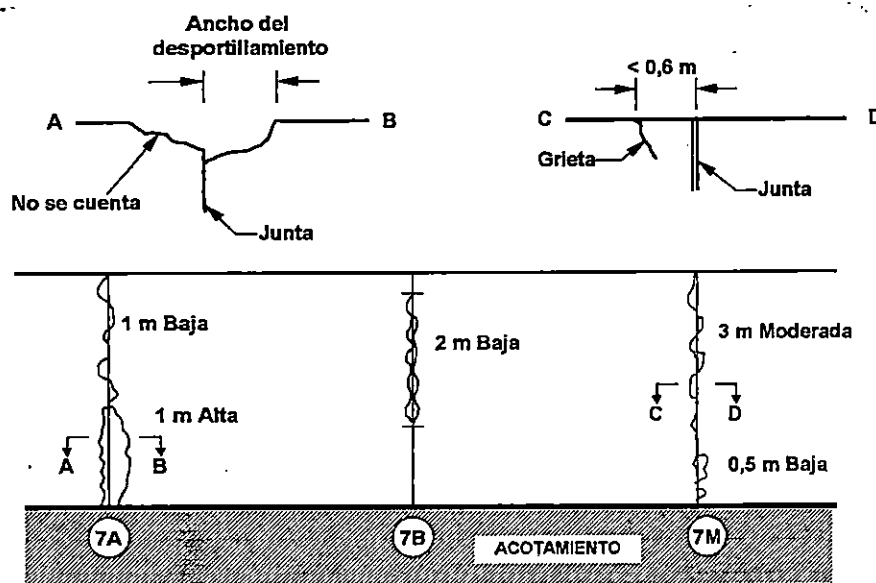
A.2.5.1. Descripción.

Agrietamiento, rotura, desconche o desgaste de las orillas de la losa dentro de 0,6 m desde la junta transversal.

A.2.5.2. Niveles de Severidad.

- Baja

Desportillamientos menores de 75 mm de ancho, medidos hacia el centro de la junta, con pérdida de material, o desportillamientos sin pérdida de material y sin bacheo.



Nota: (7A) Deterioro tipo Z, severidad Alta

Fig. 2.32 Desportillamiento de las juntas transversales.

- Moderada

Desportillamientos de 75 mm a 150 mm de ancho, medidos hacia el centro de la junta, con pérdida de material.

- Alta

Desportillamientos mayores a 150 mm de ancho, medidos hacia el centro de la junta, con pérdida de material.



Fig. 2.33 Desportillamiento de la junta transversal con severidad Moderada vista de lejos.

A.2.5.3. Forma de medición.

Registre el número de juntas transversales afectadas para cada nivel de severidad. Clasifique toda la junta transversal en el nivel más alto de severidad presente en al menos 10% del total de la longitud de la junta.

Registre la longitud en metros de los desportillamientos de la junta longitudinal para cada nivel de severidad.

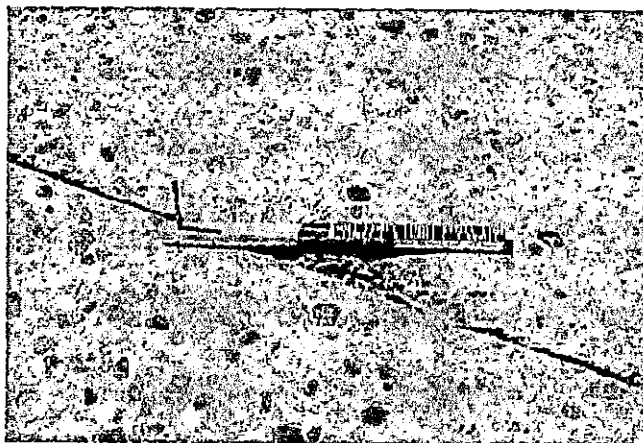


Fig. 2.34 Desportillamiento de la junta transversal con severidad moderada vista de cerca.

A.3. Defectos de la superficie.

A.3.1. Agrietamiento tipo mapa y Escamadura.

A.3.1.1. Descripción.

Serie de agrietamientos que se presentan únicamente en la superficie de la losa. Frecuentemente unas grietas mayores están orientadas en la dirección longitudinal del pavimento y están interconectadas por grietas más finas transversales o al azar.

A.3.1.2. Forma de medición.

Registre el número de ocurrencias y los metros cuadrados del área afectada.

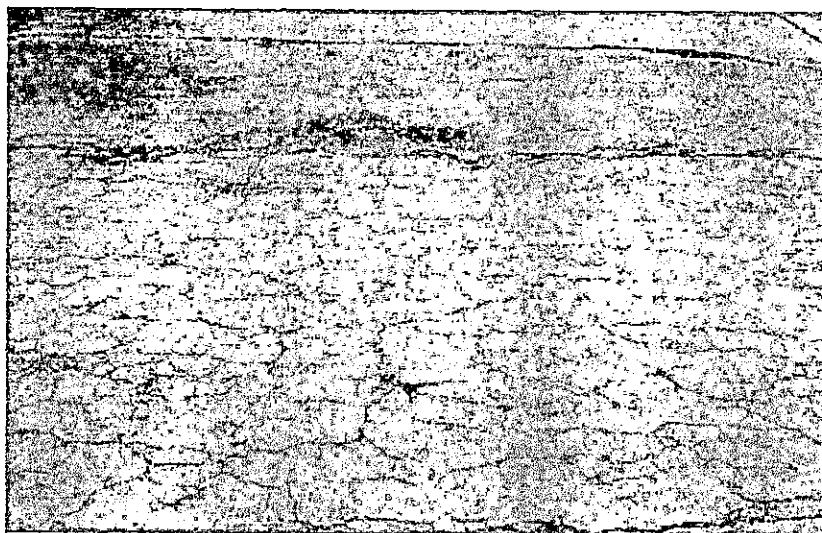


Fig. 2.35 Agrietamiento tipo mapa.

A.3.2. Escamadura.

A.3.2.1. Descripción.

Escamadura es el desperfecto de la superficie de la losa de concreto, normalmente de 3 mm a 13 mm y puede ocurrir en cualquier lugar del pavimento.

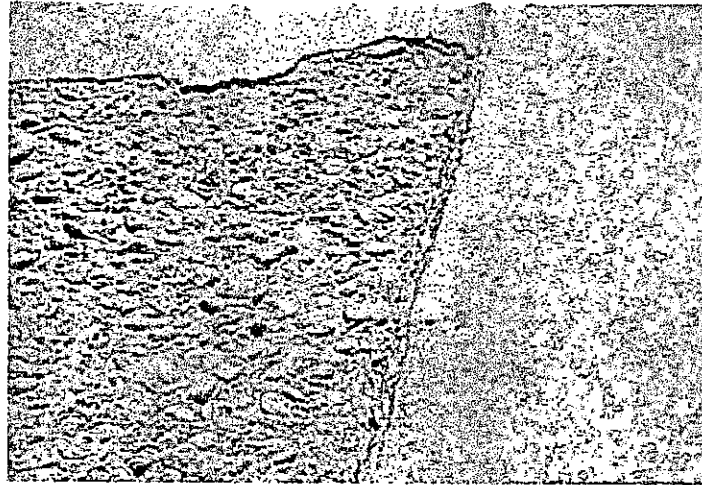


Fig. 2.36 Escamadura.

A.3.2.2. Forma de medición.

Registre el número de ocurrencias y los metros cuadrados del área afectada.

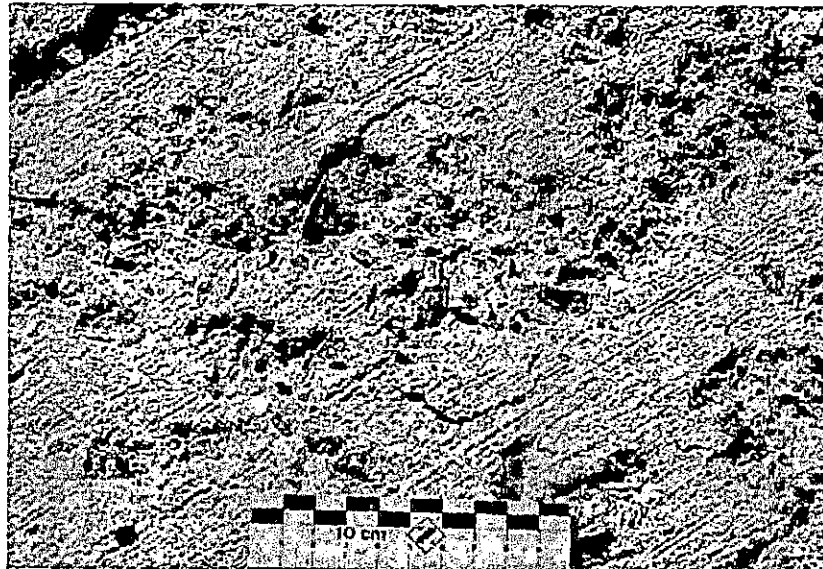


Fig. 2.37 Escamadura vista de cerca.

A.3.3. Pulimento del agregado (desgaste de la superficie)

A.3.3.1. Descripción.

Mortero superficial y texturizado gastado exponiendo el agregado grueso

A.3.3.2. Niveles de Severidad.

No se aplica. Sin embargo, el grado de pulimento se puede reflejar en la reducción de la fricción de la superficie.

A.3.3.3. Forma de medición.

Registre los metros cuadrados del área afectada.

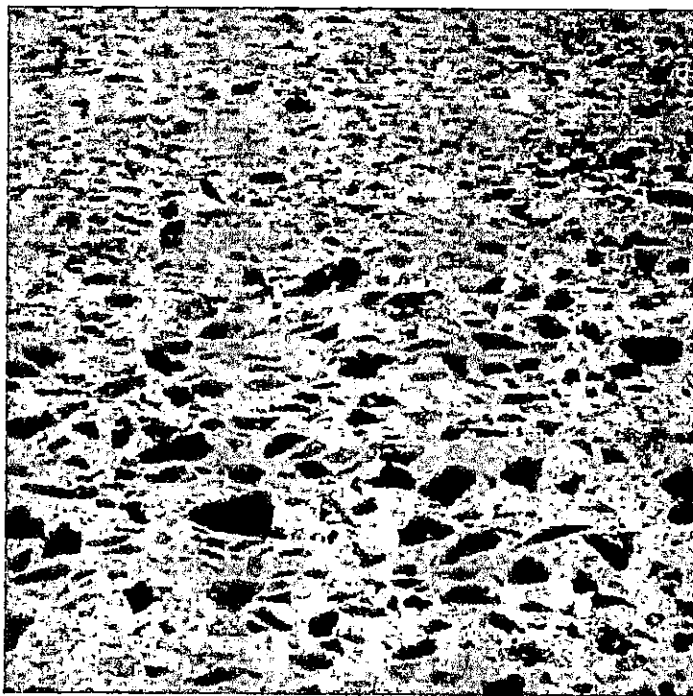


Fig. 2.38 Pulimento del agregado.

A.3.4. Desprendimientos.

A.3.4.1. Descripción.

Fragmentos pequeños del pavimento que se sueltan de la superficie, normalmente en un rango de 25 mm a 100 mm de diámetro y una profundidad de 13 mm a 50 mm.

A.3.4.2. Niveles de Severidad.

No se aplica. Sin embargo, los niveles de severidad se pueden definir en relación a la intensidad de los desprendimientos de acuerdo a su medición.

A.3.4.3. Forma de medición.

Registre el número de desprendimientos por metro cuadrado.

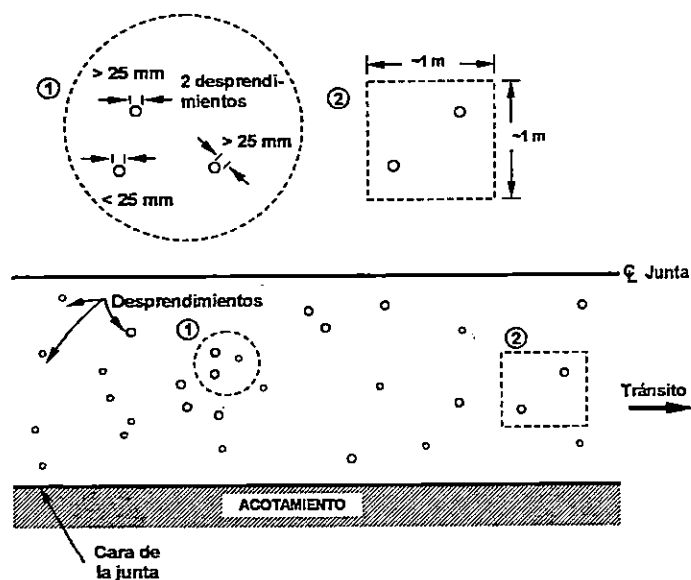


Fig. 2.39 Desprendimientos.

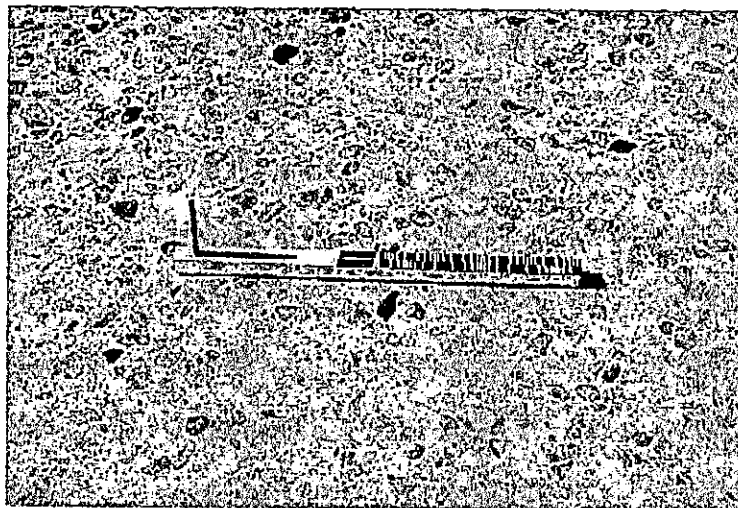


Fig. 2.40 Un desprendimiento.

A.4. Otros deterioros.

A.4.1. Entallamientos.

A.4.1.1. Descripción.

Movimiento ascendente localizado de la superficie del pavimento en las juntas transversales o grietas, a menudo acompañados de la destrucción del concreto en esa área.

A.4.1.2. Niveles de Severidad.

No se aplica. Sin embargo, los niveles de severidad pueden ser definidos por el efecto relativo del estallamiento en la calidad y seguridad de manejo.

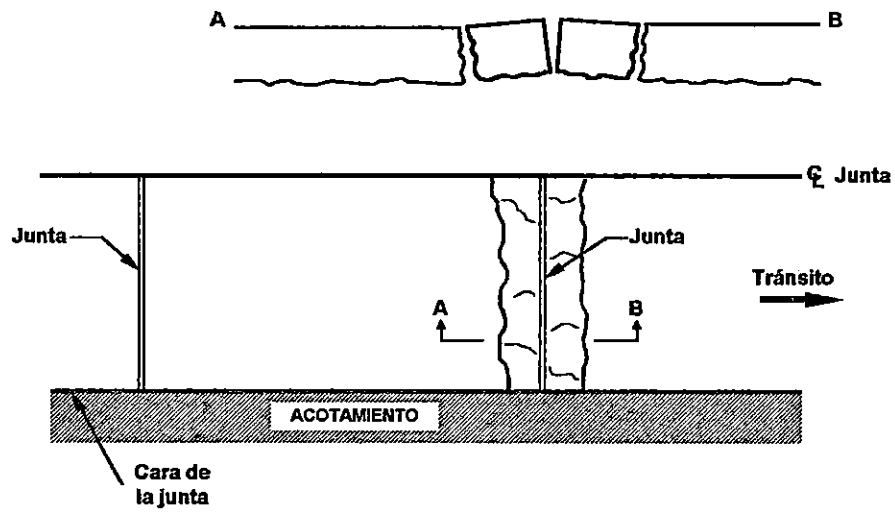


Fig. 2.41 Estallamientos.



Fig. 2.42 Un entallamiento.

A.4.1.3. Forma de medición.

Registre el número de estallamientos.

A.4.2. Escalonamiento de juntas transversales y grietas.

A.4.2.1. Descripción.

Diferencia en elevación a lo largo de una junta o grieta.

A.4.2.2. Niveles de Severidad.

No se aplica. Los niveles de severidad podrían definirse al clasificar las mediciones obtenidas. Sin embargo, es preferible un registro total de las medidas realizadas, ya que es más preciso o repetible que cualquier nivel de severidad.

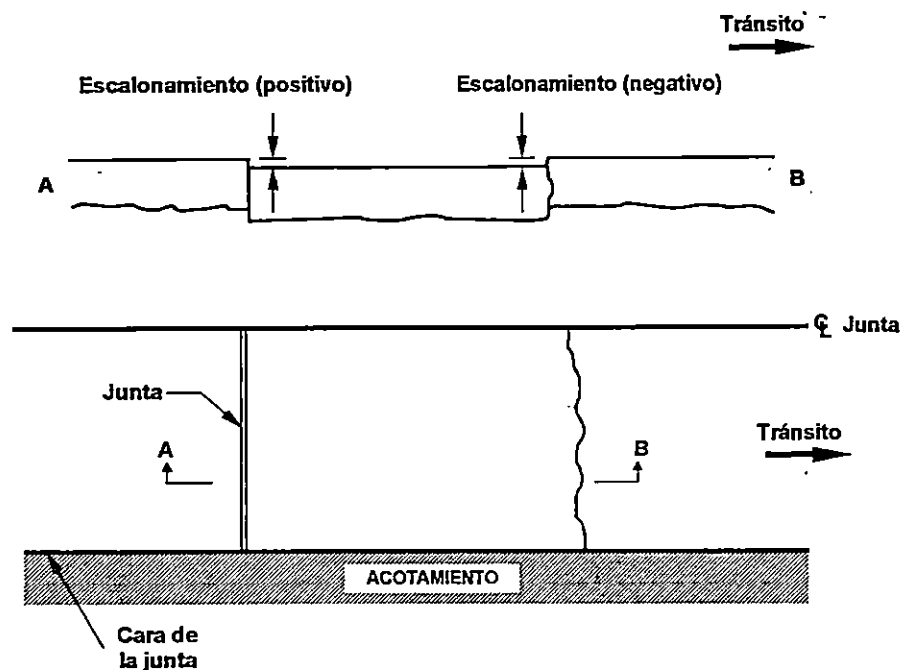


Fig. 2.43 Escalonamiento de juntas transversales y grietas.

A.4.2.3. Forma de medición.

Registre en milímetros al milímetro más cercano; 0.30 m desde la cara exterior de carril y 0.75 m desde la desde la cara exterior de carril (rodera).

Si la losa de “aproximación” es más alta que la losa de “salida”, registre el escalonamiento como negativo (-) y si la losa de “acercamiento” es mas baja registre el escalonamiento como positivo (+).



Fig. 2.44 Escalonamiento.

A.4.3 Hundimiento carril-acotamiento.

A.4.3.1. Descripción.

Diferencia en elevación entre la cara de la losa y el acotamiento exterior; a menudo ocurre cuando el acotamiento exterior se asienta.

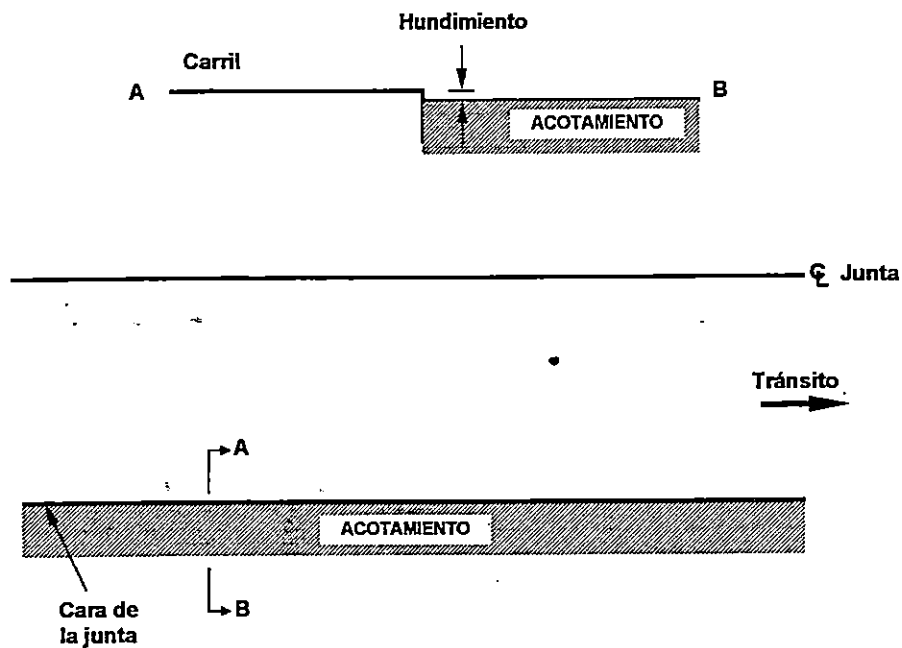


Fig. 2.45 Hundimiento carril-acotamiento.

A.4.3.2. Niveles de Severidad.

No se aplica. Los niveles de severidad se pueden definir clasificando las mediciones tomadas. Es preferible llevar un registro completo de las mediciones tomadas, sin embargo, debido a que es más preciso y repetible que los niveles de severidad.

Registre en milímetros al milímetro más cercano, en intervalos de 15 m a lo largo de la junta carril-acotamiento.

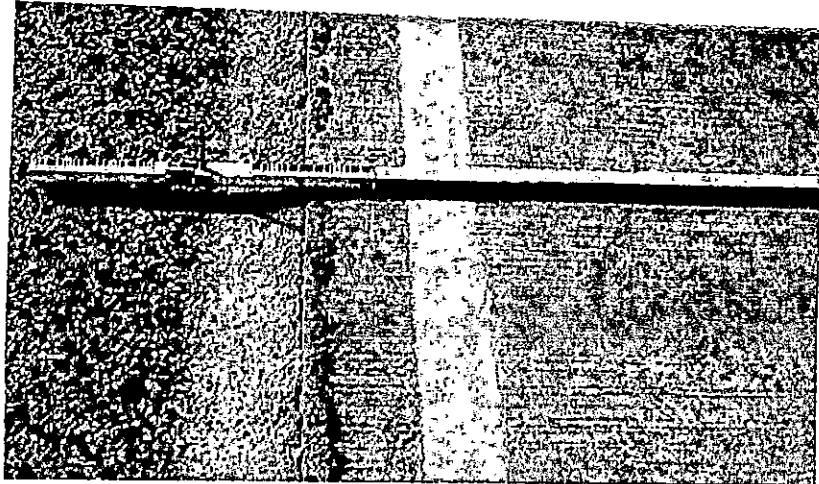


Fig. 2.46 Hundimiento carril-acotamiento.

Si la superficie recorrida está mas baja que el acotamiento, regístrela como negativa (-).

A.4.4. Separación carril-acotamiento

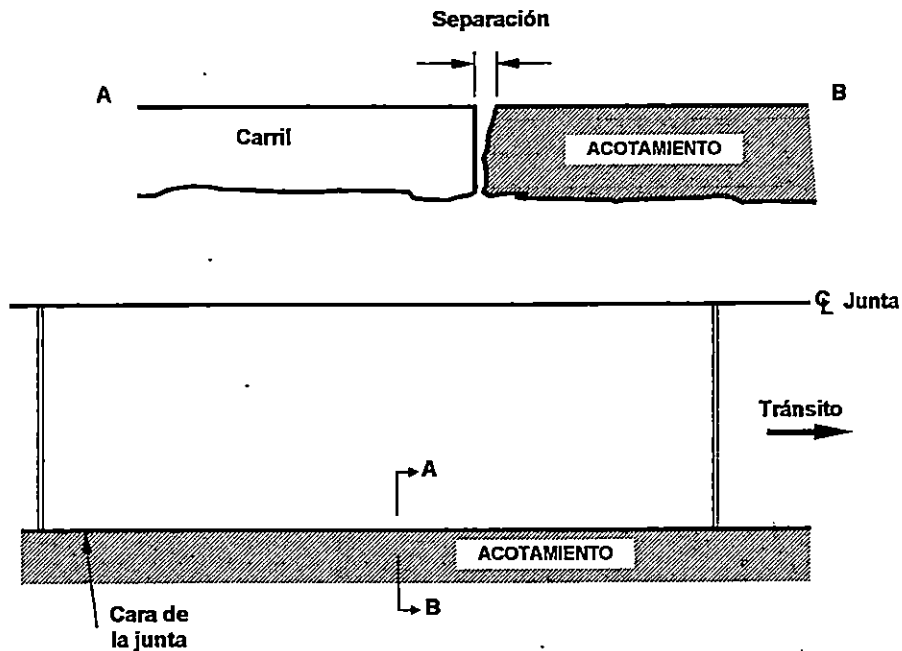


Fig. 2.47 Separación carril-acotamiento.

A.4.4.1. Descripción.

Ensanchamiento de la junta entre la cara de la losa y el acotamiento.

A.4.4.2. Niveles de Severidad.

No se aplica. Los niveles de severidad se pueden definir clasificando las mediciones tomadas. Es preferible llevar un registro completo de las mediciones tomadas, sin embargo, debido a que es más preciso y repetible que los niveles de severidad.

A.4.4.3. Forma de medición.

Registre en milímetros al milímetro más cercano, en intervalos de 15 m a lo largo de la junta carril-acotamiento. Indique si la junta está bien sellada (sí o no) en cada separación.

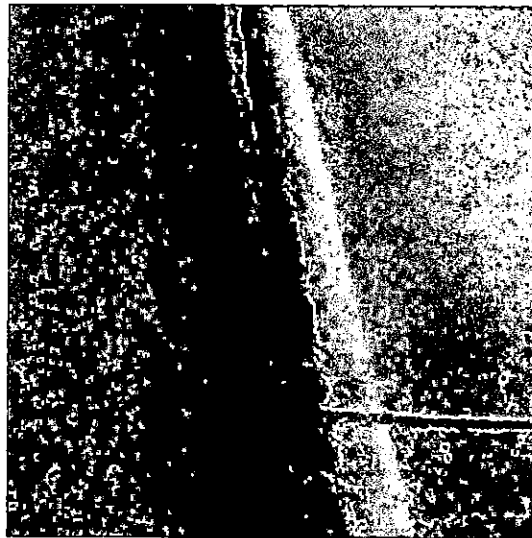


Fig. 2.48 Separación carril-acotamiento pobremente sellada.

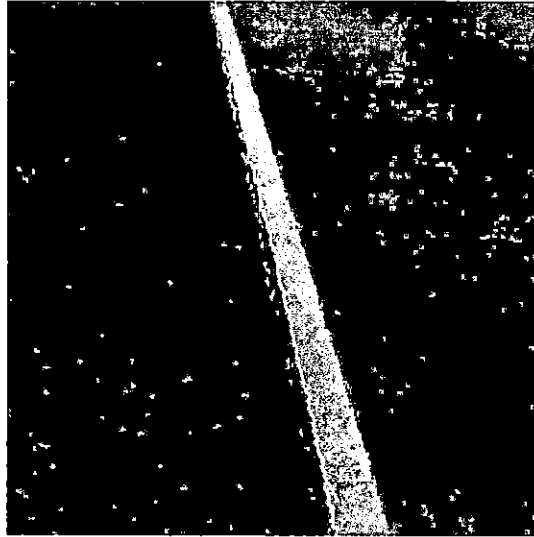


Fig. 2.49 Separación carril-acotamiento bien sellada.

A.4.5. Bacheo y daño del bacheo.

A.4.5.1. Descripción.

Una porción, mayor de 1 metro cuadrado, o toda la losa de concreto original que ha sido removida y reemplazada, o material adicional aplicado al pavimento después de la construcción original.

A.4.5.2. Niveles de Severidad.

- Baja

El bacheo tiene cuando mucho un deterioro de cualquier tipo de severidad Baja; y no existe escalonamiento o asentamiento medible en el perímetro del bacheo.

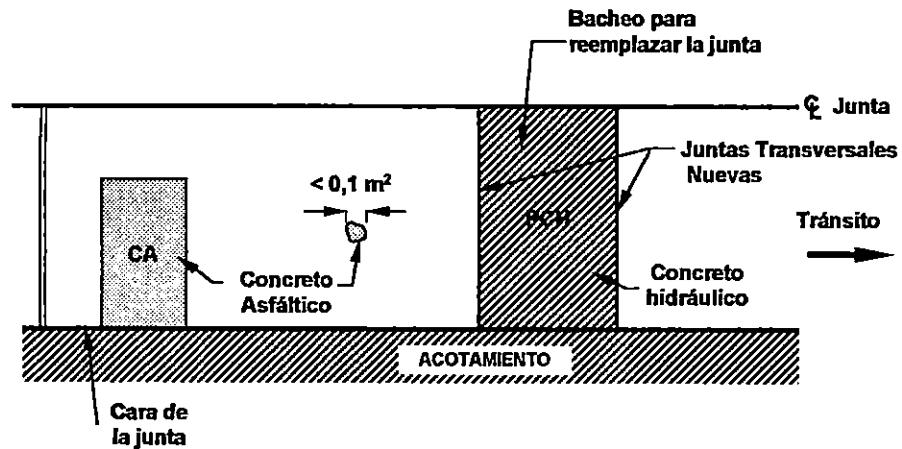


Fig. 2.50 Bacheo/Daño del bacheo.

- Moderada

El bacheo tiene un deterioro de severidad moderada de cualquier tipo; o escalonamiento o asentamiento de hasta 6 mm en el perímetro del bacheo.

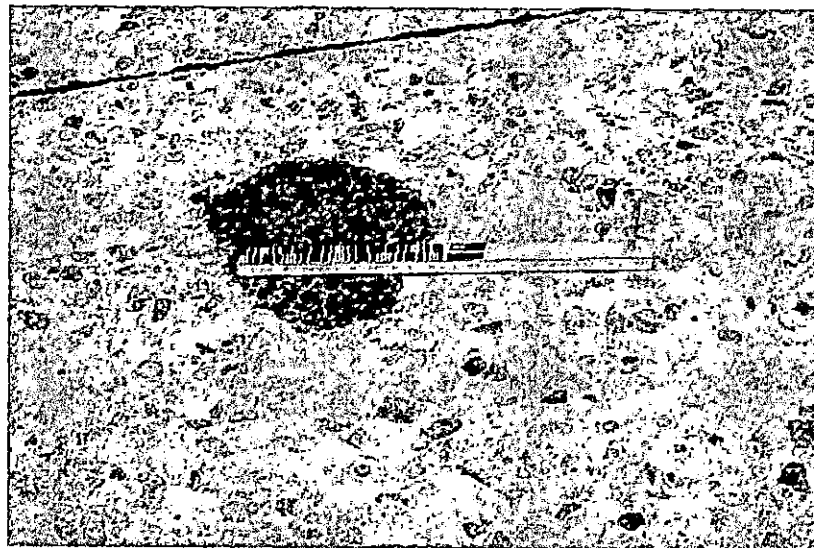


Fig. 2.51 Bacheo pequeño con asfalto con severidad Baja.

- Alta

El bacheo tiene un deterioro de severidad alta de cualquier tipo; o escalonamiento o asentamiento ≥ 6 mm en el perímetro del bacheo.



Fig. 2.52 Bacheo grande con asfalto con severidad Baja.

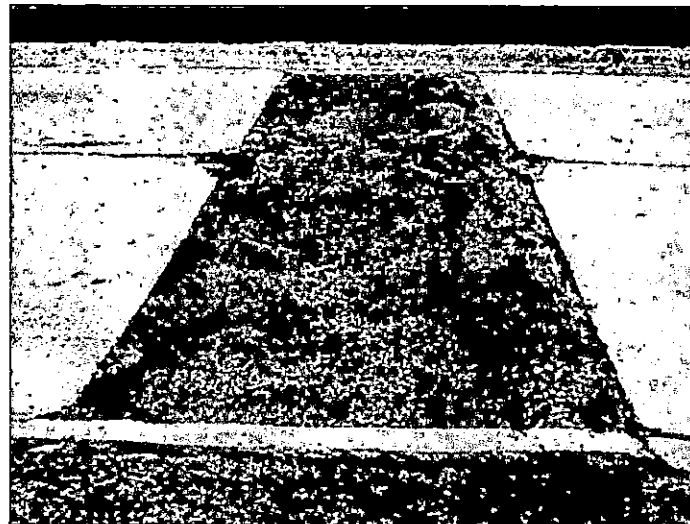


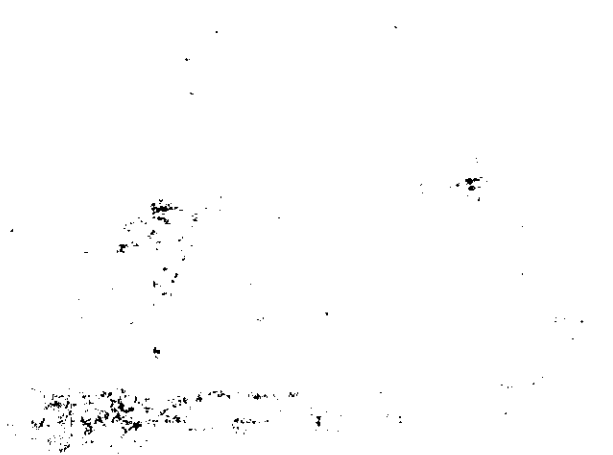
Fig. 53 Bacheo grande con asfalto con severidad alta.

... ..



... ..

... ..



... ..

A.4.5.3. Forma de medición.

Registre el número de bacheos y los metros cuadrados del área afectada para cada Niveles de Severidad, y sepárelos por el tipo de material, rígido o flexible.

Para el reemplazo de losas, clasifique cada losa como un bacheo separado y continúe para clasificar la junta.

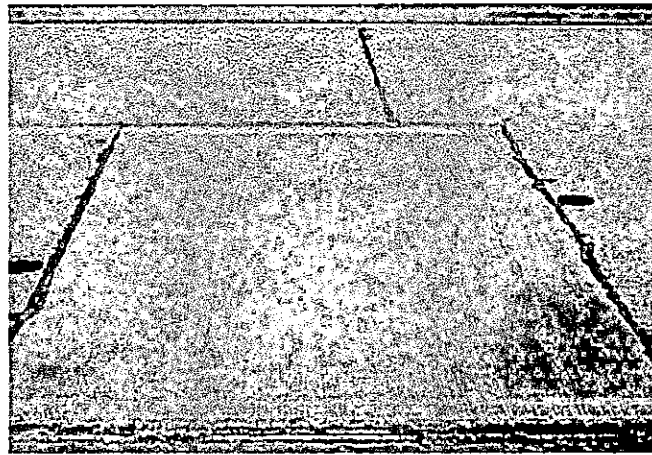


Fig. 2.54 Bacheo grande con concreto hidráulico con severidad Baja.

A.4.6. Escurrimiento de agua y bombeo.

A.4.6.1. Descripción.

Filtración o expulsión de agua por debajo del pavimento a través de grietas.

En algunos casos se detecta por pequeños depósitos de material fino en la superficie del pavimento, que fueron erosionados (bombeados) desde las capas de soporte y han manchado la superficie.

A.4.6.2. Niveles de Severidad.

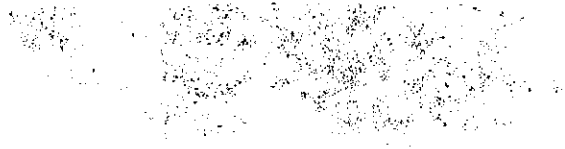
No se aplica. Los niveles de severidad no se utilizan debido a que la cantidad y grado del escurrimiento de agua y el bombeo cambia con las condiciones de humedad.

A.4.6.3. Forma de medición.

Registre el número de ocurrencias, del escurrimiento de agua, bombeo y la longitud en metros del pavimento afectado.



Fig. 2.55 Escurrimiento de agua y bombeo.



B Manual para el levantamiento de deterioros.

B.1. Introducción.

Este apartado presenta instrucciones, hojas de datos, y mapas de deterioros para el uso del levantamiento visual de deterioros en pavimentos de concreto hidráulico con juntas.

Durante el levantamiento visual de deterioros, la seguridad es la primera consideración, así como con todas las actividades de recolección de datos. Todos los evaluadores deberán sujetarse a las prácticas y autoridades estatales.

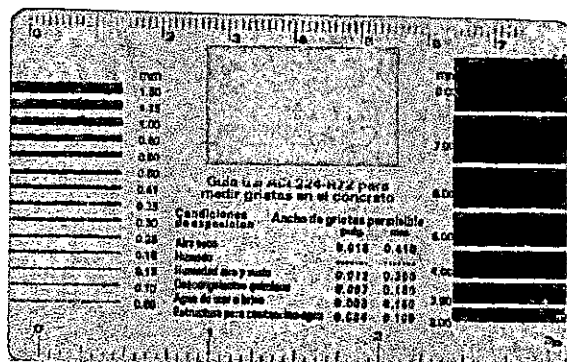
B.2. Equipo para levantamiento de deterioros.

El siguiente equipo es necesario para llevar a cabo el levantamiento visual de deterioros de cualquier tipo de pavimento:

- Este manual de campo.
- Hojas blancas y mapas.
- Lápices.
- Manual para la Identificación de Deterioros.
- Porta papeles.

- Dos cintas de medición, una de por lo menos 30 m de longitud y una regla graduada en milímetros.
- Calculadora.
- Casco rígido y chaleco de seguridad.
- Cámara de 35 mm y rollos.
- Cámara de video y casetes.

Un instrumento de mucha utilidad para la medida directa de los anchos de las grietas recomendado por la guía del ACI 224-R72 para medir grietas en el concreto es el “Grietómetro” es una tarjeta que tiene líneas de anchuras especificadas que se comparan con las grietas existentes en la estructura evaluada y de esta manera obtener valores de los anchos de las grietas; esta tarjeta debe ser parte del equipo que servirá para realizar el levantamiento de deterioros.



“Grietómetro”

B.3. Instrucciones para el llenado de los mapas de deterioros.

Los mapas de deterioros se utilizan para mostrar la ubicación exacta de cada tipo de deterioro presente en la sección de análisis. Los tipos de deterioros y los niveles de severidad deberán ser identificados utilizando el Manual para la Identificación de Deterioros. Se utilizan un total de 5 hojas; cada hoja contiene dos mapas de 15 m que representan 30 m de la sección de análisis. Cada sección de análisis deberá ser trazada en forma consistente cada vez que se realice un levantamiento. Se deberá marcar en el pavimento las estaciones de inicio y fin de la sección de análisis. La extensión lateral de la sección, para propósitos del levantamiento, variarán dependiendo de la existencia de las juntas longitudinales y grietas como también la posición relativa de las rayas del carril. La figura 2.56 ilustra las reglas que se deberán seguir para determinar la extensión lateral de la sección para el levantamiento de deterioros.

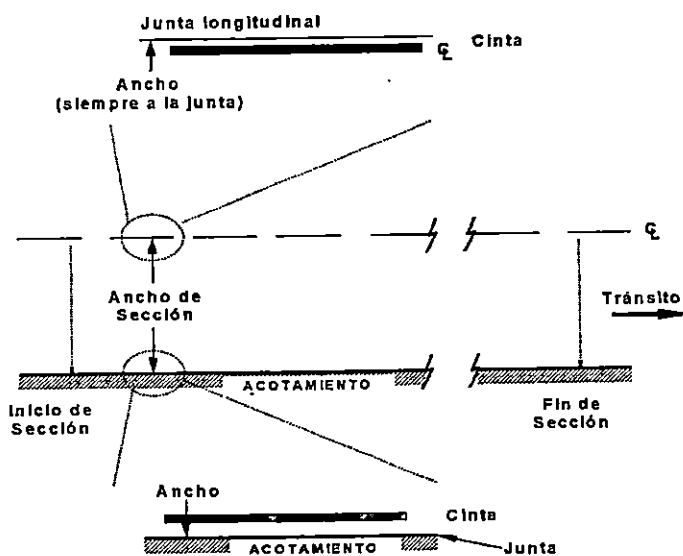


Fig. 2.56 Límites de la sección de análisis.

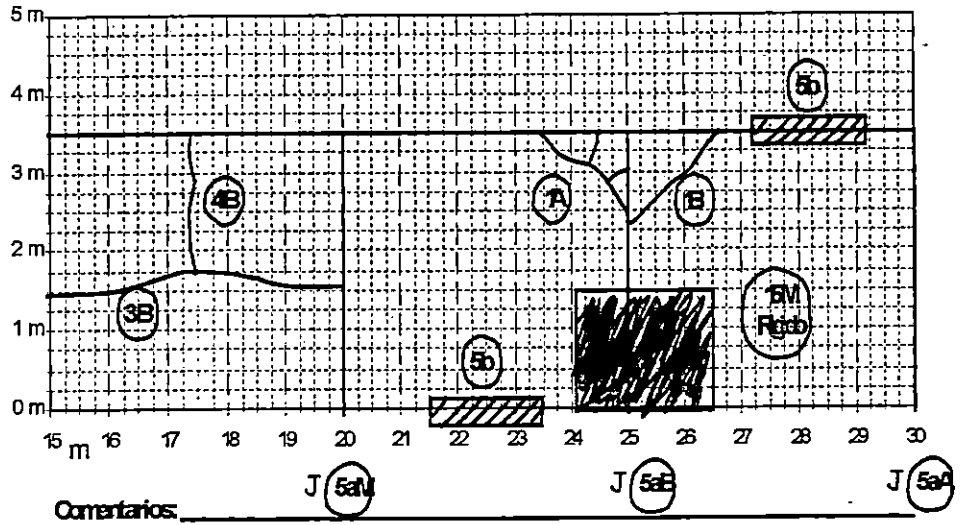
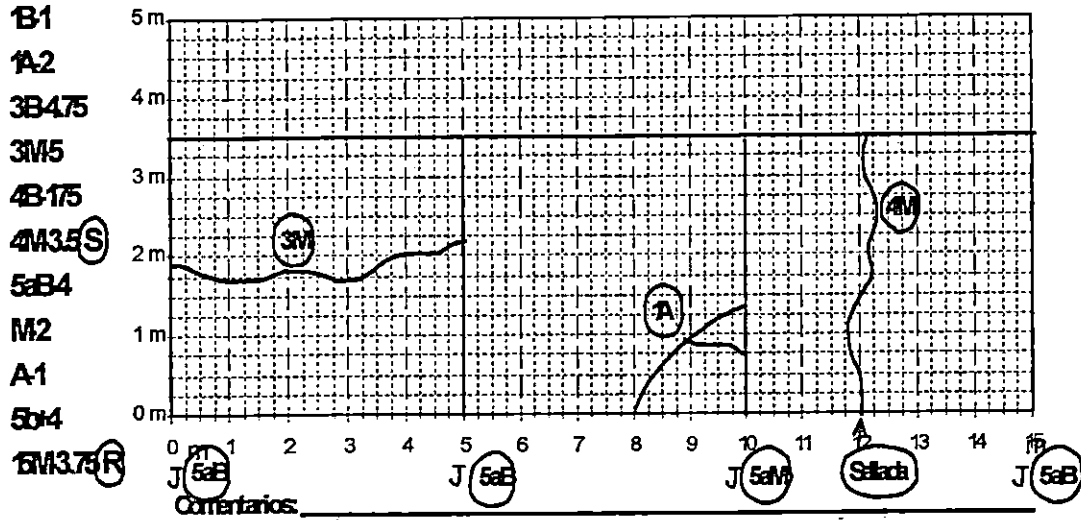
Para trazar la sección de análisis, se puede colocar la cinta de medir en el acotamiento adyacente a la sección de análisis desde la estación 0+00 a la estación 1+00 (0 a 30 m). (Se puede utilizar una rueda de medición en lugar de la cinta de medir). Puede ser necesario asegurar la cinta al pavimento con cinta adhesiva o un objeto pesado. Una vez que la cinta esté en su lugar, los deterioros pueden trazarse con la ubicación longitudinal de los deterioros leídos de la cinta métrica. La ubicación transversal y extensión del deterioro se puede obtener usando el sobrante de la cinta de medir. Una vez que la primera subsección de 30 m ha sido trazada, la cinta métrica deberá ser movida para trazar la segunda subsección de 30 m. Este proceso se repite a lo largo de la sección de análisis.

Los deterioros se dibujan en el mapa con su ubicación a escala utilizando los símbolos apropiados para el tipo de pavimento. En general, el deterioro se dibuja y se rotula usando el número del tipo de deterioro y su nivel de severidad. (Baja, Moderada, Alta) si aplica. Por ejemplo, una grieta trasversal de severidad alta de un pavimento de concreto se rotularía "4A". Se agregará un símbolo adicional además del tipo de deterioro y símbolo de severidad en los casos donde la grieta o junta esté bien sellada.

Las figuras que especifican los símbolos que se usarán para cada tipo de pavimento se presentan en las siguientes secciones. Además, se presentan ejemplos de mapas para ilustrar la forma apropiada del su llenado.

Caveatal: _____

2.Jurtassolats 'B'



Ejemplos de hojas de mapas para levantamiento de deterioro terminadas.

Cualquier deterioro observado que no esté descrito en el Manual para la Identificación de Deterioros deberá ser fotografiado y videograbado. La ubicación y extensión del deterioro deberá mostrarse y rotularse en el mapa.

Los tipos específicos de deterioros que no se deberán incluir en los mapas se registrarán como sigue:

Si ocurren numerosos estallamientos, agrietamiento tipo mapa/escamadura, o pulimento del agregado en áreas extensas a lo largo de la sección de análisis, no trace la extensión total. En su lugar, registre la ubicación, extensión y nivel de severidad si se aplica, en el espacio para comentarios bajo el mapa apropiado. Estos deterioros deberán ser trazados sólo si ocurren en áreas limitadas.

B.4 Elementos comunes a todas las hojas de levantamiento de datos.

En la sección de datos comunes que aparece en la esquina superior derecha de cada hoja de levantamiento de deterioros, se escribe el número de identificación de la carretera, la fecha en que se realiza el levantamiento, las iniciales de hasta 3 evaluadores, temperatura de la superficie del pavimento antes y después del levantamiento, y la indicación de si se obtuvieron fotografías o video al hacer el levantamiento. Todos estos datos en sus espacios apropiados.

B.5. Instrucciones para el llenado de las hojas de levantamiento de deterioros para pavimentos de concreto con juntas.

Los deterioros observados son registrados a escala en los mapas. Esta información reduce el evaluador en campo para resumir los resultados que son después anotados en las Hojas 1-4. Excepto donde se indique lo contrario, se registran todos los datos de todos los tipos de deterioro. Si un tipo específico de deterioro no existe en el pavimento ponga "0" como indicación positiva de que el deterioro no se pasó por alto al resumir las hojas de los mapas. Todos los mapas de deterioros se deberán llenar en campo antes de abandonar el lugar. Los símbolos que se usarán para el trazado de secciones de concreto hidráulico con junta están contenidos en la Tabla 2.12.



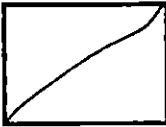

B.5.1. Descripción de la hoja de datos 1

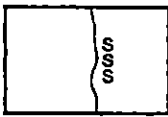
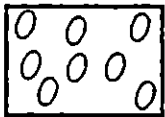


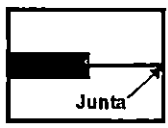
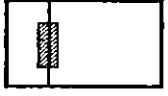
Esta hoja de datos ofrece espacio para anotar valores medidos para los tipos de deterioros identificados en la columna izquierda. Las unidades de medida para cada uno de los tipos de deterioro se identifican también en la columna izquierda. La extensión de los deterioros observados para cada nivel de severidad se anota en la columna de nivel de severidad identificada como baja, moderada o alta. Anote "0" para cualquier tipo de deterioro y/o nivel de severidad no encontrado. Los tipos de deterioro y los niveles de severidad se deberán identificar utilizando el Manual para la Identificación de Deterioros.

B.5.2. Descripción de la hoja de datos 2

Esta hoja es una continuación de los datos del levantamiento anotados en la hoja 1 y se termina como se describe en hoja de datos 1. Además, se ofrece espacio para describir “Otros” tipos de deterioro encontrados en la sección de análisis pero no descritos en las hojas de datos 1 ó 2.

En la siguiente tabla se presentan los símbolos utilizados en los Mapas de Deterioros para Pavimentos de Concreto Hidráulico con Juntas.

| Símbolo | | Tipo de Deterioro | Símbolo |
|---|---|--|---|
| 1. Rotura de esquina (número) B, M, A. |  | 8a. Agrietamiento tipo mapa 8b. Escamadura (metros cuadrados) |  |
| 2. Agrietamiento oblicuo (metros) B, M, A. |  | 9. Agregado pulido (metros) Sin niveles de severidad |  |

| Simbolo | | | Tipo de Deterioro | Simbolo |
|--|---|--|--|---|
| 3.Agrietamiento longitudinal (metros) B, M, A. |  | | 10.Desprendimientos (número) Sin niveles de severidad |  |
| 4.Agrietamiento transversal (metros) B, M, A. |  | | 11.Estallamientos (número) Sin niveles de severidad |  |
| 5a.Daño del sello de las juntas transversales (número) B, M, A. |  | | 12.Escalonamiento de las juntas y grietas transversales | No se dibuja en el mapa de deterioros. |
| 5b.Daño del sello de las juntas longitudinales (número) B, M, A. |  | | 13.Hundimiento carril a hombro | No se dibuja en el mapa de deterioros. |
| | | | 14.Separación carril a hombro | No se dibuja en el mapa de deterioros. |

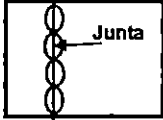

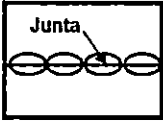

| Símbolo | | Tipo de Deterioro | Símbolo |
|--|---|---|---|
| <p>6. Desportillamiento de la junta longitudinal (metros)</p> <p>B, M, A.</p> |  | <p>15. Bacheo/deterioro del bache</p> <p>(Metros cuadrados y número)</p> <p>B, M, A.</p> <p>F - Flexible</p> <p>R - Rígido</p> |  |
| <p>7. Desportillamiento de la junta transversal (número de juntas y longitud (metros))</p> <p>B, M, A.</p> |  | <p>16. Flujo de agua y bombeo</p> <p>(número de ocurrencias y longitud del pavimento afectado (metros))</p> <p>Sin niveles de severidad</p> |  |

Tabla 2.12 Fuente: SHRP (Programa Estratégico de Investigación de Carreteras)

B.5.3. Descripción de la hoja de datos 3

Esta hoja de datos ofrece espacio para registrar información para cada junta transversal y grieta transversal encontrada en la sección. La distancia desde el inicio de

la sección, si el elemento es una grieta entonces se registra su longitud, condición del sellado de la grieta, y longitud del desportillamiento de la junta (el desportillamiento de la junta no se registra separadamente). Las mediciones del escalonamiento se hacen en dos localidades transversales, 0,3 m y 0,75 m desde la cara exterior del pavimento. En cada ubicación, se hacen 3 mediciones pero se anotará únicamente el promedio de las lecturas al milímetro más cercano. Se podrían necesitar hojas adicionales para resumir todas las juntas y grietas transversales en una sección para que el número sea anotado en el espacio apropiado.

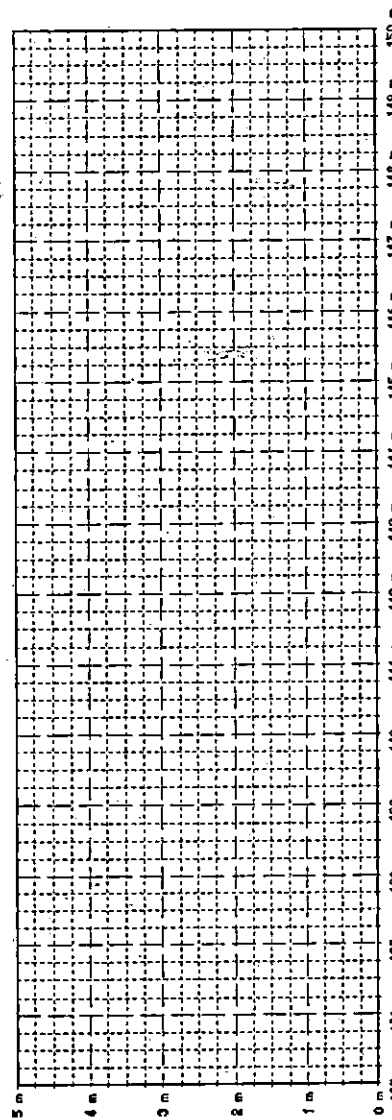
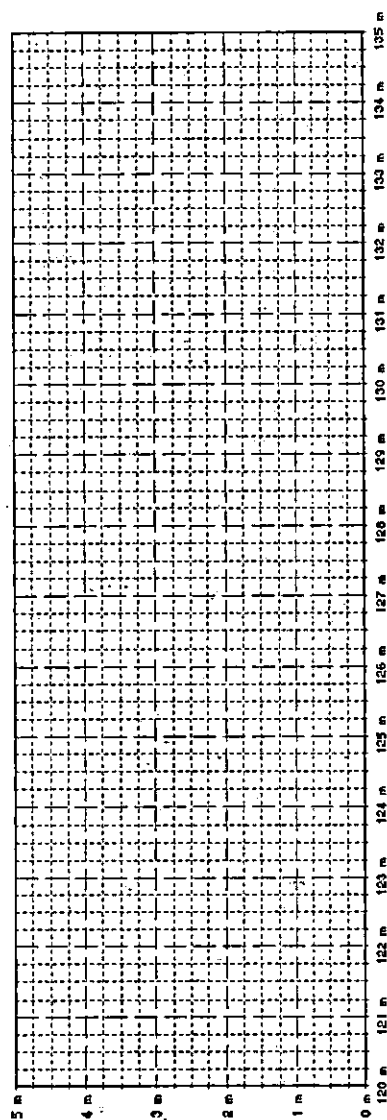
B.5.4. Descripción de la hoja de datos 4

Esta hoja se usa para registrar el hundimiento carril-acotamiento y la separación carril-acotamiento. El hundimiento carril-acotamiento se mide como la diferencia en elevación, al milímetro más cercano, entre la superficie del pavimento y la superficie del acotamiento adyacente. Las mediciones se toman al inicio de la sección de análisis y a intervalos de 15 m (11 mediciones en total) en la interfase o junta del carril/acotamiento. El hundimiento carril-acotamiento normalmente ocurre cuando el acotamiento exterior se asienta. Sin embargo, puede ocurrir levantamiento del acotamiento debido a la acción del congelamiento o a suelos expansivos. Si se presenta levantamiento del acotamiento, deberá ser anotado como un valor negativo (-). En cada punto donde no exista hundimiento carril-acotamiento, anote cero (0).

La separación carril-acotamiento se mide como el ancho de la junta (al milímetro más cercano) entre el carril exterior y la superficie del acotamiento adyacente. La forma de medición se toma igual que el hundimiento carril-acotamiento.

B.8. Modelos en blanco de mapas de deterioros y hojas de datos.

Nombre: _____
Tramo: _____
Sección: _____



HOJA 1

**LEVANTAMIENTO DE
DETERIOROS**

Nombre _____
Tramo _____
Sección _____

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA SUPERFICIES CON PAVIMENTO DE
CONCRETO HIDRÁULICO CON JUNTAS**

FECHA DEL LEVANTAMIENTO (DIA/MES/AÑO) _____
CALIFICADORES (Iniciales) _____
TEMPERATURA DEL PAVIMENTO - Antes _____ °C después _____ °C
FOTOGRAFIAS, VIDEO O AMBOS (F, V, A) _____

| TIPO DE DETERIORO | NIVEL DE SEVERIDAD | | |
|---|--------------------|----------|-------|
| | BAJO | MODERADO | ALTO |
| AGRIETAMIENTO | | | |
| 1. ROTURAS DE ESQUINA (número) | _____ | _____ | _____ |
| 2. AGRIETAMIENTO OBLICUO | _____ | _____ | _____ |
| (metros) | _____ | _____ | _____ |
| 3. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL | _____ | _____ | _____ |
| (metros) | _____ | _____ | _____ |
| Longitud sellada | _____ | _____ | _____ |
| (metros) | _____ | _____ | _____ |
| 4. AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL | _____ | _____ | _____ |
| (número de grietas) | _____ | _____ | _____ |
| (metros) | _____ | _____ | _____ |
| Longitud sellada | _____ | _____ | _____ |
| (metros) | _____ | _____ | _____ |
| DEFICIENCIAS DE LAS JUNTAS | | | |
| 5a. SELLO DAÑADO EN LA JUNTA TRANSVERSAL | | | |
| ¿Sellada? (S, N) | | | _____ |
| Si "S", número de juntas | _____ | _____ | _____ |
| 5b SELLO DAÑADO EN LA JUNTA LONGITUDINAL | | | |
| Número de juntas longitudinales que han sido selladas (0, 1, ó 2) | | | _____ |
| Longitud de sello dañado (metros) | | | _____ |
| 6. DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS LONGITUDINALES | | | |
| (metros) | _____ | _____ | _____ |
| 7. DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS TRANSVERSALES | | | |
| Número de juntas afectadas | _____ | _____ | _____ |
| Longitud desportillada (metros) | _____ | _____ | _____ |

HOJA 2

**LEVANTAMIENTO DE
DETERIOROS**

Nombre _____
Tramo _____
Sección _____

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA SUPERFICIES CON PAVIMENTO DE CONCRETO
HIDRÁULICO CON JUNTAS
CONTINUACION**

FECHA DEL LEVANTAMIENTO (DÍAS/MES/AÑO) _____
CALIFICADORES (Iniciales) _____

| TIPO DE DETERIORO | NIVEL DE SEVERIDAD | | |
|--|--------------------|----------|-------|
| | BAJO | MODERADO | ALTO |
| DEFORMACION DE LA SUPERFICIE | | | |
| 8a AGRIETAMIENTO MAPA (número) (metros cuadrados) | _____ | _____ | _____ |
| 8b SCALING (número) (metros cuadrados) | _____ | _____ | _____ |
| 9. AGREGADO PULIDO (metros cuadrados) | _____ | _____ | _____ |
| 10 DESPRENDIMIENTOS (número por metro cuadrado) | _____ | _____ | _____ |
| OTROS DETERIOROS | | | |
| 11 ESTALLAMIENTOS (número) | _____ | _____ | _____ |
| 12 ESCALONAMIENTO DE JUNTAS TRANSVERSALES Y GRIETAS (VER HOJA 6) | | | |
| 13 HUNDIMIENTO CARRIL A HOMBRO (VER HOJA 7) | | | |
| 14 SEPARACION CARRIL A HOMBRO (VER HOJA 7) | | | |
| 15 BACHEO/DAÑO DEL BACHEO (Número) (metros cuadrados) | _____ | _____ | _____ |
| 16 SANGRADO DE AGUA Y BOMBEO Número de ocurrencias Longitud afectada (metros cuadrados) | _____ | _____ | _____ |
| 16 OTROS (Describir) | _____ | | |

HOJA 3

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

Nombre _____
Tramo _____
Sección _____

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA SUPERFICIES CON PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON JUNTAS CONTINUACION

FECHA DEL LEVANTAMIENTO (DIA/MES/AÑO) ____ - ____ - ____
CALIFICADORES (Iniciales) _____

12. ESCALONAMIENTO DE JUNTAS Y GRIETAS TRANSVERSALES

Página __ de __

Table with columns: Distancia1 (metros), Junta o Grieta (J/G), Longitud de la Grieta (metros), Bien sellada (S/N), Longitud del desportillamiento de la junta (B, M, A), Escalonamiento2 (mm) (0.3 m, 0.75 m). The table contains multiple rows of blank lines for data entry.

Nota 1. La distancia es desde el inicio de la sección de análisis al lugar de medición
Nota 2. Si la losa de "aproximación" es más alta que la losa de "alejamiento", el escalonamiento se registra como positivo (+ ó 0); si la losa de "aproximación" es menor, registre el escalonamiento como negativo (-) y se deba usar el signo negativo.

HOJA 4

**LEVANTAMIENTO DE
DETERIOROS**

Nombre _____
Tramo _____
Sección _____

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA SUPERFICIES CON PAVIMENTO
DE CONCRETO HIDRÁULICO CON JUNTAS
CONTINUACION**

FECHA DEL LEVANTAMIENTO (DIA/MES/AÑO) _____-_____-_____
CALIFICADORES (Iniciales) _____, _____, _____

13. Hundimiento carril a hombro

14. Separación carril a hombro

| Punto | Distancia ¹ (metros) | Hundimiento carril a hombro (mm) | Separación carril a hombro (mm) | Bien sellada (S/N) |
|-------|------------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------|
| 1. | 0 | _____ | _____ | — |
| 2. | 15 | _____ | _____ | — |
| 3. | 30 | _____ | _____ | — |
| 4. | 45 | _____ | _____ | — |
| 5. | 60 | _____ | _____ | — |
| 6. | 75 | _____ | _____ | — |
| 7. | 90 | _____ | _____ | — |
| 8. | 105 | _____ | _____ | — |
| 9. | 120 | _____ | _____ | — |
| 10. | 135 | _____ | _____ | — |
| 11. | 150 | _____ | _____ | — |

Nota 1. La distancia es desde el inicio de la sección de análisis al lugar de medición.

Nota 2. Si se presentan levantamiento c/ hombro registre como negativo (-). No registre signos (+), ya que se asumen valores positivos

2.3.4.2.3 Interpretación de las degradaciones.

Según PIARC Technical Committee on Concrete Roads (comité técnico de carreteras de concreto).

Después de recabar toda la información acerca de la condición del pavimento se hace necesario la interpretación de ésta, de manera que se pueda calificar el estado del pavimento.

En países desarrollados, manejan tasas de evolución de las degradaciones del pavimento que aun no han llegado a la condición crítica; con el objetivo de encontrar solución aceptable en términos de costos y de factibilidad a los problemas que se presenten. Las estimaciones de la tasa de evolución de los pavimentos se basan en un número de pruebas sucesivas y sobre todo en un conocimiento de su condición inicial comúnmente referido a tal momento como "el punto cero".

El índice de degradación puede obtenerse según la siguiente fórmula.

$$C = 3X + 2Y + 2Z + N + V$$

Donde:

X = % de losas quebradas en varias partes.

Y = % de losas con grietas longitudinales.

Z = % de losas con grietas transversales.

N = % de losas con grietas oblicuas.

V = % de losas con grietas en la esquina.

El significado de los valores asignados a "C" son los siguientes:

| VALOR DE "C" | SIGNIFICADO |
|-----------------|--|
| C BAJO DE 20 | Pavimento en buena condición. |
| C ENTRE 20 Y 50 | Pavimento en condición promedio. Requiere observación y medidas de cerca. |
| C ENTRE 50 Y 80 | Requiere reparación o refuerzo. |
| C ARRIBA DE 80 | Requiere urgente intervención. |

Tabla 2.13 Fuente: PIARC

2.3.4.3 EVALUACION DE LAS CAPAS DE APOYO DEL PAVIMENTO.

Es conocido que el comportamiento de un suelo, al ser sometido a cargas, es bastante complejo y heterogéneo, influyendo grandemente en este comportamiento su resistencia a ser deformado, contenido de humedad, densidad y condiciones que son diferentes para cada suelo.

2.3.4.3.1 Valor soporte o capacidad soporte de un suelo.

Es la propiedad de los suelos que les permite resistir la penetración o el escurrimiento lateral cuando se les aplica una carga y dependen de la habilidad que tenga el suelo a la resistencia al corte.

Existen diferentes métodos para la obtención de esta propiedad; para nuestro caso aplicaremos el ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO, "C.B.R." O RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA.

El C.B.R. se expresa como porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{Resistencia a la penetración en suelo ensayado} \times 100}{\text{Resistencia a la penetración del material patrón}}$$

Para determinar el C.B.R. se toma como material de comparación o patrón, la piedra triturada bien graduada, que tiene un C.B.R. = 100%

Las resistencias a la penetración que presenta el material patrón, a la hincada del pistón (valores standard), son las siguientes:

| | |
|--------------------------------------|---|
| Para 0.1" (2.54 mm.) de penetración | 1,000 lbs/pulg ² (70 Kg/cm ²) |
| Para 0.2" (5.08 mm.) de penetración | 1,500 lbs/pulg ² (105 Kg/cm ²) |
| Para 0.3" (7.62 mm.) de penetración | 1,900 lbs/pulg ² (133 Kg/cm ²) |
| Para 0.4" (10.16 mm.) de penetración | 2,300 lbs/pulg ² (161 Kg/cm ²) |
| Para 0.5" (12.70 mm.) de penetración | 2,600 lbs/pulg ² (182 Kg/cm ²) |

El C.B.R. es pues, un índice del valor o capacidad soporte de un suelo. Un C.B.R. de 2% ó 3% indicará que el material tiene una capacidad soporte muy baja; por otro lado un C.B.R. de 60% ó 70% nos mostrará un material de buena resistencia.

Valores límites del C.B.R.

| <u>C.B.R.</u> | <u>Material</u> |
|---------------|-------------------------------------|
| 0% a 5% | Sub-rasantes muy malas. |
| 5% a 10% | Sub-rasantes malas. |
| 10% a 20% | Sub-rasantes de regulares a buenas. |
| 20% a 30% | Sub-rasantes muy buenas. |
| 30% a 50% | Sub-bases buenas. |
| 50% a 80% | Buena para bases. |
| 80% a 100% | Buena para bases. |

La manera en que se obtendrá el C.B.R. será con el equipo manual llamado: "Penetrómetro Dinámico de Cono", según AASHTO en publicación No. FHWA -HI-94-023 Febrero 1994. El cual consiste en una barra de metal que tiene en su extremo inferior una punta de cono con ángulo de 60°, sobre esta guía metálica se deja caer un peso de 8 Kg., registrándose la penetración que la punta hace en el suelo ensayado. Finalmente se obtiene el C.B.R. por medio una expresión matemática, que se menciona posteriormente.

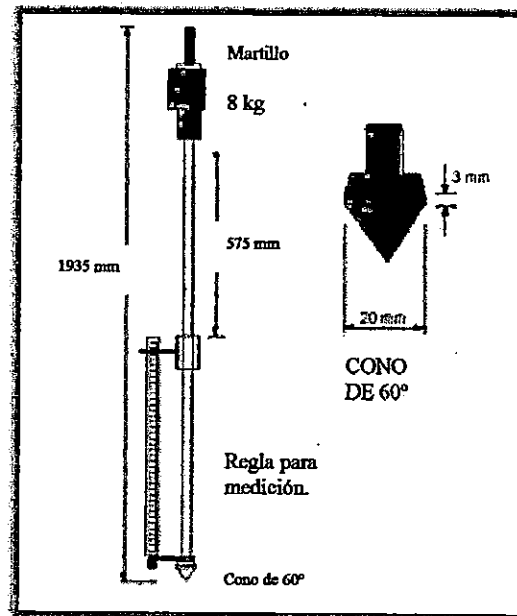


Fig. 2.57 Penetrómetro Dinámico de Cono.

2.3.4.3.2 Instrucciones generales para la operación del Penetrómetro Dinámico de Cono.

- Localizar el lugar donde se efectuará el ensayo con el Penetrómetro Dinámico de Cono (D.C.P.). Si bien el ensayo puede ser ejecutado en cualquier lugar, normalmente este se realiza donde se desarrolla una perforación o pozo de ensayo. Tengamos en cuenta que los resultados del aparato serán mejor, si se aplica a materiales cuyo tamaño máximo de partículas es predominantemente menor de 50 mm.

- Una vez localizado el lugar, el ensayo puede efectuarse a cualquier profundidad, dependiendo de los objetivos buscados. Normalmente si se desea efectuar el ensayo a profundidades mayores de 10 cm. será necesario eliminar la capa superior, para que el equipo pueda colocarse de forma adecuada.
- Verificar que el equipo se encuentre limpio y en buenas condiciones. Evítese que el martillo presente algún roce con la guía de caída vertical.
- El ensayo se realiza con la participación de tres personas: Un ingeniero o técnico y dos auxiliares. Una persona mantiene la verticalidad de la guía, otro procede a operar el martillo y un tercero registra las lecturas de penetración para el número de golpes. Comúnmente se pueden tomar las lecturas de penetración para 5 y 1 golpe en suelos predominantes de grano grueso y fino respectivamente. La idea es contar con un mínimo de dos a tres valores que permitan definir una recta.
- Una vez establecida el lugar a ensayar y el equipo de trabajo, se procede a colocar el D.C.P. en posición vertical, para lo cual una persona sostiene por el mango al D.C.P, el cono de penetración debe encontrarse en una posición estable.
- La persona encargada de la lectura y registro de las penetraciones, colocará la varilla de medida de penetraciones en posición vertical y en forma paralela al eje de la guía de D.C.P, apoyando la punta en un lugar estable.
- Una vez instalado el D.C.P, el operador del martillo procede a levantarlo hasta alcanzar la parte superior de la guía deslizante, teniendo cuidado de no golpear el soporte superior. Al alcanzar tal posición se deja caer libremente el martillo y

repite tal acción en forma continua hasta alcanzar la penetración de la varilla inferior del D.C.P. Durante el ensayo evítese las pausas excesivas para la lectura así como la posible desviación vertical. Para cada número de golpes preestablecido, regístrese la lectura de penetración.

- Si la penetración es menor de un milímetro por golpe se recomienda detener el ensayo ya que se puede dañar el D.C.P, o en todo caso porque la verticalidad del equipo se afectará. Esta situación se produce cuando se encuentran fragmentos grandes de piedra o cuando el material esta altamente cementado.
- Proceder a sacar el D.C.P, para lo cual se procede a golpear con el martillo el soporte superior de la guía de deslizamiento. Obsérvese la varilla inferior del D.C.P, si está caliente indica la presencia de grano grueso con baja humedad, si esta muy húmeda indica la presencia de agua libre, asimismo los suelos de grano fino tienden a pegarse a la varilla.
- Haciendo uso del formato, proceder a trazar las rectas representativas definiéndose la pendiente de cada una de ellas expresada en milímetros por golpe. Normalmente la lectura obtenida en el primer golpe no es del todo representativa.
- Mediante la gráfica del apartado anterior, se puede establecer los espesores promedio de suelos con igual resistencia. La resistencia del suelo puede ser obtenida a través de la siguiente expresión matemática.

$$C.B.R. = 398.11 * P^{(-1.26)}$$

Donde:

C.B.R.= Capacidad Soporte del Suelo.

P = Pendiente de cada recta en (mm / golpe).

2.3.4.3.3 Recolección de datos en campo.

Con la finalidad de uniformizar la recolección de la información de campo, el formato 2.1 presenta el sistema propuesto para tal fin, cuyo contenido se detalla a continuación:

- Proyecto: Reportarse el nombre del proyecto y su ubicación.
- Numero de sondeo: Reportarse el número de sondeo ejecutado con el D.C.P.
- Estacionamiento: Reportarse el estacionamiento en el cual se ejecuta el ensayo.
- Considerar como “cero” la superficie original del terreno, previo a cualquier excavación.
- Carril: Reportarse el carril (oriente, poniente, sur,norte) con su respectivo lado (derecho o izquierdo)
- Posición de la capa: Indicar la posición de capa donde se apoya el cono de la penetración antes de proceder con la penetración. Codificar las capas según se vayan presentando en forma descendente, como 1,2,3 etc.
- Tipo de suelo: Obsérvese la varilla de penetración luego del ensayo y repórtese el tipo de suelo representativo en la profundidad de inspección como de grano grueso(G) o fino(F).

2.3.4.4 EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS.

ASTM C-42, AASHTO T-24

- Descripción.

La extracción de núcleos es un ensayo destructivo que requiere la extracción física de materiales en este caso del pavimento para obtener muestras de los mismos.

- Objetivo:

La extracción de núcleos es una práctica de campo muy adecuada para conocer los espesores de las capas del pavimento; además es útil para obtener muestras de material a los cuales se les realizan pruebas de laboratorio para conocer su resistencia mecánica (compresión y flexión).

La información obtenida es de mucho interés para verificar los valores de diseño del material ensayado, si cumple con los parámetros establecidos por las normas que rigen estos materiales. Además la extracción de núcleos permite visualizar problemas de las capas del pavimento, la adherencia entre las mismas, la erosión del apoyo, defectos en la losa de concreto o las condiciones de drenaje.

La extracción de núcleos en pavimentos de concreto suelen tener un rendimiento de 3-5 unidades/ h. Si se quiere extraer la capa inferior el rendimiento baja a más de la mitad.

Cuando el objetivo es únicamente medir espesores suele extraerse núcleos de 10 cm de diámetro, si se van a realizar ensayos mecánicos suelen extraerse núcleos de 15 cm de diámetro. Los núcleos pueden extraerse en el centro de las losas y en los bordes

para comparar la posible erosión del apoyo; también se extraen núcleos sobre grietas para ver su alcance y si se transmiten a la capa de abajo.

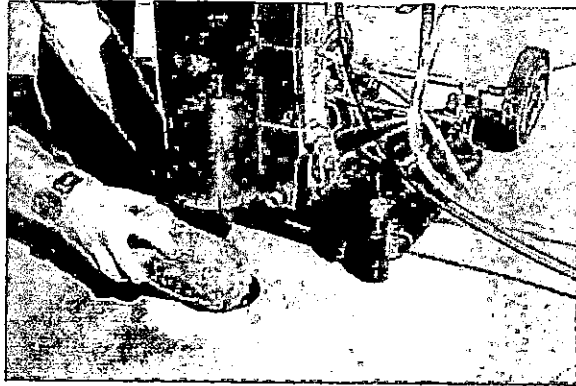


Fig. 2.58 Extracción de núcleo.

- Documentos de referencia.

Normas ASTM

C 39 ME Para resistencia a compresión en especímenes.

C 78 ME Para resistencia a flexión del concreto (vigas).

C 116 ME Para resistencia a la compresión de concreto usando porciones de viga rota en flexión.

C 174 ME Para medir la longitud en núcleos de concreto taladrados.

C 192 Método de elaboración y curado de especímenes para ensayo del concreto, en el laboratorio.

C 496 ME Para resistencia a la tensión por partidura de especímenes cilíndricos de concreto.

ME = Método de ensayo

- Aparatos.

Extractor de núcleos, para obtener especímenes cilíndricos (núcleos).

Para especímenes que van a ser removidos por taladro descendente perpendicular a una superficie horizontal, un taladro gastado puede ser satisfactorio; para especímenes tomados por taladro en otra dirección o cuando el diámetro del espécimen de ensayo debe ser exactamente determinado para mayor precisión en los cálculos de resistencia a la compresión, se deberá usar un taladro de diamantes.

- Muestreo.

Taladro del núcleo. Un núcleo tomado perpendicular a la superficie horizontal deberá ser localizado, cuando sea posible, siempre que su eje sea perpendicular a la cama del concreto como originalmente fue colocado y nunca cerca de juntas o bordes de un elemento o depósito.

- Longitud y diámetro del taladro.

Diámetro mínimo. Un núcleo para la determinación de su longitud tendrá un diámetro de al menos 4 pulg. (102mm).

La longitud esta relacionada con la longitud del núcleo por tanto se debe medir la longitud del núcleo de acuerdo a lo estipulado en el método C 174.

2.3.4.5 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Dentro de los ensayos de laboratorio necesarios en el análisis de un pavimento se pueden mencionar.

2.3.4.5.1 Contenido de humedad de las capas de apoyo.

ASTM D 2216

- Descripción.

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de suelo en términos de su peso seco. Como una definición,

$$w = W_w / W_s * 100 \text{ (en por ciento)}$$

Donde:

w = humedad.

W_w = Peso de agua presente en la masa de suelo.

W_s = Peso de los sólidos en el suelo. (peso seco)

Este parámetro permite prever el posible comportamiento mecánico del suelo en forma cualitativa; es decir, predecir el comportamiento del suelo en cuanto a la resistencia al corte y a la deformabilidad del mismo.

Además permite verificar si en el pavimento existe excesiva humedad como resultado de la infiltración de agua en el mismo.

Lo anterior no significa que se conozcan los valores de los parámetros de las propiedades mecánicas de los suelos, solamente se establece una relación cualitativa de su posible comportamiento en función del contenido de humedad.

Valores típicos de w% para algunos tipos de suelos.

| TIPO DE SUELO | W% |
|--------------------------------|--------|
| Arena densa saturada. | 18 -20 |
| Limo arenoso o arena limosa. | 15 -18 |
| Arcilla saturada. | 40 -45 |
| Arcilla altamente compresible. | 100 |

Tabla 2.14 Fuente: Manual de laboratorios del ITCA.

2.3.4.5.2 Descripción visual manual de los suelos.

ASTM D 2488

- Descripción.

Este es un ensayo de inspección visual que se basa en descripción de algunos parámetros como olor, color, textura, etc.

La importancia que tiene identificar un suelo con fines ingenieriles estriba en conocer de manera cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas de este.

Es importante mencionar que para utilizar este método preliminar de clasificación es necesario tener mucha experiencia ya que esta juega un papel muy importante en los resultados que se obtengan.

- Procedimiento

A continuación se muestran una serie de tablas las cuales indican cada uno de los parámetros a inspeccionar.

Este ensayo es útil para la identificación de suelos de grano fino.

| Nombre del ensayo | Parámetros | Símbolo | Identificación |
|-------------------|------------------------------|---------|---|
| COLOR | Café oscuro a negro. | ON | Suelo con alto contenido de orgánicos. |
| | Rojizo a rojo oscuro. | RO | Contenido de óxidos de hierro. |
| | Amarillo a café amarillento. | AC | Contenido de hierro hidratado. |
| | Blanco. | B | Contenido de sílice, limo compuestos de aluminio. |

Tabla 2.15

Este ensayo es útil para la identificación de suelos de grano grueso.

| Nombre del ensayo | Parámetros | Símbolo | Identificación |
|-------------------|-----------------|---------|-----------------------|
| FORMA | Muy angular | MA | Canteras |
| | Angular | AG | Lentejas, chispa, pv* |
| | Semi-angular | SA | Gravas |
| | Muy redondeada | MR | Canto rodado |
| | Semi redondeada | SR | Piedra de río |
| | Redondeada | R | Canto rodado |

Tabla 2.16 * piedra volcánica

En este ensayo es necesario humedecer la muestra, sacudir en la palma de la mano.

| Nombre del ensayo | Parámetros | Símbolo | Identificación |
|-------------------|-----------------|---------|----------------------------------|
| SUCUDIMIENTO | Reacción rápida | RR | Limo inorgánico, arena muy fina. |
| | Reacción lenta | RL | Limo, arcilla limosa |
| | No reacciona | NR | Turba(orgánico). |

Tabla 2.17

Este ensayo se usa para determinar la resistencia en seco de un suelo y es una medida de su cohesión. Forme una porción de suelo húmedo (más o menos 15 gr) una bolita de 3 ó 4 cm de diámetro.

| Nombre del ensayo | Parámetros | Símbolo | Identificación |
|-------------------|------------|---------|--|
| ROTURA | Ligera | L | Limo inorgánico, arena muy fina. Polvo de roca. |
| | Media | M | Arcilla inorgánica, (plasticidad entre baja y media) |
| | Alta | A | Arcilla inorgánica, (altamente plástica) |

Tabla 2.18

El ensayo siguiente se realiza para suelos arcillosos, para determinar la capacidad de ser moldeado bajo un contenido de agua adecuado.

| Nombre del ensayo | Parámetros | Símbolo | Identificación |
|-------------------|-----------------------------------|---------|------------------------------------|
| PLASTICIDAD | Cilindro tenaz. | CT | Arcilla de gran plasticidad |
| | Cilindro de moderada plasticidad. | CM | Suelo de plasticidad media. |
| | Cilindro débil. | CD | Suelo de baja plasticidad. |
| BRILLO | Superficie brillante | SB | Arcilla muy plástica. |
| | Superficie mate. | SM | Limo, arcilla de baja plasticidad. |

Tabla 2.19

| Nombre del ensayo | Parámetros | Símbolo | Identificación |
|-------------------|-----------------|---------|----------------|
| SEDIMENTACION | Inmediata | I | Arena |
| | Un minuto | UM | Limo |
| | Una hora ó más. | UH | Arcilla |

Tabla 2.20

Este ensayo se aplica a suelos de grano fino para determinar la presencia de arena.

| Nombre del ensayo | Parámetros | Símbolo | Identificación |
|-------------------|---------------|---------|------------------------------------|
| SONIDO | Chasquido | CH | Arena fina |
| | Sin chasquido | S. CH | Arcilla plástica o limo sin arena. |

Tabla 2.21

2.3.4.5.3 Método estándar de ensayo para resistencia a la compresión de cilindros.

ASTM C 39 (Para ensayo de núcleos)

- Descripción.

Este método de prueba consiste en aplicar una carga axial a cilindros moldeados o corazones de concreto, y calcular la resistencia a la compresión mediante la división de la carga máxima obtenida en el espécimen entre el promedio del área real de la sección transversal del mismo.

Los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma del espécimen, del procedimiento de mezclado, de los métodos del muestreo, del moldeado, de la fabricación, edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

Los resultados de este método de prueba, pueden ser utilizados como una base para el control de calidad del concreto, determinación de variaciones con especificaciones, control de evaluación de la efectividad de las mezclas y usos similares.

- Materiales y equipo.

Máquina de prueba.

La máquina de prueba puede ser de cualquier tipo, con capacidad suficiente y que pueda funcionar a la velocidad de aplicación de la carga de 84 a 210 Kgf/cm²/min (137 a 343kPa/s) especificada.

La máquina debe estar equipada con dos bloques de acero para ser utilizados en la parte superior e inferior del espécimen, esta última debe ser un bloque rígido donde descansa el espécimen.

- Espécimen de ensayo. (núcleo)

El diámetro del núcleo para la determinación de la resistencia a la compresión deberá ser preferiblemente de al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso usado en el concreto y puede ser de al menos dos veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso en el núcleo obtenido. La longitud del núcleo, cuando sea cabeceado, deberá ser tan próxima como sea posible a dos veces su diámetro.

Un núcleo que tenga una altura máxima menor del 95 % de su diámetro antes de cabeceado, o altura menor que su diámetro después de cabeceado, no deberá ser ensayado.

- Preparación final.

Los extremos del núcleo a ser ensayado a compresión, estarán esencialmente lisos, perpendicular al eje longitudinal y deberán tener el mismo diámetro que el cuerpo del espécimen.

Es necesario cortar los extremos del espécimen hasta que los siguientes requisitos sean reunidos:

Proyecciones, si hay alguna, no se deben extender más de 0.2 pulg. (5 mm) por encima de las caras extremas.

Las caras extremas no deberán apartarse de la perpendicular al eje longitudinal por más de 5°, y el diámetro de los extremos no deberá ser mayor que 0.1 pulg. (2.5 mm) del diámetro medio del espécimen.

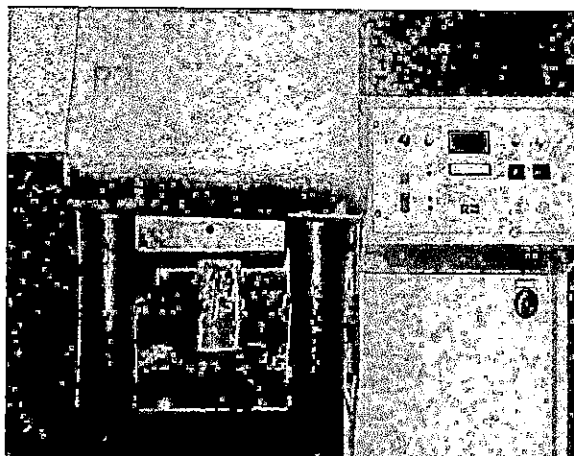


Fig. 2.59 Máquina de ensayo a la compresión.

- Condiciones de humedad.

Sumerja el espécimen de ensayo en agua saturada con cal a $23 \pm 1.7^\circ \text{C}$ por lo menos 40 horas previas al ensayo de compresión. Ensaye el espécimen después de removerlo del lugar de curado.

- Cabeceo.

Antes de efectuar el ensayo de compresión se deben preparar las bases de los especímenes con materiales apropiados elaborados para asegurar una correcta distribución de esfuerzos a los cilindros o corazones de concreto.

Este ensayo se rige por la norma ASTM C 617.

- Mediciones.

Previo al ensayo mida la longitud y el diámetro del espécimen cabeceado con una precisión de 0.1 pulg. (2.5 mm) y use esta longitud para calcular la relación longitud - diámetro. Determine el diámetro promedio con la lectura de dos mediciones tomadas en ángulo recto en la altura media del espécimen.

Cuando la relación longitud - diámetro del espécimen excede de 2.10 deberá ser reducida su longitud para caer entre los límites de la relación de 1.94 a 2.10, especímenes con estas relaciones no requieren corrección.

Si la relación longitud - diámetro del espécimen es menor que 1.94, el resultado de la resistencia debe corregirse por esbeltez de acuerdo con lo indicado en la siguiente tabla:

| Relación altura / diámetro del espécimen | Factores de corrección a la resistencia |
|--|---|
| 1.75 | 0.98 |
| 1.50 | 0.96 |
| 1.25 | 0.93 |
| 1.00 | 0.87 |

Tabla 2.22 Fuente: Norma ASTM C 42

Los factores de corrección de la tabla 2.22 se aplican a concretos ligeros de 1600 a 1900 kg/m³ y concreto de peso normal, son aplicables a concretos en estado seco o húmedo en el momento del ensayo. Valores no indicados deben calcularse por interpolación. Los factores de corrección son aplicables para concretos de resistencia nominal de 13.8 a 41.4 Mpa (140 a 425 kg/cm²).

- Cálculos.

Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal determinada. El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 100 KPa (1 kgf/cm²)

2.3.4.5.4 Método estándar de ensayo para la resistencia a tensión indirecta de cilindros de concreto (Prueba brasileña),

ASTM C 496 (Para ensayo de núcleos)

- Descripción.

Este método de prueba consiste en colocar un cilindro estándar o corazón de concreto con su eje en posición horizontal, entre las placas de la maquina de ensayo. Y se aplica una carga compresiva diametral hasta observar una falla de separación por compresión a lo largo del diámetro vertical.

El esfuerzo a tensión indirecta se calcula por medio de la aplicación de una formula.

- Aparatos.

Máquina de prueba, es la misma utilizada en el ensayo de compresión de cilindros.

Placas de la maquina de ensayo.

Tablillas conectivas. Las tablillas conectivas se colocan entre el espécimen y ambas placas de la maquina de prueba.

- Cálculos.

Calcule el esfuerzo de tensión indirecta del espécimen usando la siguiente formula:

$$T = 2P / \pi l d$$

Donde:

T = Esfuerzo de tensión indirecta (kgf / cm²)

P = Carga máxima aplicada (kgf)

l = Longitud (cm)

d = Diámetro (cm)

2.3.5 EVALUACION FUNCIONAL

Las características funcionales del pavimento hidráulico se refieren a la manera que este proporciona una rodadura cómoda y segura.

Esta evaluación es independiente de la capacidad estructural del pavimento; de modo que el pavimento puede tener una excelente capacidad para transmitir cargas, pero una deficiente funcionalidad.

La importancia de la funcionalidad, es que son en realidad las únicas características del pavimento que percibe el usuario. Entre estas características podemos citar las siguientes:

- Resistencia al deslizamiento.
- Regularidad superficial.
- Ruido de contacto neumático-pavimento.
- Propiedades reflexivas y color.
- Permeabilidad y drenabilidad.
- Limpieza.
- Resistencia a la rodadura.
- Resistencia al ataque de aceites y combustibles.

Todas ellas pueden llegar a tener una gran importancia en el buen funcionamiento de la carretera en determinados casos particulares. Sin embargo en general, las que mayor influencia ejercen sobre la seguridad y comodidad de la vía son:

Regularidad de la superficie.

Resistencia al deslizamiento.

Por ello son las que con mayor frecuencia se miden en los pavimentos.

2.3.5.1 REGULARIDAD.

El objetivo principal de la medida de la regularidad es obtener el perfil de la superficie de rodadura a lo largo del tramo evaluado de manera que puedan identificarse zonas con irregularidades. Es la característica más rápidamente percibida por el usuario de la carretera, ya que tiene una influencia directa en la comodidad de rodadura, aunque su impacto alcanza también la seguridad y la economía de transporte.

Los defectos de regularidad tienen su origen en las diferencias verticales entre la superficie real de la carretera y la cota definida teóricamente en el proyecto.

Las irregularidades se producen mediante ondas generalmente aleatorias con distintas longitudes de onda y amplitudes. Existen irregularidades longitudinales y transversales, aunque la irregularidad longitudinal es la que más influye en la incomodidad de rodadura. La pérdida de regularidad longitudinal puede tener su origen en la misma construcción del tramo ó en efectos posteriores climáticos, inducidos por las cargas de tráfico.

La gama de longitudes de onda de interés para la comodidad del usuario es la comprendida entre 0 y 50 metros, ya que las de mayor longitud apenas son percibidas por los conductores. Las longitudes de onda más incómodas son las comprendidas entre

1 y 20 metros, y los vehículos de dos ruedas son especialmente sensibles a las longitudes de onda corta.

En realidad lo que el usuario percibe es la frecuencia de vibración del vehículo, que depende a su vez del tipo de vehículo y de la velocidad a la que viaja.

Las irregularidades superficiales producen, por otra parte, la aparición de cargas dinámicas cuya magnitud puede alcanzar hasta un 20% de la carga estática.

2.3.5.2 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.

La resistencia al deslizamiento se produce por los fenómenos adherencia rueda-pavimento y por la deformación del neumático debida a las irregularidades del pavimento. Normalmente el rozamiento por adherencia predomina sobre el de deformación y solamente cuando existe una lámina de agua o de suciedad entre el neumático y el pavimento, que anula prácticamente la adherencia, llega a tener predominio el efecto de rozamiento por deformación.

Las pequeñas irregularidades del pavimento constituyen lo que se conoce con el nombre de "textura" y pueden clasificarse en dos tipos que definen dos niveles de la misma:

- Microtextura:

La microtextura se refiere a las diferencias de nivel inferiores a medio milímetro. Tiene su origen en el conjunto de agregados más finos del concreto; resulta imperceptible a la vista, pero pueden apreciarse mediante el tacto (mayor o menor aspereza).

La microtextura es predominante en la determinación de la resistencia al deslizamiento de la superficie de un pavimento para bajas velocidades de circulación (hasta unos 50 km/h). Para velocidades de circulación altas, la microtextura no es predominante.

La microtextura se mide en forma indirecta, teniendo en cuenta que su efecto imperante es a velocidades bajas, podemos tener una estimación de la misma, midiendo el coeficiente de deslizamiento a baja velocidad.

- **Macrotextura:**

La macrotextura se refiere a las irregularidades del orden del milímetro, y en pavimentos de concreto viene dada fundamentalmente por el ranurado (en pavimentos no ranurados se origina por el agregado grueso de rodadura).

Para la determinación de la macrotextura se utiliza, el procedimiento llamado método de arena. En general el ensayo es aplicable a cualquier tipo de pavimento tanto bituminoso como de concreto hidráulico, y consiste en extender sobre su superficie un volumen determinado de arena fina, distribuyéndola y enrasándola posteriormente. A partir del volumen de arena utilizado y del área de cubierta por la misma sobre el pavimento, se calcula una profundidad media de los huecos rellenos por la arena, expresado en milímetros, valor que puede utilizarse como medida de la macrotextura de la superficie del pavimento.

Para los pavimentos de concreto hidráulico se especifica que la profundidad de textura superficial, determinada por el método del círculo de arena deberá estar comprendida entre setenta centésimas de milímetro (0.70 mm) y un milímetro (1 mm).

2.4 REPARACION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

Las reparaciones a los pavimentos de concreto hidráulico se pueden dividir en dos categorías:

Reparaciones superficiales.

Reparaciones profundas.

2.4.1 REPARACIONES SUPERFICIALES

Entre las técnicas empleadas para restaurar las características superficiales; tenemos:

2.4.1.1 FRESADO CON DIAMANTE.

El propósito principal del fresado con diamante es eliminar las protuberancias y reperfilear la superficie del pavimento, disminuyendo el efecto de las cargas dinámicas o de impacto. Las cargas dinámicas aparecen cuando los vehículos rebotan verticalmente mientras transitan sobre las protuberancias o depresiones. Los rebotes de los vehículos incrementan los esfuerzos en las losas y por consiguiente disminuyen la vida del camino.

El fresado con diamante también suaviza la rugosidad de las losas alabeadas o rizadas y el excesivo desgaste producido por los neumáticos.

El fresado, también integra la superficie de las reparaciones profundas o parciales con el concreto que las rodea, eliminando de esta manera los charcos lo que contribuye a mejorar el drenaje de la sección transversal.

El fresado con discos de diamante se hace con equipo especialmente diseñado, que usa un conjunto de discos de diamante para cortar a través de las protuberancias en

la superficie del concreto. En la mayoría de las situaciones de fresado, la profundidad media de remoción es de aproximadamente 5 mm.

Existen cuatro aspectos importantes de un fresado con diamante.

- Condición del pavimento.

Se debe buscar información sobre el pavimento de concreto. Entre la información necesaria tenemos: año de construcción del pavimento, tipo de pavimento (sin refuerzo), la fuente de los agregados, dureza de los agregados, profundidad de rodera, perfil existente del pavimento, profundidad media de remoción, abrasividad de los agregados, etc., que ayudará a seleccionar los discos de corte y el espaciamiento apropiado entre discos instalados en la cabeza fresadora.

La información sobre el agregado grueso y fino es muy importante. La dureza del agregado y su abrasividad impactarán en el rendimiento del fresado.

- Preparación de la cabeza fresadora.

Conocidos los datos necesarios sobre el pavimento, debemos seleccionar el espaciamiento de los discos basados en la dureza del agregado. Si el material es duro se necesita espaciamiento cerrado y si el material es suave es necesario un espaciamiento abierto.

Los discos no se deben instalar con un patrón uniforme en la cabeza fresadora, porque la alineación de estos puede producir un fresado desigual debido a la vibración.

- Selección de los discos de corte.

Debemos tener presente que la calidad de fabricación del disco y la dureza de cohesión de los agregados contribuirá en la eficacia de corte así como en la apariencia final de la superficie.

- Operación de la máquina de fresado.

Los tres aspectos más importantes de una máquina de fresado son su peso, potencia y arreglo de los discos de la cabeza fresadora. El operador debe saber los efectos de estos factores para controlar apropiadamente la máquina y producir una superficie aceptable.

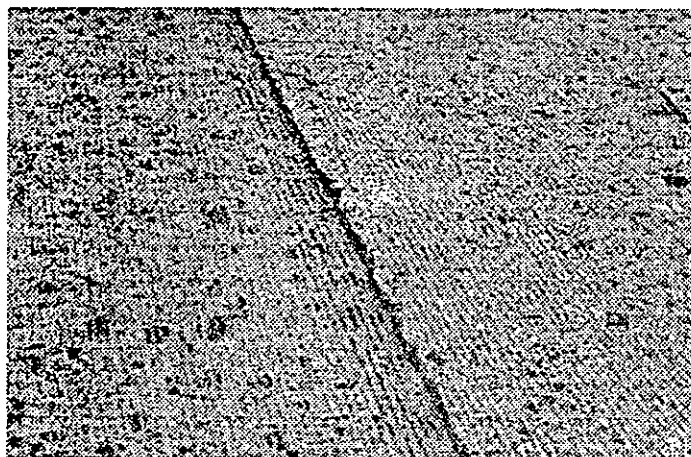


Fig.2.60 Superficie inicial.

Una máquina de fresado con diamante trabaja como un cepillo de carpintero, es decir la llanta sensora delantera detecta las protuberancias en la superficie y la cabeza fresadora (cerca del centro de la máquina) cepilla a través de la protuberancia. Las ruedas traseras de la máquina siguen en la nueva superficie.

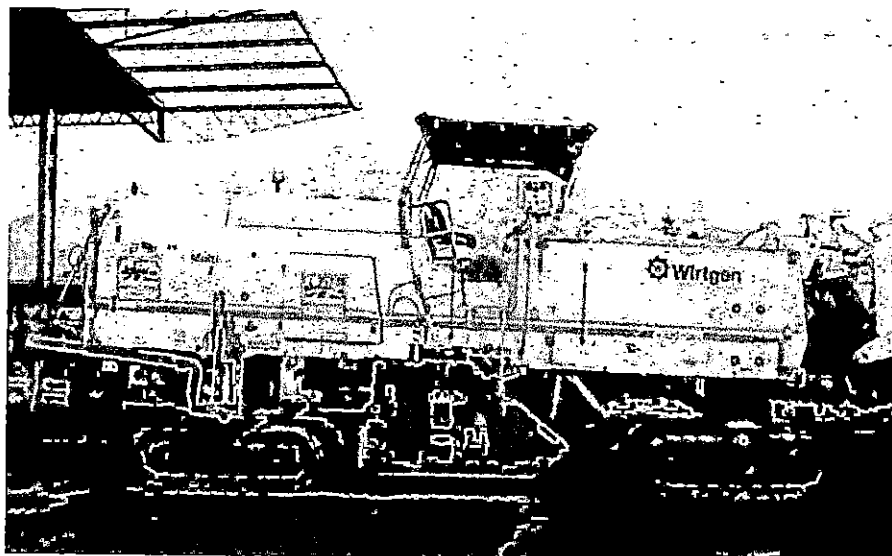


Fig. 2.61 Máquina fresadora. (Escarificadora)

El operador debe controlar la velocidad de la máquina y fijar la profundidad de corte así como tratar de mantener una presión hacia abajo constante en la cabeza fresadora. Esto ayudará a que la máquina corte (paralela a la línea central del pavimento) a través de las protuberancias con profundidad similar en cada pasada, la que se verificará usando una regla de 3 m y debe cumplir un traslape vertical de 3 mm por cada 3 m y un traslape horizontal de 25-50 mm.

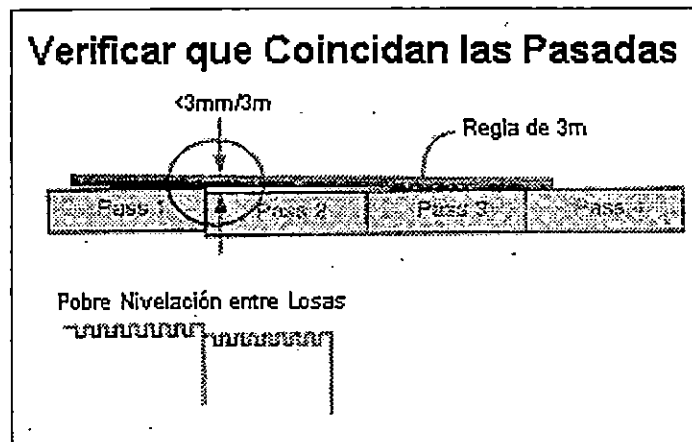


Fig. 2.62 -Regla para verificar pasadas.

El resultado se evalúa midiendo la comodidad de rodadura con un perfilógrafo o herramienta similar, para ello se deben tomar muestras del perfil antes del fresado para poder evaluar su mejoramiento final, el cual debe ser del 65% sobre el perfil antes del fresado.

El equipo de fresado utiliza agua para enfriar la cabeza cortadora. Antes de comenzar, el operador debe verificar que el suministro de agua funcione adecuadamente. Si el suministro de agua es defectuoso, la cabeza fresadora se quemará muy rápidamente y conducirá a reparaciones costosas. Los equipos modernos de fresado tienen incorporados sistemas de succión, lo que asegura la remoción continua de la lechada o de los desechos dejados por las operaciones de fresado. El sistema de succión de lechada dejará una superficie húmeda y relativamente limpia.

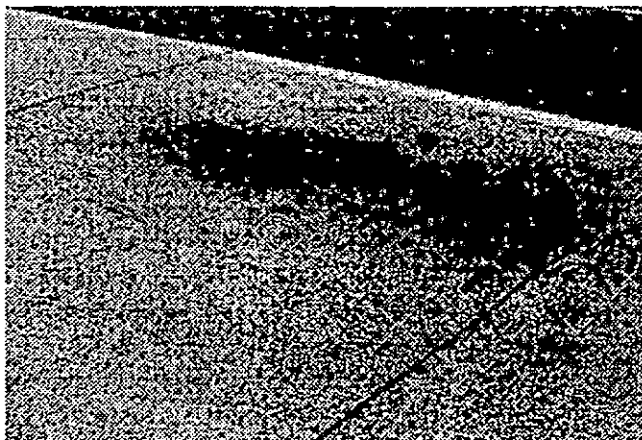


Fig.2.63 Superficie final.

2.4.1.2 REPARACION PARCIAL.

Con un buen diseño y acertadas prácticas de construcción, las reparaciones parciales deberán durar tanto como las losas de concreto circundantes.

Las reparaciones de profundidad parcial se hacen en el caso de desportillamientos, en las juntas del pavimento o en el medio de la losa, y pueden ocurrir a lo largo de las juntas y grietas longitudinales, aunque suceden con más frecuencia en las discontinuidades transversales.

Los desportillamientos generan una circulación áspera y pueden acelerar otros deterioros. Casi siempre, el desportillamiento es una falla localizada y por lo tanto demanda procedimientos de reparación localizados para que la reparación sea económica. La reparación de estas fallas es necesaria para mejorar la circulación, impedir un deterioro posterior y proporcionar bordes adecuados para que las juntas y grietas puedan ser selladas en forma efectiva.

La mayoría de estos desportillamientos de las juntas se producen por la introducción de materiales incompresibles dentro de las juntas y grietas transversales no selladas; esto ocurre cuando las juntas o grietas transversales se abren mientras las temperaturas bajan. Cuando la losa se expande con el incremento de la temperatura, los materiales incompresibles, que puedan estar alojados en las juntas, evitarán el movimiento de expansión de las losas que tiende a cerrar las juntas. Como resultado de esto, se inducen tensiones de compresión, a lo largo de las paredes de las juntas, que pueden ocasionar la rotura (desportillamiento) del concreto a lo largo de ella. El desportillamiento se puede producir en la parte superior, o en la inferior, de la junta. Las reparaciones de profundidad parcial sólo son apropiadas para el desportillamiento que se produce en la parte superior de la losa.

Las reparaciones parciales comprenden los siguientes aspectos:

- Localización del concreto deteriorado.

Antes de hacer cualquier reparación es necesario buscar en la superficie del pavimento áreas deterioradas. Algunas veces, estas áreas podrían no ser visibles en la superficie del pavimento. En estos casos la localización de zonas deterioradas se realiza mediante la técnica de resonancia, que consiste en golpear la superficie del concreto con una varilla de acero o un martillo de bola o arrastrando una cadena a lo largo de la superficie.

En el mercado también están disponibles algunos aparatos sofisticados que pueden detectar las zonas débiles. Cuando se usa la detección manual, un sonido

metálico y seco indicará que el concreto se halla en buen estado, mientras que un sonido hueco o apagado indicará las áreas débiles.

- Determinación de los límites de reparación.

Los límites de las áreas que se van a reparar se deben pintar definiendo áreas cuadradas o rectangulares, ya que las áreas irregulares pueden causar el desarrollo de grietas en el concreto utilizado en la reparación.

Con el objeto de asegurar la remoción de todo el concreto en mal estado, los límites del área a reparar deben cumplir las especificaciones siguientes:

1. Longitud mínima 300 mm
2. Ancho mínimo de 100 mm; extender los límites de la reparación por menos de 75-100 mm más allá de las zonas con deterioros visibles.
3. Si dos deterioros están a menos de 0.60 m, se deben combinar en una sola reparación.

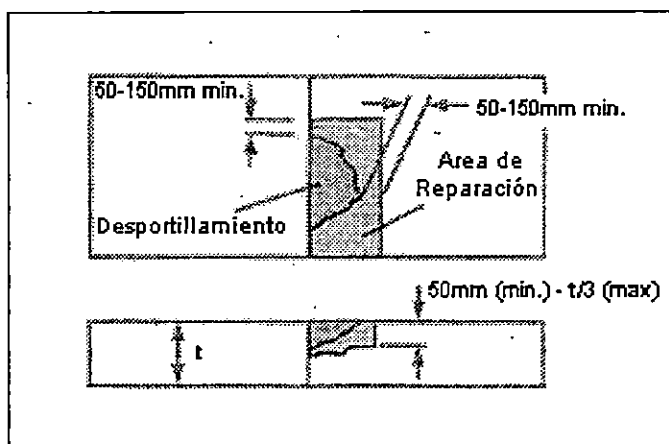


Fig.2.64 Dimensiones de una reparación de espesor parcial.



- Métodos para remover el concreto.

1. Remoción por corte y cincelado.

Para remover el concreto desportillado o deteriorado mediante el aserrado y cincelado, se debe efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar. Esto proporcionará una pared vertical en los bordes de la reparación y dará la profundidad suficiente para otorgar integridad al parche. El corte de la sierra debe tener una profundidad entre 25-50 mm (1/3 del espesor máximo de la losa). En muchas oportunidades se hacen cortes adicionales, con la sierra, dentro del área de reparación para facilitar la remoción por cincelado.

Es importante que se usen las herramientas de tamaño adecuado. El uso de un martillo neumático demasiado grande causará daños y fracturas en el concreto más allá de la profundidad realmente necesaria para llegar hasta el material en buen estado. En donde se ha usado este tipo de equipo pesado, se ha roto toda la losa durante la remoción. Para evitar esto, se recomienda que el tamaño máximo permitido del martillo para ser usado en el cincelado de las reparaciones de profundidad parcial, sea de 13.5 kg.

Para remover el concreto dañado se utilizan cinceles de azadón y gubia. Cincele el área hasta encontrar concreto en buenas condiciones a lo largo de todo el fondo del área de la reparación. Si se encuentra alguna pasajunta, se debe efectuar una reparación profunda. La experiencia ha demostrado que una reparación parcial se comporta pobremente cuando entra en contacto con pasajuntas. Los cinceles de azadón son preferibles, ya que los de gubia aún en tamaños pequeños requieren mayores cuidados para no dañar el concreto bueno.

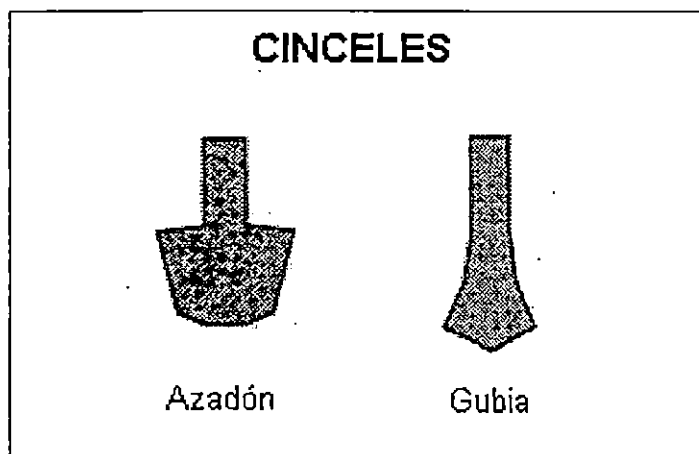


Fig.2.65 Tipos de cinceles recomendados.

2. Remoción por fresado con disco de carburo.

La remoción del concreto desportillado o deteriorado mediante el fresado en frío es especialmente efectiva cuando la reparación se extiende a todo el ancho del carril o a la mayor parte de él. Para esto se requerirá de un equipo de fresado en frío con puntas de carburo. Las máquinas de fresado deben estar equipadas con un aparato para detenerse a una profundidad preestablecida con el objeto de evitar remociones excesivas y un posible daño a las barras de acero, si las hubiere.

Después de hacer el fresado, el fondo del área de la reparación se debe inspeccionar por resonancia para asegurar que todo el material en mal estado se haya removido. Cualquier material restante en mal estado se debe soltar con cincel.

El fresado puede ser perpendicular o paralelo al eje del pavimento, el primero de ellos se recomienda cuando se van a reparar desportillamientos a lo largo de toda una

junta. Para desportillamientos pequeños, cualquier dirección en que se hace el fresado es buena.

- Limpieza.

Las caras expuestas del concreto se deben limpiar con un chorro de arena a presión para dejarlas libres de partículas sueltas, aceite, polvo, restos de concreto y otros contaminantes antes de proceder a la reparación. Este procedimiento dejará una superficie áspera y limpia que ayudará a proporcionar una buena adherencia.

Todos los residuos de arena se deben remover usando un chorro de aire a presión por unos instantes antes de la colocación del material adherente. El equipo de aire a presión se debe revisar para que no desprenda aceite, debido a que el aceite rociado con el aire contaminará las paredes del parche e impedirá la adherencia y el buen comportamiento de la reparación. Se debe comprobar la calidad del aire colocando una tela seca sobre la boquilla, dejando salir una pequeña cantidad de aire e inspeccionando la tela en busca de manchas de aceite.

La limpieza con agua a presión alta es una alternativa al chorro de arena donde el control del polvo es crítico en áreas urbanas. El equipo debe ser capaz de producir una presión de chorro de 100-200 Mpa. Después de la limpieza, de la superficie del parche ésta queda lista para la colocación del material.

- Colocación del material insertado en las juntas.

Las reparaciones parciales que colindan con juntas de trabajo o grietas requieren el inserto de un material que sea compresible. Esta inserción devuelve su forma a la junta o grieta y mantiene la reparación sin apoyarse contra el concreto adyacente.

Los materiales compresibles más comunes para inserciones son espuma de estireno o tablero de fibra impregnada con asfalto. El ancho de la inserción debe ser igual al ancho de la junta existente o grieta. Se debe profundizar aproximadamente 25 mm más y extenderse 75 mm a los lados del área de reparación. Será necesario un corte adicional a través de la junta o grieta para permitir que la inserción encaje apropiadamente. La inserción debe prevenir que el material de reparación fluya dentro o a través de la junta o grieta.

Si no se realiza la inserción con un material compresible la reparación fallaría rápidamente. La expansión de la losa en tiempo caluroso forzaría a las losas adyacentes a apoyarse directamente contra la reparación. A esto se le llama punto de apoyo. Este hace que el parche falle por el desprendimiento de agregados o por esfuerzos de compresión puntual, como se ilustra en la figura 2.66.

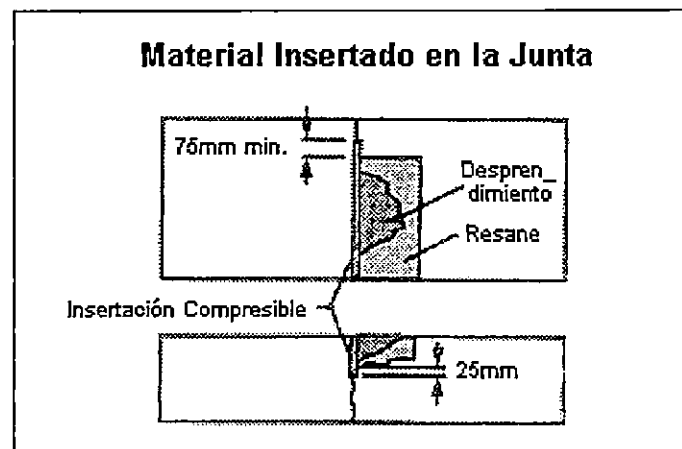


Fig.2.66 Colocación del material compresible.

- Material de contacto.

Al aplicar el material de contacto o lechada de cemento, se debe colocar en una capa delgada y uniforme. Se obtienen mejores resultados cuando el material es aplicado en la superficie mediante un cepillo de cerdas rígidas. El material debe cubrir el área completamente, incluyendo las paredes de la cavidad, y debe superponerse a la superficie del pavimento para asegurar una adecuada adherencia.

No debe permitirse que las lechadas de cemento se sequen antes de colocar el material de relleno de la reparación.

Algunos materiales para reparación de espesor parcial requieren resina epóxica u otros puentes de adherencia de marca. Los materiales de adherencia epóxica deben ser mezclados cuidadosamente, de acuerdo a las instrucciones de los fabricantes y deben ser mezclados in-situ en pequeñas cantidades.



Fig.2.67 Aplicación del material de contacto.

- Materiales de Reparación.

Materiales a base de cementos:

1. Mezclas normales de concreto.

Contienen cemento tipo I (ASTM C150), son empleadas cuando las reparaciones se protegen del tráfico por 24 horas o más. Se puede agregar a la mezcla un acelerante para reducir el tiempo de fraguado. El tamaño máximo del agregado a emplearse en las reparaciones no debe exceder la mitad del espesor máximo de la reparación.

Estas reparaciones son generalmente adheridas al concreto existente mediante una lechada consistente en arena y cemento en una relación por volumen de 1:1 y agua suficiente para producir una consistencia cremosa.

El material de reparación debe ser colocado antes de que se seque la lechada.

Las mezclas de reparación con concreto de resistencia normal no deben ser aplicadas cuando la temperatura ambiente es inferior a 4°C.

2. Mezclas de concreto de alta resistencia inicial.

Contienen cemento de tipo III (ASTM C150) con o sin aditivos; pueden llegar a adquirir resistencias mayores de 21Mpa a las 24 horas.

Estas mezclas son empleadas cuando es necesaria una pronta apertura al tráfico (por ejemplo a las 4 horas).

3. Mezclas con cementos especiales.

Contienen algún tipo de cemento diferente o adicional al cemento normal de tipo I o tipo III. Tal cemento puede ser, por ejemplo, un cemento hidráulico, cemento con base de yeso, fosfato magnésico o cemento con alto contenido de aluminio.

Materiales especiales de reparación.

1. Materiales comerciales de resistencia rápida.

Estos deben ser colocados de acuerdo con las instrucciones del fabricante en lo que se relaciona con su adherencia, curado, y tiempo de apertura al tráfico.

2. Mezclas poliméricas.

Son combinaciones de resinas poliméricas, agregados e iniciadores de fraguado.

El agregado puede variar en tamaño desde arena hasta árido de 10 mm. Los concretos poliméricos son caracterizados por el tipo de resina que emplean, tales como epóxicos, metacrilatos y poliuretanos.

Materiales bituminosos.

1. Materiales de concreto asfáltico.

Estos materiales son a veces usados para reparaciones de espesor parcial en el desportillado de los pavimentos de concreto. Sin embargo, se deterioran rápidamente y son considerados sólo como reparaciones temporales.

| Propiedades de los materiales para reparaciones de espesor parcial. | | | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------|
| Categoría | Tiempo disponible para su colocación | Temperatura de colocación | Apertura al Tráfico | Condiciones de humedad* | |
| | | | | de la superficie del pavimento | de los agregados |
| Mezclas normales | 15 a 30 minutos | 4 a 43°C | 4 a 72 horas | SSS a seco | 1 a 3% |
| De alta resist. inicial | 15 a 30 minutos | 0 a 43°C | 4 a 6 horas | SSS a seco | 1 a 3% |
| De cemento con base a yeso. | 15 a 30 minutos | 0 a 43°C | 1 a 2 horas | SSS a seco | 1 a 3% |
| De cemento fosfato Manganésico | 5 a 45 minutos | 0 a 32°C | 1 a 2 horas | Seco | 1 a 3% |
| Resinas o morteros epóxicos | 5 a 15 minutos | 4 a 32°C | 1 a 3 horas | Seco | Seco |
| Metil-metacrilatos | 30 a 60 minutos | 4 a 54°C | 1 a 2 horas | Seco | Seco |
| Poliuretanos | 1 minuto | >-18°C | 10 a 20 min. | Seco | Seco |

* SSS =Superficie Saturada Seca; Seco = Seco al horno

Tabla 2.23 Fuente: ACPA.

- Colocación del material en la reparación.

El equipo y maquinaria utilizado en la colocación del material en las reparaciones; depende del volumen del material a colocar. En reparaciones muy pequeñas, las herramientas manuales son suficientes para trabajar y lograr una buena consolidación. Si la cantidad de las reparaciones es grande, los camiones tipo bomba son los indicados ya que permiten agilizar los trabajos de colocación dado que pueden vaciar

el concreto directamente en el área de reparación, la cual debe quedar ligeramente sobrellena para compensar la consolidación del material.

Una vez que el material de la reparación es colocado, se debe consolidar con un vibrador pequeño de inmersión a fin de remover el aire atrapado y eliminar los vacíos, el vibrador se debe mantener aproximadamente entre 15° - 30° de la vertical.

En reparaciones muy pequeñas, las herramientas manuales deberán ser suficientes para trabajar el material de la reparación y lograr una consolidación adecuada.



Fig.2.68 Vibrado del concreto.

- Acabado.

La superficie de la reparación debe terminarse al mismo nivel del pavimento circundante y se debe compactar hacia el exterior, es decir del centro hacia el borde, empujando el material de la reparación contra las paredes lo cual permite una mejor adherencia.

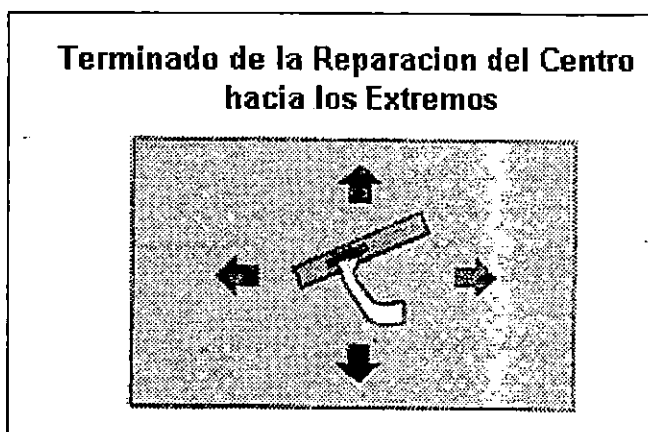


Fig.2.69 Forma correcta de planchar el material de relleno.

- Curado.

El curado es muy importante debido a que la relación área superficial / volumen las hace susceptibles a un rápido calentamiento y pérdida de humedad. Dejar de curar los parches, o esperar mucho tiempo para aplicar la membrana, probablemente traerá como consecuencia una excesiva contracción del material y un posible deterioro del parche.

Cuando se utilizan materiales, a base de cemento para la reparación, es adecuado el uso de una membrana de curado que forma una película líquida y cumple con los requisitos de la ASTM C309. Esta membrana crea un sello que limita la evaporación del agua de la mezcla y contribuye a la total hidratación del cemento. También existen membranas con pigmentación blanca para minimizar los efectos de la radiación solar.

Cuando se emplean materiales de reparación de marca, el curado debe hacerse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

En donde se requiere una apertura temprana al tráfico, puede resultar beneficiosa la colocación de “frazadas” de aislamiento sobre las reparaciones. Estas mantienen el

calor de hidratación y aceleran el aumento de la resistencia de los materiales de cemento. Las “frazadas” no son necesarias en tiempo caluroso, pudiendo incluso causar agrietamiento.



Fig. 2.70 Curado.

2.4.1.3 RESELLADO DE JUNTAS Y GRIETAS.

La misión del resellado de juntas es impedir la entrada de cuerpos duros en ella, que podrían astillar sus bordes por fenómenos de dilatación térmica de las losas y sobretodo, estos productos deben evitar la infiltración de agua que erosione las capas situadas bajo la losa del pavimento.

Los materiales de sellado de juntas son muy variados, aplicándose tanto en frío como en caliente. Esta operación debe llevarse a cabo en tiempo seco y caluroso ya que a temperatura ambientes inferiores a 7 grados, la mayoría de los productos no se adhieren a las paredes de las juntas.

Entre los productos para sellar juntas tenemos (ver tabla 2.3 capítulo II).

El resellado consta de 5 pasos:

- Remoción del sellador existente.

Para colocar el nuevo sellador es necesario remover el material existente y además limpiar la cara de la junta para ofrecer una superficie con buena adherencia. Hay varias maneras para quitar un sellador entre ellas podemos mencionar: manual, corte con disco, y cepillo ranurador.

La remoción manual es fácil en los sellados de compresión. Este método ofrece un resultado rápido cuando es factible y no deja mucho material en las paredes laterales del depósito.

El método más común y eficaz para quitar el sellador de silicón (colocación en caliente) es el corte con disco de diamante debido que aparte de remover el sellador también forma el depósito para el sellador nuevo.

El cepillo ranurador es efectivo para quitar la mayor parte del sellador existente. Se debe evitar el uso de cepillos en forma de V porque tienden a socavar las esquinas del depósito y puede también desportillar el concreto adyacente.

Para eliminar el sellador se requiere que un obrero, pase una hoja de cuchillo a lo largo de las caras de la junta. Después, se jala fácilmente el sellador a mano.

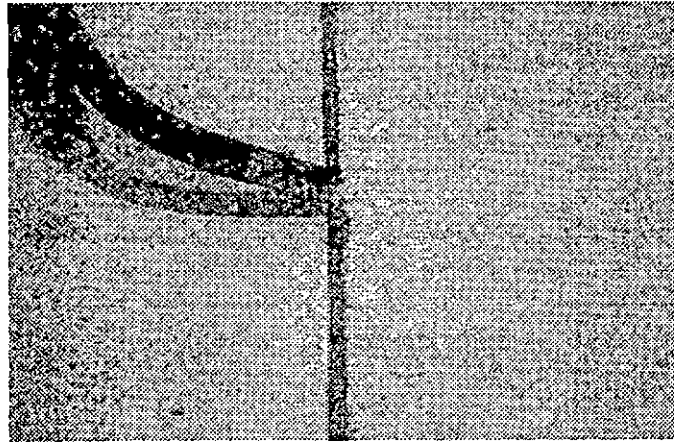


Fig.2.71 Remoción del sello.

- Formación del depósito.

Consiste en darle al depósito la forma y dimensiones apropiadas para colocar el nuevo sellador (factor de forma). Las dimensiones de la junta van de 7 a 10 mm de ancho y de 30 a 45 mm de profundidad.

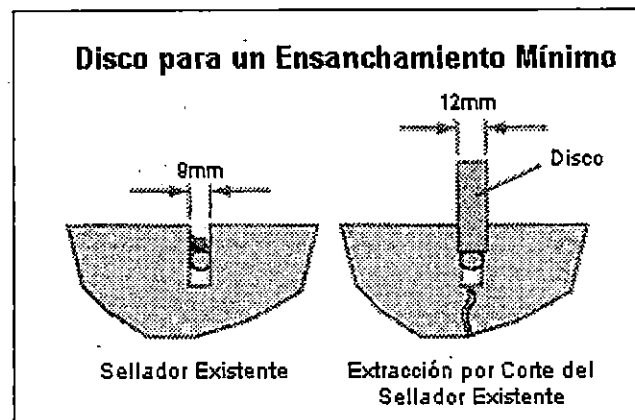


Fig.2.72 Formación del depósito.

- Limpieza del depósito.

La limpieza es el aspecto más importante del resellado de las juntas. Las caras del depósito requieren una limpieza completa mediante cepillo de alambre, chorro de arena y posterior soplado con aire a presión para estar seguros de una buena adherencia del sellador y de su comportamiento a largo plazo.

Los solventes químicos, no deben usarse para lavar el depósito de la junta. Los solventes pueden llevar contaminantes a los poros y vacíos de la superficie y caras del depósito. Los contaminantes limitarán la adhesión del sellador nuevo.

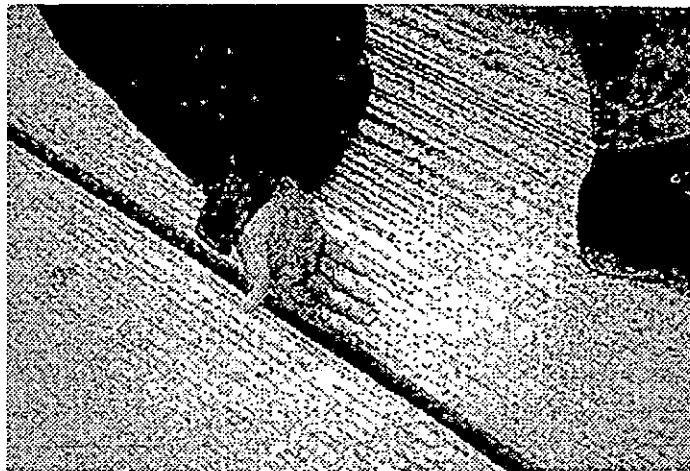


Fig.2.73 Limpieza de las juntas.

- Colocación de la tira de respaldo.

Para la mayoría de los trabajos se recomienda el uso de un rodillo de doble rueda. Sin embargo, para el trabajo de rehabilitación de juntas con fallas ligeras se trabaja mejor con un rodillo de una sola rueda, el cual se pasa dos veces sobre la tira de

respaldo. La colocación del sellador deberá ser a la profundidad apropiada, el rodillo permite tener una referencia de la profundidad de inserción del sellador.

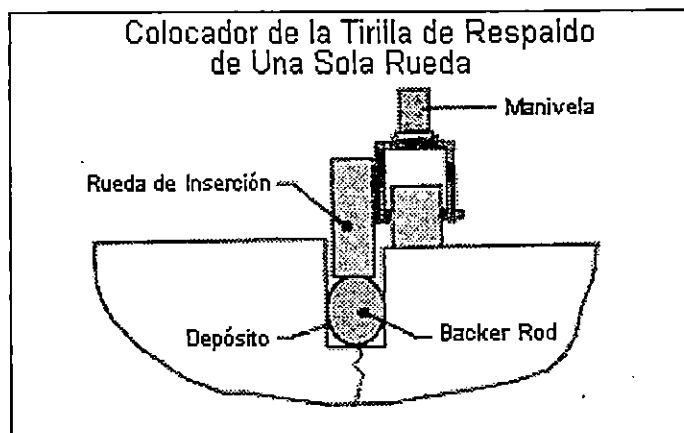


Fig.2.74 Colocación de la tira de respaldo.

- Colocación del sellador.

Los requisitos de la instalación son un poco diferentes para cada tipo de sellador. Los fabricantes recomiendan algún tiempo de curado antes de abrir al tráfico para la mayoría de los selladores líquidos. Algunos fabricantes de selladores líquidos también especifican límites en la temperatura ambiente y del pavimento para su instalación.

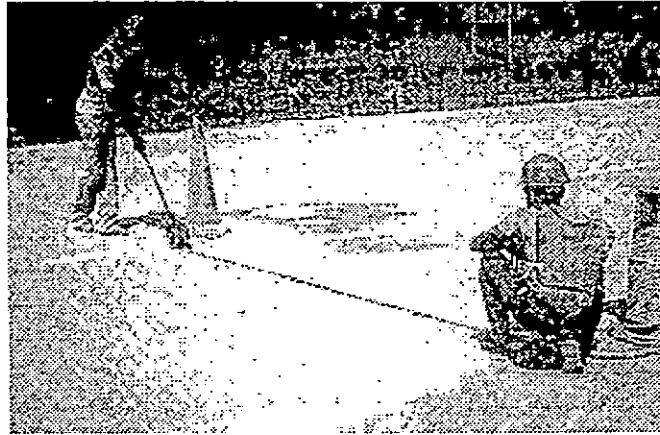


Fig.2.75 Colocación del sellador.

Algunos casos donde es recomendable aplicar el sellador son los siguientes:

1. Juntas de expansión-aislamiento.

El resellado de las juntas de expansión-aislamiento requerirá quitar el sellador sólo hasta el material compresible. Los materiales de relleno compresibles se encuentran normalmente directamente abajo del material sellante.

Se debe tener cuidado con las juntas de contracción que estén dentro de una distancia de 30m de una junta de expansión existente del carril principal. Estas juntas requieren consideraciones especiales. Por lo general, el cierre de la junta de expansión permite que las juntas de contracción adyacentes se abran. Para resellar estas juntas correctamente se requiere la utilización de tiras de respaldo y de diferentes coeficientes de forma.

2. Juntas carril-acotamiento existentes.

Resulta más fácil sellar el depósito a lo largo de los acotamientos del concreto, que a lo largo de los acotamientos de asfalto. El sellado y mantenimiento de las juntas del

acotamiento de concreto no requieren de un esfuerzo mayor que el requerido para la junta longitudinal de separación de carriles.

Las juntas entre carriles de concreto y acotamientos de materiales bituminosos son más difíciles de sellar. Estas juntas normalmente se deterioran, se asientan y no están en una condición uniforme. Esto requiere un ancho y profundidad del depósito de 25 mm o más para acomodar el movimiento del acotamiento lateral y vertical.

Como en todos los sellados, la preparación del depósito del acotamiento es importante. Entre ellos tenemos el corte del depósito, ancho y dimensiones de profundidad, limpieza con chorro de arena y colocación del sellador.

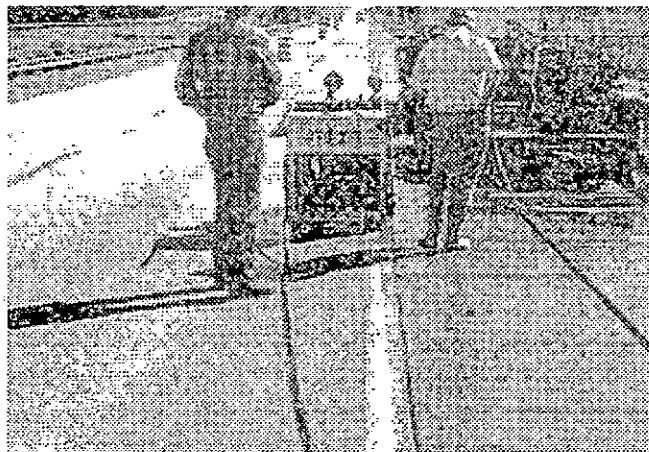


Fig.2.76 Sellado de juntas carril-acotamiento.

3. Resellado de grietas.

Las grietas normalmente no son rectas y por eso son difíciles de dar forma y sellar. Los discos normales no son apropiados para seguir una grieta, porque tienen un

diámetro demasiado grande, lo cual los vuelve inflexibles para un buen trazo de la grieta.

Los fabricantes ofrecen discos para cortes de grietas especiales, que ayudan a seguir una grieta “perdida”. Las cortadoras especiales de estas grietas, tienen una rueda pivoteadora que les permite un movimiento lateral fácil. Los discos especiales con diámetro de 175-200 mm son también más flexibles para el seguimiento de este tipo de grieta.

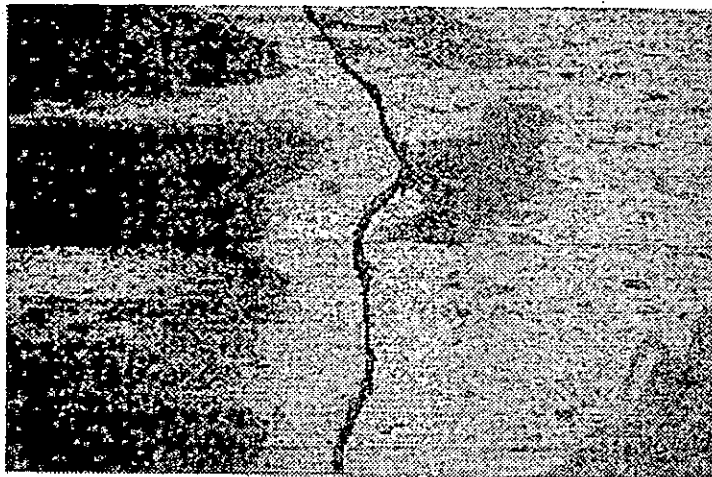


Fig. 2.77 Grieta sin sello.

Aún con los discos especiales, un depósito no será tan uniforme o limpio como un depósito de una junta recta. Sin embargo, se trata de obtener un coeficiente de forma lo más uniforme posible.

Después del corte y reparación, el sellado de la grieta requiere de todos los pasos usados en el sellado de juntas.

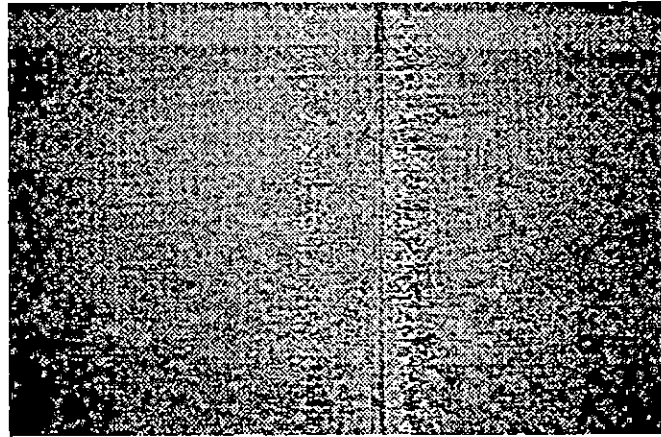


Fig.2.78 Grieta resellada.

2.4.2 REPARACIONES ESTRUCTURALES.

Las técnicas de reparación a utilizar para restaurar la capacidad estructural de un pavimento de concreto hidráulico deteriorado a una condición aceptable son las siguientes: Estabilización de losa, Reparación profunda y Recolocación de pasajuntas.

2.4.2.1 ESTABILIZACION DE LOSAS:

Consiste en inyectar una lechada por unos orificios taladrados en la losa para llenar los vacíos que se han formado por debajo de esta o capas de base. Los vacíos se han identificado previamente por medio de una inspección visual, rodamiento de prueba sobre el pavimento con equipo de llantas de hule muy cargado, etc. Generalmente los vacíos ocurren cerca de las grietas, juntas, a lo largo del borde del pavimento y generalmente son mayores de 3 mm de profundidad.

El cemento puzolánico (lechada) es el material comúnmente empleado para la estabilización. Los requisitos principales para cualquier material de estabilización son su resistencia y la habilidad de fluir dentro o expandirse para llenar vacíos pequeños. Si el mortero es demasiado fluido, no alcanzará las condiciones mínimas de resistencia exigidas, mientras que si es demasiado viscoso, puede atascar el equipo de inyección o no alcanzará la suficiente penetración. Por eso la selección de este material debe ser muy cuidadosa. La arena empleada debe ser natural para obtener una mejor trabajabilidad. El tamaño máximo de la arena depende del tamaño de los huecos que tenga que rellenar, no debiéndose rebasar en ningún caso el límite de los 6 mm. Con frecuencia se emplean plastificantes y aireantes para reducir la relación agua-cemento (A/C), y aumentar las resistencias. La lechada usualmente consiste en una parte de cemento a tres partes de arena y 1.5 a 3 partes de agua para cumplir con los requisitos de la prueba del cono de flujo según la norma ASTM C 939. La resistencia a la compresión a siete días (ASTM C109) debe ser de 42 kg/cm² como mínimo y la resistencia última bajo la losa debe ser de aproximadamente 105 a 316 kg/cm².

La lechada también debe desplazar el agua libre para evitar que el agua sature y debilite la capa de soporte debajo de las juntas y la orilla de la losa después de la estabilización.

El mezclado de estos morteros se lleva a cabo en molinos coloidales de alta velocidad (800 a 2000 rpm) con un tiempo de amasado entre 2 y 4 minutos, controlándose el producto obtenido mediante un viscosímetro de cono.

Entre el equipo utilizado, los taladros de percusión neumática o hidráulica rotatorios con puntas de carburo o de diamante son comunes para perforar orificios para inyectar la lechada. Se debe mantener la presión descendente por debajo de los 90 kg para evitar desportillamientos cónicos cuando la broca se acerque al fondo de la losa. Se perforan unos orificios de 30 a 50 mm de diámetro en toda la profundidad de la losa y cualquier capa estabilizada de la sub-base, situados a no menos de 60 cm de un borde, junta o grieta. Es mejor agregar 25mm a la profundidad total taladrada para estar seguro de que el orificio haya pasado la capa más profunda.

Se trata de comenzar y mantener la inyección de la lechada a un ritmo de bombeo bajo, en el rango de 0.30 a 0.50 Mpa. Antes de llevar a cabo la inyección, se sopla con aire comprimido para eliminar el agua acumulada bajo la losa, tras lo cual se lleva a cabo ésta por medio de una boquilla hasta que asome el mortero por los bordes, juntas u orificios contiguos.

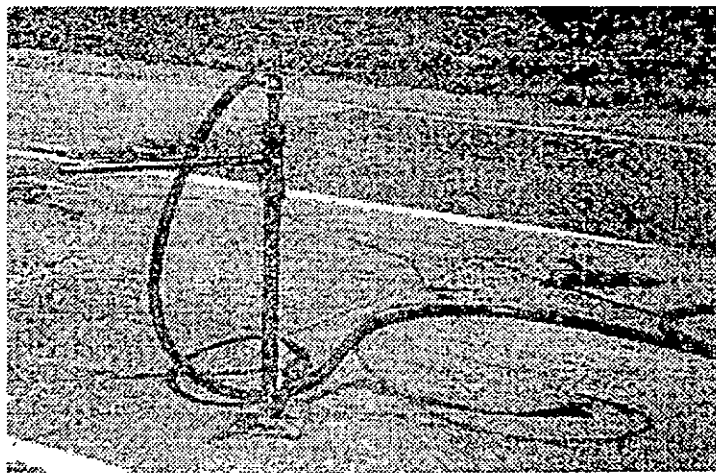


Fig.2.79 Inyección de la lechada.

Muchas veces se inicia, la inyección de la lechada en los orificios de la línea del centro y se continúa hacia los orificios cerca de los acotamientos. Este patrón empuja el agua bajo la losa y la mueve hacia los bordes exteriores por donde puede escapar a través de las juntas transversales y de los acotamientos.

Se debe tener precaución cuando bombee en orificios cercanos del borde para evitar levantar el acotamiento. El material de estabilización puede llenar los vacíos debajo de los acotamientos, pero debido a que los acotamientos son más delgados que las losas del carril, son más fáciles de levantar.

Algunas juntas transversales pueden estar más abiertas que la junta del acotamiento. En estos casos se comienza la inyección por los orificios cercanos a la junta del acotamiento para sacar el exceso de agua fuera de la junta transversal.

No debe inyectarse más que aquellas losas, que presenten vacíos bajo ellas, ya que la inyección de las bien apoyadas, además de ser inútil, puede resultar perjudicial al producir discontinuadas en el apoyo. Este hecho hace necesario que se realice una cuidadosa inspección para la detección de unas y otras.

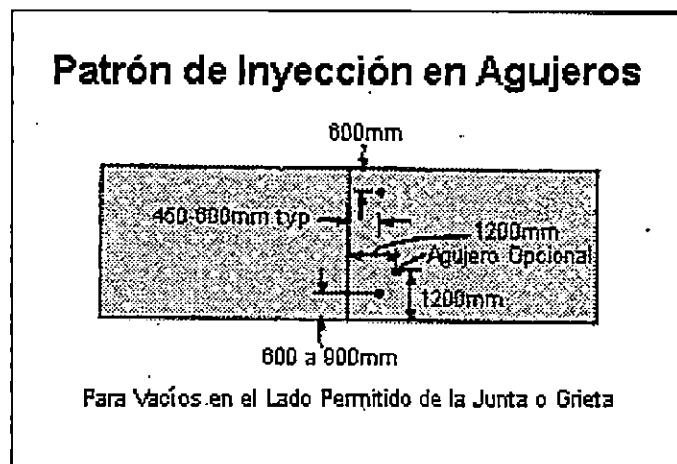


Fig.2.80 Patrón de inyección.

La inyección puede llevarse a cabo a presión o mediante vacío. La inyección a presión requiere un mortero de consistencia adecuada a la presión que se vaya a emplear (de 2 a 8 atmósferas), y una resistencia que garantice un apoyo no erosionable a las losas.

Este sistema presenta el inconveniente, de congestionar los sistemas de drenaje del pavimento, por lo que en ocasiones es preferible acudir al procedimiento de inyección al vacío. Este consiste en la combinación de la inyección con una succión por orificios contiguos, que además de evitar el peligro de obstrucción del drenaje, permite una mejor eliminación del agua acumulada en la interfaz inferior, y requiere menor volumen de mortero. Esta técnica suele combinarse con el empleo de resinas como conglomerante, lo que permite una pronta apertura al tráfico.

En cualquier caso, deben sellarse las juntas y grietas inmediatamente después de inyectar, y considerar la inconveniencia de disponer un drenaje de borde de losa, pues el

éxito a largo plazo de la inyección depende de que no vuelva a acumularse agua bajo la losa.

La mayoría de las especificaciones limitan la elevación de la losa a menos de 1 a 2 mm.

Al completar la inyección, las especificaciones contemplan la colocación de tapones de madera en cada orificio. Los tapones evitan que la presión se disipe rápidamente e impide el retorno de la lechada.

Después de 24-48 horas de terminado el trabajo, comprobar las losas estabilizadas usando el método de las deflexiones (Viga Benkelman, la que deberá medir movimientos de 0.025mm). Deflexiones altas indican que la primera estabilización no restauró el soporte, el área requerirá un segundo intento: Probamos de nuevo después de la segunda estabilización. Si todavía ocurren deflexiones altas después de tres intentos, se debe reemplazar o reparar la losa.

El tiempo necesario para poder abrir al tráfico una losa inyectada, depende del espesor de la inyección; hasta 3 cm puede ser suficiente con unas dos horas, mientras que para espesores superiores puede llegarse hasta 24 horas para permitir su endurecimiento.

2.4.2.2 REPARACION PROFUNDA

Una reparación profunda implica quitar y reemplazar por lo menos una porción de una losa hasta el fondo del pavimento para restaurar áreas determinadas. Con una reparación profunda se busca mejorar la comodidad de manejo, la integridad estructural y extender la vida de servicio del pavimento.

La tabla 2.24 muestra una lista de deterioros que requieren reparación profunda:

Tipo y severidad de los deterioros que requieren reparación de espesor completo.

| Tipo de Deterioro | Severidad Mínima requerida para una Reparación de espesor completo |
|----------------------------|--|
| Rotura de esquina | Bajo |
| Deterioro de juntas | Moderada (con escalonamiento ≥ 6 mm) |
| Agrietamiento transversal | Moderada (con escalonamiento ≥ 6 mm) |
| Agrietamiento longitudinal | Alto (con escalonamiento ≥ 12 mm) |

Tabla 2.24 Fuente: ACPA.

El problema más común que requiere de una reparación profunda es el deterioro de las juntas. Este incluye cualquier agrietamiento, rompimiento, o desportillamientos de los bordes en cualquier lado de una junta transversal o longitudinal.

- Deterioro de juntas.

El deterioro de juntas incluye cualquier agrietamiento, rotura o desportillamiento de los bordes de la losa en cualquier lado de la junta transversal o longitudinal; es el más común de los deterioros que requieren una reparación de espesor completo. Este deterioro es causado por excesivas tensiones de compresión que son el resultado de la presencia de partículas incompresibles en las juntas transversales. El deterioro de una junta ocurre también por problemas de durabilidad del concreto, como el bajo contenido

de aire. Los desportillamientos visibles que se extienden de 75 a 150 mm de la junta y pueden indicar que se está produciendo un mayor deterioro por debajo de la superficie de la losa. Los deterioros y agrietamientos por debajo de la losa son los que requieren de un reemplazo de espesor completo. Otros factores que contribuyen al deterioro de las juntas son: el bombeo de la sub-base, la desalineación de las barras de transferencia de carga; estas son fallas provocadas por una inadecuada transferencia de carga, la instalación defectuosa o el deficiente mantenimiento del sello en las juntas pueden también dar origen al deterioro de las juntas.

- Agrietamiento Transversal.

Algunas grietas se extienden a todo el espesor de la losa por lo que pueden comenzar a moverse y a funcionar como si fueran juntas. Las grietas transversales que funcionan como juntas se les llama “grietas de trabajo” y están sujetas al mismo rango de movimiento de las juntas transversales. Cuando son adecuadamente selladas, estas grietas pueden actuar bien por muchos años. Sin embargo, es necesario restaurar la integridad del pavimento con reparaciones de espesor completo y eliminar grietas de trabajo que presenten un desportillamiento severo, bombeo o escalonamiento. Otra forma de reparar las grietas transversales, es con la instalación de barras de transferencia de carga, siempre que la grieta no esté desportillada. La instalación de barras en estas circunstancias probablemente costará mucho menos que una reparación profunda.

Las “grietas de trabajo” tienen origen en una o más de las siguientes causas: Espaciamiento de juntas insuficiente, pérdida de la trabazón mecánica a lo largo de la

grieta, excesiva deflexión debido a una inadecuada capacidad de soporte de la sub-base o sub-rasante, inadecuado aserrado de la junta (tardío o poco profundo).

Las grietas transversales que permanecen cerradas (grietas muy finas) y que no se extienden hasta el fondo de la losa no requieren ningún tratamiento especial, sellado o reparación, tal como las grietas por retracción plástica. La mayoría de este tipo de grietas permanecen muy ajustadas y se extienden dentro de la losa en una profundidad no mayor de 25 a 50 mm. Estas grietas finas no permiten que penetre agua en la subestructura del pavimento y rara vez se deterioran o influye en la serviciabilidad del pavimento.

- Agrietamiento Longitudinal.

Cuando las grietas longitudinales se deterioran hasta una condición de alta severidad la reparación profunda se justifica; una condición de alta severidad indica que una grieta tiene un ancho de más de 13mm, el desportillamiento se extiende a más de 75 mm de la grieta, y el escalonamiento es mayor de 13 mm. Si la condición es menos severa, los siguientes procedimientos son suficientes:

1. Reparación de espesor parcial.
2. Colocación de barras en cruz.
3. Colocación de barras de transferencia de carga.
4. Aserrado y sellado.

La colocación de barras en cruz (cross-stitching), es una alternativa de reparación para las grietas longitudinales en condiciones de severidad moderada. Las barras en cruz

mantienen cerrada la grieta y previenen los movimientos verticales y horizontales de la grieta. Si existe preocupación por la transferencia de carga, la colocación de barras de transferencia de cargas es una alternativa técnica viable para el mejoramiento de una grieta longitudinal.

- Agrietamiento múltiple y grietas de esquina.

Las roturas de esquina y el agrietamiento múltiple se desarrollan en losas que tienen un apoyo marginal en la sub-base y sub-rasante; cualquier carga pesada que pase sobre estas losas les produce grandes deformaciones verticales y altas tensiones de tracción en el pavimento.

Con el tiempo las losas bombearán los materiales de la sub-base o la sub-rasante desde debajo de la losa, resultando en vacíos y la eventual rotura sobre la discontinuidad del soporte. Esto también puede ser resultado de problemas por hinchamiento del suelo.

Se requiere una reparación de espesor completo para roturas de esquina y de losas con más de una grieta entrecruzada. Estas son ambas, signos de problemas de soporte y de falta de capacidad estructural.

Antes de comenzar cualquier trabajo se deben definir las áreas que requieren reparación. La ubicación de los lugares que deberán ser removidos se debe marcar con pintura en la superficie del pavimento.

Antes de retirar el concreto deteriorado, el área que se va a remover se debe aislar del concreto adyacente, del carril y del acotamiento a través de cortes profundos, esto minimizará el daño del material circundante durante las operaciones de remoción.

Para los cortes, es preferible usar cortadoras con discos de diamante porque producen caras rectas, lisas y verticales que a su vez facilitan la colocación de la pasajunta.

Para evitar dañar el concreto adyacente, es recomendable mantener los cortes de las reparaciones alejados de los perímetros del área propuesta entre 150-200 mm y además no permitir que el disco penetre la losa adyacente o entre a la sub-base por más de 12mm.

Corte Profundo
de los límites
Reparación
Profunda

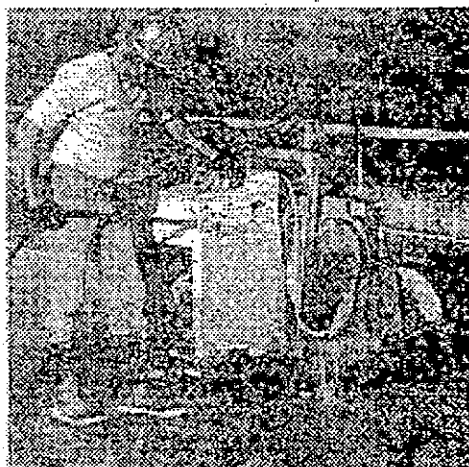


Fig.2.81 Corte de los límites de la reparación.

- Métodos para remover el concreto:

1. Remoción de losa por izado.

Siempre que sea posible se recomienda que el concreto se retire izándolo. Para hacer esto, se efectúan perforaciones que traspasen la losa desde la parte superior y se

ponen ganchos que permitan izar los pedazos de losa, con la ayuda de cadenas que se sujetan a un equipo pesado, como una grúa o un cargador frontal, luego la losa se iza verticalmente tal como se muestra en la siguiente figura.

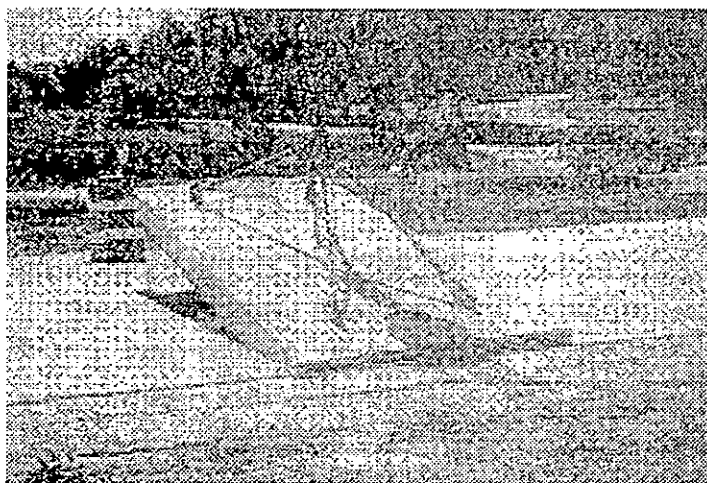


Fig.2.82 Levantamiento de losa por medios mecánicos.

En algunos casos, el material que está siendo izado se puede romper. Cuando esto sucede se pueden requerir de un corte con sierra adicional con el objeto de evitar un daño mayor.

2. Remoción de la losa demoliéndola.

La experiencia ha demostrado que este método puede dañar significativamente la base y en consecuencia, se necesita una reparación más grande de la base que la que se hace cuando se izan las losas. Sin embargo, se reconoce que en muchos casos, el concreto puede estar tan deteriorado que el izado no es práctico. Para estos casos se

puede demoler el concreto, con la ayuda de un martillo neumático (jack hammer), un martillo de caída libre (drop hammer), o un ariete hidráulico (hydraulic ram), retirando luego el material mediante el uso de una retroexcavadora o de herramientas manuales. El inconveniente de este método es que a menudo daña la sub-base y requiere más tiempo para la preparación de la reparación que un procedimiento de izado. El daño ocurre porque el martillo rompedor empuja los trozos hacia la sub-base lo cual requiere que el operador de la retroexcavadora escarbe dentro de la superficie para sacar las piezas de concreto.

- Preparación del área de reparación.

Después de quitar el concreto existente y el material suelto, el área estará lista para la preparación de la sub-base.

Si los trabajos de remoción dañan la sub-base, será necesario agregar y compactar el nuevo material de la sub-base.

Si el área de la reparación se inunda con agua lluvia después de quitar el concreto, se deberá sacar el agua o drenarla a través de una zanja en el acotamiento antes de reparar la sub-base.

- Perforación de los orificios.

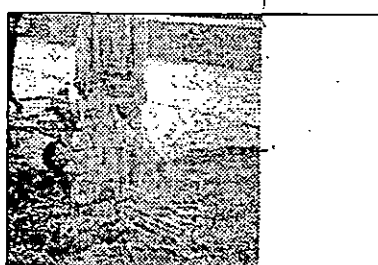
Es preferible que los agujeros sean perforados empleando equipos automáticos de perforación en vez de hacerlo uno por uno mediante taladros a mano. Es difícil taladrar orificios consistentes usando taladros manuales porque son pesados y no tienen una guía de alineación.

Un equipo automático de perforado contiene uno o más taladros colocados paralelamente en un marco. El marco actúa como elemento del conjunto para controlar la alineación de los orificios. Sin embargo cuando no hay suficiente lugar para los equipos automáticos es necesario utilizar un taladro montado en un marco manual.

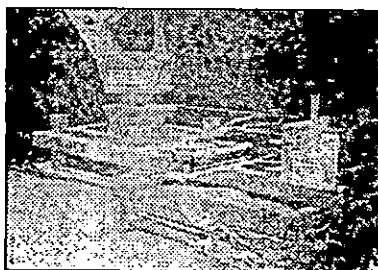
Hay varios tipos de equipos para taladrar; los tres tipos básicos de equipos para taladrar son los siguientes:



a



b



c

Fig.2.83 Equipos básicos de perforación.

- a. Autopropulsado, equipo fijado a la sub-base.
- b. Autopropulsado, equipo fijado a la losa.
- c. Montado en pluma, equipo fijado a la losa.

El diámetro del orificio requerido dependerá del material a colocar; las lechadas de cemento requieren diámetros de 5-6 mm más grandes que el diámetro nominal exterior de la pasajunta. Los materiales de fijación epóxicos sólo requieren un diámetro de aproximadamente 2mm más grande que el diámetro de la pasajunta nominal.

Después de la perforación, es necesario limpiar los agujeros de las barras, con aire comprimido. Para la colocación del material de anclaje se utiliza una boquilla larga de modo que el material llegue hasta el fondo del orificio. Esto asegura que el material de anclaje fluya hacia delante a lo largo de la longitud del orificio de toda la pasajunta durante su inserción. También disminuye la probabilidad de dejar vacíos entre la pasajunta y el concreto. Para lechadas cementantes sin contracción, es preferible una pistola de inyección.

Cuando se utilicen materiales epóxicos para el anclaje, la inserción de la varilla deberá realizarse con un equipo que contenga un eje mezclador que combine un epóxico de dos partes.

Mientras se empuja la pasajunta, el trabajador debe girar la pasajunta aproximadamente una revolución para distribuir uniformemente el material alrededor de la circunferencia de la pasajunta.

A veces el material de anclaje fluye hacia fuera mientras se insertan las pasajuntas. Un disco plástico de retención ofrece una barrera que previene el escape del epóxico o lechada.



Fig.2.84 Disco de retención del epóxico o lechada.

- Preparación de las juntas longitudinales:

Las juntas longitudinales de la reparación de perímetro requieren también de una preparación antes de agregar el nuevo concreto. El reemplazo completo de losas y la mayoría de reparaciones de longitud mayor de 4.5 m requieren de barras de amarre, espaciados a lo largo de la junta longitudinal a 750 mm. En este caso se perfora con taladros sencillos manuales porque el alineamiento no es crítico y luego anclamos las barras de amarre usando la misma mezcla que para las pasajuntas.

Para reparaciones menores de 4.5 m colocar una tabla aisladora a lo largo de cualquier cara longitudinal con un carril de concreto o un acotamiento. Este aislamiento permite que la reparación y el concreto existente se muevan independientemente.

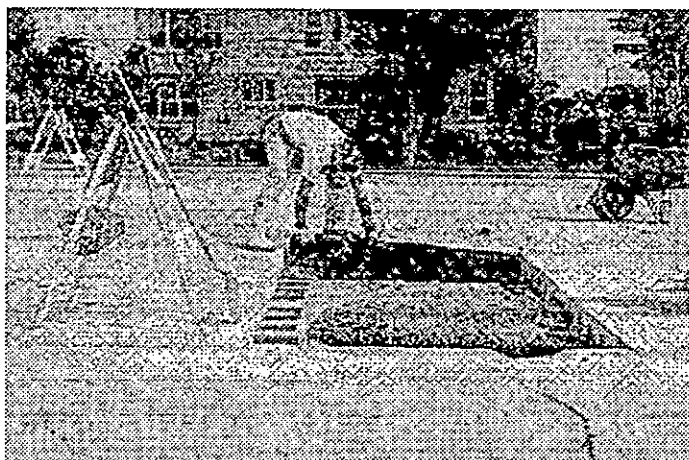


Fig.2.85 Colocación del material aislante.

- **Materiales de la reparación:**

La selección del material durable para la reparación es un elemento importante para el diseño. En general la reparación de un pavimento de concreto con material de concreto brindará mejores resultados. La experiencia demuestra que las reparaciones con materiales de asfalto no duran mucho y pueden conducir a un mayor deterioro de los pavimentos de concreto.

Los materiales de concreto para las reparaciones son durables y tienen propiedades térmicas similares a las del pavimento existente. Las mezclas para reparaciones de espesor completo usan a menudo Cemento Pórtland ASTM C150 tipos I, II y III. La mayor parte de mezclas requieren de 4.5 a 7.5% de aire incorporado, pero esto puede variar dependiendo del clima y del tamaño máximo del agregado grueso.

La tabla muestra el tiempo aproximado necesario para que las diferentes mezclas alcancen las resistencias necesarias para la apertura al tránsito.

| Tipos de mezclas | Tiempo para abrir al tráfico |
|---|------------------------------|
| Ciertos cementos combinados. | 2 a 4 horas. |
| Cementos sulfo-aluminados. | 2 a 4 horas. |
| Cemento tipo III con mezcla aceleradora no clorinada. | 4 a 6 horas. |
| Cemento tipo III con cloruro de calcio como acelerador. | 4 a 6 horas. |
| Cemento tipo I con cloruro de calcio como acelerador. | 6 a 8 horas. |
| Cemento tipo III con mezcla reductora de agua tipo A. | 12 a 24 horas. |
| Tipo I (mezcla de pavimento con aire incorporado, sin ceniza flotante). | 24 a 72 horas. |

Tabla 2.25 Fuente: ACPA.

- Colocación, acabado y curado:

El concreto debe colocarse tan pronto como se prepare la sub-base, se instalen las pasajuntas y se coloquen moldes laterales y materiales que impidan la adherencia. El concreto se coloca en el área de la reparación desde camiones de mezclado o cualquier otro tipo de vehículo. El concreto se debe distribuir uniformemente para evitar el uso excesivo de palas. Es importante, para obtener una mayor vida de servicio, el logro de una buena consolidación del concreto alrededor de las pasajuntas y a lo largo del perímetro de la reparación. Debemos realizar inserciones verticales con un vibrador normal para movilizar adecuadamente el concreto.

Las reglas vibratorias y reglas de 3 m son herramientas apropiadas para enrasar y terminar la superficie reparada si es menor de 3 m de ancho. Para reparaciones más grandes, terminar la superficie longitudinalmente con un vibrador.

La textura de la superficie que se repara debe ser similar a la del pavimento circundante. Para lograrlo se debe arrastrar una tela de yute o normalmente un peine. Si se utiliza un peine, a la distancia entre dientes deberá ser igual a la distancia entre dientes de la superficie circundante.

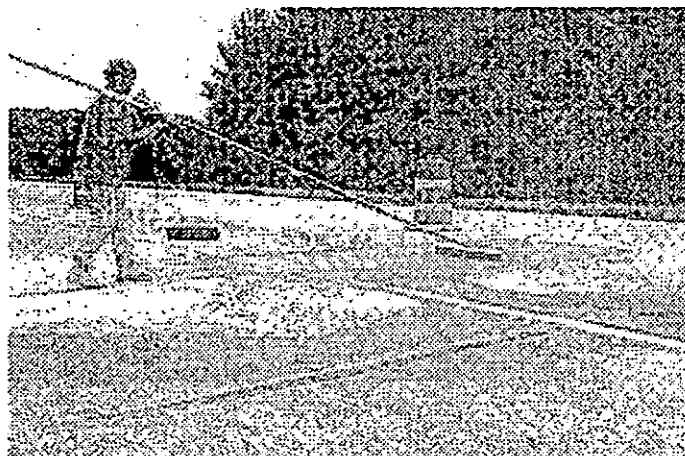


Fig.2.86 Texturizado de la reparación.

El curado es importante para ayudar al concreto a alcanzar su resistencia y durabilidad. En general un compuesto que forme una membrana líquida es adecuado siempre y cuando se aplique uniformemente, en cantidades adecuadas y además cumpla la norma ASTM C 309. Normalmente se utiliza un equipo de rociado que mantenga una buena presión y que permita una aplicación uniforme.

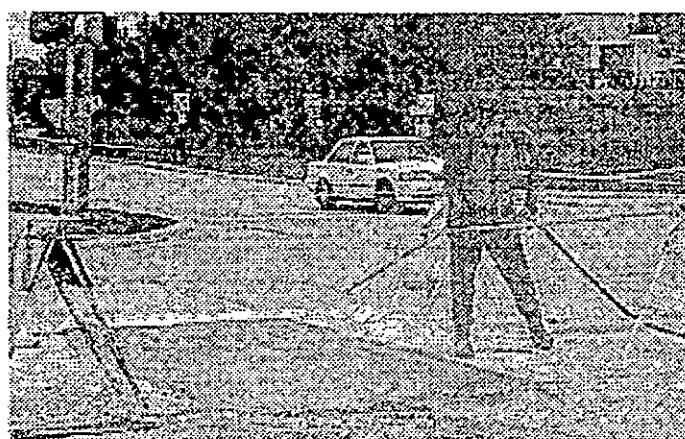


Fig.2.87 Curado de la reparación.

En algunos casos se requerirá el uso de materiales de aislamiento (frazada de aislamiento) cuando se requiera aumentar la temperatura del concreto y acelerar su resistencia. Para mezclas de alta resistencia, las primeras horas son las más críticas para un buen curado. Por lo tanto, se debe aplicar el compuesto de curado y el aislamiento tan pronto como sea posible luego del acabado de la superficie. Para prevenir la pérdida de humedad y proteger la superficie, colocamos una capa de poliestireno laminado bajo el material de aislamiento.

Sin embargo los materiales de aislamiento pueden ser innecesarios en temperaturas cálidas porque pueden causar grietas.

Sellado de juntas:

El paso final de una reparación apropiada es formar o cortar los depósitos transversales o longitudinales del sellador de la junta en los límites de la reparación. Las juntas selladas del perímetro disminuirán los desportillamientos en las juntas de la reparación.

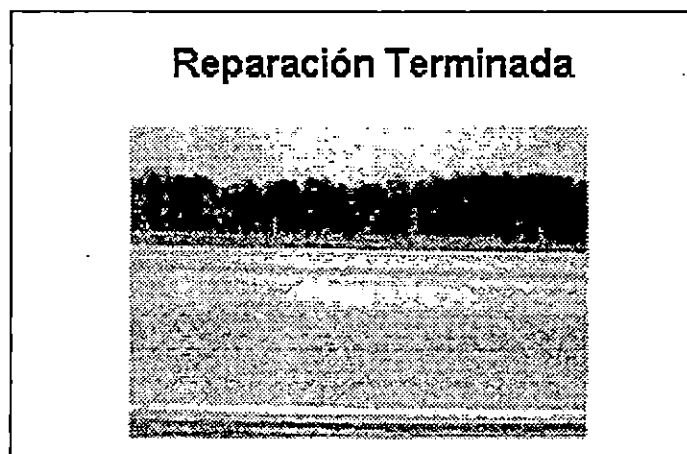


Fig.2.88 Reparación final.

2.4.2.3 RECOLOCACION DE PASAJUNTAS

La recolocación de pasajuntas es una técnica para restablecer la transferencia de carga a través de las juntas o grietas.

Este proceso sirve para reparar juntas deterioradas y prevenir su recurrencia. Sin embargo, si las juntas deterioradas ya están sumamente desportilladas, no se recomienda la recolección de pasajuntas y será necesaria una reparación profunda o parcial.

La transferencia de carga se refiere a la habilidad de una junta para transferir una parte de la carga aplicada en una losa a otra losa adyacente. Una transferencia de carga pobre conlleva a deterioros como dislocamiento, bombeo, rotura de esquina y desportillamientos.

Cuando la capacidad de transferencia de carga, baja del 50%, se debe reparar adecuadamente. Para ello, y previa inyección de los huecos que hubiesen podido formarse bajo la losa, se puede emplear dos técnicas.

La instalación de pasadores y la instalación de otros dispositivos capaces de transmitir esfuerzos cortantes en losas continuas.

En la primera se instalan entre 3 ó 4 pasadores de mayor diámetro (40 mm.) y longitud, que los normalmente utilizados, en las zonas de rodaje con una separación de 30 cm para ello se realiza una zanja perpendicular a la junta de unos 90cm de ancho.

Una vez colocados los pasadores se rellena la zanja con concreto de alta resistencia inicial.

La segunda técnica se basa en el desarrollo de equipos que no requieren la realización de zanjas en el pavimento. El sistema desarrollado en Francia, restablece la transferencia de cargas entre losas mediante un dispositivo especial.

La recolocación de pasajuntas consta de los pasos siguientes:

- Cortar las ranuras
 - Limpieza y preparación de las ranuras
 - Colocar las pasajuntas
 - Rellenar las ranuras
-
- Corte de las ranuras.

Las ranuras para las pasajuntas se cortan paralelas al centro de la línea del pavimento y paralelas uno a otro. Es necesario que estén bien alineadas para evitar que la junta se trabe cuando las losas se expandan y contraigan por los cambios de temperatura.

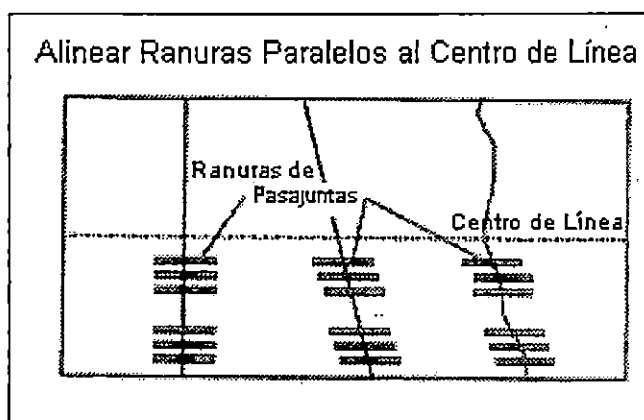


Fig.2.89 Corte de ranuras paralelas a al junta longitudinal.

La maquinaria, utilizada en esta actividad es exclusivamente para cortar ranuras para la recolocación de pasajuntas; estas máquinas simultáneamente cortan de tres a seis ranuras rápida y eficazmente, la mayoría utiliza cortadoras con discos de diamante, pero otra opción es una fresadora modificada con dientes de carburo.

Las cortadoras con discos de diamante normalmente requieren varias pasadas para completar cada juego de ranuras. El operador de la cortadora posiciona la cabeza de corte cuidadosamente y entonces la hunde en el concreto antes de avanzar sobre la junta o grieta. La primera pasada forma las orillas de la ranura y las subsecuentes cortan a mayor profundidad hasta que se llega a la requerida.

Cada ranura tiene un ancho aproximado de 20 mm más grande que el diámetro de la pasajunta. Para pasajuntas con diámetro de 32 mm, el ancho de la ranura debe ser aproximadamente 50 mm, también la ranura se debe profundizar un tanto más de la mitad del espesor de la losa, para que las pasajuntas queden a la mitad del espesor. La ranura debe ser lo bastante larga para que la pasajunta pueda colocarse sin tocar los extremos curvos de la ranura.

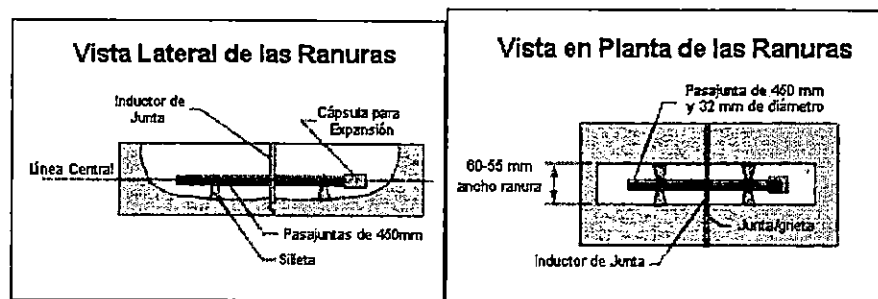


Fig.2.90 Vista en planta y elevación de las ranuras.

Se recomienda que se coloque la primera pasajunta en la rodera exterior aproximadamente entre 300-450 mm de la orilla del pavimento. La primera pasajunta en la rodera interior debe comenzar aproximadamente entre 450-600 mm del centro de la línea o junta longitudinal; las pasajuntas se espacian entre sí de 300 a 375 mm.

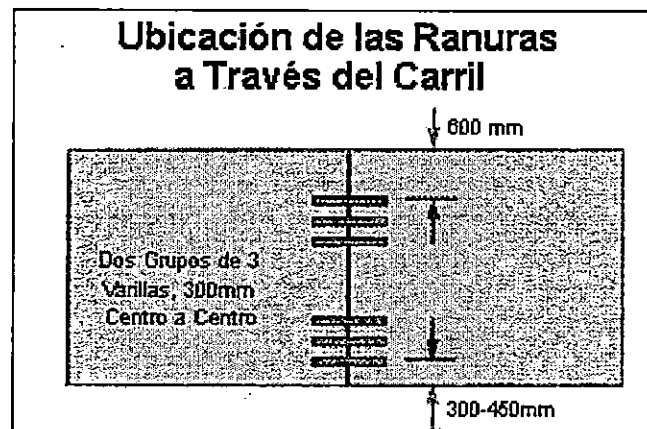


Fig.2.91 Ubicación recomendada para las ranuras.

- Limpieza y preparación de las ranuras:

Después de quitar los pedazos de concreto grandes, debemos quitar las piedras y sobrantes del fondo de la ranura con un martillo de cabeza pequeña. Con esto logramos nivelar el fondo de la ranura para que la pasajunta pueda quedar nivelada.

La ranura debe estar limpia antes de colocar la pasajunta y el material de reparación. De no hacerse de esta manera los materiales de la reparación no se unirían a los costados de la ranura y la reparación fallará; durante la limpieza de la ranura es importante limpiar las paredes de la misma así como su base.

El paso final antes de colocar las pasajuntas es calafatear la junta (o grieta) a lo largo del fondo y los lados de la ranura; el calafateo evitará que el material de la reparación se meta en la abertura de la junta.

Las pasajuntas, deberán tener un recubrimiento epóxico total para prevenir la corrosión, antes de colocar una pasajunta, necesita colocarle una tapa no metálica de expansión, dos sillas no metálicas y un inductor de junta compresible. El inductor puede ser espuma de estireno, el capuchón de expansión de 6 mm y el inductor de espuma de estireno de la junta ofrecen libertad de movimiento a la losa para expandirse sin apoyarse en el material de la reparación. Las silletas soportan a la pasajunta en la base de la ranura, alinean la pasajunta y dejan que el material de relleno rodee la pasajunta, las silletas deben ser bastante grandes para ofrecer un espacio libre de 12 mm alrededor de la barra.

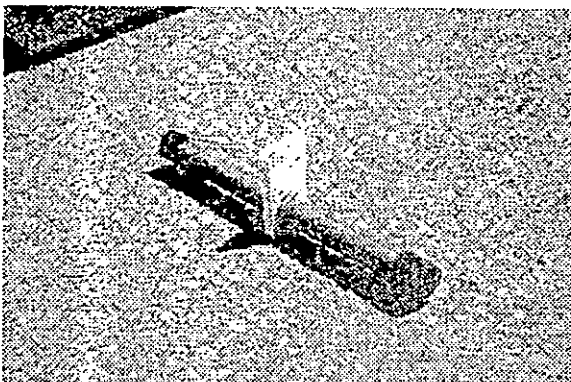


Fig.2.92 Pasajunta.

- Colocación de las pasajuntas:

Estas se deben colocar de modo que las patas de la silleta estén en el fondo de la ranura, el inductor deberá estar encima de la junta o grieta, con aproximadamente la mitad de la pasajunta en cada lado de la junta. Las patas de las sillas deberán encajar herméticamente contra las paredes de la ranura para mantener en su lugar, cuando se colocan correctamente, la alineación de la pasajunta deberá ser horizontal a la superficie del pavimento y paralela al centro de línea del pavimento.



Fig.2.93 Forma correcta de colocar las pasajuntas.

- Resellado de la ranura y material de relleno:

Cualquier material que sirva para reparaciones parciales deberá servir como material de relleno para una ranura de pasajunta.

La mayoría de las mezclas exigirán aditivos y polvo de aluminio para mejorar el tiempo de fraguado de la mezcla y reducir la contracción; se debe tener cuidado de no utilizar demasiado acelerador de cloruro porque causará que la pasajunta se corroa.

Se coloca el concreto en el área de reparación con carretillas, carritos u otro vehículo móvil, posteriormente vibramos el concreto fresco con vibradores pequeños de diámetro menor de 25mm, teniendo cuidado de no golpear la pasajunta con el vibrador para no deslinearla.

El acabado de la superficie de la ranura no es un elemento crítico de los trabajos, normalmente todo el pavimento se reperfila por medio de fresado con diamante después de los trabajos de recolocación de pasajuntas.

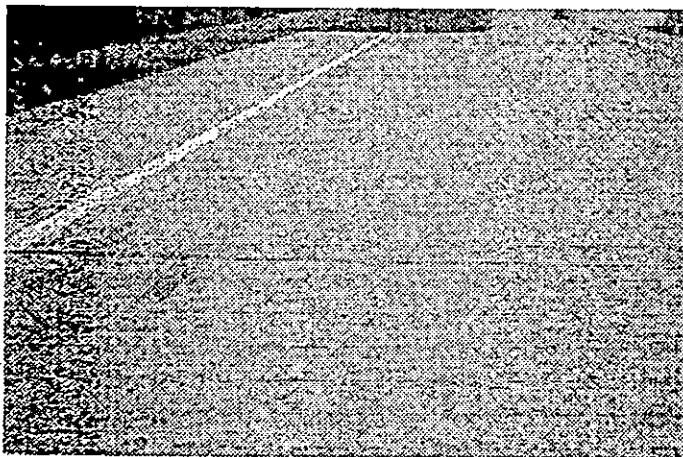


Fig.2.94 Superficie final.

CAPITULO III

APLICACION DE LA METODOLOGIA

AL TRAMO DE PAVIMENTO EN

ESTUDIO.

3.2 EVALUACION DEL PAVIMENTO EN ESTUDIO

3.2.1 INVENTARIO

3.2.1.1 DATOS DE RECOLECCION INICIAL

3.2.1.1.1 ANTECEDENTES

A principios del siglo XX, El Salvador, vivió uno de los mejores momentos de su desarrollo, tanto en el ámbito social como cultural. Como un elemento importante de este desarrollo se tiene la modernización de las vías de comunicación terrestres. En 1913, se somete a licitación el proyecto denominado "Saneamiento y Pavimentación de la Ciudad de San Salvador", resultando adjudicada la compañía Inglesa S. Pearson & Son, Sucesores S.A., quien realizó el diseño. Sin embargo, la ejecución de este proyecto fue pospuesta a causa de la primera guerra mundial y por la escasez económica en el país. La ejecución del proyecto se inició entre los años 1923 a 1928, por los señores R.W. Hebard y Cía. y René Keilhauer, quienes conservaron básicamente el diseño original de los ingleses, realizando algunas modificaciones.

El proyecto comprendía: saneamiento, alcantarillado, pavimentación, abastecimiento de agua potable y la instalación de ductos subterráneos para el alumbrado público.

La pavimentación, se realizaría en el centro de San Salvador y contemplaba pavimentos de concreto asfáltico, como de concreto hidráulico. Los últimos, se colocaron en las calles y avenidas principales; es decir, donde el tráfico era más intenso. Entre las avenidas pavimentadas tenemos la 6ta.Avenida Sur entre la 2da.y 4ta. Calle Oriente.

Todo el equipo empleado en las obras era de lo más moderno de la época e igual a las usadas en obras de pavimentación de las ciudades más importantes de América y Europa.

Entre los equipos empleados de mayor importancia tenemos: Concreteadora-pavimentadora "Austin" de 150 m³ (ver fig. 3.1), Concreteadora-pavimentadora "Multifoote" de 150m³, Aplanadoras Austin de 12m³, Aplanadoras Monarch de 12 m³, Trituradora de piedra "Kennedy-Van-Saun" de 200m³ y otros equipos pequeños.

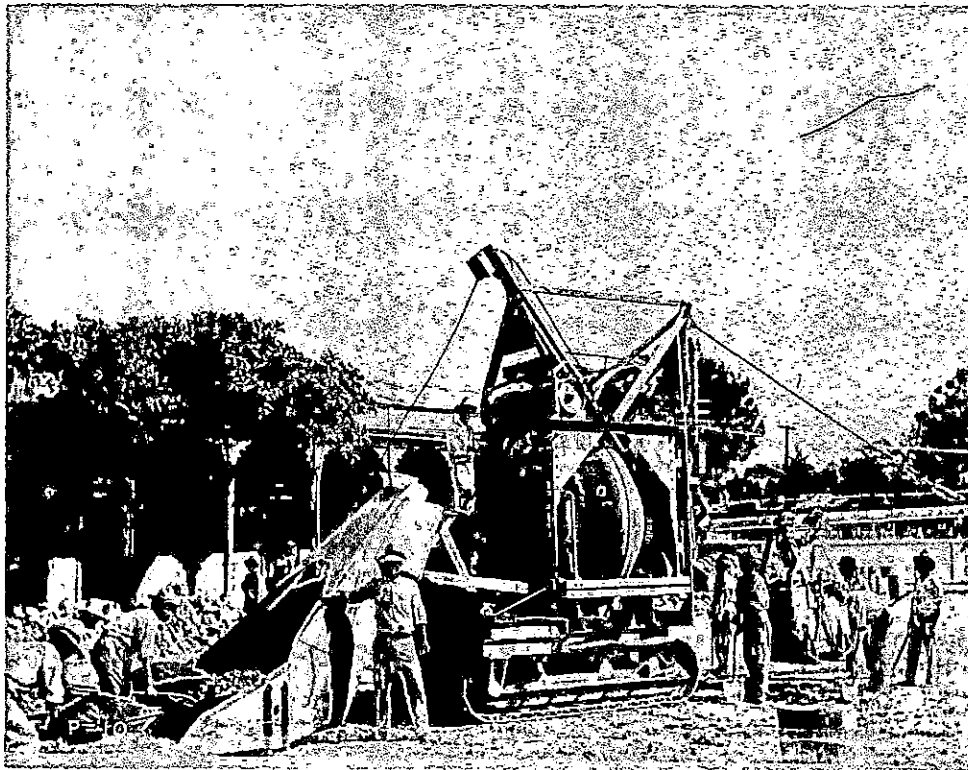


Fig. 3.1 Concreteadora Austin 1924

El personal técnico empleado en su mayoría fue importado, ya que se necesitaba obreros de experiencia en obras de saneamiento y pavimentación en países tropicales, en condiciones similares a las existentes en San Salvador.

La mayor parte de los materiales empleados también eran importados, porque según acuerdo ejecutivo tenían entrada libre de impuestos en el país, de modo que solamente se hacían compras locales en caso de emergencia. El cemento por ejemplo, era importado en barriles desde Bélgica¹.

Los materiales pétreos empleados en la elaboración del concreto hidráulico procedían de la cantera "Ayala", ubicada en las cercanías del Asilo Sara.

La proporción volumétrica utilizada, para el pavimento en estudio fue de 1:2:4 (Una parte de cemento, dos de arena y cuatro de grava); la cual proporciona aproximadamente una resistencia de 140 kg/cm²; colocándose en capas de rodamiento de 6" de espesor a la que se le agregaba una segunda capa de 2 ½ cm. de espesor, compuesta por la relación volumétrica de 1: 2 (Una parte de cemento y dos de arena).

¹ Información obtenida de los Diarios Oficiales, Noviembre de 1926.

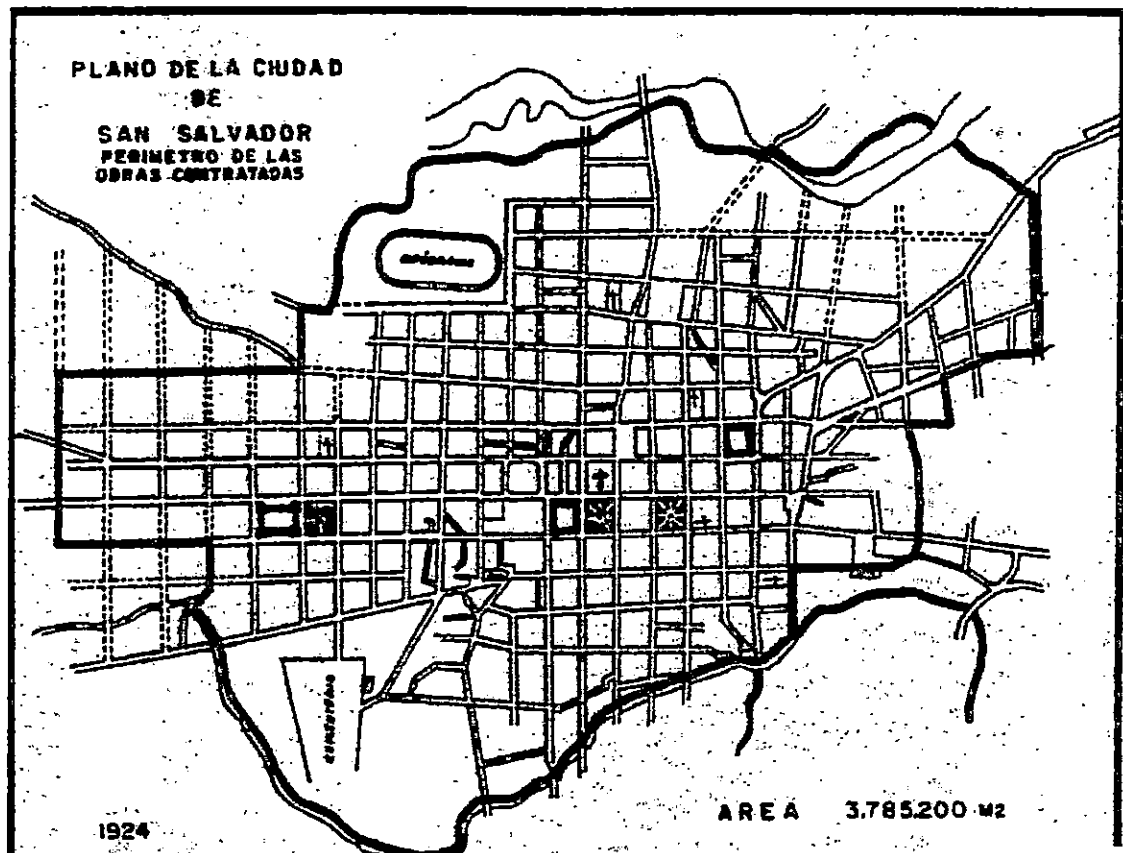


Fig. 3.2 Plano de San Salvador de 1924, en el cual se delimitan los trabajos del proyecto: "Saneamiento y Pavimentación de la Ciudad de San Salvador"

3.2.1.1.2 CRITERIO DE EPOCA (1924), REFERENTE AL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO.

Los criterios de diseño, construcción y tecnología de pavimentos de concreto hidráulico han evolucionado buscando aumentar productividad, capacidad de resistir cargas y disminuir costos de construcción. En El Salvador, esta evolución se ha visto desde el proyecto “Saneamiento y Pavimentación de la ciudad de San Salvador” a la fecha. A continuación se presentan algunas imágenes del proceso constructivo del proyecto mencionado.



Fig. 3.3 Colocación del material de sub-base.

En esta imagen se aprecia la colocación de material selecto para la sub-base, por medio de maquinaria de construcción guiada por cables, que deposita el material en la sub-rasante para ser extendida por recurso humano.

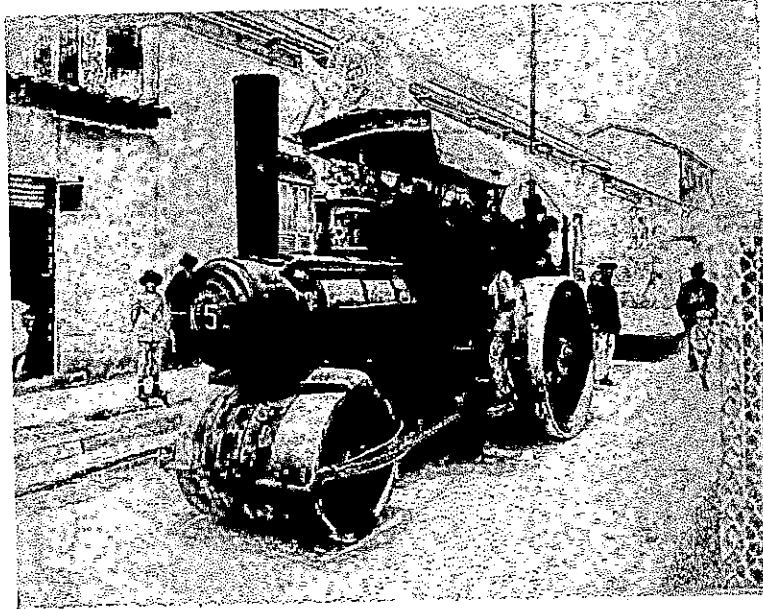


Fig. 3.4 Equipo de compactación.

La maquina que se utilizó para la compactación del material de la sub-base fue un rodillo liso, similar a los utilizados en la actualidad con la diferencia que este rodillo es impulsado por maquinaria a vapor. Se desconoce si el rodillo tenía la capacidad de vibrar.

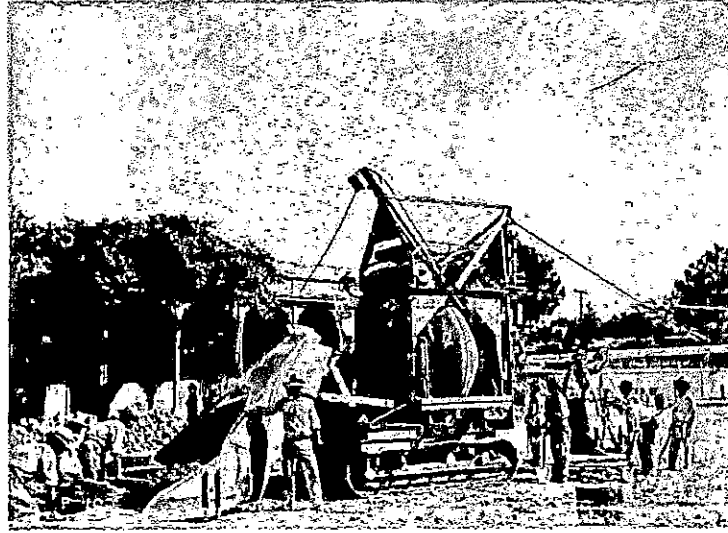


Fig. 3.5 Colocación de la capa de concreto.

En la figura se observa la concretera Austin, donde se prepara el concreto para distribuirlo posteriormente por carretillas hasta el lugar final. También se aprecia que la máquina posee una bomba mezcladora de materiales y que posteriormente lo traslada hasta el cucharón donde lo recogen los obreros.



Fig.3.6 Sello de juntas.

Esta imagen muestra el paso final de todo proyecto de construcción de carreteras como es el procedimiento de sellado de juntas, en este caso con material bituminoso y efectuado en forma manual por obreros entrenados para dicha actividad.



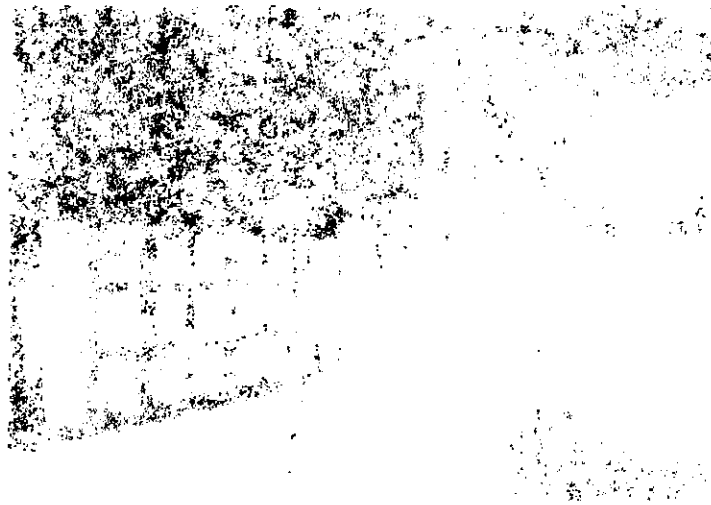
Fig.3.7 Control de calidad.

Se observa parte del equipo de laboratorio utilizado en el proyecto para el control de calidad de los materiales. Entre el equipo tenemos moldes para cilindros, balanza, cono para densidad, etc.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT
5712 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

PHYSICS 435



PHYSICS DEPARTMENT
5712 S. UNIVERSITY AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60637

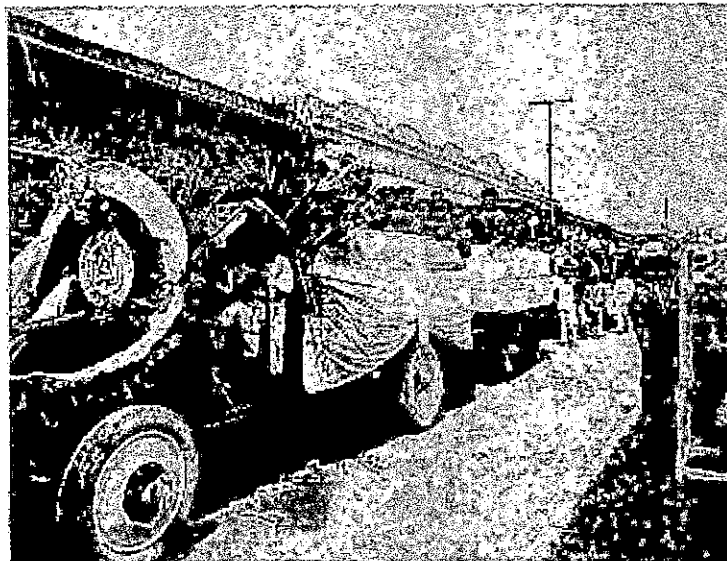


Fig.3.8 Inauguración del proyecto.

Esta carroza representa la inauguración de una de las vías pavimentadas del proyecto “Saneamiento y Pavimentación de San Salvador”

3.2.1.1.2 CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

a) Sub-rasante:

La sub-rasante con que cuenta el pavimento es arena limosa, ya que ese es el material predominante en el centro de San Salvador, la capacidad de carga de dicho estrato se obtendrán de los ensayos de campo, los cuales se mostrarán más adelante.

b) Base:

El material utilizado como base es una arena limosa, según la clasificación visual manual realizada en laboratorio, la hoja de resultados se presenta mas adelante.

El espesor promedio de la base según inspección de campo, oscila entre 20–30 cm., se deduce un espesor promedio de 26.40 cm. La capacidad de soporte será analizada detenidamente en la evaluación estructural.

La humedad del material se calculó, obteniendo un valor 12.24 % al momento de la prueba.

c) Losas de concreto:

El tramo en estudio es de 63.11 m esta constituido por 12 losas de concreto hidráulico, con un ancho de 4.40 m y una longitud de 10.50 m, sin dispositivos de transferencia de carga (dovelas), ni barras de amarre.

El espesor promedio de la losa es de 17.30 cm. de acuerdo a la extracción de núcleos realizada.

d) Juntas transversales y longitudinales:

Las juntas transversales tienen un espaciamiento de 10.50 m, a espesor completo, y su ancho en la actualidad es de 2.5 cm, observándose materiales incompresibles dentro de ellas ya que no presentan sello en la mayoría, exceptuando unas partes que tienen material asfáltico como sello.

El tramo consta de dos carriles, en un solo sentido de circulación. Los carriles están divididos por medio de una junta longitudinal con un ancho actual de 2.0 cm a espesor completo, observándose materiales incompresibles en ella (Ver plano topográfico, anexos).

3.2.1.1.3 CONDICIONES CLIMATICAS.

La temperatura promedio máxima y mínima en el tiempo que se realizó la construcción como también las actuales se presentan en la siguiente tabla:

| Temperatura | Epoca de construcción (1924) | Actualidad (2002) |
|-------------|------------------------------|-------------------|
| Máxima | 28.4° C | 36.2 ° C |
| Mínima | 17.2° C | 19.5° C |

Tabla 3.1 Fuente: Diarios oficiales de 1924 y El Instituto Meteorológico

En el Salvador, los cambios de temperatura no son muy elevados comparados con los ocurridos en otros países del continente Americano. Aunque según la tabla 3.1, pasados 78 años los cambios de temperatura se incrementan.

Con los datos de la tabla 1, podemos estimar los movimientos lineales que sufrieron las losas en la época de su construcción, por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta L = CL(\alpha \Delta T + \epsilon).$$

Donde:

ΔL = Cambio de longitud de losa.

C = Factor de restricción friccionante entre la sub-base y la losa, 0.8 para material granular.

L = Longitud de la losa, en metros.

α = Coeficiente de expansión térmica de concreto, 6.0×10^{-6} 1/F°

ΔT = Variación de temperatura.

ϵ = Coeficiente de contracción del concreto, 0.0003493 m/m.

a) Movimiento de losas en el año 1924:

$$\Delta L = 0.8(10.50 \text{ m})[6.0 \times 10^{-6} 1/F^{\circ}(50.16 F^{\circ}) + 0.0003493 \text{ m/m}] = 0.005462 \text{ m} = 0.54 \text{ cm.}$$

$$\Delta L = 0.54 \text{ cm.}$$

Se puede observar que las losas se desplazaban 0.54 cm en forma lineal.

b) Movimiento de losas en la actualidad, 2002:

$$\Delta L = 0.8(5.25 \text{ m})[6.0 \times 10^{-6} 1/F^{\circ}(62.06 F^{\circ}) + 0.0003493 \text{ m/m}] = 0.00303 \text{ m} = 0.30 \text{ cm.}$$

$$\Delta L = 0.30 \text{ cm.}$$

Aunque los cambios de temperatura son mayores, los desplazamientos lineales son menores porque la longitud de las losas se ha disminuido a la mitad por las grietas que se han formado.

3.2.1.2 DATOS DE RECOLECCION PERIODICA.

- TRAFICO VEHICULAR PRESENTE.

Para calcular el tráfico promedio diario anual (TPDA), se realizó conteo vehicular en el tramo de estudio durante 12 horas (6:00am a 6:00pm) los días 9 y 10 de septiembre del 2001. La 6ta. Av. Sur tiene como afluentes principales en la actualidad a la 2da. Calle Oriente (Calle Rubén Darío), 4ta. Calle Oriente y 4ta. Avenida Norte.

En el conteo vehicular realizado se detectaron los siguientes tipos de vehículos: motocicleta, automóvil, pick-up, autobús, camión de 2 ejes (C2) y camión de 3 ejes (C3).

Para efecto de cálculo no se tomaron en cuenta las cargas de la motocicleta por ser despreciables y las cargas de los microbuses se unificaron con las cargas de los pick-up por considerarse similares.

| CONTEO VEHICULAR | | | |
|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------------|
| Tipo de vehículo | Tráfico Domingo | Tráfico Lunes | Composición vehicular (%) |
| Automóvil | 246 | 236 | 12.67 |
| Pick-up | 696 | 706 | 36.85 |
| Autobús | 802 | 976 | 46.74 |
| Camión de 2 ejes (C2) | 69 | 69 | 3.63 |
| Camión de 3 ejes (C3) | 2 | 0 | 0.11 |

Tabla 3.2 Conteo vehicular realizado.

De acuerdo a estos datos de tránsito se calculó el número de repeticiones de carga equivalentes a 8.2 ton (ESAL's) lo cual se muestra en la tabla siguiente:

**METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y REPARACION
DE PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO.**

(TRAFICO ACTUAL)

| CALCULO DEL ESAL'S | | | | | | |
|---|-----------------|---------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------|------------------|
| Localización: 6° Av. Norte, Entre 2° y 4° Calle Oriente | | | | Espesor de losa: 17cm (6.81") | | |
| Transito Promedio Diario Anual (TPDA): 1902 | | | | | | |
| Tipo de vehículo | Estado de carga | Composicion vehicular (%) | Tráfico presente | Tráfico de diseño | Fac de eje equivalente | ESAL's de diseño |
| Automóvil | total | 12.67 | 241.00 | 87965.00 | 0.000760 | 66.85 |
| Pick-up | total | 36.85 | 701.00 | 255865.00 | 0.046126 | 11802.03 |
| Autobús | total | 46.74 | 889.00 | 324485.00 | 2.514350 | 815868.86 |
| Camión de dos ejes | total | 3.63 | 69.00 | 25185.00 | 1.579400 | 39777.19 |
| Camión de tres ejes | total | 0.11 | 2.00 | 730.00 | 0.396900 | 289.74 |
| | | | | | | 867804.6681 |

Factor de Sentido (FS) : 1.0

Factor de Carril (Fc) : 0.80

$$ESAL's = 867804.6681 \quad \begin{matrix} FS & FC \\ (1.0) & (0.80) \end{matrix}$$

ESAL's = 694243.73

Tabla 3.3 Calculo del ESAL's, basado en AASHTO 1986.

- **ACCIONES DE CONSERVACION.**

El estado de deterioro en que se encuentra la 6ta.Avenida Sur, obedece al poco o nada de mantenimiento que en nuestro país se le da a la red vial; especialmente a los

Al tramo antes mencionado entre la 2da. Y 4ta.Calle Oriente, se le han resellado juntas y efectuado bacheos con material bituminoso y una reparación con concreto como se puede ver en la (fig. 3.9 y 3.10). Lo cual nos da un indicativo del mantenimiento que reciben estas estructuras.



Fig. 3.9 Bacheo con asfalto y concreto.

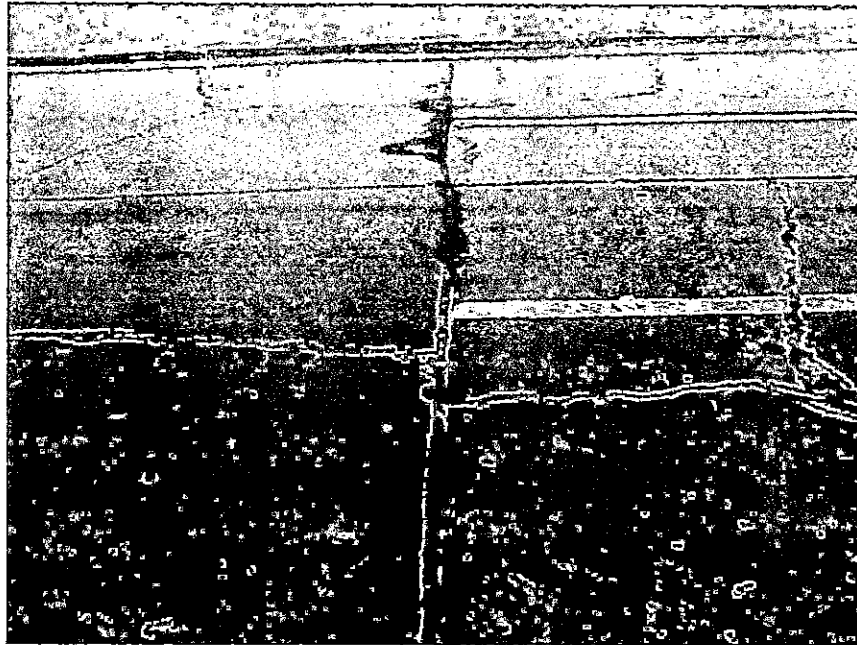


Fig. 3.10 Sello de las juntas transversales con material bituminoso.

3.2.2 EVALUACION ESTRUCTURAL.

Esta etapa comprende el análisis cualitativo y cuantitativo de la capacidad de soporte en conjunto que posee el pavimento, con la idea de mejorar la comodidad de manejo, la integridad estructural y prolongar la vida de servicio del pavimento.

La extracción de núcleos en el tramo de estudio permitirá confirmar los datos del diseño original del pavimento, de igual manera la resistencia a compresión y flexión del pavimento. Esta última deducida basándose en una tensión indirecta (Prueba brasileña) sobre los núcleos.

También se realizaron sondeos de la sub-base para determinar sus características básicas de esta a través del Penetrómetro del Cono Dinámico (D.C.P.), a partir de la cual se calculó el C.B.R. de campo.

Toda la investigación anterior se ha realizado con el propósito de determinar el origen del estado de deterioro actual de la estructura del pavimento y proponer alternativas de solución.

3.2.2.1 INSPECCION VISUAL.

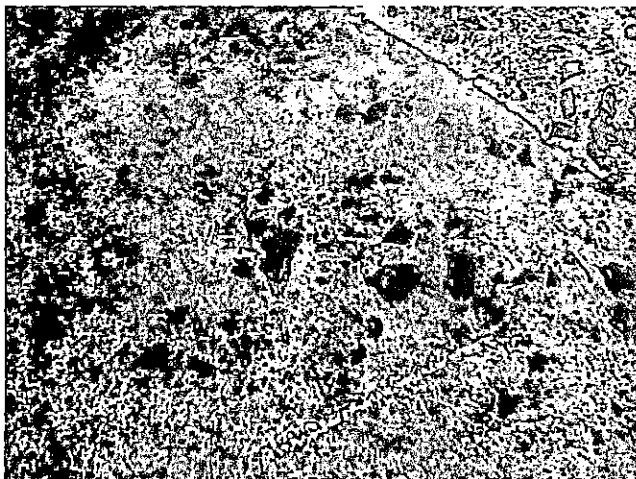
En el tramo de estudio se realizó la inspección visual manual por un equipo de tres evaluadores para diagnosticar la condición del pavimento. Dicha inspección se llevó a cabo en dos etapas y en horas de temperatura baja como recomienda la metodología.

Primera etapa:

Se realizó sin cerrar la vía y se obtuvo una visión general de los deterioros presentes en la estructura, por ejemplo reparaciones existentes, falta de sello en las juntas, exposición del agregado grueso y grietas, como se puede observar en la (fig.3.11).



Grietas transversales y longitudinales.



Exposición de agregados.

Fig. 3.11 Inspección de deterioros.

Segunda etapa:

En esta etapa es necesario verificar la causa y extensión de los deterioros observados en la etapa anterior por lo que fue conveniente cerrar el tramo de análisis.

Aquí se tomaron medidas directas de los deterioros para identificarlos y poder definir el tipo, gravedad y extensión del mismo, como se observa seguidamente (fig. 3.12).

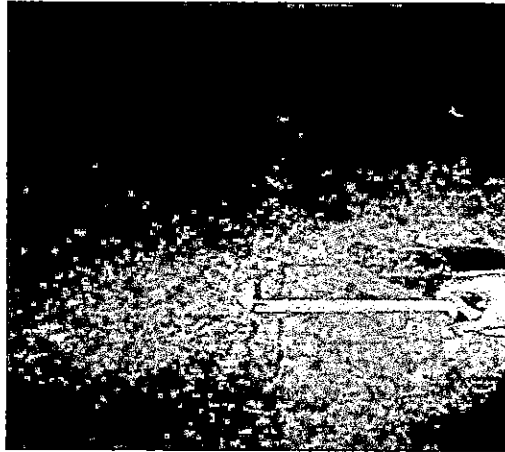


Fig. 3.12 Medida del ancho de una junta transversal.

También se realizaron extracciones de núcleos, CBR de campo, inspección del drenaje superficial, medición de escalonamientos y desportillamientos (ver fig. 3.13).

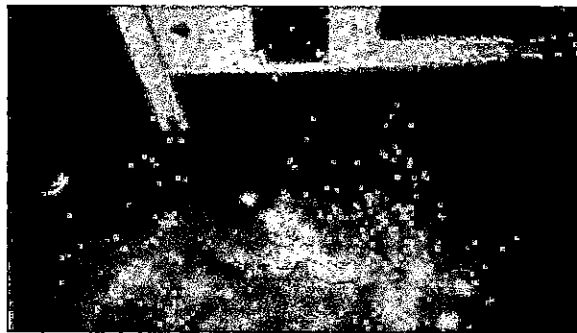


Fig. 3.13 Medida de un escalonamiento.

3.2.2.2 LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS

Este levantamiento fue parte de la inspección visual realizada, en esta parte se realizó la medida directa de los diferentes defectos estructurales, superficiales y en las juntas que presenta el pavimento en estudio, tomando en consideración la seguridad de los evaluadores por lo que se utilizaron chalecos de identificación con cintas fosforescentes y conos de seguridad.

Se adoptaron los criterios utilizados por la metodología SHRP para la tipología de deterioros, presentada en el capítulo anterior, de esta forma se clasificó cada grieta y daño registrado con su nivel de severidad respectivo.

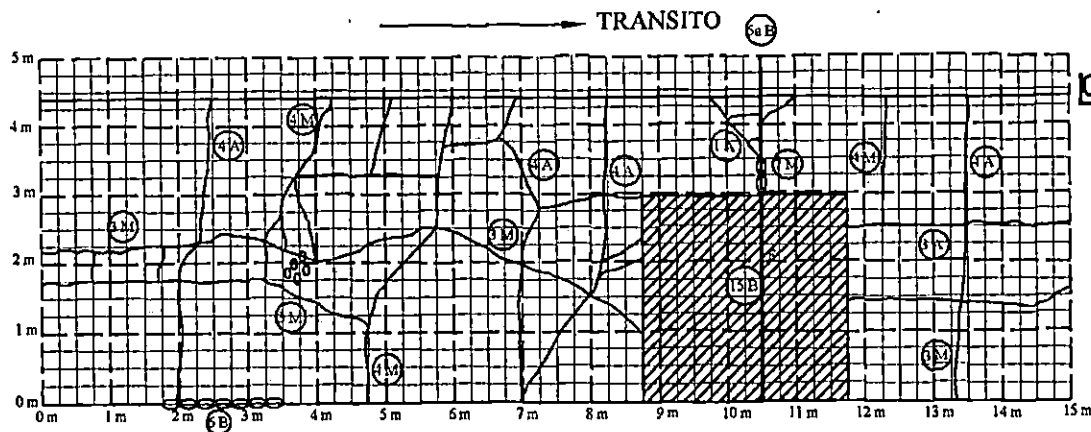
Se dividió el tramo en estudio en dos carriles definiendo su límite por medio de la junta longitudinal al centro del tramo, de esta forma se identifica el tramo oriente y el tramo poniente para los cuales se realizó su mapa de deterioro respectivo.

A continuación se presentan los mapas de deterioros para cada carril de acuerdo al levantamiento de deterioros realizado. (Ver gráficas 3.1 a 3.4).

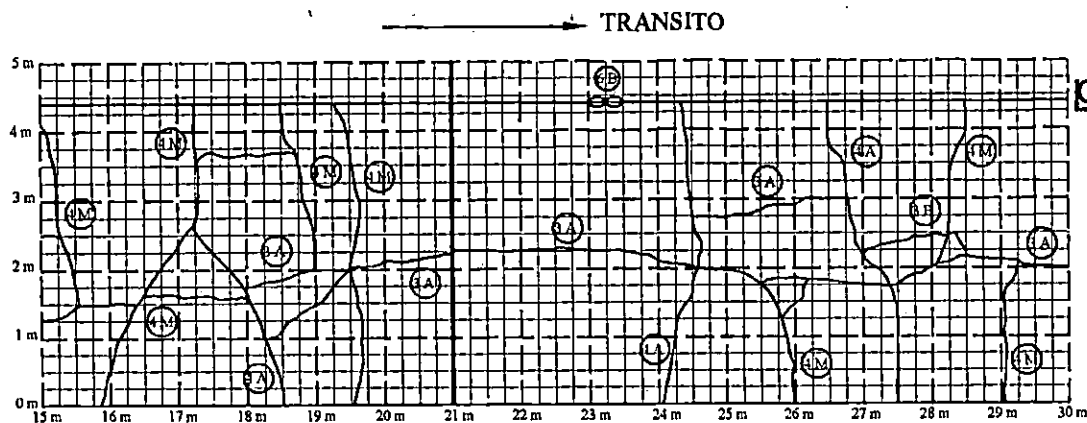
Nombre: _____

Carril: _____

Tramo: _____



Comentarios: _____



Comentarios: _____

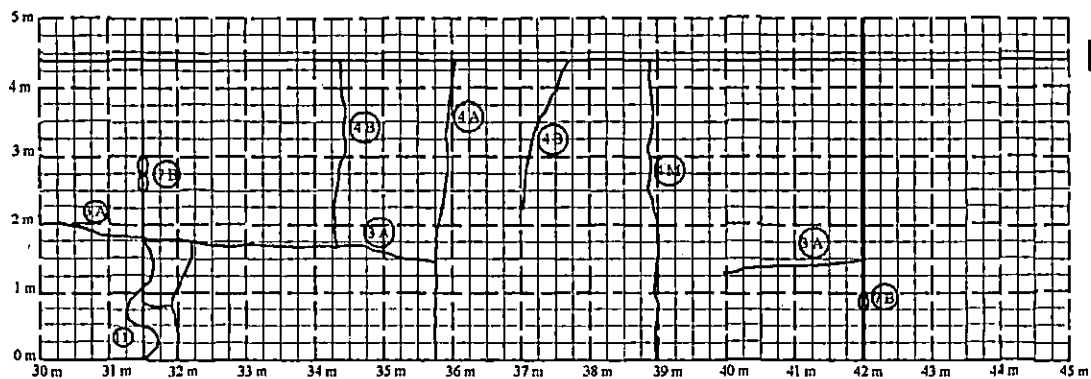
MAPA DE DETERIOROS CARRIL ORIENTE

Nombre: _____

Carril: _____

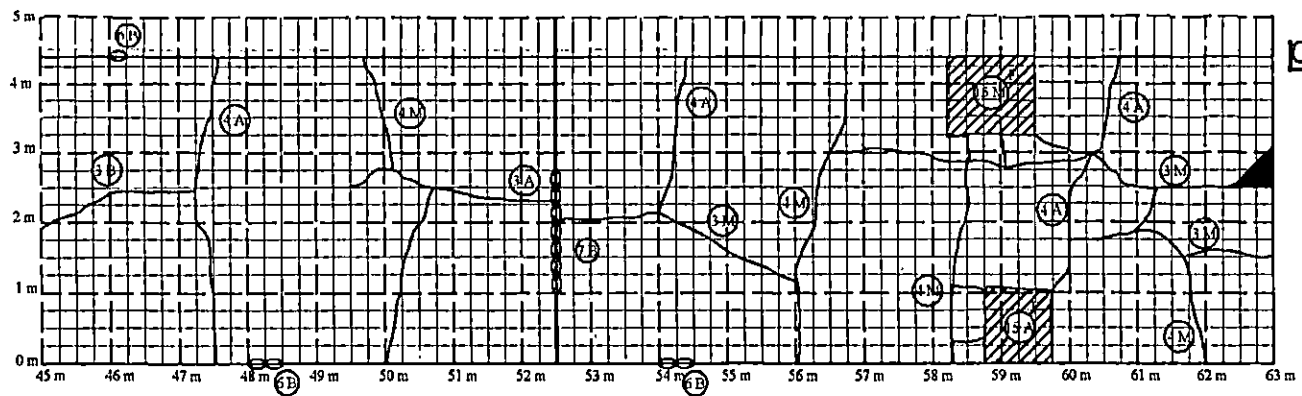
Tramo: _____

→ TRANSITO



Comentarios: _____

→ TRANSITO



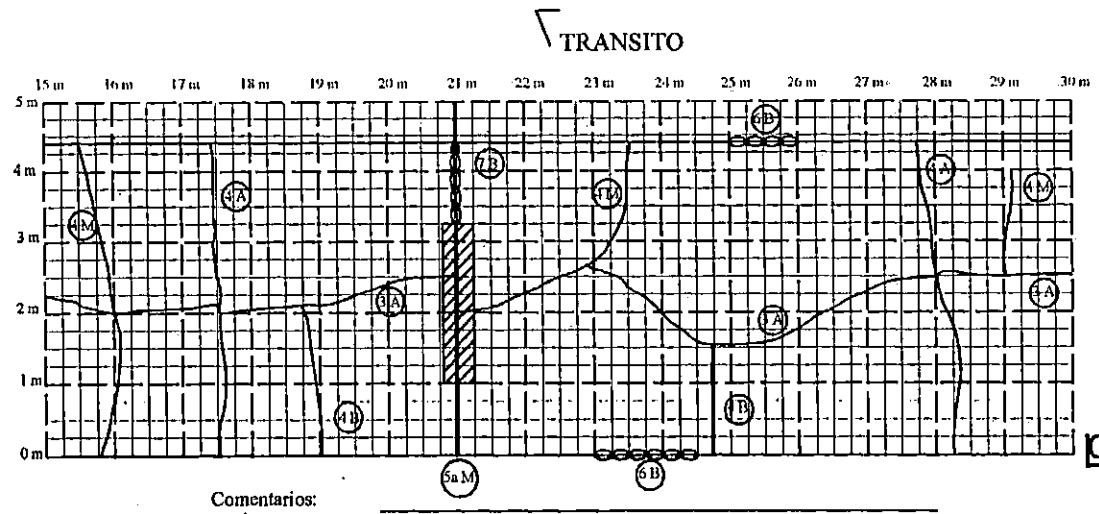
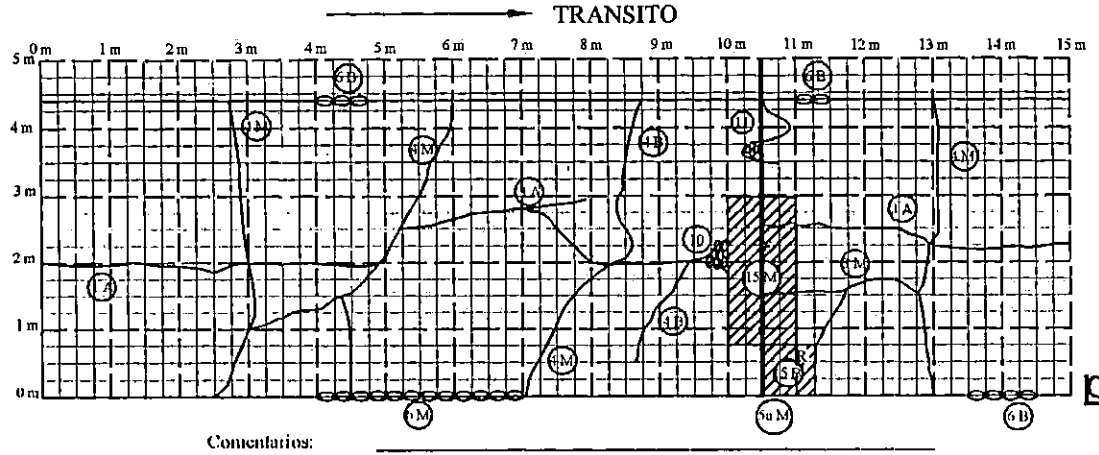
Comentarios: _____

MAPA DE DETERIOROS CARRIL ORIENTE

Nombre: _____

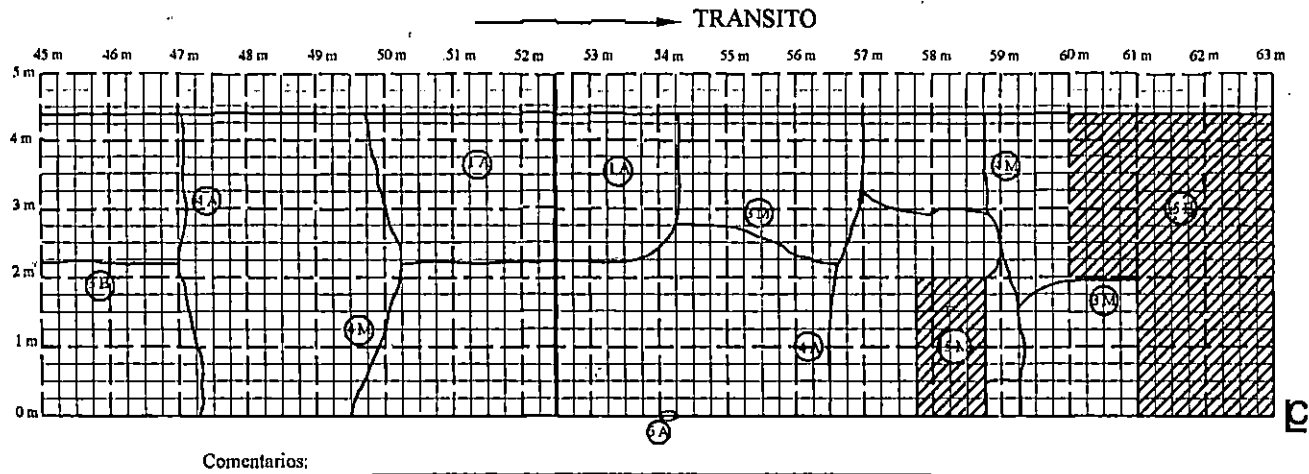
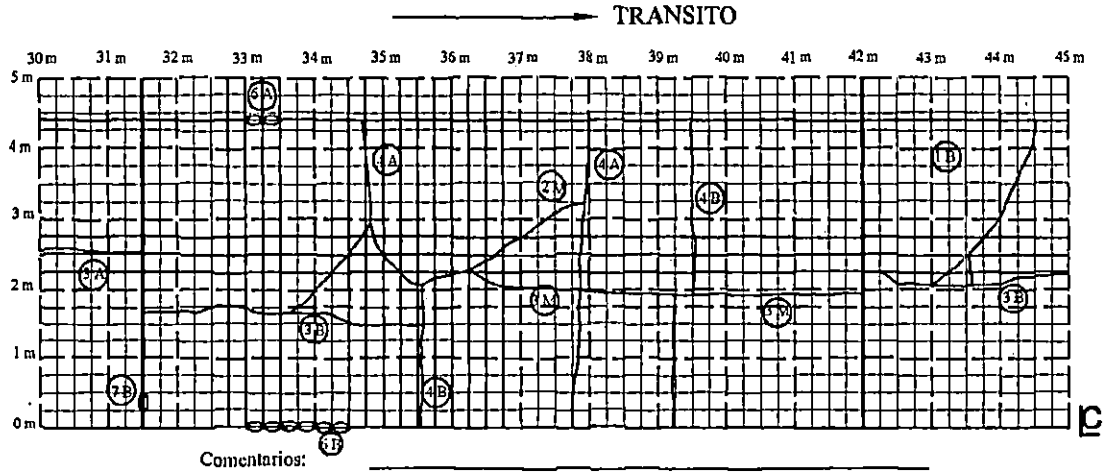
Carril: _____

Tramo: _____



MAPA DE DETERIOROS CARRIL PONIENTE

Nombre: _____
Carril: _____
Tramo: _____



MAPA DE DETERIOROS CARRIL PONIENTE

A continuación se presentan las hojas de levantamiento donde se obtiene un registro ordenado de todos los tipos de deterioros observados.

HOJA 1

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C.Ote

Tramo: Oriente

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO CON JUNTAS

| TIPO DE DETERIORO | NIVEL DE SEVERIDAD | | |
|---|--------------------|----------|------|
| | BAJO | MODERADO | ALTO |
| AGRIETAMIENTO | | | |
| 1. ROTURA DE ESQUINA (número) | 0 | 0 | 1 |
| 2. AGRIETAMIENTO OBLICUO | | | |
| 3. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL | | | |
| (metros) | 5.5 | 25.8 | 27.3 |
| Longitud sellada | | | |
| (metros) | 0 | 10.8 | 0 |
| 4. AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL | | | |
| (número de grietas) | 2 | 15 | 11 |
| (metros) | 5.1 | 48.6 | 46 |
| Longitud sellada | | | |
| (metros) | 0 | 3.2 | 4.5 |
| DEFICIENCIAS DE LAS JUNTAS | | | |
| 5a. SELLO DAÑADO EN LA JUNTA TRANSVERSAL | | | |
| ¿Sellada? (S,N) | | | S |
| Si "S", número de juntas | 1 | 0 | 0 |
| 5b. SELLO DAÑADO EN LA JUNTA LONGITUDINAL | | | |
| Número de juntas longitudinales que han sido selladas | 0 | 0 | 0 |
| Longitud de sello dañado (metros) | 0 | 0 | 0 |
| 4. DESPORTILLAMIENTO DE J. LONGITUDINALES | | | |
| (metros) | 3.5 | 0 | 0 |
| 5. DESPORTILLAMIENTO DE J. TRANSVERSALES | | | |
| Número de juntas afectadas | 3 | 1 | 0 |
| Longitud desportillada (metros) | 2.6 | 0.5 | 0 |

Tabla 3.4 Hoja 1, carril Oriente.

HOJA 2

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C.Ote
Tramo: Oriente

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO CON JUNTAS**

| TIPO DE DETERIORO | NIVEL DE SEVERIDAD | | |
|---|--|----------|----------|
| | BAJO | MODERADO | ALTO |
| Fecha del levantamiento (día,mes,año) | 23 nov. 2001 | | |
| Calificadores: | C.R.C | J.A.R | H.A.A |
| DEFORMACION DE LA SUPERFICIE | | | |
| 8a. AGRIETAMIENTO MAPA (número) (metros cuadrados) | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| 8b. ESCAMADURA (número) (metros cuadrados) | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| 9. AGREGADO PULIDO (metros cuadrados) | 0 | 0 | 221.7 |
| 10. DESPRENDIMIENTOS (número por metro cuadrado) | 0 | 0 | 1 |
| OTROS DETERIOROS | | | |
| 11. ESTALLAMIENTOS (número) | 0 | 0 | 1 |
| 12. ESCALONAMIENTO DE JUNTAS TRANSVERSALES Y GRIETAS (ver hoja 3) | | | |
| 13. HUNDIMIENTO CARRIL A CUNETAS (ver hoja 4) | | | |
| 14. SEPARACION CARRIL A CUNETAS (ver hoja 4) | | | |
| 15. BACHEO/DAÑO DEL BACHEO (número) (metros cuadrados) | 1 8.4 | 1 1.7 | 1 1.2 |
| 16. SANGRADO DE AGUA Y BOMBEO (número de ocurrencias) (longitud afectada) (metros cuadrados) | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| 17. OTROS (describir): | Hundimiento de losa en un punto específico de 8 mm | | |

Tabla 3.5 Hoja 2, carril Oriente

HOJA 3

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C.Ote
Tramo: Oriente

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO CON JUNTAS**

Fecha del levantamiento (d/a/mes/año)

23 nov. 2001

Calificadores:

CRC

J.A.R

H.A.A

12.ESCALONAMIENTO DE JUNTAS TRANSVERSALES Y GRETTAS

| Distancia (metros) | Junta o grieta (J/G) | Longitud de la grieta (metros) | Bien sellada(S/N) | Longitud del desportillamiento de la Junta | | | Escalonamiento(mm) | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|---|-----|---|--------------------|--------|
| | | | | B | M | A | 0.3 m | 0.75 m |
| 1.9 | G | 4.6 | N | 0 | 0.4 | 0 | 0 | 0 |
| 3.3 | G | 1.8 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.7 | G | 4.6 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.8 | G | 1.5 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | G | 4.5 | N | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | G | 4.6 | N | 0.3 | 0 | 0 | 1+ | 0 |
| 10.5 | J | 4.4 | N | 0 | 0.5 | 0 | 3+ | 2+ |
| 12.3 | G | 2.1 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13.4 | G | 4.3 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15.6 | G | 2.7 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15.8 | G | 4.7 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18.5 | G | 2.8 | N | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | G | 2.4 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19.6 | G | 4.5 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | J | 4.4 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24.1 | G | 4.6 | N | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | G | 1.9 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27.5 | G | 4.8 | N | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28.1 | G | 2.3 | N | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29.1 | G | 2.1 | N | 0 | 2.2 | 0 | 0 | 0 |
| 31.5 | J | 4.4 | N | 0.7 | 0 | 0 | 23+ | 20+ |
| 33.3 | G | 2.7 | N | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 35.8 | G | 4.5 | N | 0 | 1.2 | 0 | 2+ | 1+ |
| 37.1 | G | 2.2 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39 | G | 4.4 | N | 0 | 1.2 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | J | 4.4 | N | 0.2 | 0 | 0 | 9+ | 7+ |
| 47.5 | G | 4.6 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | G | 4.5 | N | 0 | 3.4 | 0 | 0 | 0 |
| 52.5 | J | 4.4 | N | 1.7 | 0 | 0 | 20+ | 20+ |
| 54 | G | 2.3 | N | 0 | 2.3 | 0 | 0 | 0 |
| 56.1 | G | 4.7 | N | 0 | 3.4 | 0 | 1+ | 2+ |
| 58 | G | 3.4 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | G | 3 | N | 0.4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 62 | G | 2.6 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | J | 4.4 | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 3.6 Hoja 3, carril Oriente

HOJA 4

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C.Ote
Tramo: Oriente

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO CON JUNTAS**

Fecha del levantamiento (día,mes,año) 23 nov. 2001

Calificadores: C.R.C J.A.R H.A.A

13.Hundimiento carril-cuneta

14.Separación carril-cuneta

| Punto | Distancia (metros) | Hundimiento carril-cuneta (mm) | Separación carril-cuneta (mm) | Bien sellada(S/N) |
|-------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1 | 0 | 0 | 20 | N |
| 2 | 15 | 0 | 25 | N |
| 3 | 30 | 75 | 25 | N |
| 4 | 45 | 55 | 20 | N |
| 5 | 60 | 0 | 20 | N |

Tabla 3.7 Hoja 4, carril Oriente

HOJA 1

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C.Ote

Tramo: Poniente

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO CON JUNTAS

Fecha del levantamiento (día,mes,año) 23 nov. 2001

Calificadores: C.R.C J.A.R H.A.A

Temperatura del pavimento: Antes 24° Despues 26°

Fotografias, videos o ambos(f,v,a): f

| TIPO DE DETERIORO | NIVEL DE SEVERIDAD | | |
|--|--------------------|----------|------|
| | BAJO | MODERADO | ALTO |
| AGRIETAMIENTO | | | |
| 1. ROTURA DE ESQUINA (número) | 1 | 0 | 2 |
| 2. AGRIETAMIENTO OBLICUO | 0 | 0 | 0 |
| 3. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL (metros) | 9.2 | 13.6 | 23.4 |
| Longitud sellada (metros) | 0 | 0 | 0 |
| 4. AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL (número de grietas) | 5 | 9 | 6 |
| (metros) | 12.9 | 34.5 | 27.4 |
| Longitud sellada (metros) | 0 | 0 | 0 |
| DEFICIENCIAS DE LAS JUNTAS | | | |
| 5a. SELLO DAÑADO EN LA JUNTA TRANSVERSAL ¿Sellada? (S,N) | | | S |
| Si "S", número de juntas | 0 | 2 | 0 |
| 5b. SELLO DAÑADO EN LA JUNTA LONGITUDINAL Número de juntas longitudinales que han sido selladas | 0 | 0 | 0 |
| Longitud de sello dañado (metros) | 0 | 0 | 0 |
| 6. DESPORTILLAMIENTO DE J. LONGITUDINALES (metros) | 7.1 | 3.2 | 0.8 |
| 7. DESPORTILLAMIENTO DE J. TRANSVERSALES Número de juntas afectadas | 2 | 0 | 0 |
| Longitud desportillada (metros) | 1.5 | 0 | 0 |

Tabla 3.7 Hoja 1, carril Poniente

HOJA 2

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C.Ote

Tramo: Poniente

LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO CON JUNTAS

| TIPO DE DETERIORO | NIVEL DE SEVERIDAD | | |
|---|--------------------|----------|-------|
| | BAJO | MODERADO | ALTO |
| DEFORMACION DE LA SUPERFICIE | | | |
| 8a. AGRIETAMIENTO MAPA (número) | 0 | 0 | 0 |
| (metros cuadrados) | 0 | 0 | 0 |
| 8b. ESCAMADURA (número) | 0 | 0 | 0 |
| (metros cuadrados) | 0 | 0 | 0 |
| 9. AGREGADO PULIDO | | | |
| (metros cuadrados) | 0 | 0 | 221.7 |
| 10. DESPRENDIMIENTOS | | | |
| (número por metro cuadrado) | 0 | 0 | 1 |
| OTROS DETERIOROS | | | |
| 11. ESTALLAMIENTOS (número) | 0 | 0 | 1 |
| 12. ESCALONAMIENTO DE JUNTAS TRANSVERSALES Y GRIETAS (ver hoja 3) | | | |
| 13. HUNDIMIENTO CARRIL A HOMBRO (ver hoja 4) | | | |
| 14. SEPARACION CARRIL A HOMBRO (ver hoja 4) | | | |
| 15. BACHEO/DAÑO DEL BACHEO | | | |
| (número) | | | |
| (metros cuadrados) | 0.6 | 4.4 | 0 |
| 16. SANGRADO DE AGUA Y BOMBEO | | | |
| (número de ocurrencias) | 0 | 0 | 0 |
| (longitud afectada) | | | |
| (metros cuadrados) | 0 | 0 | 0 |
| 17. OTROS (describir) | | | |

Tabla 3.9 Hoja 2, carril Poniente

HOJA 3

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C/Ote
Tramo: Puente

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO CON JUNTAS**

Fecha del levantamiento (día,mes,año)

23 nov. 2001

Calificadores:

CRC

IAR

HAA

12.ESCALONAMIENTO DE JUNTAS TRANSVERSALES Y GRIETAS

| Distancia (metros) | Junta o grieta (J/G) | Longitud de la grieta (metros) | Bien sellada(S/N) | Longitud del desportillamiento de la junta | | | Escalonamiento(mm) | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|--|-----|-----|--------------------|--------|
| | | | | B | M | A | 0.3 m | 0.75 m |
| 2.5 | G | 4.8 | N | 0 | 0 | 0.4 | 1+ | 0 |
| 5.8 | G | 4.9 | N | 4.7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.5 | G | 5 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.2 | G | 1.7 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.5 | J | 4.4 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | G | 4.6 | N | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15.5 | G | 4.9 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.4 | G | 4.5 | N | 0 | 1.3 | 0 | 0 | 0 |
| 18.8 | G | 2.2 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | J | 4.4 | N | 1.3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23.7 | G | 1.8 | N | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 24.7 | G | 1.6 | N | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | G | 4.8 | N | 0 | 4.5 | 0 | 0 | 0 |
| 31.5 | J | 4.4 | N | 0.2 | 0 | 0 | 2- | 1- |
| 35.4 | G | 4.6 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | G | 4.5 | N | 0 | 0 | 2.7 | 0 | 0 |
| 39.2 | G | 2 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 39.5 | G | 2.5 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 42 | J | 4.4 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 47.1 | G | 4.5 | N | 0 | 0 | 1.4 | 0 | 0 |
| 49.8 | G | 4.8 | N | 0.5 | 1.2 | 0 | | |
| 52.5 | J | 4.4 | N | 0.6 | 0 | 0 | 3- | 2- |
| 54.3 | G | 1.7 | N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | G | 4.6 | N | 0 | 2.6 | 0 | 1- | 1- |
| 58.8 | G | 4.8 | N | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 3.10 Hoja 3 carril Puente

HOJA 4

Nombre: 6ta. Avenida Sur entre 2da y 4ta C.Ote
Tramo: Poniente

**LEVANTAMIENTO DE DETERIOROS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO
HIDRAULICO CON JUNTAS**

Fecha del levantamiento (día,mes,año) 23 nov. 2001

Calificadores: C.R.C J.A.R H.A.A

13.Hundimiento carril-cuneta

14.Separación carril-cuneta

| Punto | Distancia (metros) | Hundimiento carril-cuneta (mm) | Separación carril- cuneta(mm) | Bien sellada (S/N) |
|-------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 1 | 0 | 0 | 20 | N |
| 2 | 15 | 0 | 20 | N |
| 3 | 30 | 0 | 20 | N |
| 4 | 45 | 35 | 20 | N |
| 5 | 60 | 40 | 20 | N |

Tabla 3.11 Hoja 4, carril Poniente

3.2.2.3 EVALUACION DE LAS CAPAS DE APOYO DEL PAVIMENTO

(Obtención del CBR de campo por método manual)

La evaluación estructural del pavimento en estudio, también comprendió el estudio de las capas del pavimento; lo cual se realizó por un ensayo de campo utilizando un equipo manual llamado “Penetrómetro de Cono Dinámico” (D.P.C.) detallado en el capítulo anterior.

El ensayo se llevó a cabo por una persona con experiencia en la realización de este tipo de ensayo ya, que es un punto muy importante a considerar para obtener resultados fiables; acompañados de tres evaluadores quienes registraban las anotaciones por cada golpe dado. (Ver figura 3.14)

La ubicación de las perforaciones se tenían propuestas de acuerdo a la primera etapa de la inspección visual realizada; lo que consideraba solo el carril poniente como sección de análisis para este tipo de pruebas ya que es necesario el cierre de la vía; se realizaron 4 perforaciones en este carril (ver plano de ubicación) en las cuales se realizó el ensayo.

Este ensayo se realizó con el objetivo de conocer el CBR de campo y además conocer los espesores de las capas de apoyo. El CBR se ha calculado mediante el software “WINDCP 4.0”.

Para poder realizar la evaluación de capas de apoyo del pavimento, se perforó la losa de concreto con un taladro, y llegar al material de sub-base. Se ejecutó de esta forma para modificar lo menos posible las condiciones de humedad del material y obtener así resultados más confiables.

A continuación se presentan los datos obtenidos y sus gráficos respectivos.



Fig. 3.14 Ejecución del ensayo D.C.P. y la toma de lecturas.

Se analizaron los resultados del ensayo de campo, utilizando la formula y el programa WinDCP 4.0, los cuales se presentan a continuación.

| Perforación N°1 (por formula) | | | | |
|-------------------------------|------------------|------------------------|----------|------------|
| N° de golpes | Penetración (mm) | N° de golpes Acumulado | mm/golpe | C.B.R. (%) |
| 0 | 218 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 237 | 5 | 3.60 | 79.26 |
| 5 | 253 | 10 | 3.40 | 85.18 |
| 5 | 277 | 15 | 4.60 | 58.20 |
| 5 | 298 | 20 | 4.20 | 65.27 |
| 5 | 325 | 25 | 5.60 | 45.42 |
| 5 | 352 | 30 | 5.40 | 47.55 |
| 5 | 384 | 35 | 6.40 | 38.39 |
| 5 | 418 | 40 | 7.40 | 31.97 |
| 5 | 458 | 45 | 8.40 | 27.25 |
| 5 | 510 | 50 | 10.80 | 19.86 |
| 5 | 600 | 55 | 18.80 | 9.88 |
| 5 | 690 | 60 | 17.00 | 11.21 |
| 5 | 752 | 65 | 12.20 | 17.03 |
| 5 | 792 | 70 | 12.00 | 17.39 |
| 5 | 876 | 75 | 12.40 | 16.68 |
| 5 | 926 | 80 | 10.20 | 21.34 |

Tabla 3.12 Resultados CBR, por formula.

**EVALUACION Y REPARACION DE PAVIMENTOS DE
CONCRETO HIDRAULICO.**

PENETROMETRO DE CONO DINAMICO.

PROYECTO: Sexta Avenida Sur, entre 2da y 4ta calle Oriente.

Sondeo Nº: 1 Estacionamiento: 0+037.750 Carril: Peniente
Lado: Izquierdo

Tipo de cono: 60°

Espesores de la estructura:

Losa de concreto: 17.30 cm

Base:

Sub-base:

| GOLPES c/u | PENETRACION (mm) |
|---------------|---------------------|
| 0 | 218 |
| 1 | 223 |
| 2 | 226 |
| 3 | 230 |
| 4 | 233 |
| 5 | 237 |
| 6 | 240 |
| 7 | 243 |
| 8 | 247 |
| 9 | 250 |
| 10 | 253 |
| 11 | 257 |
| 12 | 262 |
| 13 | 266 |
| 14 | 270 |
| 15 | 273 |
| 16 | 277 |
| 17 | 282 |
| 18 | 285 |
| 19 | 290 |
| 20 | 295 |
| 21 | 298 |
| 22 | 303 |
| 23 | 310 |
| 24 | 315 |
| 25 | 319 |
| 26 | 325 |
| 27 | 331 |
| 28 | 335 |
| 29 | 340 |
| 30 | 347 |
| 31 | 352 |
| 32 | 358 |
| 33 | 365 |
| 34 | 371 |
| 35 | 377 |
| 36 | 384 |
| 37 | 390 |
| 38 | 396 |
| 39 | 403 |
| 40 | 411 |
| 41 | 418 |
| 42 | 427 |
| 43 | 435 |

| GOLPES c/u | PENETRACION (mm) |
|---------------|---------------------|
| 44 | 443 |
| 45 | 451 |
| 46 | 458 |
| 47 | 469 |
| 48 | 477 |
| 49 | 487 |
| 50 | 497 |
| 51 | 510 |
| 52 | 523 |
| 53 | 542 |
| 54 | 560 |
| 55 | 581 |
| 56 | 600 |
| 57 | 617 |
| 58 | 635 |
| 59 | 652 |
| 60 | 672 |
| 61 | 690 |
| 62 | 702 |
| 63 | 718 |
| 64 | 730 |
| 65 | 743 |
| 66 | 752 |
| 67 | 763 |
| 68 | 773 |
| 69 | 782 |
| 70 | 784 |
| 71 | 792 |
| 72 | 823 |
| 73 | 837 |
| 74 | 852 |
| 75 | 863 |
| 76 | 876 |
| 77 | 885 |
| 78 | 895 |
| 79 | 905 |
| 80 | 914 |
| 81 | 926 |
| | |
| | |
| | |
| | |

C.R.C., J.A.R.H.A.A.
Realizó

17/Nov./01
Fecha

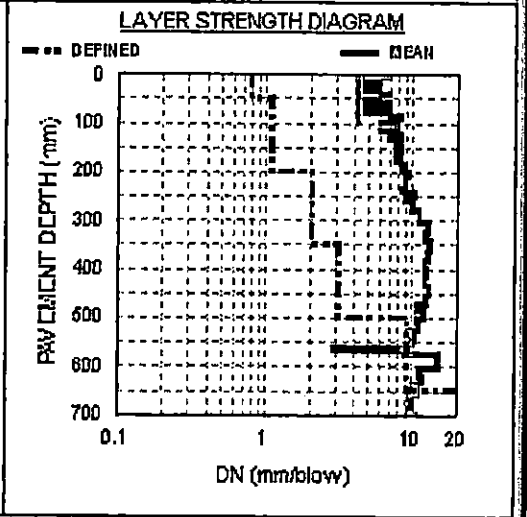
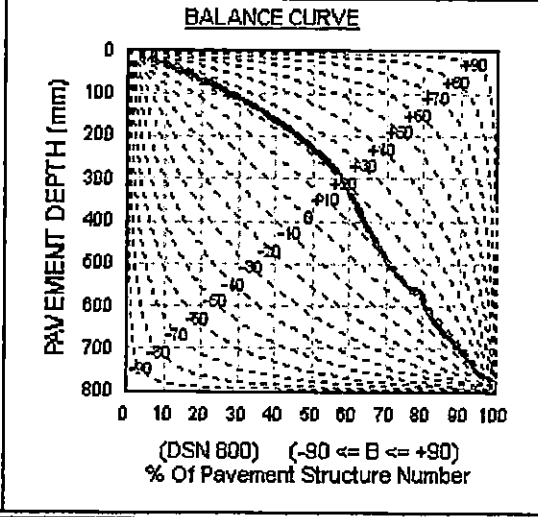
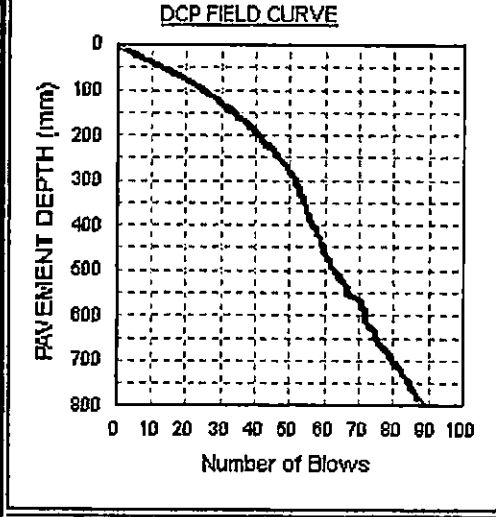
C.R.C., J.A.R.H.A.A.
Revisó

DCP CURVES AND LAYER STRENGTH DIAGRAM

Average Point Analysis
PRINT DATE : 02 Mar 2002

| | | | | | |
|-----------|------|-----------|------------|--------------|---|
| REGION | AMSS | ROAD NO. | SEXTA | PROJECT DATE | 30/11/2001 |
| Site Name | S | Site Date | 30/11/2001 | File Name | C:\Documents and Settings\Wlilio Rivera\Wlms document |

| DCP Curves and Layer Strength Diagram | | Normalized and Redefined Layer Diagram | | E-Moduli vs Depth Diagrams | |
|---|---|---|------------------|------------------------------------|------------------------|
| SITE DATA | | PAVEMENT CHARACTERISTICS | | AVERAGE EQUIVALENT STRENGTH | |
| Distance | 0.021 | Structure Number (DSN800) | 89 | From - To (mm) | W. Ave. Pen. (mm/blow) |
| Position | 3 | Balance Curve Is Where | B = 19, A = 3091 | Blows | SD (mm/blow) |
| Road Condition | FAILED | Road Category | A | 95P | CBR (%) |
| <input type="checkbox"/> Rut | <input type="checkbox"/> CCr | Base Type | GRANULAR | UCS (kPa) | |
| <input type="checkbox"/> Pum | <input type="checkbox"/> Def | Struct. Cap. (MISA) | 0.4 | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> LCr | <input checked="" type="checkbox"/> Oth | (MISA=Million Standard Axes) Category VI: Poorly Balanced Deep Structure (PBD) | | | |
| | | | | 0 - 100 | 4.29 |
| | | | | 101 - 220 | 6.67 |
| | | | | 221 - 800 | 14.54 |



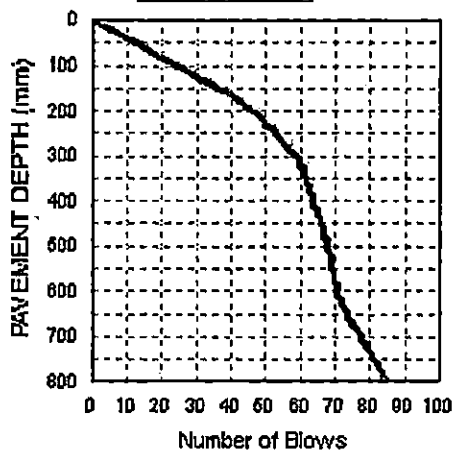
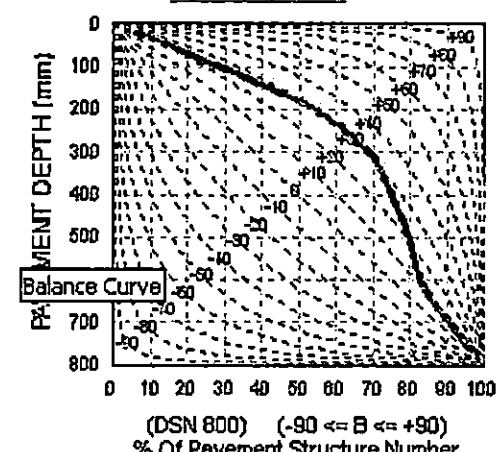
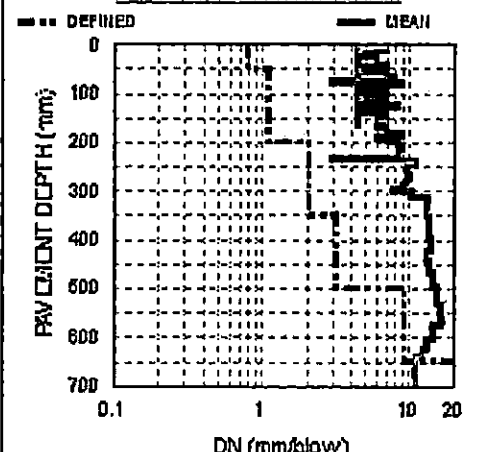
DCP CURVES AND LAYER STRENGTH DIAGRAM

Average Point Analysis
PRINT DATE : 02 Mar 2002

| | | | | | |
|-----------|------|-----------|------------|--------------|--|
| REGION | AMSS | ROAD NO. | SEXTA | PROJECT DATE | 14/12/2001 |
| Site Name | S | Site Date | 14/12/2001 | File Name | C:\Documents and Settings\Julio Rivera\My documents\ |

| | | |
|--|---|-----------------------------------|
| DCP Curves and Layer Strength Diagram | Normalized and Redefined Layer Diagram | E-Moduli vs Depth Diagrams |
|--|---|-----------------------------------|

| SITE DATA Distance: 0.01 Position: 3 Road Condition: FAILED <input type="checkbox"/> Rut <input type="checkbox"/> Cr <input type="checkbox"/> Pum <input type="checkbox"/> Def <input checked="" type="checkbox"/> LCr <input checked="" type="checkbox"/> Ioth | PAVEMENT CHARACTERISTICS Structure Number (DSN800): 4 Balance Curve Is Where: B = 27 A = 2611 Road Category: A Base Type: GRANULAR Struct. Cap. (MISA): 0.4 (MISA=Million Standard Axes) Category V: Averagely Balanced Deep Structure (ABD) | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="text-align: left;">AVERAGE EQUIVALENT STRENGTH</th> </tr> <tr> <th>From - To (mm)</th> <th>W. Ave. Pen. (mm/blow)</th> <th>Blows</th> <th>SD (mm/blow)</th> <th>95P</th> <th>CBR (%)</th> <th>UCS (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - 167</td> <td>4.51</td> <td>40</td> <td>1.3</td> <td>6.6</td> <td>60</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>168 - 268</td> <td>7.68</td> <td>15</td> <td>2.6</td> <td>12.0</td> <td>31</td> <td>307</td> </tr> <tr> <td>269 - 918</td> <td>17.68</td> <td>-51</td> <td>12.1</td> <td>37.5</td> <td>10</td> <td>113</td> </tr> </tbody> </table> | AVERAGE EQUIVALENT STRENGTH | | | | | | | From - To (mm) | W. Ave. Pen. (mm/blow) | Blows | SD (mm/blow) | 95P | CBR (%) | UCS (kPa) | 0 - 167 | 4.51 | 40 | 1.3 | 6.6 | 60 | 550 | 168 - 268 | 7.68 | 15 | 2.6 | 12.0 | 31 | 307 | 269 - 918 | 17.68 | -51 | 12.1 | 37.5 | 10 | 113 |
|--|--|--|-----------------------------|------|---------|-----------|--|--|--|----------------|------------------------|-------|--------------|-----|---------|-----------|---------|------|----|-----|-----|----|-----|-----------|------|----|-----|------|----|-----|-----------|-------|-----|------|------|----|-----|
| AVERAGE EQUIVALENT STRENGTH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| From - To (mm) | W. Ave. Pen. (mm/blow) | Blows | SD (mm/blow) | 95P | CBR (%) | UCS (kPa) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 - 167 | 4.51 | 40 | 1.3 | 6.6 | 60 | 550 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 168 - 268 | 7.68 | 15 | 2.6 | 12.0 | 31 | 307 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 269 - 918 | 17.68 | -51 | 12.1 | 37.5 | 10 | 113 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|---|---|
| DCP FIELD CURVE  | BALANCE CURVE  | LAYER STRENGTH DIAGRAM  |
|--|---|---|

DCP CURVES AND LAYER STRENGTH DIAGRAM

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------|---|---------------------|----------------|---------|------------------------|-----------|-----------------|--------|--------------|--|---------|---------------|-----------|-----------|----------|---------------------|-----|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--|--|--|--|--|
| REGION | AMSS | ROAD NO. | SXTA | PROJECT DATE | 14/12/2001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Site Name | S | Site Date | 14/12/2001 | File Name | C:\Documents and Settings\kto River\My documents\ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DCP Curves and Layer Strength Diagram | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Normalized and Redefined Layer Diagram | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E-Moduli vs Depth Diagrams | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">Distance:</td> <td>0.015</td> <td style="width:15%;">Position:</td> <td>3</td> <td style="width:15%;">Road Condition:</td> <td>FAILED</td> <td style="width:15%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="7"> Structure Number (DSN800) : 13 Balance Curve is Where B = 3 A = 578 Road Category A Base Type GRANULAR Struct. Cap. (MISA) : 0.3 (MISA=Million Standard Axes) Category IV : Well-Balanced Deep Structure (WBD) </td> </tr> </table> | | | | | | | Distance: | 0.015 | Position: | 3 | Road Condition: | FAILED | | Structure Number (DSN800) : 13 Balance Curve is Where B = 3 A = 578 Road Category A Base Type GRANULAR Struct. Cap. (MISA) : 0.3 (MISA=Million Standard Axes) Category IV : Well-Balanced Deep Structure (WBD) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distance: | 0.015 | Position: | 3 | Road Condition: | FAILED | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Structure Number (DSN800) : 13 Balance Curve is Where B = 3 A = 578 Road Category A Base Type GRANULAR Struct. Cap. (MISA) : 0.3 (MISA=Million Standard Axes) Category IV : Well-Balanced Deep Structure (WBD) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:15%;">From - To (mm)</td> <td>0 - 922</td> <td style="width:15%;">W. Ava. Pen. (mm/blow)</td> <td>8.93</td> <td style="width:15%;">Blows</td> <td>13</td> <td style="width:15%;">SD (mm/blow)</td> <td>4.2</td> <td style="width:15%;">CBR (%)</td> <td>15.9</td> <td style="width:15%;">UCS (kPa)</td> <td>25</td> <td style="width:15%;">254</td> </tr> </table> | | | | | | | From - To (mm) | 0 - 922 | W. Ava. Pen. (mm/blow) | 8.93 | Blows | 13 | SD (mm/blow) | 4.2 | CBR (%) | 15.9 | UCS (kPa) | 25 | 254 | | | | | | | | | | |
| From - To (mm) | 0 - 922 | W. Ava. Pen. (mm/blow) | 8.93 | Blows | 13 | SD (mm/blow) | 4.2 | CBR (%) | 15.9 | UCS (kPa) | 25 | 254 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;">SITE DATA</td> </tr> <tr> <td style="width:15%;">Road Condition</td> <td>FAILED</td> <td style="width:15%;">Road Category</td> <td>A</td> <td style="width:15%;">Base Type</td> <td>GRANULAR</td> <td style="width:15%;">Struct. Cap. (MISA)</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td style="width:15%;"><input type="checkbox"/> Rut</td> <td><input type="checkbox"/> Cr</td> <td style="width:15%;"><input type="checkbox"/> Det</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Loth</td> <td colspan="3"></td> <td></td> </tr> </table> | | | | | | | SITE DATA | | | | | | | Road Condition | FAILED | Road Category | A | Base Type | GRANULAR | Struct. Cap. (MISA) | 0.3 | <input type="checkbox"/> Rut | <input type="checkbox"/> Cr | <input type="checkbox"/> Det | <input checked="" type="checkbox"/> Loth | | | | |
| SITE DATA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Road Condition | FAILED | Road Category | A | Base Type | GRANULAR | Struct. Cap. (MISA) | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Rut | <input type="checkbox"/> Cr | <input type="checkbox"/> Det | <input checked="" type="checkbox"/> Loth | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

EVALUACION Y REPARACION DE PAVIMENTOS DE
CONCRETO HIDRAULICO.

PENETROMETRO DE CONO DINAMICO.

PROYECTO: Seta Avenida Sur, entre 2da y 4ta Calle Oriente.

Sonda No: 4 Estacionamiento: 0+7.292 Lateral: Poniente

Tipo de cono: 60º

Espesores de la estructura:

Losa de concreto: 17.28 cm

Base:

Sub-base:

| GOLPES c/u | PENETRACION (mm) |
|---------------|---------------------|
| 0 | 212 |
| 1 | 214 |
| 2 | 217 |
| 3 | 221 |
| 4 | 222 |
| 5 | 225 |
| 6 | 228 |
| 7 | 233 |
| 8 | 233 |
| 9 | 236 |
| 10 | 242 |
| 11 | 243 |
| 12 | 243 |
| 13 | 248 |
| 14 | 252 |
| 15 | 254 |
| 16 | 257 |
| 17 | 259 |
| 18 | 263 |
| 19 | 264 |
| 20 | 265 |
| 21 | 266 |
| 22 | 268 |
| 23 | 270 |
| 24 | 272 |
| 25 | 275 |
| 26 | 277 |
| 27 | 280 |
| 28 | 283 |
| 29 | 286 |
| 30 | 290 |
| 31 | 294 |
| 32 | 298 |
| 33 | 301 |
| 34 | 305 |
| 35 | 308 |
| 36 | 3010 |
| 37 | 318 |
| 38 | 321 |
| 39 | 324 |
| 40 | 329 |
| 41 | 333 |
| 42 | 336 |
| 43 | 340 |

| GOLPES c/u | PENETRACION (mm) |
|---------------|---------------------|
| 44 | 345 |
| 45 | 348 |
| 46 | 352 |
| 47 | 357 |
| 48 | 361 |
| 49 | 366 |
| 50 | 369 |
| 51 | 373 |
| 52 | 377 |
| 53 | 380 |
| 54 | 385 |
| 55 | 389 |
| 56 | 393 |
| 57 | 399 |
| 58 | 403 |
| 59 | 408 |
| 60 | 412 |
| 61 | 417 |
| 62 | 423 |
| 63 | 427 |
| 64 | 432 |
| 65 | 437 |
| 66 | 441 |
| 67 | 446 |
| 68 | 450 |
| 69 | 455 |
| 70 | 460 |
| 71 | 461 |
| 72 | 468 |
| 73 | 473 |
| 74 | 478 |
| 75 | 483 |
| 76 | 488 |
| 77 | 494 |
| 78 | 500 |
| 79 | 506 |
| 80 | 512 |
| 81 | 518 |
| 82 | 523 |
| 83 | 527 |
| 84 | 533 |
| 85 | 537 |
| 86 | 543 |
| 87 | 553 |

C.R.C. JAR.H.A.A.

Realizó

17/Nov/01

Fecha

C.R.C. JAR.H.A.A.

Revisó

DCP CURVES AND LAYER STRENGTH DIAGRAM

Average Point Analysis
PRINT DATE : 02 Mar 2002

| | | | | | |
|-----------|------|-----------|------------|--------------|---|
| REGION | AMSS | ROAD NO. | SEXTA | PROJECT DATE | 14/12/2001 |
| Site Name | S | Site Date | 14/12/2001 | File Name | C:\Documents and Settings\Julio Rivera\My documents |

| | | |
|--|---|-----------------------------------|
| DCP Curves and Layer Strength Diagram | Normalized and Redefined Layer Diagram | E-Moduli vs Depth Diagrams |
|--|---|-----------------------------------|

| <p>SITE DATA</p> <p>Distance: 0.003</p> <p>Position: 3</p> <p>Road Condition: FAILED</p> <p><input type="checkbox"/> Rut <input type="checkbox"/> CCr</p> <p><input type="checkbox"/> Purr <input type="checkbox"/> Def</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> LCr <input checked="" type="checkbox"/> Oth</p> | <p>PAVEMENT CHARACTERISTICS</p> <p>Structure Number (DSN800): 5</p> <p>Balance Curve is Where: B = 37 A = 2939</p> <p>Road Category: A</p> <p>Base Type: GRANULAR</p> <p>Struct. Cap. (MISA): 0.6</p> <p>(MISA=Million Standard Axes) Category V: Averagely Balanced Deep Structure (ABD)</p> | <p>AVERAGE EQUIVALENT STRENGTH</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>From - To (mm)</th> <th>W. Ave. Pen. (mm/blow)</th> <th>Blows</th> <th>SD (mm/blow)</th> <th>95P</th> <th>CBR (%)</th> <th>UCS (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - 78</td> <td>3.38</td> <td>28</td> <td>1.3</td> <td>5.5</td> <td>87</td> <td>763</td> </tr> <tr> <td>79 - 178</td> <td>4.29</td> <td>25</td> <td>1.3</td> <td>6.5</td> <td>64</td> <td>582</td> </tr> <tr> <td>179 - 327</td> <td>5.19</td> <td>30</td> <td>0.9</td> <td>6.7</td> <td>50</td> <td>489</td> </tr> <tr> <td>328 - 920</td> <td>42.12</td> <td>-78</td> <td>34.5</td> <td>98.7</td> <td>3</td> <td>39</td> </tr> </tbody> </table> | From - To (mm) | W. Ave. Pen. (mm/blow) | Blows | SD (mm/blow) | 95P | CBR (%) | UCS (kPa) | 0 - 78 | 3.38 | 28 | 1.3 | 5.5 | 87 | 763 | 79 - 178 | 4.29 | 25 | 1.3 | 6.5 | 64 | 582 | 179 - 327 | 5.19 | 30 | 0.9 | 6.7 | 50 | 489 | 328 - 920 | 42.12 | -78 | 34.5 | 98.7 | 3 | 39 |
|---|--|--|----------------|------------------------|---------|--------------|-----|---------|-----------|--------|------|----|-----|-----|----|-----|----------|------|----|-----|-----|----|-----|-----------|------|----|-----|-----|----|-----|-----------|-------|-----|------|------|---|----|
| From - To (mm) | W. Ave. Pen. (mm/blow) | Blows | SD (mm/blow) | 95P | CBR (%) | UCS (kPa) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 - 78 | 3.38 | 28 | 1.3 | 5.5 | 87 | 763 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 79 - 178 | 4.29 | 25 | 1.3 | 6.5 | 64 | 582 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 179 - 327 | 5.19 | 30 | 0.9 | 6.7 | 50 | 489 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 328 - 920 | 42.12 | -78 | 34.5 | 98.7 | 3 | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| <p>DCP FIELD CURVE</p> | <p>BALANCE CURVE</p> | <p>LAYER STRENGTH DIAGRAM</p> |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|

3.2.2.4 EXTRACCION DE NUCLEOS

Como parte de la evaluación estructural se hicieron ensayos destructivos, 4 extracciones de núcleos en el carril poniente del tramo en estudio, la ubicación de estos ensayos fue determinada en la primera etapa de la inspección visual (ver plano de ubicación de pruebas).

Se consideró lo establecido por la norma (ASTM C – 42) que rige esta practica.

El objetivo de las extracciones fue conocer el espesor real del pavimento, obtener muestras de suelo de la base para su clasificación; y además conocer características de la base, verificar el tipo de agregado y condiciones del concreto que constituye el pavimento.

Se utilizó una broca de diámetro 4 plg, obteniéndose núcleos completos y sanos, para que posteriormente fueran ensayados en el laboratorio.

| Probeta No. | Diámetro (cm.) | Altura (cm.) | Area (cm ²) |
|-------------|----------------|--------------|-------------------------|
| 1 | 10 | 18.2 | 78.54 |
| 2 | 10 | 17.4 | 78.54 |
| 3 | 10 | 16.6 | 78.54 |
| 4 | 10 | 16.9 | 78.54 |

Tabla 3.13 Diámetros y longitudes de los núcleos extraídos.

3.2.2.5 ENSAYOS DE LABORATORIO

3.2.2.5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)

Se determinó el contenido de humedad del suelo extraído de la base al día siguiente de extraído; colocándose la muestra en bolsas plásticas con la finalidad que conservará la humedad que presentaba el suelo al momento de la extracción.

Los datos se presentan a continuación:

Muestra No 1

Peso de suelo húmedo + tara = 69.06 gr

Peso de suelo seco + tara = 62.33 gr

Tara = 10 gr

Peso de suelo seco = 52.33 gr

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100 \qquad w = \frac{69.06 - 62.33}{52.33} * 100 \qquad w = 12.86\%$$

Muestra No 2

Peso de suelo húmedo + tara = 65.61 gr

Peso de suelo seco + tara = 59.80 gr

Tara = 9.78 gr

Peso de suelo seco = 50.02 gr

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100 \qquad w = \frac{65.61 - 59.80}{50.02} * 100 \qquad w = 11.61\%$$

3.2.2.5.2 CLASIFICACION VISUAL MANUAL (ASTM D 2488)

Se realizó la clasificación del suelo obtenido, mediante un ensayo rápido y sencillo llamado clasificación visual manual, el cual se detallo en el capítulo anterior.

El material utilizado fue el material que se obtuvo de las extracciones de núcleos y de las perforaciones del D.C.P.

Por simple inspección el material presentaba características de una arena con finos de color gris; por lo que en el laboratorio se hicieron ensayos como el del sonido, y el de sedimentación, concluyéndose que se cuenta con una arena limosa (S.M.) con un mínimo porcentaje de gravilla.

A continuación se presenta el registro de laboratorio y la clasificación obtenida.

3.2.2.5.3 PRUEBA DE COMPRESION A NUCLEOS DE CONCRETO

Para los núcleos extraídos del pavimento en estudio se ensayaron dos de ellos a la compresión cumpliendo lo establecido por la norma (ASTM C 39) que rige este ensayo.

Los núcleos fueron ensayados en condición seca aplicando carga a un rango de 200,000 kg en la máquina universal Tinius Olsen de la Universidad de El Salvador; se obtuvo un esfuerzo de compresión promedio de 248.9 kg/cm² que indica un esfuerzo mayor que el de diseño. (Ver figura 3.9)

| Probeta No. | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Factor de esbeltez | Area (cm ²) | Carga (kgs) | Esfuerzo (kg/cm ²) |
|-------------|---------------|-------------|--------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------|
| 3 | 10 | 15.2 | 0.9616 | 78.54 | 17,100 | 209.36 |
| 4 | 10 | 15.5 | 0.964 | 78.54 | 23,500 | 288.44 |

Tabla 3.14 Esfuerzos a la compresión obtenidos.

Los valores de esfuerzos obtenidos afectados por el factor de corrección a la resistencia establecido por la norma (ASTM C 42) (ver tabla 23 del cap.II), dando como resultando los valores de 209.36 y 288.44 kg/cm² para la probeta 3 y 4 respectivamente.

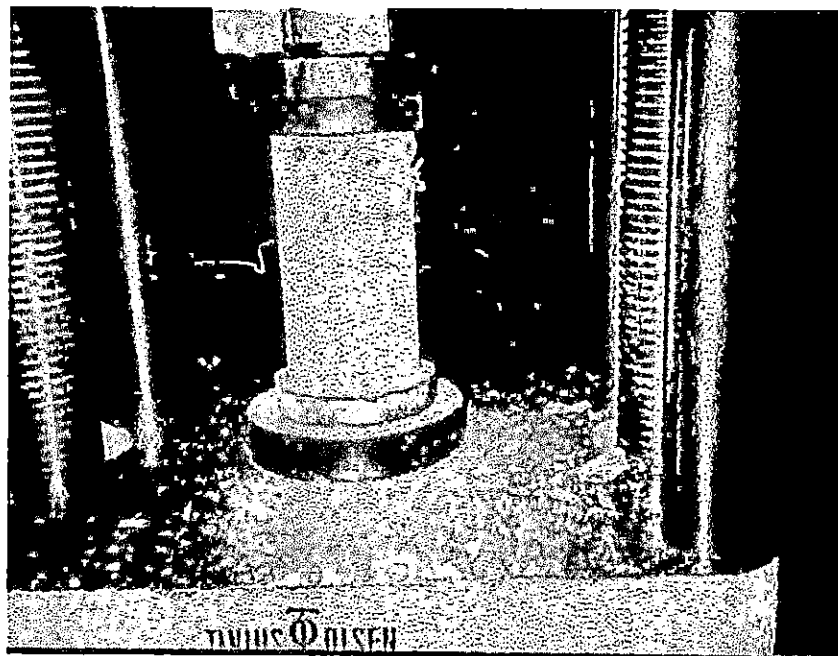


Fig. 3.15 Ensayo a compresión de núcleos de concreto.

3.2.2.5.4 PRUEBA DE TENSION INDIRECTA PARA NUCLEOS DE CONCRETO

De los núcleos extraídos del pavimento en estudio se ensayaron dos de ellos a la tensión indirecta cumpliendo con lo establecido por la norma (ASTM C 496) que rige este ensayo.

Los núcleos fueron ensayados en condición seca utilizando la máquina universal presentando una falla diametral. (Ver figura 3.16)

El esfuerzo promedio obtenido es de 40 kg/cm^2 los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

| Probeta No. | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Area (cm ²) | Carga (kgs) | Esfuerzo (kg/cm ²) |
|-------------|---------------|-------------|-------------------------|-------------|--------------------------------|
| 1 | 10.00 | 16.80 | 78.54 | 10400.00 | 39.40 |
| 2 | 10.00 | 16.00 | 78.54 | 10200.00 | 40.00 |

Tabla 3.15 Resultados del ensayo de tensión indirecta.

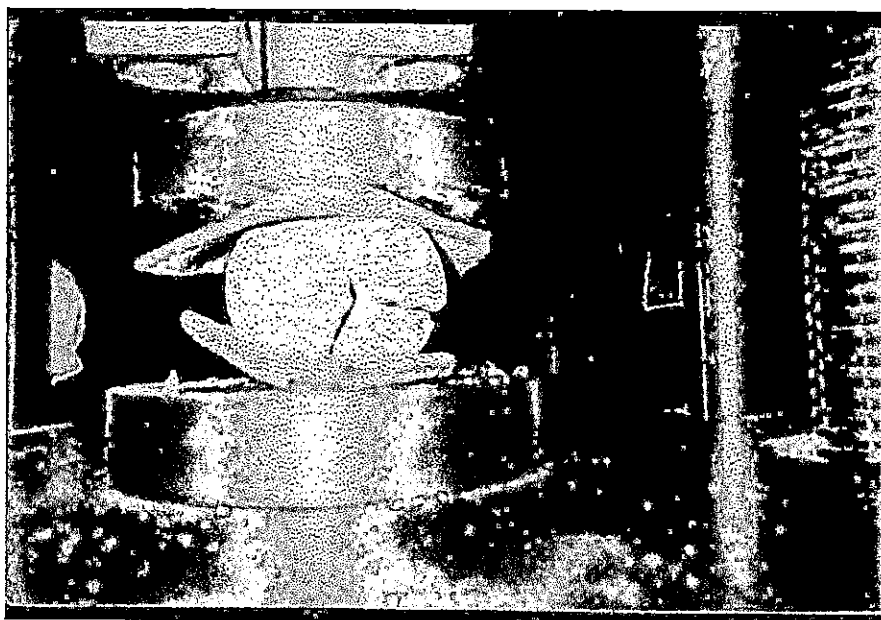


Fig. 3.16 Ensayo de tensión indirecta a núcleo de concreto.

3.2.3 EVALUACION FUNCIONAL

En el tramo en estudio se analizaron ciertas características funcionales del pavimento, de las cuales los usuarios perciben con mayor claridad.

En esta evaluación debe quedar claro que no se tuvieron los instrumentos tecnológicos necesarios para obtener una evaluación funcional detallada y completa, pero se realizaron prácticas que estuvieron al alcance de los evaluadores para poder obtener información de la funcionalidad del pavimento.

De acuerdo a la inspección visual realizada uno de los aspectos de funcionalidad importante que se considera para este tramo es la primera impresión que causa al transitar por el mismo; ya que debido a la gran cantidad de grietas que presenta, el usuario percibe que el pavimento o comúnmente llamada "La Calle" esta en mal estado o esta deteriorada.

Otro factor importante que se observó es que cuando llueve considerablemente se forman charcos en diferentes puntos del pavimento creando malestar y un tránsito incomodo para los usuarios, esto se debe a que generalmente los desagües para esta vía se mantienen sucios u obstruidos.

Se evaluaron dos puntos importantes que ejercen mayor influencia sobre la seguridad y comodidad del pavimento.

3.2.3.1 REGULARIDAD.

Uno de los objetivos principales de la medida de la regularidad es obtener el perfil de la superficie de rodadura a lo largo del tramo evaluado de manera que puedan identificarse zonas con irregularidades.

Para medir esta característica se hizo uso de un método topográfico, el cual consistió en obtener las diferencias de nivel en el sentido longitudinal al centro de cada sección de análisis y la junta longitudinal central del tramo en estudio; así se definieron los perfiles longitudinales respectivos y de esta manera se pudo observar las irregularidades que presenta el pavimento en estudio.

Se realizaron tres perfiles, uno al centro del carril poniente (perfil 1), otro al centro del la vía (perfil 2) y el ultimo al centro del carril oriente (perfil 3).

En los perfiles se puede observar la existencia de un cambio de pendiente en el estacionamiento 0+31.704 que es aproximadamente la mitad del tramo, beneficiando de este modo al drenaje de la vía. Se ha exagerado la escala vertical con el propósito de observar los pequeños cambios de elevación; (Escala. horizontal = 1:13.712, Escala. vertical = 1: 0.033)

Perfil 1:

En este perfil se observa que la pendiente de entrada es menos uniforme que la pendiente de salida, esto puede explicarse ya que esta parte se observa mayores fallas y bacheos realizados con material bituminoso, que no están a nivel de la rodadura existente.

La pendiente de salida es mas uniforme, aunque también tiene bacheos al igual que la rama de entrada, pero los deterioros son menores.

Perfil 2:

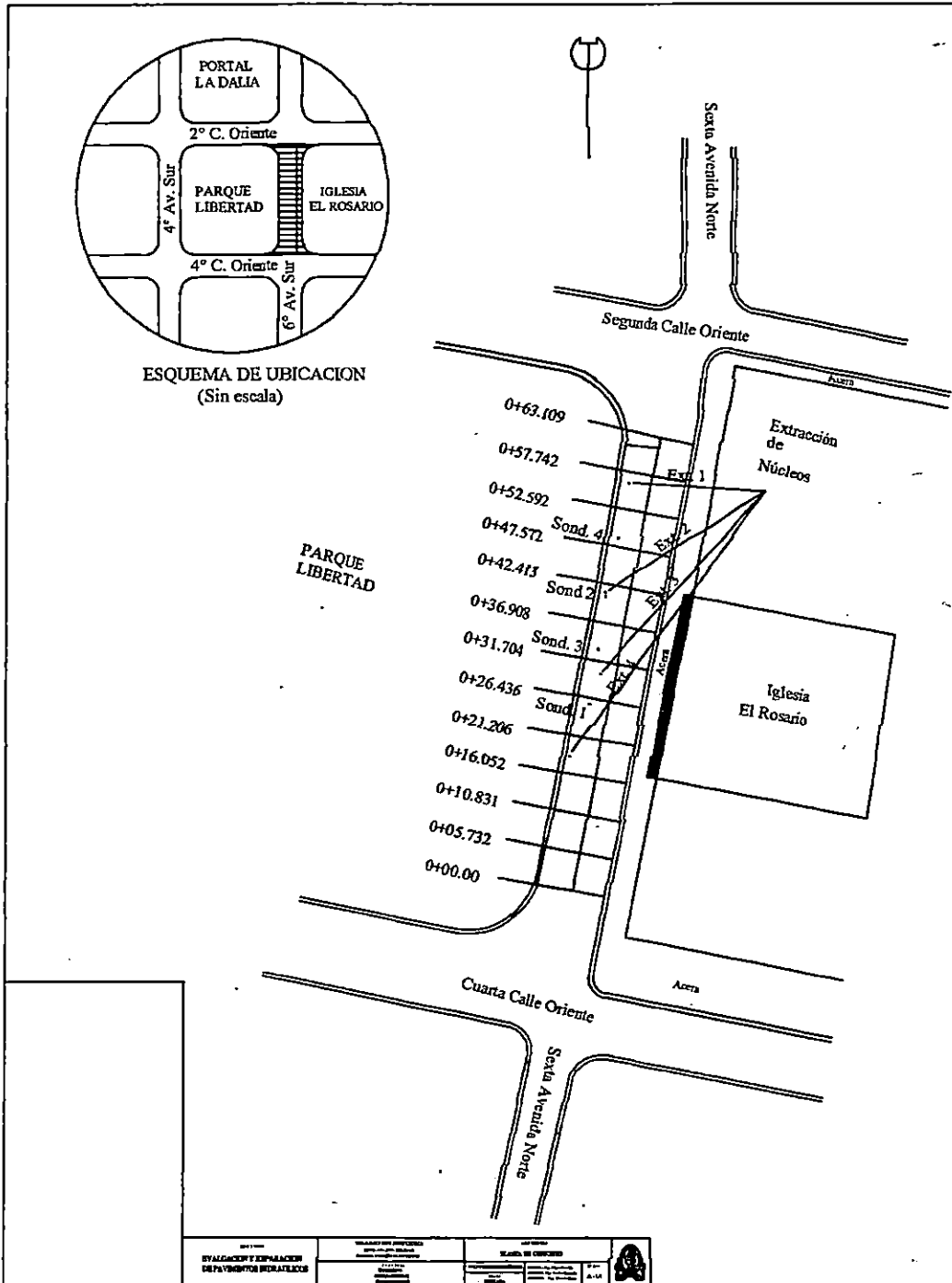
Esta grafica refleja el perfil mas próximo al perfil de construcción, ya que se refiere a la junta longitudinal y es uno de los lugares menos transitados de la vía y está expuesto a menos carga.

En este perfil también está afectado por el bacheo al inicio (0+00.00), ya que al sur del estacionamiento de inicio existe un recarpeteo total.

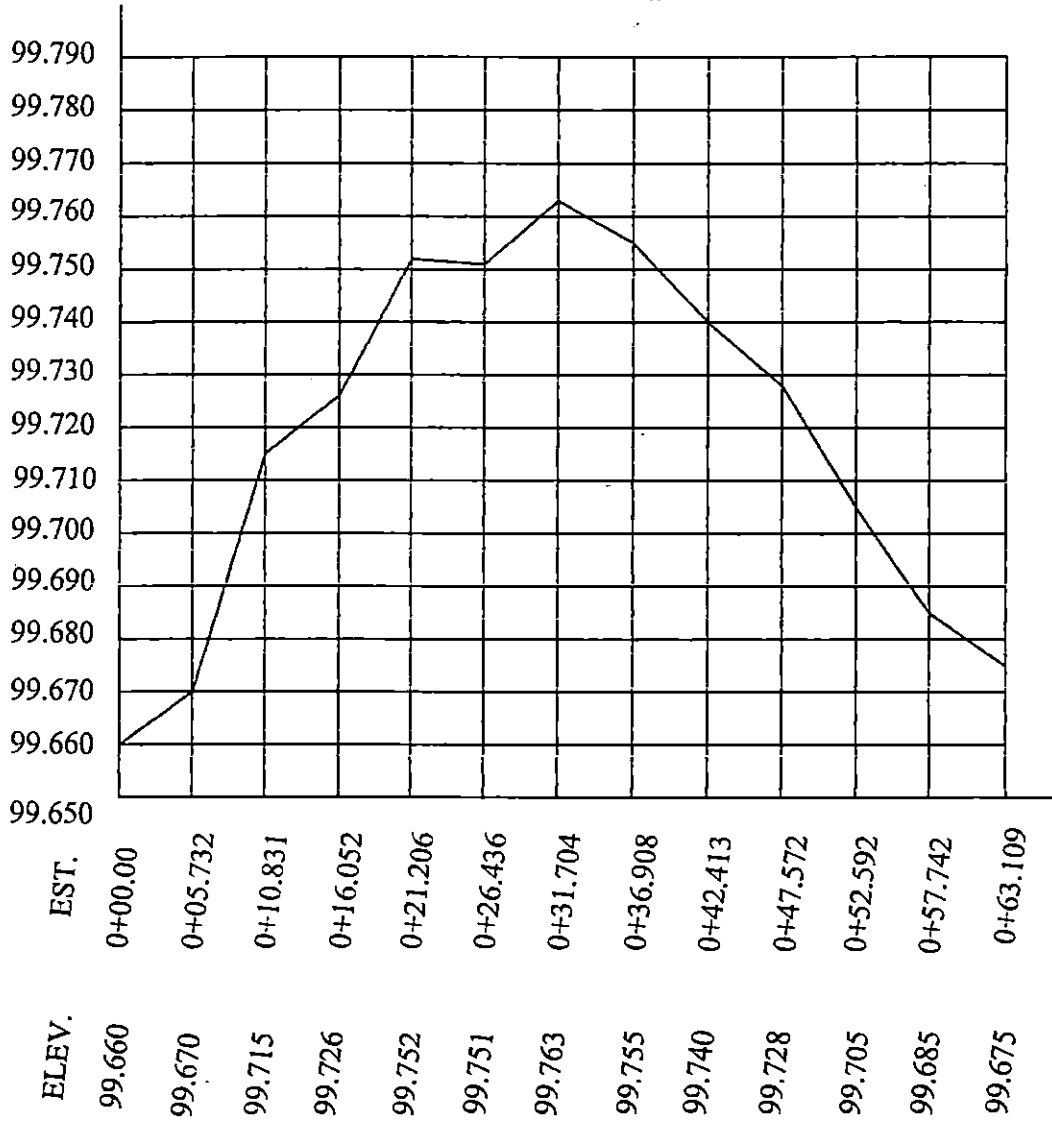
Perfil 3:

Esta grafica representa el perfil mas deteriorado, debido a los casos antes mencionados, agregando que en este carril existe un incremento considerable de carga estática, ya que por ser el carril derecho en el sentido del tráfico, existen paradas del transporte colectivo (autobús y microbús). Este es el carril en peores condiciones,

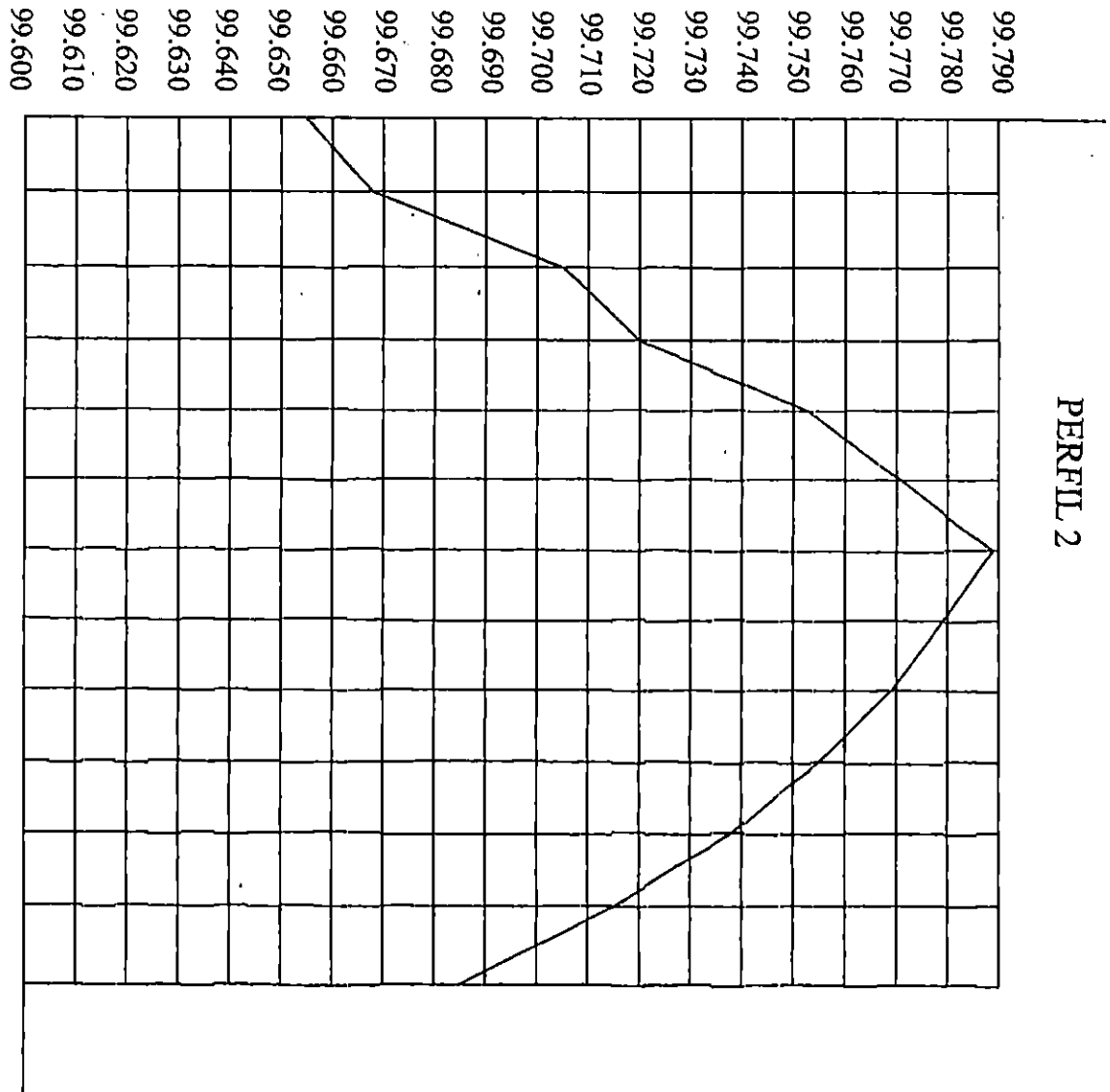
En la figura se presentan las secciones tomadas para obtener sus respectivos perfiles.

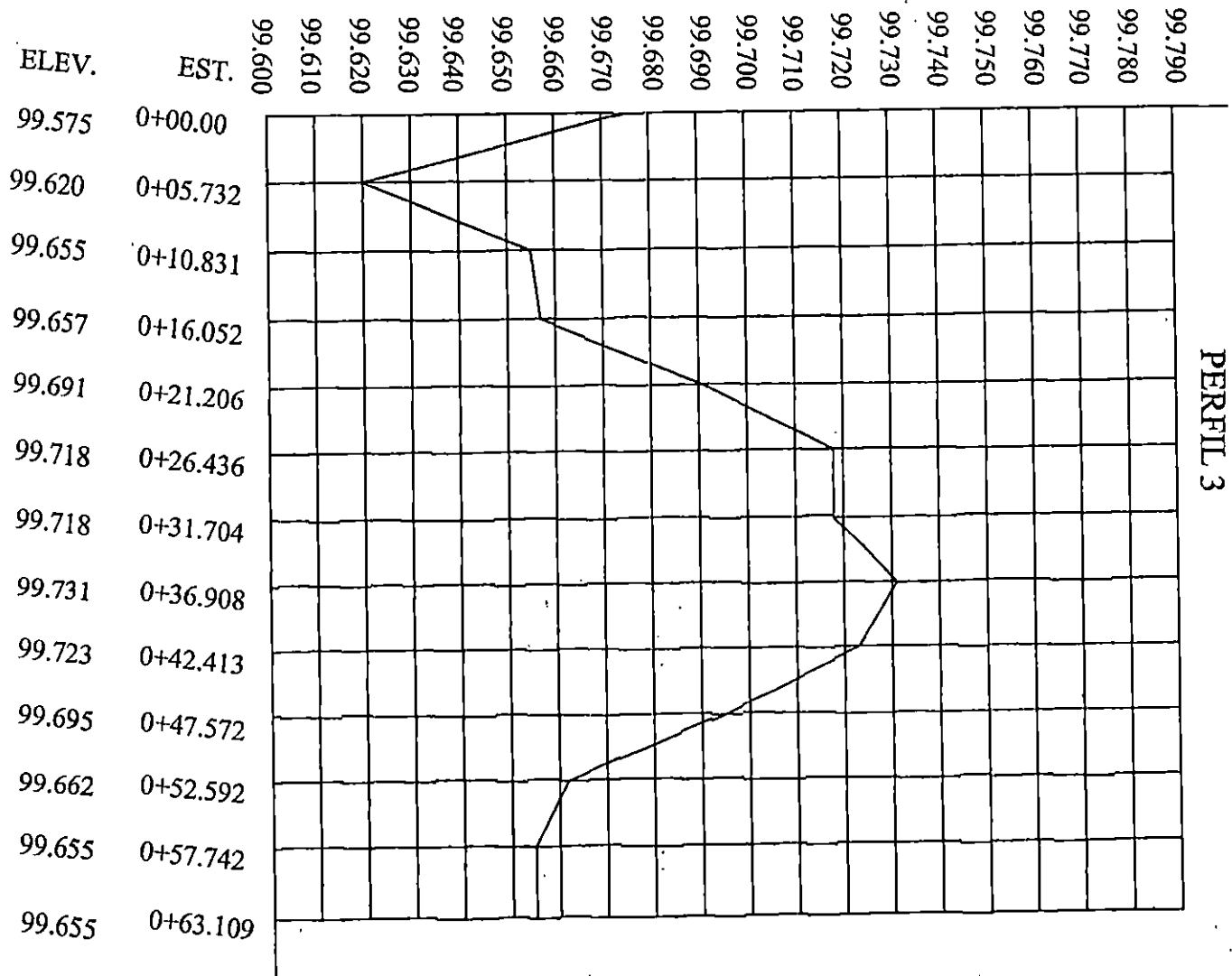


PERFIL 1



| ELEV. | EST. |
|--------|----------|
| 99.655 | 0+00.00 |
| 99.668 | 0+05.732 |
| 99.705 | 0+10.831 |
| 99.720 | 0+16.052 |
| 99.753 | 0+21.206 |
| 99.771 | 0+26.436 |
| 99.789 | 0+31.704 |
| 99.779 | 0+36.908 |
| 99.769 | 0+42.413 |
| 99.755 | 0+47.572 |
| 99.738 | 0+52.592 |
| 99.715 | 0+57.742 |
| 99.685 | 0+63.109 |





De los gráficos anteriores se puede obtener la siguiente información:

| Estacionamiento | Elevación de superficie | 0% de I.R.I | Diferencia de elevaciones |
|-----------------|-------------------------|-------------|--|
| 0+00.000 | 99.660 | 99.6600 | 0.0000 |
| 0+05.732 | 99.670 | 99.6775 | 0.0075 |
| 0+10.831 | 99.715 | 99.6940 | -0.0211 |
| 0+16.052 | 99.726 | 99.7110 | -0.0150 |
| 0+21.206 | 99.752 | 99.7290 | -0.0230 |
| 0+26.436 | 99.751 | 99.7460 | -0.0050 |
| 0+31.704 | 99.763 | 99.7630 | 0.0000 |
| 0+36.908 | 99.755 | 99.7490 | -0.0060 |
| 0+42.413 | 99.740 | 99.7340 | -0.0060 |
| 0+47.572 | 99.728 | 99.7190 | -0.0090 |
| 0+52.592 | 99.705 | 99.7050 | 0.0000 |
| 0+57.742 | 99.685 | 99.6905 | 0.0055 |
| 0+63.109 | 99.675 | 99.6750 | 0.0000 |
| | | | $ \Sigma = 0.098\text{m} = 0.98\text{dm}$ |

Tabla 3.16 Perfil 1

$L = 63.109 \text{ m} = 0.63109 \text{ hm}$.

$$I.R.I. = \frac{0.98\text{dm}}{0.63109\text{hm}} = 1.55 \frac{\text{dm}}{\text{hm}}$$

| Estacionamiento | Elevación de superficie | 0% de I.R.I. | Diferencia de elevaciones |
|-----------------|-------------------------|--------------|----------------------------|
| 0+00.00 | 99.575 | 0.0000 | 0.0000 |
| 0+05.732 | 99.620 | 99.6200 | 0.0000 |
| 0+10.831 | 99.655 | 99.6390 | -0.0160 |
| 0+16.052 | 99.657 | 99.6570 | 0.0000 |
| 0+21.206 | 99.691 | 99.6760 | -0.0150 |
| 0+26.436 | 99.718 | 99.6940 | -0.0240 |
| 0+31.704 | 99.718 | 99.7120 | -0.0060 |
| 0+36.908 | 99.731 | 99.7305 | -0.0005 |
| 0+42.413 | 99.723 | 99.7160 | -0.0070 |
| 0+47.572 | 99.695 | 99.7003 | 0.0053 |
| 0+52.592 | 99.662 | 99.6860 | 0.0240 |
| 0+57.742 | 99.655 | 99.6704 | 0.0154 |
| 0+63.109 | 99.655 | 99.6550 | 0.0000 |
| | | | $ \Sigma =0.1132m=1.132dm$ |

Tabla 3.17 Perfil 3

$L=63.109 \text{ m} = 0.63109 \text{ hm}$.

$$I.R.I. = \frac{1.132dm}{0.63109hm} = 1.79 \frac{dm}{hm}$$

Se ha calculado el Índice de Regularidad Internacional (I.R.I.) de los perfiles 1 y 2, los resultados indican una menor regularidad del carril Oriente, que es donde se estacionan los vehículos de transporte colectivo y evidentemente es el perfil con mayores desniveles según los gráficos.

3.2.3.2 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO.

Esta característica se evaluó de manera visual observándose una superficie muy desgastada sin textura ya que la vida útil de este pavimento finalizó aproximadamente hace 25 años

Esto se puede comprobar en los núcleos extraídos; ya que en el diseño se consideró un espesor de losa total de 17.5 cm, y el valor actual promedio del espesor es de 17.30 cm. obteniéndose un desgaste promedio de 22 mm.

Al aplicar cualquier método para determinar un valor de resistencia al deslizamiento; se obtendrían valores muy por debajo de los recomendados.

3.2.4 PROPORCIONAMIENTO DE MATERIALES PARA CONCRETO

(DISEÑO DE MEZCLA)

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $F'c(\text{diseño}) = 295 \text{ kg/cm}^2$ Revenimiento = 4 pulgadas.

| MATERIALES | CEMENTO | ARENA | GRAVA |
|---------------------|-----------|-------------|--------------|
| Humedad(%W) | | 5.32 (1) | 1.83 (2) |
| Absorción | | 2.46 (3) | 2.05 (4) |
| Peso específico | | 2.35 (5) | 2.45 (6) |
| Peso Vol. Suelto | | 1218.98 (7) | 1345.02 (8) |
| Peso Vol. Varillado | | 1265.80 (9) | 1426.22 (10) |
| Modulo de finura | 3.15 (11) | 2.55 (12) | |

Tabla 3.18 Diseño de mezcla.

Tamaño máx. Agregado: 1 pulgada

Condiciones de intemperismo: normal

Contenido de aire incluido: 0%

Cont. de aire atrapado: 2% (13)

Tipo de cemento: I PM

Relación A/C: 0.557 (14)

Vol.Agreg.Gr/Vol.unit: 0.695 (15)

Agua requerida 200 lit. (16)

CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1m³ DE CONCRETO.

| 1° Resultados (kg/m ³) | | 2° Resultados (Lts) |
|--------------------------------------|------|---------------------|
| Cemento: (15)/(14)=363.64 | (17) | (17)/(11)=115.44 |
| Arena: (18)/(5)*(5)=617.81 | (18) | (18)/(5)=308.08 |
| Grava: (15)*(10)=0.69*1265.80=873.40 | (19) | (19)/(6)=356.48 |
| Agua (16)= 200 | (20) | (20)*1=200 |
| Aire (13)/100=0.02 | (21) | (21)*1000=20 |

Calculo final para 1m³ en Kg.

$$\text{Cemento:}(17)=363.64$$

$$\text{Arena:}(18)*\left[\frac{(1)-(3)}{100+1}\right]=635.47$$

$$\text{Grava:}(19)*\left[\frac{(2)-(4)}{100+1}\right]=871.47$$

$$\text{Agua:}(20)-\left[\frac{(19)*\left[\frac{(2)-(4)}{100}\right]}{100}-\frac{(18)*\left[\frac{(1)-(3)}{100}\right]}{100}\right]=184.50\text{kg}$$

Calculado el diseño de mezcla se procedió a elaborar 4 especímenes de prueba; 2 cilindros y 2 viguetas, los cuales fueron ensayados en el laboratorio de la Universidad de El Salvador. Los resultados obtenidos son los siguientes:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA

"METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y
 REPARACION
 DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION

PROYECTO: Evaluación del pavimento hidráulico, en la
Sexta Avenida sur, entre segunda y cuarta calle Oriente

FECHA DE ENSAYO: 25-Oct-01

| PROBETA Nº | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (m ²) | PESO (Kg) | PESO VOL (Kg/m ³) | EDAD (dias) | CARGA (Kg) | ESFUERZO (Kg/cm ²) |
|---------------|------------------|----------------|---------------------------|--------------|----------------------------------|----------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 15.2 | 30.2 | 0.01814 | 12.73 | 2323.7 | 14 | 25,700 | 141.46 |
| 2 | 15.3 | 30.5 | 0.01838 | 12.72 | 2269.03 | 28 | 74,500 | 402.49 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ESTRUCTURA COLADA: Pavimento hidráulico en la Sexta avenida Sur, entre
segunda y cuarta calle Oriente

ESFUERZO PROMEDIO : 271.9(Kg/cm²)

OBSERVACIONES : _____

Emiliano Espinosa
 LABORATORISTA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA

"METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN Y
 REPARACIÓN
 DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO"

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DE VIGAS DE CONCRETO

PROYECTO: Evaluación del pavimento hidráulico, en la
Sexta Avenida sur, entre segunda y cuarta calle Oriente

FECHA DE ENSAYO: 30-Oct-01

| VIGUETA No | ALTO (cm) | ANCHO (cm) | LONGITUD TOTAL (Cm) | PESO (Kg) | PESO VOL. (Kg/m ³) | EDAD (días) | CARGA (Kg) | ESFUERZO (Kg/cm ²) |
|---------------|--------------|---------------|---------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 15.1 | 15.4 | 60.0 | 31.2 | 2236.17 | 14 | 2 120 | 27.17 |
| 2 | 15.0 | 15.5 | 60.4 | 31.87 | 2269.45 | 28 | 2520 | 32.52 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

ESTRUCTURA

COLADA: Pavimento hidráulico en la Sexta avenida Sur, entre
segunda y cuarta calle Oriente

ESFUERZO
 PROMEDIO : 29.84(Kg/cm²)

OBSERVACIONES : _____

 Emiliano Espinoza
 LABORATORISTA

3.2.4.1 REPARACIONES EFECTUADAS EN EL TRAMO DE ESTUDIO.

Las reparaciones en el tramo de la 6ta. Av. Sur se hicieron de acuerdo al diseño de mezcla detallado anteriormente.

Las cantidades de materiales para 0.0618 m^3 ; que es el volumen correspondiente a 4 extracciones de núcleos con broca de $\varnothing 4''$, 4 perforaciones con broca de $\varnothing 1 \frac{1}{8}''$, 2 viguetas y 2 cilindros de dimensiones estándar son las siguientes:

Cemento: 22.47 kg Arena: 39.27 kg Grava: 53.85 kg Agua: 11.40 kg

SikaSet L: 561.75gr

Una vez realizadas las extracciones de núcleos (Extractor de núcleos) y perforaciones (Rotomartillo), se procedió a la limpieza con agua de los orificios, mientras tanto la mezcla estaba en proceso de preparación. Después de realizada dicha limpieza se procedió a colocar un aditivo epóxico que garantice una perfecta adherencia entre concreto fresco y concreto endurecido (Sikadur-32). Posteriormente se procedió a llenar los huecos en tres capas y con el procedimiento de vibrado respectivo utilizando una varilla lisa de $\frac{5}{8}''$ y para el caso de los orificios hechos con broca de $1 \frac{1}{8}''$ se utilizó una varilla corrugada de $\frac{3}{8}''$; hasta llenar completamente los huecos.

Al concreto utilizado en la reparación se le agregó un aditivo epóxico acelerante de fraguado y resistencias en una proporción del 2.5 % del peso del cemento según especificaciones de hoja técnica (ver en anexos).

Pasados los primeros 30 minutos se aplicó el primer curado con agua seguidos posteriormente en intervalos de 30 minutos por aproximadamente 8 horas.

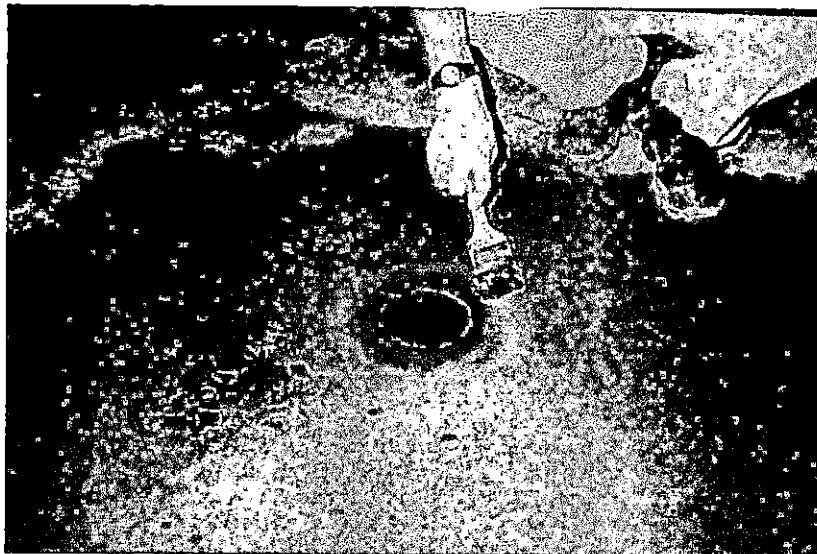


Fig.3.17 Aplicación de epóxico, para la unión de concreto viejo a nuevo en superficies verticales.



Fig. 3.18 Colocación del concreto.



Fig. 3.19 Control de calidad.

En esta oportunidad también se hicieron 2 cilindros y 2 viguetas como especímenes de prueba , los que fueron ensayados en el laboratorio de la Universidad de El Salvador a los 28 días de edad; obteniéndose los esfuerzos promedios mostrados en las tablas siguientes:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

"METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y REPARACION
 DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO"

ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION

PROYECTO: Evaluación del pavimento hidráulico, en la
Sexta Avenida sur, entre segunda y cuarta calle Oriente

FECHA DE ENSAYO: 25-Oct-01

| PROBETA Nº | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | AREA (m ²) | PESO (Kg) | PESO VOL. (Kg/m ³) | EDAD (días) | CARGA (Kg) | ESFUERZO (Kg/cm ²) |
|---------------|------------------|----------------|---------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 15.4 | 30.2 | 0.01863 | 12.83 | 2280.37 | 28 | 76,500 | 410.6 |
| 2 | 15.6 | 30.4 | 0.01911 | 12.76 | 2196.42 | 28 | 75,800 | 396.65 |

ESTRUCTURA
 COLADA:

Pavimento hidráulico en la Sexta avenida Sur, entre
 segunda y cuarta calle Oriente

ESFUERZO
 PROMEDIO :

403.6 (Kg/cm²)

OBSERVACIONES :

Emiliano Espinosa
 LABORATORISTA





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
 ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA

"METODOLOGIA PARA LA EVALUACION Y
 REPARACION
 DE PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO"

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXION DE VIGAS DE
 CONCRETO

PROYECTO: Evaluación del pavimento hidráulico, en
Sexta Avenida sur, entre segunda y cuarta calle Oriente

FECHA DE ENSAYO: 30-Oct-01

| VIGUETA No. | ALTO (cm) | ANCHO (cm) | LONGITUD TOTAL (Cm) | PESO (Kg) | PESO VOL (Kg/m ³) | EDAD (dias) | CARGA (Kg) | ESFUERZO (Kg/cm ²) |
|-------------|--------------|---------------|---------------------------|--------------|----------------------------------|----------------|---------------|-----------------------------------|
| 1 | 15.5 | 15.1 | 60.2 | 30.5 | 2164.68 | 28 | 2 550 | 42.31 |
| 2 | 15.2 | 15.1 | 60.1 | 30.63 | 2220.50 | 28 | 2300 | 39.62 |
| | | | | | | | | |

ESTRUCTURA
 COLADA:

Pavimento hidráulico en la Sexta avenida Sur, entre
segunda y cuarta calle Oriente

ESFUERZO
 PROMEDIO :

41.00(Kg/cm²)

OBSERVACIONES :

 Emiliano espinosa
 LABORATORISTA

De acuerdo a los resultados obtenidos en ambos ensayos realizados, el diseño de mezcla anterior se considera aceptable para pruebas posteriores bajo más o menos las mismas condiciones de proyecto.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACION DE

RESULTADOS.

4.1 ANALISIS DE TRAFICO:

La siguiente gráfica obedece a los datos tabulados en la tabla 3.2 del capítulo III.

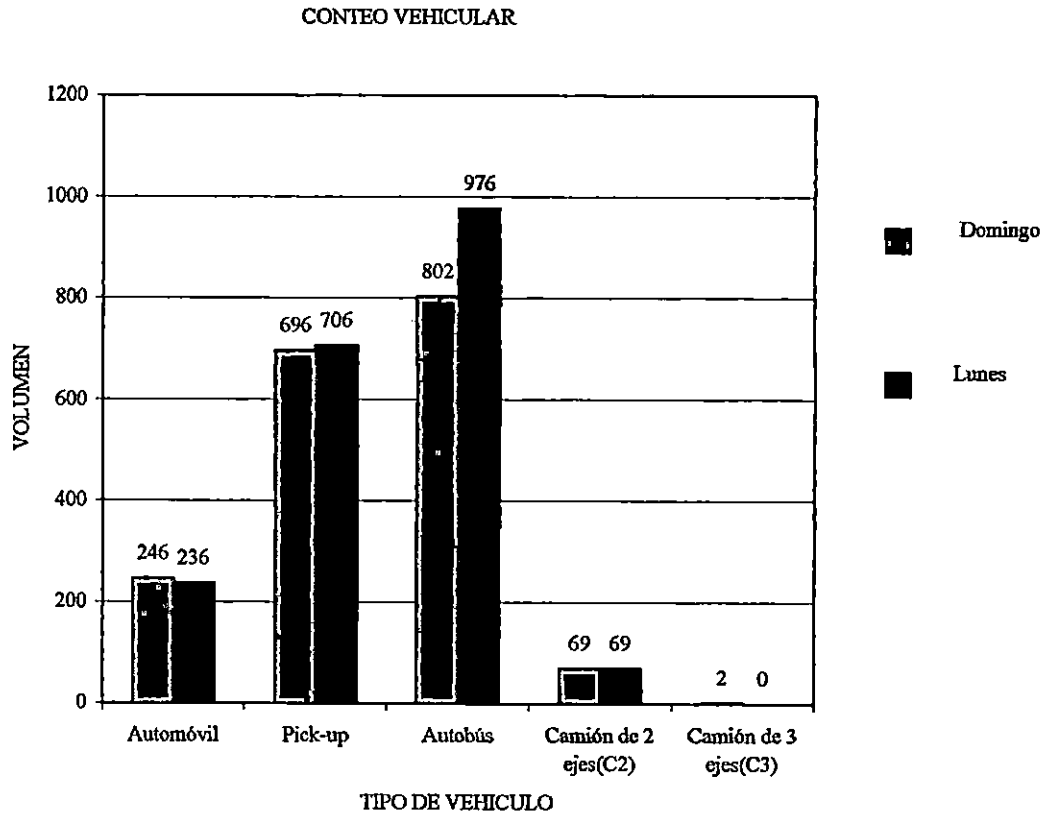


Fig. 4.1 Variación de volúmenes de tráfico por día.

Se aprecia la variación diaria de los volúmenes de tráfico de los diferentes tipos de vehículos que circulan por la sexta avenida sur, en dos días tomados como referencia. Como se puede observar existe un incremento significativo de los autobuses el día lunes respecto al domingo; esto es lógico dado que el lunes, es el primer día laboral para la mayoría de empleados públicos y privados.

Los mayores volúmenes de tráfico registrados pertenecen a las categorías de pick-up y autobuses, lo cual es típico de una vía urbana ubicada en una zona comercial, como sucede en este caso.

Con los datos anteriores se calculó el ESAL's (actual) de la vía en estudio (tabla 3.3 del capítulo III) obteniéndose el siguiente valor:

ESAL's = 694,243.73, que representa la unificación de la variabilidad de pesos vehiculares a ejes de 18,000 libras que pasan actualmente en nuestro carril de diseño.

4.2 RESUMEN DE DETERIOROS.

Esta parte resume los deterioros presentes en el tramo en estudio, sumando los deterioros del carril oriente y poniente. Con el objetivo de obtener un análisis de los deterioros y realizar un diagnóstico detallado del tramo.

4.2.1 DATOS DE IDENTIFICACION.

| | |
|---------------------|---|
| Nombre | : 6ta Avenida Sur, entre 2da y 4ta Calle Oriente. |
| Tramo | : Carril Oriente y Poniente (0 + 000.0 – 0 + 063.0) |
| Municipio | : San Salvador. |
| Departamento | : San Salvador. |
| Calificadores | : C. R. C. J. A. R. H. A. A. |
| Fecha de evaluación | : 23 Noviembre 2001. |
| Número de losas | : 12 |
| Area total | : 554.4 m ² |

Número de juntas

Transversales : 14

Longitudinales : 3

Longitud total del tramo: 63.0 m

La tabla 4.1 muestra el resumen de los deterioros observados contabilizando el total para cada uno de ellos.

| RESUMEN DE DETERIOROS | | | | |
|---|---------------------------|-----------------|-------------|--------------|
| TIPO DE DETERIORO | NIVEL DE SEVERIDAD | | | TOTAL |
| | BAJO | MODERADO | ALTO | |
| AGRIETAMIENTO | | | | |
| 1. ROTURA DE ESQUINA (número) | 1 | 0 | 3 | 4 |
| 2. AGRIETAMIENTO OBLICUO (metros) | 0.7 | 5.7 | 0 | 6.4 |
| 3. AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL (metros) | 14.7 | 39.4 | 50.7 | 104.8 |
| 4. AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL (número de grietas) | 7 | 24 | 17 | 48 |
| (metros) | 18 | 83.1 | 73.4 | 174.5 |
| DEFICIENCIAS DE LAS JUNTAS | | | | |
| 5a. SELLO DAÑADO EN LA JUNTA TRANSVERSAL (número) | 1 | 2 | 0 | 3 |
| 5b. SELLO DAÑADO EN LA JUNTA LONGITUDINAL (número) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (metros) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6. DESPORTILLAMIENTO DE J. LONGITUDINALES (metros) | 10.6 | 3.2 | 0.8 | 14.6 |
| 7. DESPORTILLAMIENTO DE J. TRANSVERSALES (número) | 5 | 1 | 0 | 6 |
| (metros) | 4.1 | 0.5 | 0 | 4.6 |
| DEFORMACION DE LA SUPERFICIE | | | | |
| 8a. AGRIETAMIENTO TIPO MAPA (número) | | | | 0 |
| 8b. ESCAMADURA (número) | | | | 0 |
| 9. AGREGADO PULIDO (m ²) | | | | 499 |
| 10. DESPRENDIMIENTOS (número de losas) (No. por m ²) | | | | 2 |
| | | | | 2 |
| 11. ESTALLAMIENTOS (número de losas) (número) | | | | 2 |
| | | | | 2 |
| 15. BACHEOS (número de losas) (número) | 3 | 3 | 1 | 7 |
| (m ²) | 20.2 | 6.1 | 1.2 | 27.5 |
| 16. SANGRADO DE AGUA Y BOMBEO (número) (longitud) | | | | 0 |
| (m ²) | | | | 0 |
| | | | | 0 |

TABLA 4.1

4.2.2 DIAGNOSTICO DEL TRAMO EN ESTUDIO.

De acuerdo a la evaluación realizada y al resumen de deterioros, a continuación se detalla cada uno de los deterioros observados, las causas se analizarán conjuntamente con la propuesta de reparación.

1. Roturas de esquina.

Se observaron un total de 4, el 75% de ellas son de severidad alta y el 25% de severidad baja.

2. Agrietamiento oblicuo o diagonal.

Se observó un total de 6.4 metros, el 89.1% es de severidad moderada y el 10.9% de severidad baja.

3. Agrietamiento longitudinal.

Se observó un total de 104.8 metros, el 48.4% es de severidad alta, el 37.6% de severidad moderada y el 14.0% de severidad baja.

4. Agrietamiento transversal.

Se observaron un total de 48 grietas, contabilizándose un total de 174.5 metros, el 42.1% es de severidad alta, el 47.6% de severidad moderada y el 10.3% de severidad baja.

5. Sello de las juntas longitudinales y transversales.

Las juntas longitudinales no poseen sello en el 100% de ellas.

En las juntas transversales 3 poseen sello, el 21.4% de las juntas, 2 de severidad moderada y 1 de severidad baja.

6. Desportillamiento de las juntas longitudinales.

Se observó un total de 14.6 metros, el 5.5% es de severidad alta, el 21.9% de severidad moderada y el 72.6% de severidad baja.

7. Desportillamiento de las juntas transversales.

Se observaron un total de 6 juntas, contabilizándose un total de 4.6 metros, el 10.9% es de severidad moderada y el 89.1% de severidad baja.

8 a,b. Agrietamiento tipo mapa y escamaduras.

No se observaron de este tipo de daños.

9. Agregado pulido.

Se observó el 90% de la superficie del pavimento sin textura, el 10% restante se debe a las reparaciones efectuadas con asfalto (bacheos) y el área utilizada por las juntas.

10. Desprendimientos.

Se localizaron 2 desprendimientos, el primero localizado en el carril oriente, estacionamiento 0 +003.70, el segundo en el carril poniente, estacionamiento 0 +00 9.90, registrándose dos losas con este daño.

11. Estallamientos.

Se localizaron 2 estallamientos el primero localizado en el carril oriente, estacionamiento 0 +0 31.50, el segundo en el carril poniente, estacionamiento 0 + 010.50 registrándose 2 losas con este daño.

12. Escalonamientos de juntas transversales y grietas.

Se observaron varios puntos con este daño, pero el carril oriente presenta mayores valores, obteniéndose un escalonamiento máximo de 23mm positivo, en el

estacionamiento 0 + 031.50 que es precisamente en la junta transversal donde se da el estallamiento antes mencionado; el escalonamiento máximo en el carril poniente es de 3mm negativo en el estacionamiento 0 + 052.50 que corresponde a una junta transversal.

Los escalonamientos del carril oriente son de severidad alta ya que pasan de 5mm, y los del carril poniente son de severidad moderada. El 42.9% de las juntas transversales presenta este daño de las cuales el 50% es de severidad alta y el 50% de severidad moderada.

13. Hundimiento carril-cuneta.

Se observaron hundimientos en los dos carriles, el máximo es de 75 mm ubicado en el carril oriente en el estacionamiento 0 +030.0, y otro de 55 mm en el estacionamiento 0 + 045.0, en el carril poniente se registró 35mm en el estacionamiento 0 +045.0 y de 40mm en el estacionamiento 0 +060.0 estos hundimientos son positivos.

14. Separación carril-cuneta.

No se observó una separación severa, las separaciones obedecen a la separación de juntas con un promedio de 20mm.

15. Bacheos.

Se observaron un total de 7, uno de ellos de concreto hidráulico de severidad baja con un área de 0.6 m², los demás son reparaciones con asfalto, en total se contabiliza un área de 27.5 m², el 4.3% es de severidad alta, el 22.2% de severidad moderada y el 73.5% de severidad baja.

16. Sangrado de agua y bombeo.

En la evaluación realizada no se observó material o manchas sobre el pavimento pero si se da el bombeo de finos ya que la mayor parte de las juntas y grietas no tienen sello por lo tanto se pierde material pero en forma muy lenta que puede durar varios años.

A continuación las figuras 4.2, 4.3 y 4.4 muestran las graficas que resumen los deterioros.

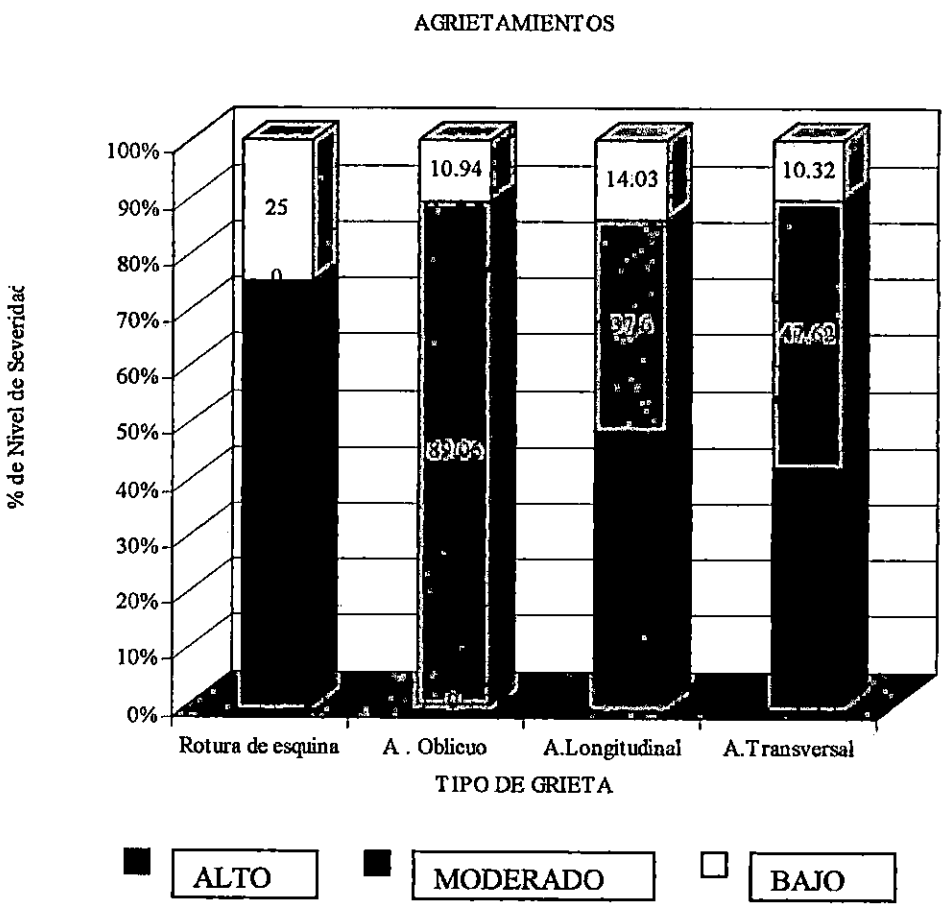


Fig. 4.2 Agrietamientos.

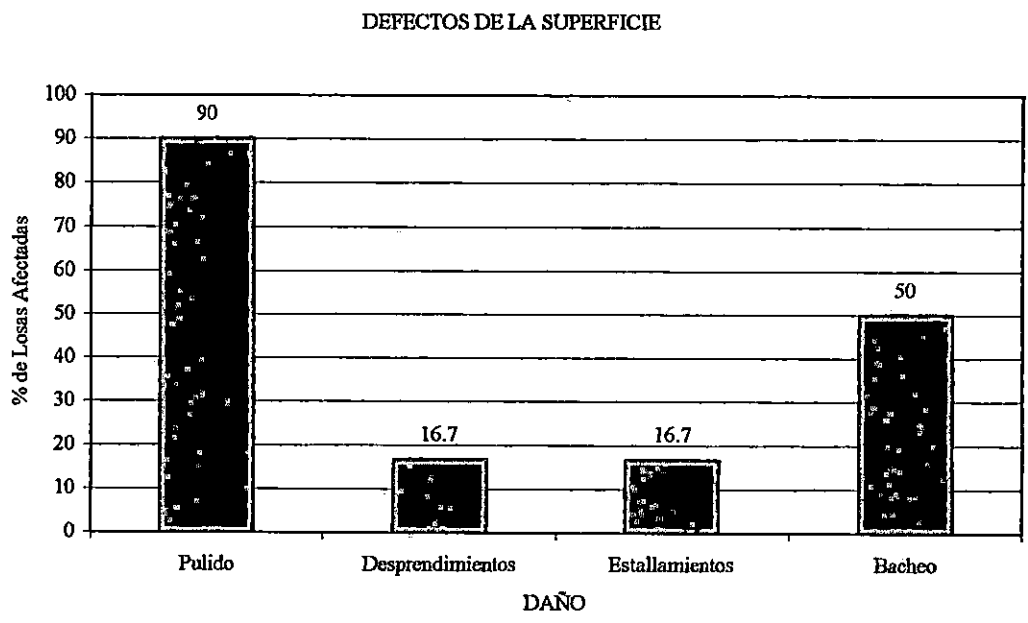
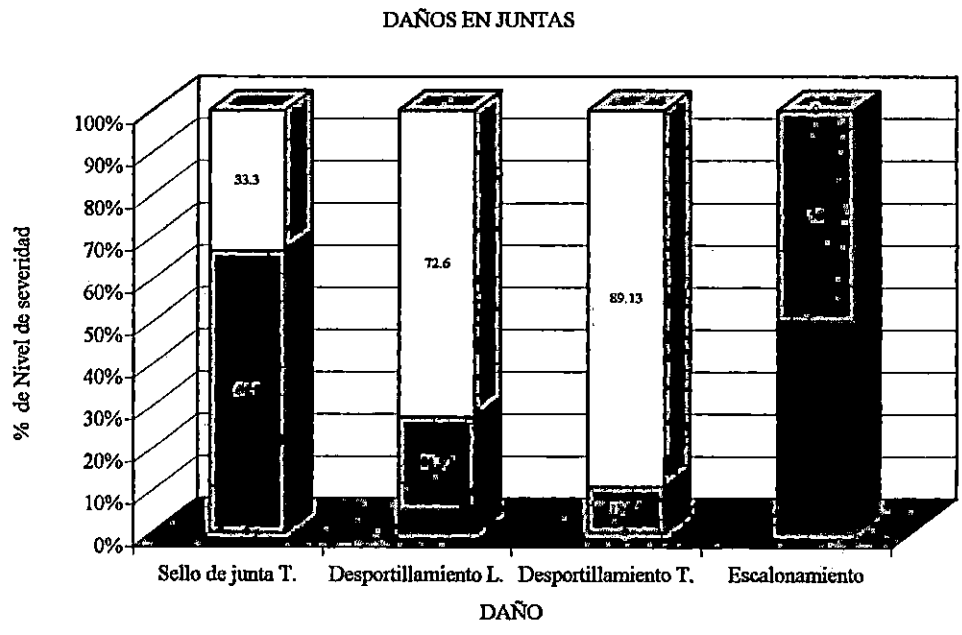


Fig. 4.3 Daños en juntas y defectos superficiales.

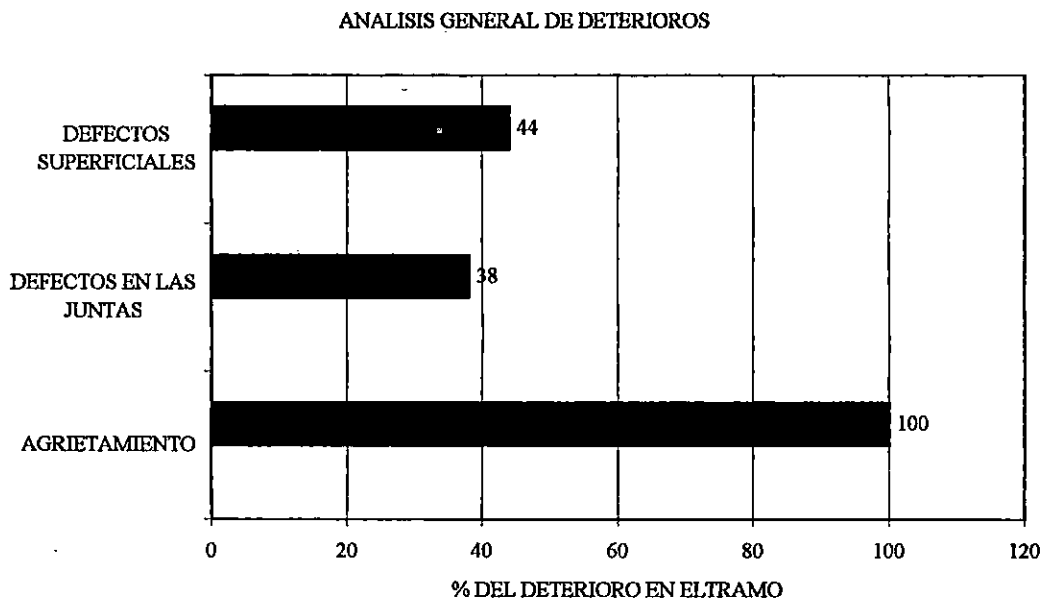


Fig. 4.4 Resumen de daños.

4.2.3 INTERPRETACION DE LOS DETERIOROS.

De acuerdo a la información obtenida en el levantamiento de deterioros se interpretarán los daños obteniéndose el Índice de Degradación del Pavimento, Según recomendaciones de la P.I.A.R.C., la que se expresa de la siguiente formula:

$$C = 3X + 2Y + 2Z + N + V$$

Donde:

X = % de losas quebradas en varias partes (100%) (Todas las losas, 12)

Y = % de losas con grietas longitudinales (58.3%) (7 losas)

Z = % de losas con grietas transversales (75.0%) (9 losas)

$N = \% \text{ de losas con grietas oblicuas (0\%)}$

$V = \% \text{ de losas con grietas de esquina (25.0\%) (3 losas)}$

Solo se han considerado las grietas y daños de severidad alta.

$$C = 3(100) + 2(58.3) + 2(75) + 0 + 25$$

$$C = 591.6\%$$

Este valor indica que el pavimento tiene un índice de deterioro muy elevado (ver tabla 4.7), ya que pasa casi seis veces el valor máximo de índice de deterioro que es el 100%. En la misma tabla, se indica que cuando una estructura ha llegado al 80% es necesaria una urgente reparación, por lo que el 600% para nuestro caso, indica una falla estructural.

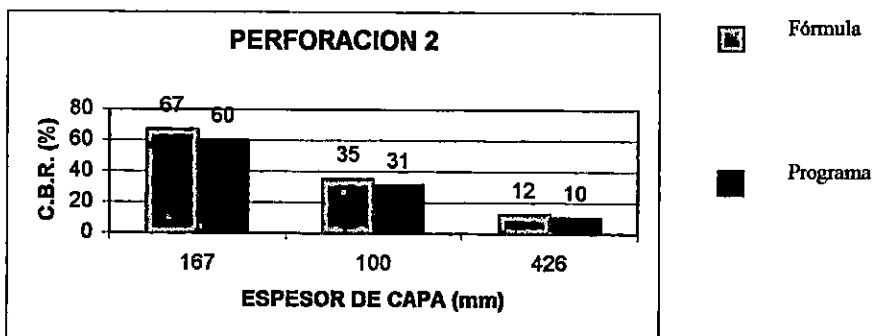
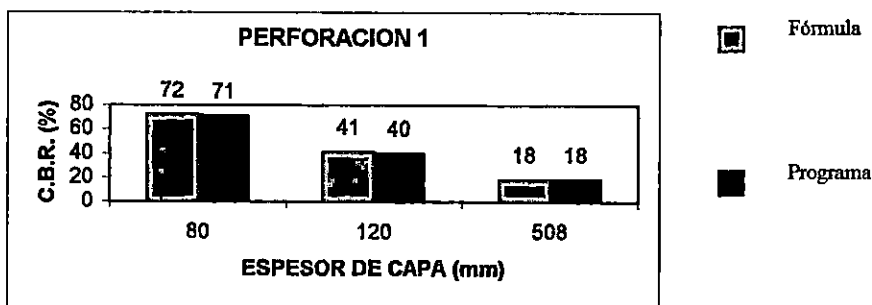
| VALOR DE "C" | SIGNIFICADO |
|-----------------|--|
| C Bajo de 20 | Pavimento en buena condición. |
| C Entre 20 y 50 | Pavimento en condición promedio. Requiere observación y medidas de cerca. |
| C Entre 50 y 80 | Requiere reparación o refuerzo. |
| C Arriba de 80 | Requiere urgente intervención. |

Tabla 4.2 Significado de los valores de "C", PIARC.

4.4 EVALUACION DE LAS CAPAS DE APOYO DEL PAVIMENTO.

Esta evaluación se realizó con el método manual “Penetrómetro de cono dinámico (DCP)” con los valores del DCP, se calculó el CBR por dos vías una de ellas utilizando la formula $CBR = 398.11^{(-1.26)}$, y utilizando el programa WINDCP 4.0.

En la siguientes figura, se presentan graficas comparativas de resultados, por formula y los resultados del programa.



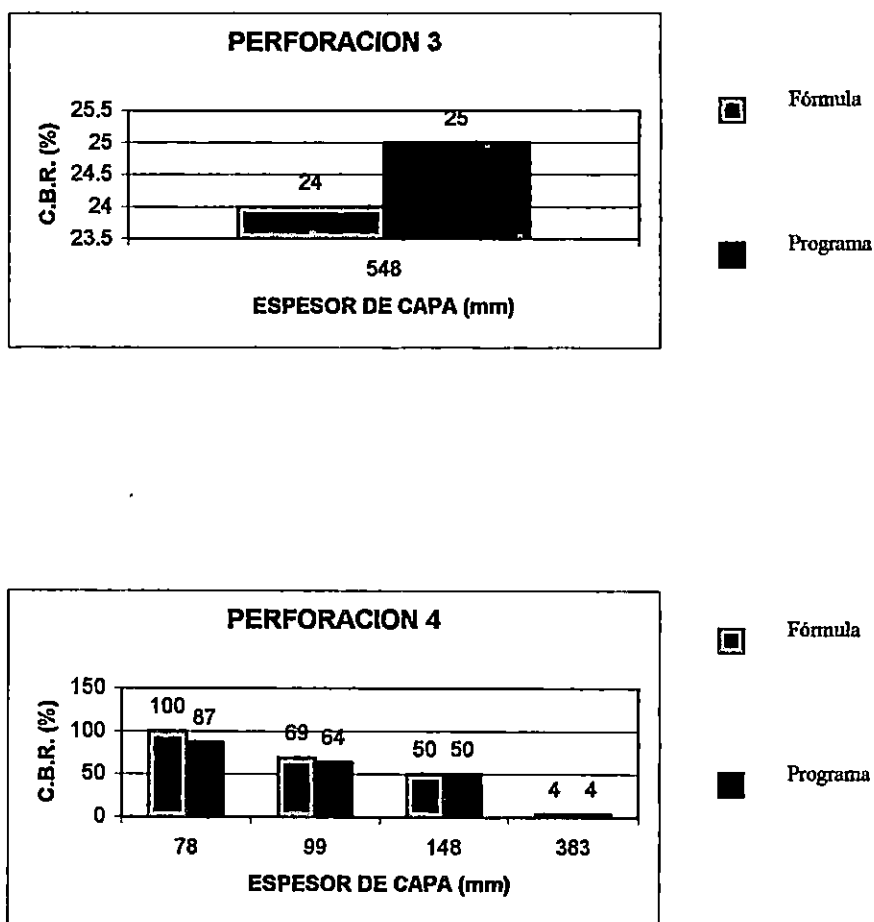


Fig. 4.5 Gráficos comparativos de las perforaciones, de CBR calculados por fórmula y programa WINDCP 4.0.

En la figura anterior se observa una pequeña variación de los resultados, los datos que arroja el programa son ligeramente menores a los calculados por fórmula. Esta diferencia se debe a los datos adicionales que el programa necesita. Estos datos son las condiciones del pavimento, como grietas, bombeo de finos, etc.

Los datos de C.B.R. de las figuras (perforación 1 y 2), son similares aunque explican que hay una sub-base que está dividida en dos estratos, el primero con un C.B.R. de 71.5% en un espesor de 8 cm, el otro estrato con un C.B.R. de 40.5% en un espesor de 12 cm, para la primera perforación. En la segunda perforación se tiene también una sub-base dividida en dos estratos, el primero con un C.B.R. de 63.5% en un espesor de 16.7 cm, el otro estrato tiene un C.B.R. de 33% con espesor de 10 cm.

De la grafica perforación 3, sólo se obtienen datos de la sub-rasante, ya que en el momento del ensayo hubo obstrucción que no permitió continuar y se tuvo que profundizar más en la fundación del pavimento, la perforación 4 es diferente a las perforaciones previas demostrando en su sección tres estratos para la sub-base con C.B.R diferentes, el primero con 93.50%, y espesor de 7.8 cm, el segundo con 66.5%, espesor 9.9 cm, el tercer estrato con C.B.R de 50%, espesor de 14.8 cm.

4.3.1 CALCULO DEL C.B.R. DE LA SUB-BASE

Según la clasificación visual manual realizada el material de la sub-base es una Arena-limosa (SM), en este tipo de material son comunes los C.B.R. que oscilan entre 20-40%¹. El C.B.R. se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

¹ Según la tabla: Características de materiales utilizados en pavimentos de concreto hidráulico (ACPA).

La información obtenida indica que la sub-base tiene dos estratos, aunque el material es el mismo (SM), el cual no puede tener C.B.R. tan elevados como los de la primera capa. Desde este punto de vista se consideró como representativos de la sub-base los datos de las figuras que representan las perforaciones 1 y 2, que oscilan entre 20-40%.

Se consideró para el C.B.R. de la sub-base, el promedio de los datos de la fórmula y el programa, del segundo estrato de las perforaciones mencionadas.

| OBTENCION DE C.B.R. DE LA SUB-BASE | | | | |
|------------------------------------|----------|---------------|----------|--------|
| Perforación 1 | | Perforación 2 | | C.B.R. |
| Formula | Programa | Formula | Programa | |
| 41% | 40% | 35% | 31% | 36.75% |
| | | | | 37% |

Tabla 4.3 En esta tabla se presenta el cálculo de C.B.R. para la sub-base.

4.3.2 CALCULO DEL C.B.R. DE LA SUB-RASANTE.

A pesar que los resultados de C.B.R. de la sub-rasante son variables, las diferencias son relativamente bajas y tomando en cuenta que se considera del mismo material de la sub-base pero con menor grado de compactación, se decidió considerar como aceptable el promedio de todas las perforaciones tomando en cuenta resultados de fórmula y el programa. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla.

| OBTENCION DE C.B.R. DE LA SUB-RASANTE | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|--------|
| Perforacion 1 | | Perforación 2 | | Perforación 3 | | Perforacion 4 | | C.B.R. |
| Formula | Programa | Formula | Programa | Formula | Programa | Formula | Programa | |
| 18% | 18% | 12% | 10% | 24% | 25% | 4% | 4% | 14.38% |
| | | | | | | | | ≈ 14% |

Tabla 4.4 C.B.R. de la Sub-rasante.

SECCION PROMEDIO.

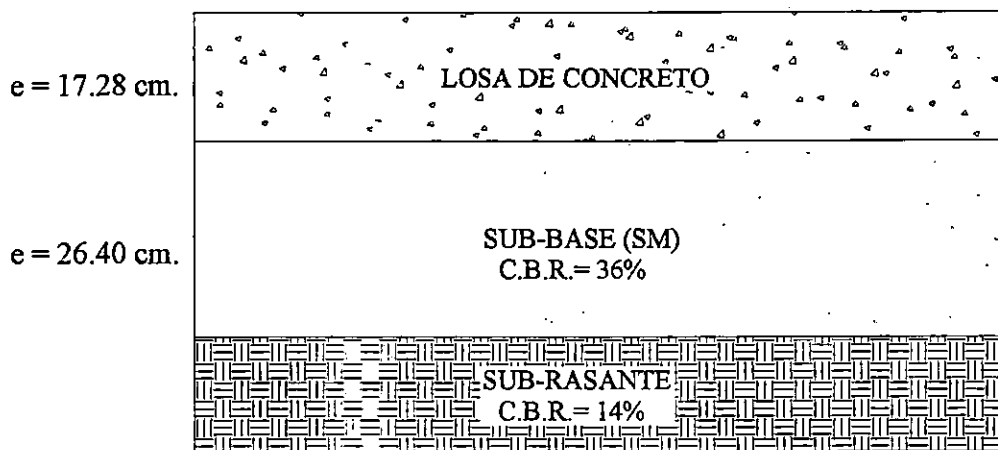


Fig. 4.6 Sección promedio.

A partir de los datos obtenidos de C.B.R., realizamos una correlación para estimar el valor de reacción de soporte (Modulo de Westergaard) K., esta información se presenta en la siguiente tabla:

| CORRELACION C.B.R.- K | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|-----------|-------------|---------------------------|-----------|
| SUB-BASE | | | SUB-RASANTE | | |
| C.B.R. (%) | K (Lb/pulg ³) | K (Mpa/m) | C.B.R. (%) | K (Lb/pulg ³) | K (Mpa/m) |
| 37.00 | 370.00 | 100.44 | 14.00 | 140.00 | 38.00 |

Tabla 4.5 Estos valores equivalentes de "K" se obtuvieron de características de materiales para pavimentos de concreto hidráulico (ACPA).

Así mismo según resultados del software PAS 5.01, que se fundamenta en la AASTHO-93, a partir de los datos de CBR del Penetrómetro de Cono Dinámico se obtuvo un valor de $K = 170$ (Lb/pulg³) para la sub-rasante. Este valor se considera más refinado.

4.4 EXTRACCION DE NUCLEOS.

Los cuatro núcleos extraídos en la 6ta Avenida Sur entre la 2da y 4ta Calle Oriente se ubicaron en el carril poniente según se detalla a continuación.

| | | |
|-------------|----------------------------|----------------------|
| Núcleo No 1 | Estacionamiento 0 + 055.05 | 1.79 m de la cuneta. |
| Núcleo No 2 | Estacionamiento 0 + 040.86 | 1.23 m de la cuneta. |
| Núcleo No 3 | Estacionamiento 0 + 036.13 | 0.87 m de la cuneta. |
| Núcleo No 4 | Estacionamiento 0 + 025.67 | 1.37 m de la cuneta. |

Los cuatro núcleos extraídos con diámetro de 4", resultaron sanos no presentaron fisuras en el perímetro lateral, tampoco se observaron huecos (colmenas, desprendimiento de agregado, etc.) del análisis visual se determinó el tamaño máximo promedio del agregado grueso para estos núcleos resultando ser de 1½".

El gráfico muestra la variación de sus alturas.

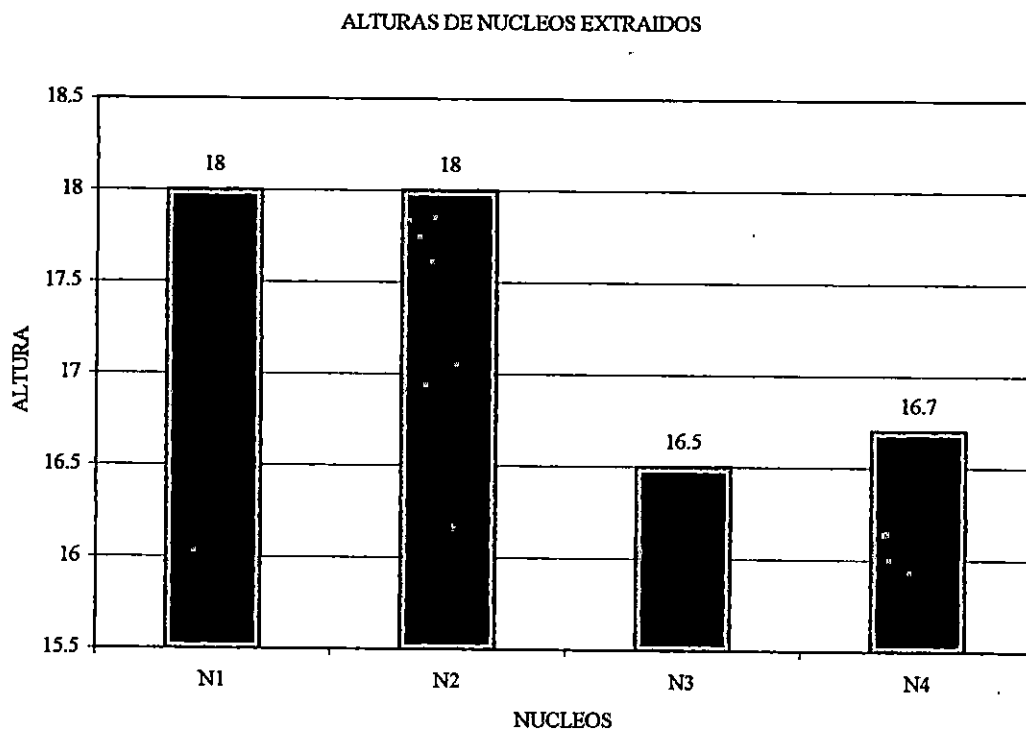


Fig. 4.7 Alturas de núcleos

De la figura anterior se puede determinar un espesor mínimo de 16.5 cm, un máximo de 18 cm, obteniendo un espesor promedio de 17.3 cm, lo cual indica que en la

sub-base existe probablemente una irregularidad superficial de aproximadamente de 1.5 cm lo cual puede interpretarse en la siguiente figura.

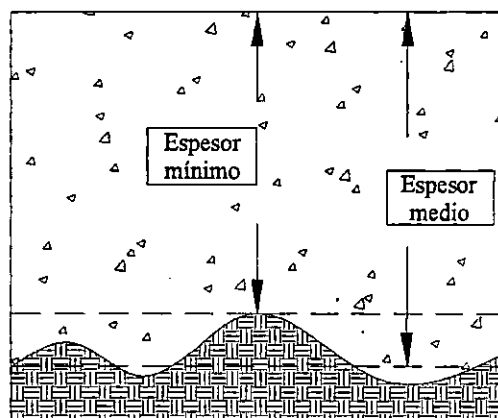


Fig. 4.8 Irregularidad de la sub-base.

Observaciones: Al momento de realizar la prueba, la extractora de núcleos utiliza agua para lubricación de la broca, por tal efecto se observó socavación en el agujero del núcleo, por lo que se observó una depresión de 1.8 cm en los agujeros de los núcleos 3 y 4; lo cual puede interpretarse que la sub base es bastante erosionable por ser un material granular.

4.5 ENSAYOS DE LABORATORIO.

4.5.1 HUMEDAD.

De las dos muestras recolectadas se obtuvo una humedad de 12.9% y 11.6%, obteniendo un promedio de 12.2%.

La humedad de las dos muestras no presentó mucha variación y el promedio representa la humedad típica para una arena limosa (ver tabla 12 Capítulo II)

Observaciones: se considera la esta humedad como representativa a pesar de la gran cantidad de grietas que presentan las losas y no poseer sello las juntas, se debe precisamente a la permeabilidad del material de la sub-base (SM) la cual drena rápidamente el agua infiltrada.

4.5.2 INSPECCION VISUAL MANUAL.

Según la hoja de control para este ensayo mostrada en capítulo anterior de la cual se obtiene una clasificación del material de la sub-base resultando ser una arena limosa (SM) este resultado puede ser comparado con la clasificación establecida por la AASHTO (A-2-5) para suelos utilizados en carreteras, obteniéndose la categoría de suelo granular de baja plasticidad, lo cual representa un material de alta calidad para carreteras.

Con respecto a la clasificación de la sub-rasante no se inspeccionó de manera directa, pero según los materiales prevalecientes en ésta zona se consideró del mismo material de la sub-base arena limosa (SM).

4.5.3 PRUEBA DE COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO.

En la tabla 4.6 se presentan los resultados de la prueba de compresión de los núcleos de concreto ensayados, estos valores están afectados por los factores de corrección de la norma ASTM C-42.

Según el libro pruebas de concreto endurecido (Adam M. Neville), cuando se trata el caso de concretos, de relativa baja resistencia a la compresión, como en el caso de los núcleos ensayados, es aconsejable modificar aún más los resultados.

En el tema, "Efecto de la relación altura-diámetro en la resistencia", sostiene que para especímenes con relaciones altura / diámetro que oscilan entre 1.5 – 2.5, además de aplicar la norma ASTM C-42 (corrección por esbeltez), que proporciona una resistencia corregida, ésta resistencia debe de reducirse en 5 % adicional.

Tomando en cuenta las sugerencias anteriores, obtenemos los siguientes resultados:

| CORRECCION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION. | | | | | | | |
|---|---------------|-------------|--------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------|---|
| Probeta No. | Diámetro (cm) | Altura (cm) | Factor de esbeltez | Area (cm ²) | Carga (kgs) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Esfuerzo corregido (5%) (kg/cm ²) |
| 3 | 10 | 15.2 | 0.9616 | 78.54 | 17,100 | 209.36 | 198.89 |
| 4 | 10 | 15.5 | 0.964 | 78.54 | 23,500 | 288.44 | 274.02 |

Tabla 4.6 En esta tabla se presenta la corrección del esfuerzo a la compresión.

Los resultados de la tabla anterior reflejan un promedio de esfuerzo de 236.45 Kg/cm², es un esfuerzo relativamente alto tomando en cuenta que la tecnología

del concreto en la época no se consideraban los criterios actuales, los diarios oficiales al respecto indican una relación volumétrica del concreto 1:2:4 (Cemento, Arena y Grava), esto representa un esfuerzo de compresión de 140 Kg/cm².

Una de las características importantes del concreto hidráulico, es la capacidad de incrementar resistencia con el tiempo (77 años), esta puede ser parte de la explicación de la diferencia de esfuerzo obtenida, o un cambio en la ejecución del proyecto que no se registro en los diarios oficiales.

4.5.4 PRUEBA DE TENSION INDIRECTA (Prueba brasileña).

Según la hoja de control presentada en el capítulo III para los especímenes 1 y 2 ensayados en esta prueba, el valor de esfuerzo promedio calculado en base a la fórmula $T = 2P/\pi LD$ el esfuerzo promedio calculado es de 40 Kg/cm².

Como se puede observar, el valor de esfuerzo promedio obtenido es un dato relativamente alto; indicando por un lado que las propiedades mecánicas de los materiales eran excelentes, sin embargo podría resultar engañoso dado que se obtuvo a partir del ensayo de dos especímenes.

En algunos países europeos utilizan directamente este valor para los diseños de espesores de pavimentos; en nuestro país, estamos influenciados por las normas AASHTO y ASTM donde el factor que gobierna el diseño de los pavimentos es el módulo de ruptura (M_r), el cual contempla valores de esfuerzo a compresión como a tensión del concreto. Se considera que la resistencia determinada en la prueba brasileña es más próxima a la resistencia real de tensión del concreto, que la del modulo de

ruptura; la variación aproximada de la prueba brasileña es del 12% al 15% más elevada que la resistencia de tensión directa².

4.5.4.1 Determinación del módulo de ruptura.

Para calcular el módulo de ruptura (M_r), se utilizó una serie de ecuaciones deducidas en base a correlaciones hechas por varios autores como se observa en la siguiente tabla:

| Autor: | Ecuación en PSI | Módulo de ruptura (M_r , Kg/cm ²) |
|--|---------------------------------|---|
| ACI Journal/Raphael J:M | $MR = 2.3 \times [f'c^{(2/3)}]$ | 36.32 |
| Código ACI | $MR = 7.5 \times [f'c^{(1/2)}]$ | 30.60 |
| Center for Transportation Research/Fowler D:W | $MR = F_{st}/0.72$ | 55.55 |
| Greer | $MR = 21 + 1.254F_{st}$ | 51.63 |
| | $MR = 1.296F_{st}$ | 51.84 |
| | $MR = F_{st} + 150$ | 50.56 |
| Hammit | $MR = 1.02F_{st} + 210.5$ | 55.62 |
| Narrow & Ulbrig | $MR = F_{st} + 250$ | 57.60 |
| M_r promedio = 48.71Kg/cm ² | | |

Tabla 4.7 Cálculo del módulo de ruptura.

² Tecnología del concreto, pruebas del concreto endurecido. Adam M. Neville.

Además se calculó el módulo de ruptura a partir de investigaciones realizadas por el ISCYC en base a proyectos locales:

1) $MR = 3.4005f'c^{0.4286}(\text{Kg/cm}^2)$, utilizada en la calle Chiltiupán.

$$MR = 3.4005(236.45)^{0.4286}$$

$$MR = 35.39 \text{ Kg/cm}^2$$

2) $MR = 0.1908f'c^{0.8655}(\text{Kg/cm}^2)$, utilizada 9ª C.Pte y Bulevar Sur Sta. Tecla.

$$MR = 0.1986(236.45)^{0.8655}$$

$$MR = 22.51 \text{ Kg/cm}^2$$

El promedio de estos últimos dos valores es: $MR = 28.95 \text{ Kg/cm}^2$

Para obtener un valor más representativo, se obtuvo el promedio de todas las fórmulas aplicadas:

$$MR \text{ promedio} = (48.71 + 28.95) / 2$$

$$MR = 38.83 \text{ Kg/cm}^2$$

El valor obtenido, se considera confiable dado que es un dato más apegado a los valores actuales para pavimentos de concreto en El Salvador y se puede obtener en laboratorios locales siguiendo los procedimientos recomendados por las normas AASHTO y ACI.

4.6 REVISION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EN ESTUDIO BAJO LAS CONDICIONES ACTUALES (2002) DE TRANSITO, ESPESORES DE MATERIALES Y PROPIEDADES DE LOS MISMOS.

Analizados cada uno de los puntos sobre la evaluación estructural y funcional, se revisará la estructura del pavimento en conjunto haciendo uso del programa utilizado por la ACPA (PAS 5.01) para el diseño de pavimentos.

El siguiente esquema muestra los parámetros que utiliza el programa mencionado para revisar y diseñar los pavimentos de concreto hidráulico.

Los datos que a continuación se presentan fueron analizados con el programa PAS 5.01, el cual se fundamenta en AASHTO/93 y en la Asociación Americana de Pavimentos de Concreto (ACPA).







01-19-2002

State: El Salvador C.A. Job Number: 01
 Agency: Location: 6° Av. Sur, San Salvador
 Company: Entre 2° y 4° Calle Ote.
 Contractor: Engineer: JAB, CEC, EAA, CAQR

===== Traffic Conversion To E 18's =====

E 18 CONVERSION FROM VEHICLE DATA

Estimated: Rigid Depth = 6.81 Structural Number = 0.00 PC = 3.00
 Annual Growth Rate = 3.00
 Design Life = 1.00

| VEHICLE | AXLE | LOAD | T | NUMBER/(D,M,Y) | VEHICLE | AXLE | LOAD | T | NUMBER/(D,M,Y) |
|---|------|-------|---|----------------|---|------|-------|--------------|----------------|
|  | F- | 2.20 | 1 | |  | F- | 12.20 | 1 | |
| | M- | 0.00 | 0 | | | M- | 0.00 | 0 | |
| | R- | 2.20 | 1 | 193 D | | R- | 22.00 | 1 | 711 D |
|  | F- | 3.74 | 1 | |  | F- | 11.00 | 1 | |
| | M- | 0.00 | 0 | | | M- | 0.00 | 0 | |
| | R- | 6.36 | 1 | 561 D | | R- | 35.20 | 2 | 2 D |
|  | F- | 9.90 | 1 | |  | F- | 12.00 | 0 | |
| | M- | 0.00 | 0 | | | M- | 34.00 | 0 | |
| | R- | 19.80 | 1 | 55 D | | R- | 34.00 | 0 | 0 D |
| | | | | | | | | Rigid E 18's | Flexible E18's |
| | | | | | | | | 691,078 | 0 |

key: F-Front M-Middle R-Rear Axle
 1-Singe 2-Tandem 3-Tridem Axle
 D-Day M-Month Y-Year

En esta hoja se calculó el ESAL's utilizando el programa PAS 5.01 fundamentado en la AASHTO/93 y en la ACPA, tomando de base el T.P.D.A actual, el espesor de losa obtenido de 6.81 pulgadas y un índice de serviciabilidad final de 2.0; se obtuvo un ESAL's de 691,078.

El ESAL's también se calculó manualmente por medio de la fórmula dada por la AASHTO/1986 y se obtuvo un dato de 694,243.73 (tabla 3.3 del capítulo III); sin embargo se utilizará el valor encontrado por el programa por considerarse como un dato más refinado. Este dato servirá de referencia para los valores de ESAL's que se calculan posteriormente

01-19-2002

| | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| State: El Salvador C.A. | Job Number: 01 |
| Agency: | |
| Company: | Location: 6° Av. Sur, San Salvador |
| Contractor: | Entre 2° y 4° Calle Ote. |
| Engineer: JAR, CRC, HAA, CAGR | |

===== Rigid Analysis =====

| | | | |
|-----------------------------|---|-----------|-----------|
| Pavement Depth | = | 5.55 | inches |
| Design E 18's | = | 691,078 | |
| Reliability | = | 75.00 | percent |
| Overall Deviation | = | 0.35 | |
| Modulus of Rupture | = | 553.0 | psi |
| Modulus of Elasticity | = | 3,732,750 | psi |
| Load Transfer, J | = | 3.00 | |
| Mod. of Subgrade Reaction | = | 170 | psi/in |
| Drainage Coefficient | = | 1.10 | |
| Initial Serviceability | = | 4.50 | |
| Terminal Serviceability | = | 2.00 | |
| For k determination: | | | |
| - Resilient Mod. Subgrade | = | 11,820 | psi |
| - Resilient Mod. Base | = | 30,000 | psi |
| - Base Thickness | = | 10.0 | inches |
| - Depth to Rigid Foundation | = | a | > 10 feet |
| - Loss of Support Value | = | 0 | |

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación estructural de la base y sub-base y al ESAL's actual de la sexta Av. Sur; el espesor de pavimento necesario es de 5.55 pulgadas (14cm). Sin embargo el espesor promedio del pavimento existente es de 6.92 pulgadas (17.30 cm); lo que nos confirma que el pavimento fue sobre diseñado o que se tomó un factor de crecimiento grande considerando el desarrollo económico de la época.

que recomienda la ACPA, el cual se basa en la condición del pavimento de acuerdo a la edad (Fig. 4.9)

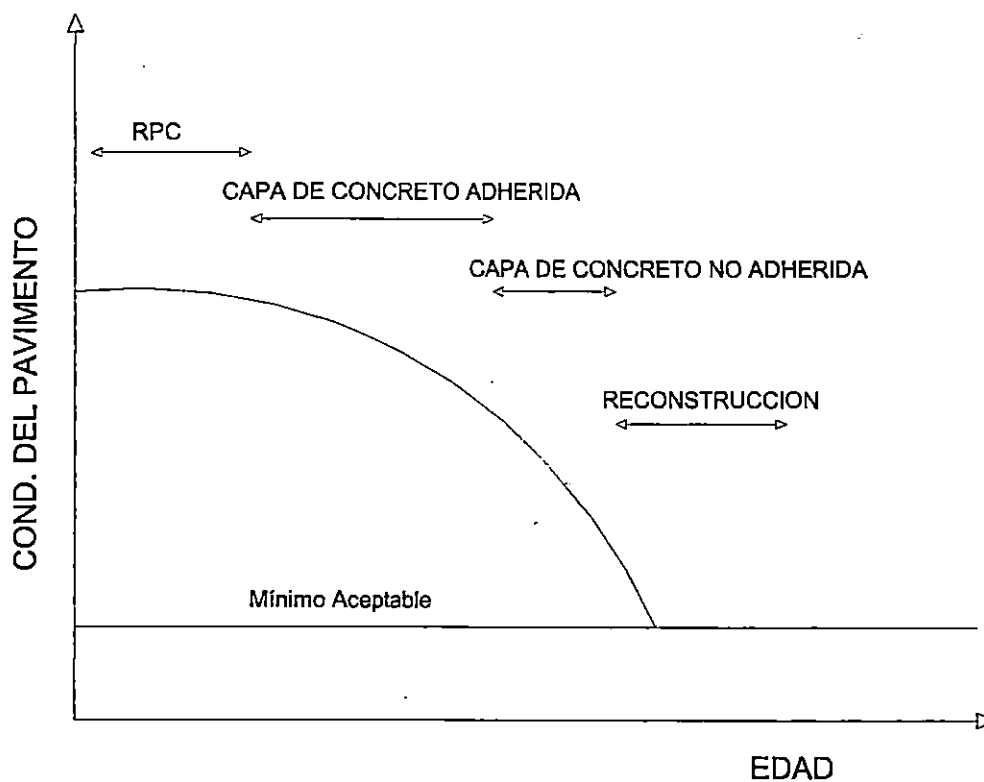


Fig. 4.9 Acciones de reparación en pavimentos de concreto hidráulico, según ACPA.

4.7.1 TECNICAS RPC.

Con el propósito de seleccionar la alternativa de solución más apropiada debido a la situación actual del pavimento se analizó sistemáticamente la información que se obtuvo acerca del tramo de pavimento en estudio. Entre la información analizada tenemos:

Datos del diseño original, datos de la construcción, datos de tránsito, datos ambientales, actividades previas de reparación y condición actual del pavimento.

Entre estos datos, los de mayor importancia respecto a reparaciones son la condición actual del pavimento y los referentes a las capas subyacentes dado que estas indicarán si las técnicas RPC (Reparación de Pavimentos de Concreto) pueden emplearse para mejorar la capacidad de carga del mismo.

Se ha tratado de identificar la causa de la falla para definir la técnica RPC más apropiada en cada caso.

Basados en el levantamiento de deterioros y los resultados de los ensayos realizados se determinó que el tramo de estudio es importante tratar los siguientes problemas:

- Falta de apoyo de la base y sub-base
- Agrietamiento longitudinal
- Agrietamiento transversal
- Agrietamiento múltiple y grieta de esquina
- Deterioros de juntas y grietas.

A continuación vamos a mencionar las posibles medidas a adoptar para la reparación del tramo de pavimento, suponiendo que se trataran de forma individual.

- Falta de apoyo de la base y sub-base.

Los vacíos que se encuentran bajo la losa del pavimento; se han producido principalmente por el bombeo de finos debido a la infiltración de agua en las juntas y grietas.

Para restaurar el apoyo a las losas del pavimento debemos llenar los vacíos que se producen bajo ellas según el procedimiento de estabilización para losas descrito en la sección 2.5.2.1 del capítulo II.

- Agrietamiento longitudinal.

Basados en la inspección visual y el levantamiento de deterioros realizada (ver gráficas 3.1 a 3.4, Cap.III), determinamos que la causa principal que dió origen a este tipo de problema son las dimensiones excesivas ó desproporcionadas de las losas, ya que presentan una relación de 1: 2.38 (ver tabla 2.2 del capítulo II).

La mayoría de grietas longitudinales presentan un estado de deterioro de alta severidad, según los lineamientos de la metodología SHPR; por lo que sugiere repararlas; utilizando el procedimiento de reparación a espesor completo (sugerido en la sección 2.5.2.2 del capítulo II).

- Agrietamiento transversal.

De acuerdo a las observaciones realizadas y a los mapas de deterioros 3.1 a 3.4 obtenidos del tramo en estudio, una de las razones principales para el desarrollo de este tipo de deterioro se debe a la longitud excesiva de las losas, dado que existen grietas localizadas en el tercio central. Además contribuye la pérdida de trabazón mecánica del agregado a lo largo de las grietas.

La técnica de reparación aplicada para restablecer el funcionamiento correcto de este tipo de grietas es una reparación a espesor completo.

- Agrietamiento múltiple y roturas de esquina.

Este tipo de grieta se ha dado por el bombeo producido en las juntas generando falta de apoyo en la capa subyacente. Si a esto le agregamos que la capacidad de soporte no es uniforme y el porcentaje de vehículos pesados (autobuses) que transitan por la vía es el más elevado (tabla 3.2 del capítulo III), es de esperar que en un corto tiempo haya problemas mayores.

La técnica de reparación apropiada para ambos problemas es una reparación a espesor completo.

- Deterioro de juntas y grietas.

El tramo en estudio, tiene la mayoría de grietas y algunas juntas desportilladas debido a la falta de sello. El problema se ha agudizado aún más por el deficiente mantenimiento que reciben las carreteras en nuestro país.

Esta alternativa de solución se plantea sin evaluar si es o no el momento oportuno para su aplicación; aunque nosotros no dudamos que pueden producir un mejoramiento notable, pero a un costo excesivamente alto; dado el estado de degradación en que se encuentra y que lo refleja el valor de C obtenido (tabla 2.13 del capítulo II). Además al dimensionar las reparaciones (ver figura 4.11), se observa que es necesario remover aproximadamente el 60% del pavimento existente, por lo que estas técnicas se consideran inoportunas en este caso y se justifica el empleo de otras técnicas como capa no adherida y capa adherida.

4.7.2 CAPA DE CONCRETO ADHERIDA.

El concepto básico de esta técnica, es el aumento de la capacidad estructural de la losa existente, por medio de la colocación de una carpeta de concreto hidráulico adherido monolíticamente a la estructura existente.

Esta técnica de reparación por ser una capa de concreto delgada, confía en la capacidad estructural del pavimento existente.

Para llevar a cabo esta alternativa de reparación se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento:

- Fresado con discos de diamante:

Con el propósito de crear una superficie rugosa en la losa existente y garantizar la adherencia entre losas, y mejorar el perfil longitudinal.

- Reparación de daños pavimento existente:

Los deterioros existentes son muchos (ver mapas de levantamientos de deterioros graficas 3.1 a 3.4, Cap. III), por lo tanto no garantizan un apoyo satisfactorio a la nueva losa.

Ante esta situación se deben demoler losas demasiado deterioradas:

Carril Oriente: La primera y segunda losa de entrada, y losa de salida.

Carril Poniente: losa de entrada y losa de salida, subsanando la sub-base con material selecto compactado.

Y reparar aplicando las técnicas RPC, en el resto de losas.

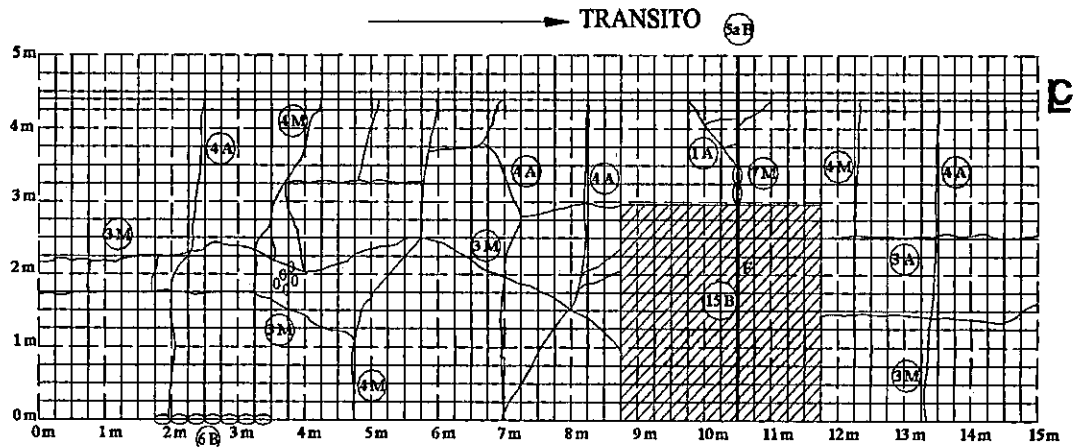


Fig. 4.10 Demolición de losa de entrada del carril Oriente.

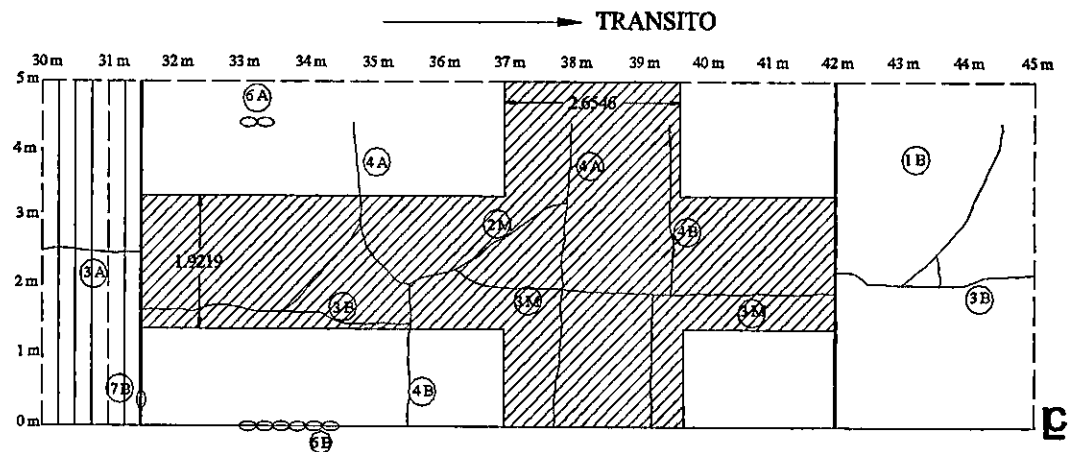


Fig. 4.11 Aplicando las técnicas RPC, en losa 4 del carril Poniente, reparando grietas que trabajan como juntas.

- Sello de juntas y grietas:

Se pretende colocar sello semi-flexible en grietas que trabajan como juntas y juntas, con el objeto de no restringir el movimiento relativo de losas.

Las grietas se deben sellar con epóxicos adhesivos.

- Colocación de capa de concreto adherida.

Luego de realizar las etapas antes mencionadas se podrá colocar la capa de concreto adherida.

Analizando las etapas que se deben realizar para llevar a cabo esta técnica, concluimos que económicamente no es viable, ya que su aplicación no es oportuna cronológicamente. En la figura 4.11, se puede apreciar que para reparar adecuadamente la losa número cuatro del carril Poniente, debemos demoler a espesor completo aproximadamente el 60% de la losa, lo que indica que es más económico demoler y construir nuevamente el pavimento.

4.7.3 CAPA DE CONCRETO NO ADHERIDA.

Esta técnica de reparación es aplicable a pavimentos de concreto hidráulico deteriorados, la ventaja más importante que brinda el método, radica en las reducidas acciones de reparación que se deben llevar a cabo a la capa de concreto existente.

Se debe garantizar la no adherencia de capas de concreto, esto se logra con una capa de separación, en este caso utilizaremos un material sintético a base de Polietileno.

El concepto principal de esta técnica, se basa en la separación de capas de concreto, con el propósito de evitar la continuidad de los daños de la losa existente a la losa nueva. Por esto la técnica está orientada a la rehabilitación de pavimentos hidráulicos con fallas, la nueva losa de concreto no pretende aumentar la capacidad de la losa existente, más bien toma la losa existente como una base mejorada.

En forma general el procedimiento de reparación consta de las siguientes etapas:

- a) Cierre de la vía.
- b) Trazo.
- c) Sello de juntas y grietas.
- d) Colocación de capa separadora.
- e) Colado de la capa de concreto hidráulico.
- f) Corte y sello de juntas.

a) Cierre de la vía:

Se tomó la decisión de cerrar el tramo para realizar los trabajos por los siguientes motivos:

- Protección de los trabajadores, evitando los accidentes de tránsito, que ocurren con frecuencia en este tipo de trabajos.
- Con el cierre total de la vía se aumentará el ritmo de trabajo, abriendo al tráfico lo antes posible.

Las vías que contribuyen tráfico a la sexta avenida sur son la cuarta calle oriente y la sexta avenida sur, este tráfico se encausará a la cuarta avenida utilizada como doble carril mientras se repara la Sexta avenida Sur.

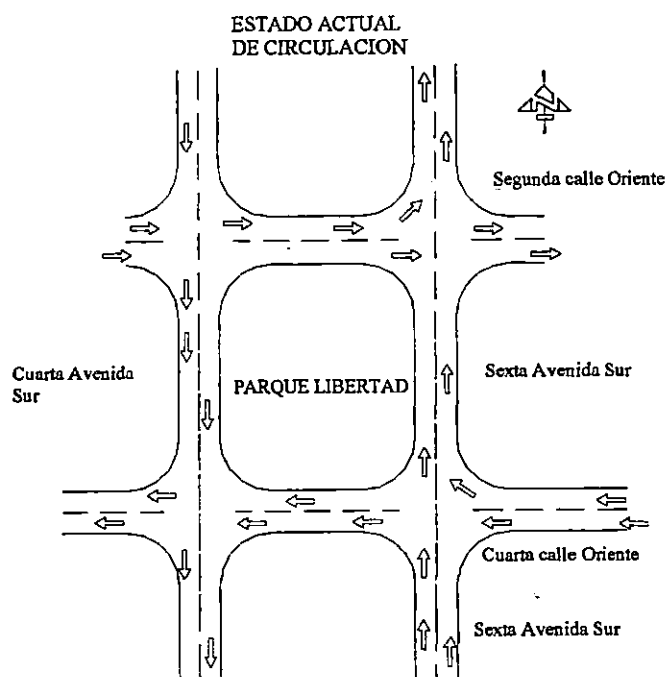
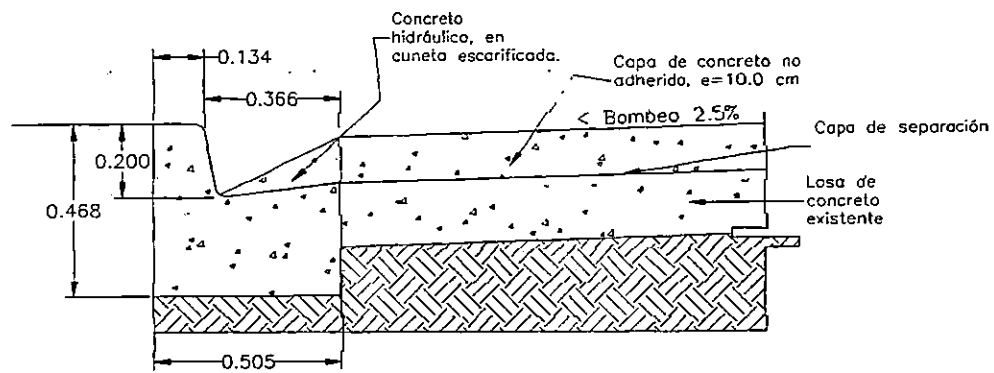


Fig. 4.12 Muestra la dirección del flujo vehicular actual en el punto de análisis.

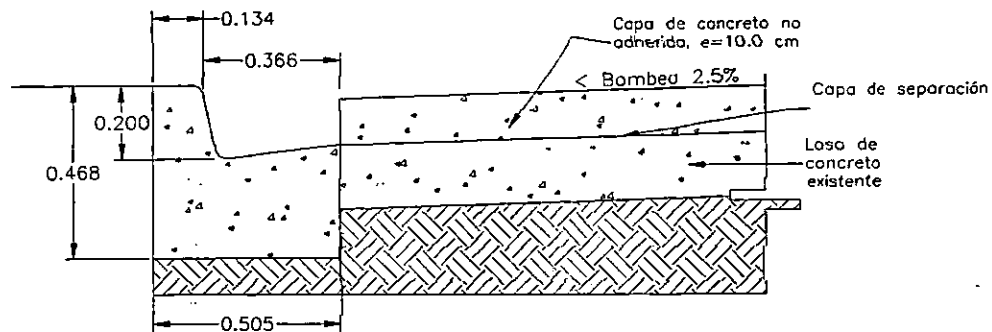


Fig. 4.13 Flujo vehicular propuesto.

Las figuras anteriores muestran el estado actual de flujo vehicular y la propuesta de circulación temporal, que se basa en utilizar de la Cuarta Avenida Sur como doble sentido.



DETALLE DE CAPA DE CONCRETO NO ADHERIDA, OPCION 1



DETALLE DE CAPA DE CONCRETO NO ADHERIDA, OPCION 2

Fig. 4.14 Muestra la capa de concreto hidráulico no adherido, considerando 2 opciones de funcionamiento losa-cuneta.

La figura anterior muestra dos opciones de funcionamiento de losa-cuneta con el objeto de disminuir el inconveniente del incremento de nivel de la capa de rodadura. La opción 1, incrementa el área de concreto a cuneta previamente escarificada, aunque la cuneta no se considerará como parte de la rodadura, ya que esta parte de la vía no tiene la capacidad de soportar cargas por tráfico. El principal objeto, es suavizar el desnivel carril-cuneta y simultáneamente mejorar el perfil longitudinal de la cuneta; que actualmente se encuentra deteriorado. La opción 1 sacrifica parte de la capacidad hidráulica de la vía.

La opción 2, mejora la capacidad hidráulica de la cuneta, se disminuyen los costos pero mantiene el inconveniente de la diferencia de nivel.

El fresado se ejecutará con maquina con discos de diamante, por ser un procedimiento mecanizado se obtienen mejores resultados.

c) Trazo:

Se identifican dos tipos de fallas en el pavimento existente, las grietas y las grietas que trabajan como juntas. Estos deterioros se identificaran en el campo, con los mapas de deterioro realizado.

d) Sello de juntas y grietas

Antes de proceder al sello de las juntas y grietas, se realizará una limpieza eliminando cualquier material ajeno.

Las grietas se sellarán con epóxicos adherentes de alta penetración.

Las juntas y grietas que trabajan como juntas, se sellaran con materiales compresibles de alta penetración.

e) Colocación de capa separadora.

Después de preparar la losa existente, se colocará la capa separadora extendiéndose completamente en la superficie, teniendo cuidado de no dejar área sin cubrir.

g) Colocación de la capa:

Las características mecánicas de la losa serán las siguientes:

-Resistencia a la compresión = 300 Kg/cm².

-Modulo de ruptura = 45 Kg/cm².

-La mezcla se diseñará para un revenimiento de 2" ± 0.5".

-Agregado grueso: 2" Máx.

-Relación agua-cemento: 0.40

El revenimiento de la mezcla depende del procedimiento de colocación, en este caso utilizaremos una regla vibratoria, se ha demostrado que puede trabajar con revenimientos de 2" ± 0.5".

Se tendrá el cuidado de vibrar las orillas en las cercanías de los moldes ya que la regla vibratoria no es capaz de vibrar adecuadamente en esas zonas, necesitando vibradores de mano.

h) Corte y sello de juntas:

Tendremos un corte en concreto semi-endurecido, el tiempo oportuno de realizar el corte lo darán las condiciones del lugar, temperatura, viento, etc.

El valor estándar de tiempo de corte será de 4 horas a partir del colado.

La disposición de las juntas en la nueva capa son las siguientes:

Junta longitudinal @ 2.20 m

Junta transversal @ 2.65 m.

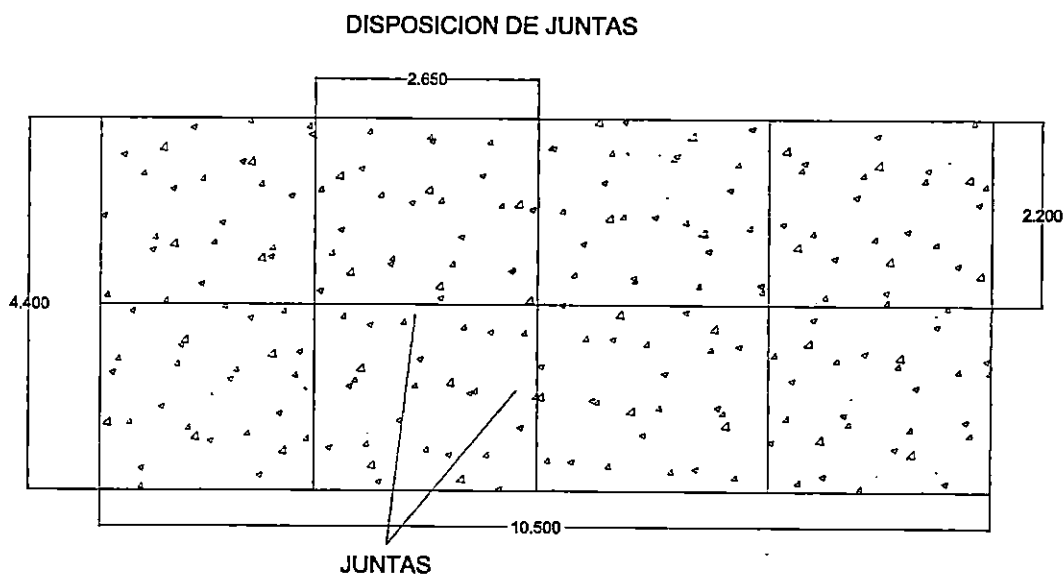


Fig. 4.15 Juntas longitudinales y transversales.

Como una alternativa adicional a las técnicas estudiadas en el documento, se podría evaluar la aplicación de un **concreto estampado**, esta alternativa surge por considerarse que el tramo en estudio se encuentra dentro del centro histórico de San Salvador dicha zona es considerada como patrimonio nacional por El Consejo Nacional para la Cultura y el Arte (CONCULTURA), el pavimento se diseñaría con características originales de apariencia al pavimento de la época. Con la diferencia que se tendría un pavimento totalmente nuevo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

5.1.1 GENERALES:

- El desarrollo de una metodología para la evaluación y reparación de pavimentos de concreto hidráulico es de mucha importancia para los encargados de la administración de carreteras; ya que en ella se presentan los pasos básicos a desarrollar de manera sistemática, que permitirá obtener una evaluación detallada y certera de las condiciones actuales de servicio, de superficie y de la estructura del pavimento.
- El mantenimiento oportuno de un pavimento de concreto hidráulico es de vital importancia para evitar el desarrollo de daños excesivos, con demasiadas complicaciones técnicas y económicas para su reparación.
- La aplicación de la metodología proporciona herramientas básicas como son la evaluación estructural y funcional, de las cuales se obtienen elementos importantes que generan criterios al evaluador para poder tener un conocimiento más profundo del pavimento, entre estos elementos se pueden mencionar: la inspección visual, levantamiento de deterioros, evaluación de las capas de apoyo, ensayos de laboratorio, regularidad superficial, textura y sonoridad.
- El análisis de los resultados es de mucha importancia para tomar decisiones de las acciones correctivas del pavimento; además muestra datos cuantitativos y cualitativos que pueden impulsar normas y recomendaciones para mejorar los procedimientos de construcción, reconstrucción y/o rehabilitación de los pavimentos de concreto hidráulico.

5.1.2 ESPECIFICAS:

- La evaluación de pavimentos de concreto hidráulico, implica un estudio detallado del entorno o sea de las variables internas y externas involucradas en el tramo de estudio y que dependen del tipo de vía, condiciones del lugar y de su tiempo de servicio.
- La confiabilidad del resultado de la evaluación aplicando la metodología depende en gran medida del empeño puesto por el equipo evaluador a la hora de tomar los datos de campo, del grado de conocimiento de la metodología, del equipo utilizado, así como de la experiencia sobre evaluación estructural y funcional de pavimentos.
- Es muy importante el inventario del pavimento en estudio, ya que es el punto de partida para desarrollar una evaluación estructural y funcional logrando establecer comparaciones con los datos de diseño.
- La evaluación estructural permite obtener medidas directas y parámetros de cada una de las partes que constituyen la estructura del pavimento y que son piezas claves para determinar las causas de los deterioros.
- El levantamiento de deterioros es una fotografía clara que muestra el agrietamiento y otros daños presentes en el tramo de estudio; además proporciona datos cualitativos y cuantitativos de los mismos a través del llenado de hojas resúmenes.
- Según el resultado del levantamiento de deterioros las causas principales del agrietamiento de las losas se debe a su dimensionamiento excesivo

(relación largo/ancho) de las losas ya que tienen una relación de 1:2.36, y la recomendada actualmente es 1:1.25, también el bombeo de finos ha generado falta de apoyo en la capa subyacente.

- El índice de deterioro calculado es 591.6%; lo cual indica que el pavimento tiene una falla estructural seria, según lo establecido por la PIARC. La acción correctiva a utilizar es una reconstrucción o rehabilitación.
- De acuerdo a la evaluación de las capas de apoyo del pavimento, utilizando el DPC se obtuvo una variabilidad en los valores de CBR para la sub-base rechazando los valores que se ubican fuera de los rangos establecidos para el tipo de material con que cuenta la sub-base (SM), el valor de C.B.R encontrado, se considera aceptable tomando en cuenta que se utilizó un método indirecto para su cálculo. Al realizar la correlación CBR-K, que es el parámetro utilizado para pavimentos de concreto se obtuvo un K comprendido entre los valores utilizados en el país.
- De acuerdo a la extracción de núcleos realizada el tamaño máximo nominal de los agregados es de 1 ½" similar al tamaño utilizado en la actualidad, pero con la característica particular de los agregados alargados y angulosos sin presencia de huecos u otros defectos.
- En base a los resultados de la prueba de tensión indirecta y resistencia a la compresión se calculó un Mr de 39.05 kg/cm², el cual es un valor que se puede tomar como representativo dado que surge a partir de una serie de correlaciones

de fórmulas y además está comprendido entre los valores utilizados actualmente en el diseño de pavimentos de concreto hidráulico.

- De acuerdo a los resultados del análisis estructural realizado con el programa PAS 5.01 de la ACPA, al tramo de pavimento en estudio aún le queda una capacidad estructural remanente de entre 10 y 15 años; considerando las condiciones actuales y de mantenerse la política de disminuir la cantidad de vehículos en la zona donde se encuentra ésta vía urbana, fácilmente dicho pavimento podría alcanzar 100 años de edad sin ninguna intervención y con un comportamiento estructural aceptable.
- Las grietas de severidad baja mantienen la trabazón entre los agregados por lo que no se les dará ningún tratamiento, en cambio las de severidad media y alta deben sellarse para impedir la entrada de material incompresible en ellas y puedan provocar un deterioro mayor.
- Se han evaluado 3 alternativas de reparación, la primera es la aplicación de las técnicas R.P.C (Reparación de Pavimentos de Concreto) al tramo de pavimento en estudio (6ta.Av.Sur), se consideran inoportunas y de elevado costo; considerando que su estado de deterioro es avanzado. Sin embargo, se ha propuesto una alternativa de reparación considerando cada problema por separado.

La capa de concreto adherida cae en la misma situación de las técnicas RPC, se puede llevar a cabo, pero económicamente no es viable.

Por ultimo se estudió la capa de concreto no adherida, que es la técnica que mejor aplica a la vía en estudio.

- La acción correctiva a utilizar en el tramo de pavimento en estudio es una reconstrucción o rehabilitación.

5.2 RECOMENDACIONES:

- Los organismos encargados de la red vial en el país, deben impulsar programas de mantenimiento preventivo a corto, mediano y largo plazo que incluyan a los pavimentos de concreto hidráulico.
- El Ministerio de Obras Publicas (M.O.P), debería incluir en el contrato una cláusula que comprometa a las empresas constructoras de pavimentos a darle mantenimiento periódico a las carreteras por lo menos cada 5 años.
- Para el análisis de carreteras de grandes longitudes (km), se recomienda en lo posible el uso de tecnología avanzada, por ejemplo colectores electrónicos, equipos de alto rendimiento, perfilógrafos, reflectómetros etc. para facilitar el trabajo de recolección de datos.
- Las empresas consultoras y constructoras de pavimentos de concreto para carreteras deben utilizar estrictamente las normas ASTM y AASHTO para la realización de las diferentes pruebas a la estructura del pavimento.
- Al ejecutar un proyecto es conveniente dejar un registro en la municipalidad local de los datos de diseño así como de las especificaciones técnicas, ya que éstos servirán de base para posteriores evaluaciones y rehabilitaciones.
- Dentro del plan de mantenimiento de un pavimento de concreto hidráulico, se debe contemplar una estrategia de resellado de juntas y grietas en función de la calidad del sellador utilizado.
- Para la obtención de C.B.R, utilizando el equipo manual del DCP debe realizarse un ensayo previo de mayor confiabilidad (FWD, prueba de placa), con el objeto

de tener parámetros comparativos y establecer correlaciones para los diferentes tipos de material.

- Se recomienda tomar mayor investigación para los encargados del estudio de pavimentos de concreto hidráulico, en cuanto a la prueba de tensión indirecta (prueba brasileña), ya que esta puede proporcionar valores más cercanos a la tensión directa real del concreto y puede ser muy útil para la obtención de la resistencia a la compresión y la tensión en un mismo tipo de espécimen.
- En pavimentos de concreto se recomienda utilizar concreto hidráulico para reparaciones, ya que muestra mayor durabilidad, tomando en cuenta que se deben conocer las técnicas de reparación para estos pavimentos.
- Las reparaciones de pavimentos de concreto hidráulico deben realizarse de manera correcta según las metodologías, para garantizar su buen funcionamiento y durabilidad.

5.3 COMENTARIOS

Es importante mencionar que todo el estudio de la condición del pavimento se ha basado en el análisis de factores como cargas por tráfico, temperatura y fallas de la estructura como tal; pero también es necesario realizar un estudio de la durabilidad del concreto, en función del tiempo que ha estado en servicio, factor que pudiera influir en el deterioro del pavimento. Para ello es necesario un análisis petrográfico de los agregados y del concreto que se extrajo por medio del ensayo de campo (extracción de núcleos), para conocer los diferentes componentes y posibles reacciones químicas presentes como la reacción álcali-agregado, reacción álcali-sílice (expansión) y reacción álcali-carbonato.

Con respecto a los ensayos de laboratorio (compresión y tensión indirecta de núcleos) se debe aclarar que los valores obtenidos son muy gruesos, solamente se ensayaron dos muestras para cada ensayo y las normas establecen por lo menos 30 muestras para obtener valores promedios.

Otro punto importante es clasificación del suelo para la estructura del pavimento (sub-base, sub-rasante) lo ideal sería un pozo a cielo abierto, para poder visualizar la estratigrafía a una profundidad óptima y obtener muestras mas representativas; pero por diferentes restricciones no pudo ser posible de ésta forma, por lo tanto para la sub-rasante se tomaron criterios como el tipo de material predominante en la zona (según mapa geológico).

BIBLIOGRAFIA

- Metodología SHRP, (Program Strategic Research Highway). Enrique Dahlhaus Parkman., 1999.
- Metodología Española IECA, (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones). Carlos Jofré Ibáñez, 1999.
- Metodología PIARC, (Tecnical Committe on Concrete Roads), Messrs Christori y Nissoux., 1992.
- ACI. Manual of Concrete Preactice, part 3, 1995. Editorial production: Victoria A. Wieczorek, United States of America.
- IMCYC, Pavimentos de Concreto para Carreteras. Vol.1, fondo editorial, México, D.F, 2001.
- ASIA, Revista No.57, diciembre de 1979, San Salvador, El Salvador.
- AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, vol.1, Washington, D.C, 1993.

- Cipriano A. Londoño N., Diseño, Construcción y Mantenimiento de Pavimentos de Concreto, 1ª edición, Editorial piloto S.A,ICPC; Medellín, Colombia 2000.
- Technical Bulletin, American Concrete Pavement Association, Guidelines for Unbonded Concrete Overlays, Illinois, United States, 1990.
- Technical Bulletin, American Concrete Pavement Association, Guidelines for Bonded Concrete Overlays, Illinois, United States, 1990.
- Technical Bulletin, American Concrete Pavement Association, Guidelines for Bonded Concrete Overlays, Illinois, United States, 1990.
- Technical Bulletin, American Concrete Pavement Association, Guidelines for Full-Depth Repair, traducido y adaptado por el ICH, Illinois, United States, 1990.
- Technical Bulletin, American Concrete Pavement Association, Guidelines for Partial-Depth Spall Repair, traducido y adaptado por el ICH, Illinois, United States, 1990.

- Technical Bulletin, American Concrete Pavement Association, Diamond Grinding and Pavement Restoration, traducido y adaptado por el ICH, Illinois, United States, 1990.
- Steven H. Kosmatka, Lechadas Cementantes e Inyección de Lechadas, IMCYC, México, D.F 1999.
- Rafael Cal y Mayor, Ingeniería de tránsito I.C.I.T, 3ª edición, Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A, México D.F 1972.
- Conferencias Técnicas ISCYC. Investigación del Concreto Utilizado en la Construcción del Pavimento en la Prolongación de la Calle Chiltiupan, San Salvador, Noviembre de 1999.
- Gobierno de la República de El Salvador 1913, "Alcantarillado y Pavimentación de San Salvador"
- Diarios Oficiales, 1913, 1920-1928
- Peter Shmidt, Mercedes de La Garza. Y Enrique Nalda. "LOS MAYAS", Editorial OCEANO, Marzo de 1999.

- Adry Vivina , Flores Alvarado, Evaluación de Pavimentos de Concreto Asfáltico en Carreteras Aplicando la Viga Benkelman y Propuesta Metodológica para la Rehabilitación y Mantenimiento, Tesis UES, 1995.

- Evaluación e Investigación de daños en pavimentos, Aníbal Najera Cruz., 1998.

GLOSARIO

AASHTO: Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte.
(American Association of State Highway and Transportation Officials)

ABSORCION: La cantidad de agua absorbida bajo condiciones específicas, usualmente expresada como un porcentaje del peso seco del material.

ACELERANTE: Un aditivo que cuando es añadido al concreto, mortero o pasta, incrementa la hidratación del cemento hidráulico, acorta el tiempo de fraguado, o incrementa el endurecimiento o la ganancia de la resistencia.

ACI: Instituto Americano del Concreto. (American Concrete Institute)

ACPA: Asociación Americana de Pavimentadores de Concreto. (American Concrete Pavement Association)

ADHESIVOS: El grupo de materiales usados para juntar o ligar materiales iguales o diferentes.

ADITIVOS: Un material diferente al agua, agregados y cemento Pórtland (incluyendo el cemento con inclusor de aire y el cemento de escoria de fundición) que es usado como

un ingrediente para el concreto, el cual es añadido antes y durante la operación de mezclado.

AGRIETAMIENTO: El proceso de contracción o el reflejo de la presión en el pavimento.

AGRIETAMIENTO ALEATORIO: Una grieta no controlada fuera de las juntas cortadas uniformemente.

AGRIETAMIENTO PLASTICO: Agrietamiento que ocurre en la superficie del concreto fresco poco después de ser colocado y mientras está aún plástico.

AGRIETAMIENTO POR CONTRACCION: Agrietamiento de una estructura o elemento debido a falla de tensión causada por restricciones externas o internas como el desarrollo de la reducción del contenido de humedad o como la carbonación o ambas.

AGUA EVAPORABLE: Medida como aquella removible por secado bajo condiciones específicas.

AGUA NO EVAPORABLE: El agua que es combinada químicamente durante la hidratación del cemento, no removible por secado especificado.

ASTM: Sociedad Americana de Pruebas y Materiales. (American Standard Test Method)

C.B.R : Razón de Soporte de California. (California Bearing Ratio)

CAPA LIGANTE: Una capa de mortero, usualmente de 3 a 13 mm de espesor extendida sobre una superficie húmeda de concreto endurecido antes de colocar el concreto fresco.

CAPILARIDAD: Proceso de absorción del agua u otros líquidos como resultado del fenómeno de la tensión superficial.

CARGA DINAMICA: Carga variable, tales como el movimiento de una carga viva, terremoto o viento; carga de elementos en virtud de su movimiento de vibración.

CEMENTO HIDRAULICO: Cemento que es capaz de fraguar y endurecer bajo agua debido a la interacción química del agua y los constituyentes del cemento.

CURADO: La conservación de un contenido de humedad y temperatura satisfactorias en el concreto durante sus etapas tempranas para que desarrolle las propiedades deseadas.

DPC: Cono Penetrómetro Dinámico.

FHWA: Administración Federal de Carreteras. (Federal Highway Administration)

FRAGUADO: La condición alcanzada por una pasta de cemento, mortero o concreto cuando ha perdido plasticidad en un grado arbitrario, usualmente medida en términos de resistencia a la penetración o deformación.

ISCYC: Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto.

ITCA: Instituto Tecnológico Centroamericano

JUNTA: Un plano de debilidad para controlar el agrietamiento por contracción en pavimentos de concreto.

JUNTA FRIA DE CONSTRUCCION: Una junta de construcción transversal colocada al final del día de pavimentación u otras interrupciones durante los trabajos de pavimentación.

LECHADA: Una mezcla de materiales cementantes y agua, con o sin agregados, proporcionada para producir consistencia trabajable sin la segregación de los constituyentes.

LIGANTE: Sustancia aplicada a una superficie existente para crear una liga entre esta superficie y la capa nueva.

LLANA: Una herramienta plana de metal, manual, que se utiliza en etapas de terminación para dar una superficie relativamente uniforme y pulida.

LOSA DE ALEJAMIENTO: Sección de pavimento justo después de la junta, grieta o cualquier otra característica significativa del pavimento relativa a la dirección del tráfico.

LOSA DE APROXIMACION: Sección de pavimento justamente antes de una junta, grieta o cualquier característica significativa del pavimento relativa a la dirección del tráfico.

LUBRICANTE DE PASAJUNTA: Material aplicado a la parte superficial de la pasajunta para reducir la adhesión con el concreto y permitir un movimiento axial.

PCA: Asociación de Cemento Pórtland.

PIARC: Comité Técnico de Carreteras de concreto.

PROFUNDIDAD DE LA JUNTA: Medida de un corte desde la superficie de la losa hasta el fondo del corte.

PRUEBA DEL CONO DE FLUJO: Prueba que mide el tiempo necesario para que una cantidad conocida de lechada complete su flujo a través de un cono vacío de tamaño estándar.

PSI: Libras por pulgada cuadrada.

RANURA: Un corte en concreto endurecido utilizando hojas o discos de diamante o carburo.

REVENIMIENTO: Una medida de consistencia de una mezcla de concreto fresco.

RPC: Reparación de Pavimentos de Concreto Hidráulico.

SANGRADO: Flujo generado dentro del agua de mezclado por sí misma, o su aparición de un concreto o mortero fresco.

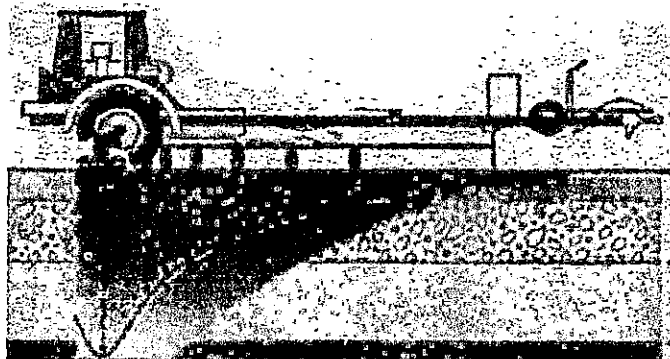
SHRP: Programa estratégico de investigación de carreteras. (Strategic Highway Research Program)

TIRA DE RESPALDO: Cordón esponjoso que se inserta en el depósito de la junta.

TRABAJABILIDAD: Propiedad del mortero o concreto fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, colocado , compactado y terminado.

TRABAZON DEL AGREGADO: La proyección de partículas de agregados o partes de estas de un lado de la junta o grieta en el concreto, empotrándose en la otra parte de la junta o grieta de tal manera que el efecto producido es la transferencia de carga.

ANEXOS



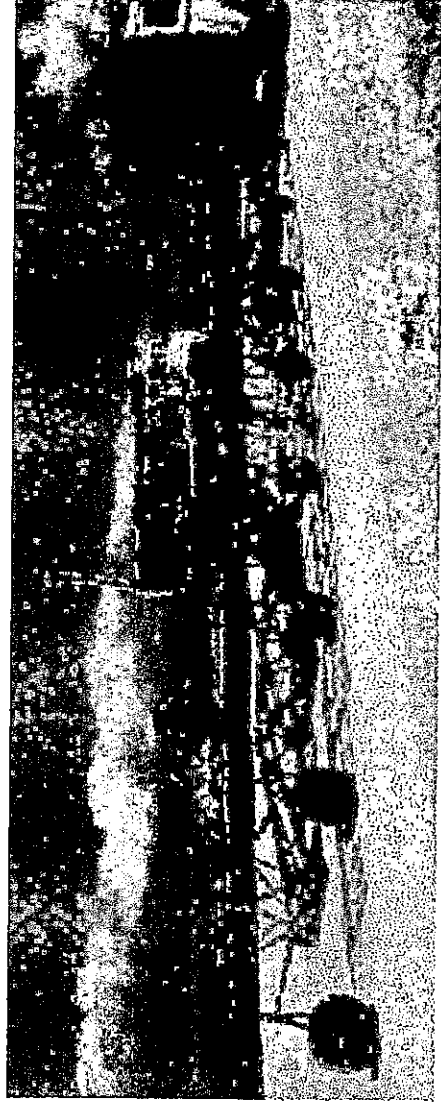
Deflectómetro de carga pesada.



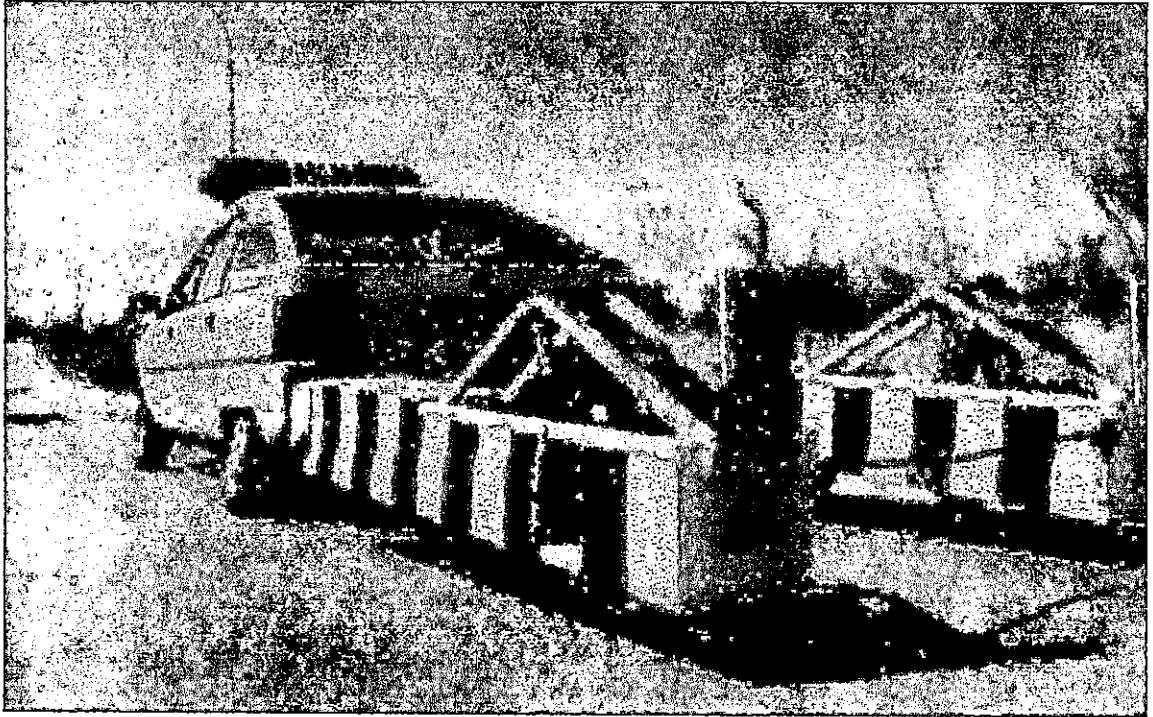
Equipo ERT.



Deflectómetro



Viógrafo



Analizador de Regularidad Superficial.



Sikadur-32 Primer

DESCRIPCION

Es un adhesivo epóxico de dos componentes, libre de solventes. Garantiza una pega perfecta entre concreto fresco y endurecido.

USOS

Como puente de adherencia para la pega de concreto fresco a concreto endurecido.

Como imprimante de alta adherencia para recubrimientos epóxicos sobre superficies absorbentes húmedas o metálicas secas. Como imprimante del Sikaflex-1a, Sikaflex-11FC y del Sikalastic en los casos en que lo requieren.

Como regularizador de superficies, junto con Arena Colma en la elaboración de morteros epóxicos para anclajes y rellenos.

Como capa impermeable y barrera de vapor de agua en los casos que se requiera.

Como imprimante de sistemas epóxicos de alta resistencia química, húmedos y secos.

VENTAJAS

- Insensible a la humedad.
- Excelente adherencia a superficies húmedas.
- Fácil de aplicar.
- Altas resistencias mecánicas.
- Libre de solventes.
- No presenta contracción.
- Disponible en dos versiones de curado (normal y lento).

MODO DE EMPLEO

Preparación de la superficie:

- Concreto, mortero, asbesto-cemento, piedra: La superficie debe estar sana, rugosa y limpia, libre de partes sueltas, contaminación de aceites, polvo, residuos de curadores, lechada de cemento u otras sustancias extrañas.

Método de limpieza: Chorro de arena, chorro de agua a presión, pulidora.

- Acero, hierro: La superficie debe estar seca y libre de contaminación de grasas, aceites, oxidación, cascarilla de laminación.

Método de limpieza: Chorro de arena, chorro de agua a presión, pulidora. (Limpiar hasta metal blanco de acuerdo con los patrones de la Norma Sueca Sa 3 o Norma Americana SSP - SP5).

Preparación del producto:

Los dos componentes vienen en distintos colores para facilitar el control sobre la homogeneidad de la mezcla. Verter completamente el Componente B sobre el Componente A y mezclar con taladro de bajas

revoluciones (máximo 400 r.p.m.) o manualmente, hasta obtener una mezcla de color uniforme.

Aplicación:

Por medio de brocha , rodillo o equipo airless. En caso de aplicación sobre superficies húmedas se debe frotar el producto sobre ellas fuertemente con una brocha de cerdas cortas.

Nota: Colocar el concreto fresco mientras el Sikadur-32 Primer esté pegajoso, según tabla:

| Versión normal | Versión lento |
|-------------------------|-------------------------|
| a 10°C = máximo 5 horas | a 20°C = máximo 9 horas |
| a 20°C = máximo 3 horas | a 30°C = máximo 6 horas |
| a 30°C = máximo 1 hora | a 40°C = máximo 3 horas |

Si el producto se ha secado se debe aplicar una segunda capa sobre la inicial. Las herramientas se limpian con Colma Limpiador cuando el producto aún este fresco.

Consumo:

Para pega de concreto fresco a endurecido:
Entre 500-700 g/m² dependiendo de la rugosidad de la superficie.

Como imprimante sobre superficies húmedas (max. 50%: 400 g/m² en un espesor de película seca de 5-6 mils)

Como regularizador de superficies:
0,5 kg/m² en un EPS de 5-6 mils.

DATOS TECNICOS

Cumple norma ASTM C-881-78, tipo II, Grado 2, clase B y C. Aprobación Internacional para contacto con agua potable: Kron-Link Laboratories, Estados Unidos.

| | |
|--------------------------|--|
| Color: | Gris Claro |
| Consistencia: | Tixótropo como pintura |
| Densidad: | Aprox. 1,40 kg/l a 20°C |
| Proporción de la mezcla: | en peso y en volumen A: B = 2: 1 |
| Vida en el recipiente: | Versión normal |
| Tiempos aproximados: | 3 kg a 10°C = 80 min a 20°C = 40 min a 30°C = 15 min |
| Versión lenta: | 3 kg a 20°C = 90 min a 30°C = 45 min a 40°C = 30 min : |
| Resistencias mecánicas: | (10 días a 20°C) |
| -Compresión: | Aproximadamente 600 kg/cm ² |
| -Flexión: | Aproximadamente 300 kg/cm ² |
| -Tensión: | Aproximadamente 150 kg/cm ² |
| Límites: | |
| Temperatura del sustrato | |
| -Mínima: | 5°C |

-Máxima: 40°C

Adherencia al concreto: hasta la falla del concreto

PRECAUCIONES

El Sikadur-32 Primer no se recomienda como barrera de vapor en estructuras que estén expuestas a presiones negativas, las cuales se ejercen cuando se filtra por la masa del concreto una columna de agua proveniente del terreno o del exterior.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Usar guantes de caucho y gafas de protección para su manipulación, aplicar en lugares ventilados y cambiarse ropas contaminadas. Evite inhalar los vapores. Consultar Hojas de Seguridad del producto.

PRESENTACION

Unidad: 1,0 kg

Unidad: 3,0 kg

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El tiempo de almacenamiento es de (1) año en su envase original bien cerrado, en lugar fresco y bajo techo. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.

CODIGOS R/S

Componente A

R: 36/37/38/43

S: 24/25/26

Componente B

R: 36/37/38

S: 24/25/26

Si necesita información adicional consulte al **Departamento Técnico de Sika Andina S.A.** Servicio al cliente desde cualquier lugar del país **9800-9-1-7452** y en Santafé de Bogotá al **4247250**.

ADVERTENCIA

La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, y se basan en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares, que ninguna garantía respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, puede ser inferida de la información consignada en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo a nuestras actuales condiciones de venta y despacho.

Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.



Sikaset L

DESCRIPCION

Aditivo líquido de color ámbar, con acción acelerante sobre las resistencias mecánicas del concreto .

USOS

Sikaset L debe usarse cuando se desee:

- Obtener concreto con altas resistencias a temprana edad.
- Colocar concreto en ambiente frío.
- Efectuar reparaciones rápidas en estructuras.

VENTAJAS

- Sikaset L reduce los tiempos de desencofrado.
- Se obtienen resistencias más altas a temprana edad.
- Pronto uso de estructuras nuevas.
- Rápida puesta en uso de estructuras reparadas.
- Contrarresta el efecto del frío sobre las resistencias y el fraguado.
- Aumenta los rendimientos en la prefabricación.
- Permite izar más pronto losas y vigas prefabricadas.

MODO DE EMPLEO

Sikaset L viene listo para usar, agregándose al agua de amasado o directamente al concreto.

Dosificación:

Dependiendo del grado de aceleramiento deseado, se dosifica del 0,5 al 3% del peso del cemento. De acuerdo con experiencias prácticas y como guía del uso del Sikaset L se puede decir que con una dosificación del 3% se obtienen resistencias mecánicas equivalentes a tres días, después de 24 horas y equivalentes a 7 días, después de 3 días. Este efecto puede variar con el tipo y la edad del cemento, como también con la temperatura ambiente. Concreto acelerado con Sikaset L debe curarse con Antisol. Recomendamos hacer ensayos previos para determinar la dosificación óptima en cada caso.

DATOS TECNICOS

Sikaset L cumple Normas ASTM C-494 e Icontec 1299 como aditivo tipo C.

Densidad: 1,3 kg/L aproximadamente.

Aspecto: Líquido color ámbar.

PRECAUCIONES

El uso de acelerantes exige un rápido y completo curado.

Sobredosificación de Sikaset L causa efectos inesperados en la mezcla de concreto. No se debe usar para concreto pretensado o con elementos de aluminio embebidos, pues contiene cloruros.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se recomienda usar anteojos protectores y guantes. En caso de salpicadura en los ojos, lávelos con abundante agua y consulte a un médico. En caso que lo requiera, solicite la hoja de seguridad del producto.

PRESENTACION

Plástico: 5 kg

Plástico: 25 kg

Plástico: 75 kg

Tambor: 250 kg

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El tiempo de almacenamiento es de un (1) año, contado a partir de su fecha de producción, conservado en sitio fresco y bajo techo, en su empaque original bien cerrado. Tomar las precauciones necesarias para el transporte de material corrosivo.

CODIGOS R/S

R: 36 S: 25

Si necesita información adicional consulte al **Departamento Técnico de Sika Andina S.A.** Servicio al cliente desde cualquier lugar del país **9800-9-1-7452** y en Santafé de Bogotá al **4247250**.

ADVERTENCIA

La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, y se basan en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares, que ninguna garantía respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, puede ser inferida de la información consignada en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo a nuestras actuales condiciones de venta y despacho.

Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.

DIARIO OFICIAL

San Salvador, lunes 22 de julio de 1924

NUM. 172

NO. 97

que verificará la Tesorería General de la República por sueldos y gastos de la Administración Pública correspondientes a los meses de junio de 1924

MARTES 29 DE JULIO

Ministerio de Guerra y Marina.

MIÉRCOLES 30 DE JULIO

Presidencial.

Ministerio de Casa.

Ministerio de Fomento.

No se atenderá otra clase de peticiones que los señalados.

Los recibos deben ser presentados sellados y firmados por los Jefes de Oficina.

Los recibos, a excepción de las pensiones de guerra y subvenciones, deben ser presentados en la oficina.

Los recibos de pensiones, alquileres de inmuebles, para que sean pagados, deben ser presentados por sus propietarios.

La Tesorería General estará recibiendo estos pagos, de las 9 a las 11 de la mañana y de las 14 a las 16 horas de los días hábiles de despacho.

La Tesorería General de la República: San Salvador, 24 de julio de 1924.

SECCION OFICIAL

PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE FOMENTO

Palacio Nacional: San Salvador, 26 de julio de 1924.

La solicitud de la Municipalidad de San Martín, de este departamento, para que se establezca una Junta de Fomento y Aguas, que se encargará de llevar a cabo obras de positiva utilidad pública y, principalmente, la construcción de una Avenida que partiendo de la zona de la población termine en la estación del ferrocarril, y que, además, se le dé a esa Junta el carácter de personalidad, el Poder Ejecutivo ACUERDA: de conformidad, e integrarla con el personal

Presidente, el Alcalde Municipal; Vicepresidente, Presbítero don Miguel Peña;

Secretario, don Juan Binder; Vocal, don Alejandro Alas;

Vocal, don Luis Rivas V.; Vocal, don José R. Lurán.

Exhorta el patriotismo de las personas interesadas para que se sirvan aceptar el cargo que se les encomienda, y queda facultada la Junta para elaborar un proyecto de

Reglamento por el que deberá regirse y de una Tarifa de Arbitrios para allegarse los fondos indispensables para llenar su misión, los que someterá a la consideración del Ejecutivo, por el órgano correspondiente para su aprobación.—Comuníquese.

(Rubricado por el señor Presidente).

El Subsecretario de Fomento,
Letona.

DOCUMENTOS OFICIALES

INFORMES

Saneamiento y pavimentación de San Salvador

San Salvador, 25 de junio de 1924.

Señor Ministro:

Aun cuando mensualmente he remitido a ese Ministerio un informe bastante detallado de los trabajos que son ejecutados por los contratistas, me ha parecido muy conveniente presentar a Ud. y por su digno medio al Gobierno de la República y al público en general, un informe de conjunto en que se halle resumido todo lo que hasta la fecha ha sido ejecutado tanto en el orden técnico como en el orden administrativo y perfectamente ligado uno a otro y vulgarizado para la fácil comprensión del público en general, si, como espero, Ud. lo estime digno de publicación.

Dicho informe ha sido confeccionado y emitido por Mr. Giltmore, Ingeniero Director y Gerente General de los trabajos, y dice como sigue:

"Señor Apoderado y Representante de los Contratistas, Saneamiento y Pavimentación de San Salvador.—Presente.—Muy señor mío:

Informe General Técnico y Administrativo hasta el 31 de mayo de 1924.

Por si estima Ud. conveniente que sea conocida por el Gobierno, me permito presentar a Ud. el informe general del trabajo hecho por nosotros, como contratistas, en el saneamiento y pavimentación de San Salvador, desde noviembre de 1923, fecha en que lo comenzamos, hasta el 31 de mayo último.

Aunque el ingeniero Jefe de los contratistas llegó en octubre de 1923, empezando entonces los estudios preliminares, nada tangible se llevó a cabo en la elaboración de planos sino hasta diciembre. En realidad, el trabajo efectivo se empezó en enero, debido al tiempo que se necesitó para reunir a los ingenieros, instrumentos, etc.

En el mes de noviembre comenzó lentamente el trabajo, el cual continuó en diciembre con los viejos enseres cedidos al contrato por el Gobierno. El trabajo se ha seguido hasta hoy, y los que se emplearon en él constituyen ahora nuestro personal mecánico para erigir nuevos equipos y hacer reparaciones corrientes.

Desde principios de 1924, el trabajo tomó incremento de manera firme, aumentándose el jornal de 20 trabajadores que había en enero [incluyendo mecánicos, carpinteros, cadeneros y mozos] a 70 a fines de mayo. Los ingenieros y ayudantes, de 4 en enero al máximo de 9 en junio y 7 en mayo. Se han aumentado otros empleados de oficina y botega, auditores, jefes de sección, etc., de 3 en enero a 12 en mayo.

La distribución y gasto total al 31 de mayo de 1924, que figuran con distintos encabezamientos, son los siguientes:

| | |
|--|-------------|
| 1: Gastos preliminares..... | \$ 3,126.48 |
| 2: Gastos administrativos y generales..... | 7,873.64 |
| 3: Mobiliario y útiles..... | 2,841.16 |
| 4: Ingeniería, proyectos y presupuestos..... | 11,286.38 |
| 5: Planta y equipos..... | 19,009.43 |
| 6: Edificios y estructuras... | 10,717.10 |
| 7: Cloacas..... | 1,173.41 |
| 8: Herramientas pequeñas.. | 3,496.86 |
| 9: Material gastable..... | 2,896.42 |
| 10: Fabricación de tubos..... | 233.45 |

\$ 62,704.33

Este es el monto que se ha podido gastar hasta hoy, debido a la tardanza inevitable en el acopio de equipos, herramientas y útiles.

Durante los días restantes de junio y julio se habrán recibido como \$ 150,000.00 en equipos y útiles, y es probable que se dé principio en el mes de julio a los trabajos de pavimentación.

Cuando el trabajo esté del todo organizado y se haya recibido el equipo y los materiales necesarios, puedo manifestar con antelación que los gastos mensuales aumentarán a \$ 50,000.00, y es de esperarse que en el verano se pueda gastar la suma de \$ 125,000.00 cada mes.

Examinando en orden el Cuadro anterior que demuestra la distribución de los gastos, pueden hacerse las observaciones preliminares que siguen:

Los artículos 1, 2, 4, 9, y la mayor parte del 8, quedarán completamente absorbidos por el trabajo, eventualmente.

Los artículos 3, 5, 6, y parte del 8, tendrán cierto valor de salvamento al final del trabajo, cuyo valor podría ser desde el 50 al 66-2/3 % del costo original, y el trabajo se abonará con este valor, lo mismo que los equipos y materiales destinados a otros usos.

Los artículos 7 y 10, y los proyectos y presupuestos que originan los gastos que aparecen en el artículo 4, representan el trabajo ejecutado hasta la fecha, fuera de los equipos que tenemos, y los talleres, botegas, plantel para la fabricación de tubos, etc., que se construyeron ya.

Art. 1.—*Gastos preliminares.*—\$3,126.48 Estos representan los gastos extraordinarios hechos en la adquisición de ingenieros y otros empleados, sus gastos de viaje, sueldos, etc., los que no se creyeron fuera conveniente, ni bueno cargar a la pequeña cantidad de trabajo realizado en los primeros dos o tres meses. Esta suma se in-

en las zonas mencionadas en condiciones secas y arenosas cercanas a la capital y que originarian una seria amenaza para la salud de los habitantes de esas zonas. Esta modificación, tiene además, la ventaja de que más tarde cuando se piense en la purificación de las aguas negras antes de arrojarlas al Acelhuate, no habrá necesidad más que de una planta en vez de tres que exigía el proyecto Pearson.

Para este efecto hubo que localizar la cloaca bajo el punto de intercepción de la 5ª. Avenida Sur y 6ª. Calle Oriente, o sea el Zanjón de la Zurita, en donde se han hecho los trabajos de excavación para descubrir el punto de enlace de los ramales.

Todos los talleres de la Pavimentación quedaron definitivamente instalados en amplios terrenos inmediatos a la estación de los Ferrocarriles Internacionales; y la Empresa ha construido edificios para Almacén General, para la fabricación de tubería, para taller mecánico y garage para sus camiones.

Durante el mes de junio la Oficina Técnica se concretó a los trazos topográficos, dibujos calcados, impresiones, diseños de cloacas sanitarias y pluviales y de aceras y canales. En el taller respectivo se fabricaron 1,804 piezas de tubos de cemento y se trituró la suficiente piedra para las cloacas y calles en La Zurita y en el Campo de Marte, y la excavación de desagüe de la cloaca principal se completó en un 60%. Durante ese mes se gastó en los trabajos la suma de *quince mil doscientos sesenticinco dólares cuarentidós centavos oro*.

En el mes de julio los trabajos adquirieron un aspecto de pujante actividad; fue redoblado el número de empleados de oficina, Ingenieros, mecánicos, obreros de diversas ramas del oficio y peones en general; y del extranjero se recibió gran cantidad de materiales. En dicho mes fueron encomendados a esta Empresa los trabajos de pavimentación del nuevo Stadium o sea el asfaltado de la pista del Campo de Marte, que fue principiada por la Dirección General de Obras Públicas, la que logró realizar al sur de la pista una pendiente completa de 190 metros lineales hasta la cúspide de nivelación del terraplén de la vía; el canal completo en una extensión de 89 metros lineales, y el cordón de mampostería completo en una extensión de 70 metros lineales. Los Ingenieros de la Pavimentación practicaron reconocimiento general en el trabajo efectuado, y se dibujaron nuevos planos con nueva proyección y nuevo grado establecido, y la calzada fue proyectada con una tangente de 190 metros en los cuatro lados. Cada uno

por 60 metros de extensión. La total de línea media de la pista es de 860 metros.

En el mes de octubre quedó totalmente terminada la pavimentación asfáltica de la nueva y amplia pista de este suntuoso paseo, que es gala de nuestra capital. La extensión asfaltada alcanza un radio de seis mil ochocientos dos metros cuadrados; y durante los cuatro meses que duró el trabajo, la Empresa de Pavimentación gastó *doce mil setecientos noventiséis dólares cuarentiséis centavos*.

Durante el mes de julio se aumentó a 239 el número de trabajadores. Y debido al considerable pedido de material que se hizo, el gasto alcanzó un total de *ciento cuatro mil seiscientos treinta dólares noventa centavos oro*. Quedaron terminados los pozos de inspección o boqueras números 1, 2 y 3.

En agosto fué removida la tierra en la Avenida Independencia y calles transversales, y Calle de Candelaria, para proceder a la pavimentación; se revisó y calafateó la cañería vieja de seis pulgadas, y se derramó concreto en un total de 74 metros lineales. El desagüe principal del Zurita se terminó hasta 15 pies antes de su conexión con la cloaca existente. En la séptima calle se colocó la nueva cañería de 8 pulgadas con conexiones para casas, lo mismo que en las Calles 8ª. y Cervantes. Quedó prácticamente instalada la planta de asfalto. Invertióse la suma de *veintinueve mil ochocientos cuarentiocho dólares cincuentiocho centavos oro*.

A 611 acrecentó el número de empleados y trabajadores en el mes de septiembre. La empresa hizo ampliar el camino que del Asilo Sara conduce a la cantera «Ayalá», que es de donde se provee de toda la piedra para los trabajos emprendidos. Toda la cañería antigua de la Avenida Independencia fué cambiada. Se fabricaron 4,372 tubos de cemento y se dió principio al tendido de asfalto en la Avenida. Sobre los nuevos puentes de la Finca Modelo y «Malespín» se tendió asfalto en una extensión de 300.08 metros cuadrados. Se dió principio a la construcción del colector de 30 pulgadas de diámetro en la 4ª. Avenida. En la 7ª. Calle se colocaron 52 metros lineales de cañería nueva de 10", con base de concreto. Gastóse la suma de *noventa mil cuatrocientos sesentitres dólares veintitín centavos oro*.

Empleados y trabajadores aumentaron en octubre a 661. Se puso al frente de los trabajos de oficina, Mr. J. B. Cooper, enviado por los contratistas residentes en Nueva York. Fué levantado el plano general para todo el sistema de desagües y se hicieron dos trazos de 1:2000 del Mapa de San Salvador. Fueron colocados los nuevos hidrantes para

de documentos. Cantidad invertida, *ochentidós mil sesentiocho dólares siete centavos oro*.

En noviembre comenzó el tendido de capa asfáltica en la Avenida Independencia, en una extensión de 4,693.08 metros cuadrados, y se dió también principio a colocar la base de macadam en la Calle de Candelaria.

Casi todo el mes fue ocupado en la construcción de cloacas e instalación de cañerías. El gasto ascendió a *setentisiete mil ochocientos veintitres dólares setenta centavos oro*.

En el mes de diciembre último, que es hasta donde llega el final de esta Memoria, el número de empleados y trabajadores llegó a 635, con un gasto en planillas y compras locales y extranjeras de *ochentidós mil quinientos noventa dólares cincuenticinco centavos*. En la Avenida Independencia se terminó al tendido de asfalto en el segundo lateral y se procedió a continuación a tender la capa de amarre en la Calle Cervantes y 4ª. Avenida Norte. En la Calle de Candelaria se colocó una base de macadam de 5,872.91 metros cuadrados y se tendió una capa final de asfalto de 6, 657.71 m. c. En la cantera «Ayalá» se instaló el nuevo compresor y se llevó a cabo las reparaciones necesarias para instalar la maquinaria de la nueva trituradora que es la que ha abastecido de gran material de piedra para los trabajos del macadam. Fueron fabricados 5,239 tubos de concreto con un peso en libras de 876,255.

En el citado mes hubo un aumento considerable de trabajo en el sistema de aguas, instalación de cañerías, conexiones para casas, colocación de hidrantes y de válvulas y extensión de cloacas sanitarias. Se terminaron los pozos de inspección Nos. 7, 8, 9 y 10.

El levantamiento de líneas del Tranvía urbano, fue hecho por los trabajadores de la misma Empresa de Pavimentación, con ayuda pecuniaria del Gobierno.

En síntesis, la trascendental obra de Saneamiento y Pavimentación contratada con los señores R. W. Hebard y Co. Inc. y René Keilhauer, de Nueva York, se está llevando a feliz realización y los trabajos no se han suspendido un tan solo día, por falta de elementos. El Supremo Gobierno ha sabido cumplir estrictamente con las obligaciones estipuladas, así como los señores contratistas. Los fondos que se recaudan de conformidad con el Contrato de Empréstito han sido dedicados fielmente a esta obra.

Quiero dejar constancia en este documento oficial, que gran parte del éxito de estos trabajos se debe a la inusitada actividad, capacidades técnicas y laboriosidad del coronel don Mauricio Eugenio Gilmore.

y Administración. Incluye los sueldos del Administrador General, Jefe del Escritorio, primer apuntador de tiempo, tenedor de libros, empleados, etc. Esta cuenta podrá cargarse eventualmente y distribuirse sobre las distintas secciones del trabajo, a proporción.

El trabajo comprende la vigilancia general y la administración y disciplina de todos los aspectos del trabajo.

Entre los detalles consignados por esta oficina, pueden mencionarse los siguientes:

- a) Preparación y ejecución de 310 requisiciones locales.
- b) Preparación, aprobación y expedición de 69 requisiciones al extranjero.
- c) Recepción de equipos y materiales del exterior, trámites reglamentarios correspondientes en las distintas oficinas del Gobierno, para su introducción por las aduanas de la República. Confrontación, almacenaje y cálculo de precios, etc.
- d) Preparación de informes mensuales.
- e) Preparación de cuentas mensuales, 167 comprobantes y cuadros de comprobantes que cubren todos los gastos, tanto locales como extranjeros, así como también pago de planillas.
- f) Toma de tiempo y preparación de planillas quincenales y mensuales.
- g) Cuentas y gastos pequeños al contado, trabajo general de oficina, correspondencia, archivo, cablegramas, etc.

Art. 3.—*Mobilizario y útiles.*—\$ 2,841.64. Esta cuenta abarca escritorios, sillas, mesas para dibujo, gabinetes, máquinas de escribir, máquinas de sumar, máquinas de calcular, etc., que se usan en las oficinas técnicas y administrativas y en la oficina de los bodegueros.

Art. 4.—*Ingeniería, Proyectos y Presupuestos.*—\$ 11,286.38.—Esta cuenta cubre el costo del trabajo técnico en el campo y en la oficina, en la preparación de planos para cloacas, secciones transversales, sistema de distribución de aguas y pavimentación.

El trabajo del campo se terminó el 15 de abril. El trabajo técnico de la oficina relativo a los mapas básicos, diseños y secciones transversales, estará prácticamente terminado a fines de este mes, así como también los calcos de estos mapas.

Queda una suma considerable de trabajo para completar el presupuesto final de las cantidades para la pavimentación, establecimiento de niveles, cálculo y materiales para cloacas y desagües pluviales, líneas de cañería de agua; canales, aceras y bordes de acera.

El trabajo hecho por la Oficina Técnica es el siguiente:

| | |
|--|------------------|
| 1 Línea total punteada... | 31,406.91 metros |
| 2 Topografía punteada.... | 31,406.91 " |
| 3 Línea entintada..... | 31,406.91 " |
| 4 Topografía entintada... | 31,406.91 " |
| 5 Sección transversal punteada | 35,022.42 " |
| 6 Sección transversal entintada..... | 27,640.97 " |
| 7 Diseño punteado..... | 19,341.98 " |
| 8 Diseño entintado..... | 9,493.63 " |
| 9 (Diseño topográfico y de líneas) Calco | 20,550.18 " |

Lo anterior comprende 75 planos de 60 centímetros por 110, y como 300 dibujos, secciones transversales, etc.

Se han hecho planos completos de patios,

cieron los diseños de las cloacas pluviales. Estudios sobre temperatura. Modelo para taller de máquinas. Se prepararon, calcularon e imprimieron en azul, mapas de la ciudad 1:8000. Cada mes se han pintado en rojo 6 copias azules para indicar el progreso del trabajo de la oficina y del campo. Cálculos de la pavimentación que se necesitan en varias calles; cálculo de la cañería de hierro fundido que se necesita; preparación de títulos para placas, etc. Planos de distribución de aguas.

| | |
|--|-------------------|
| Trabajo técnico del campo; | |
| 1 Línea básica total..... | 14,699.455 metros |
| 2 Línea de desarrollo total | 41,174.130 " |
| 3 Topografía total..... | 41,174.130 " |
| 4 Niveles totales para marcas de bancos..... | 41,174.130 " |
| 5 Número del juego de marcas de bancos..... | 123 |
| 6 Total de secciones transversales | 41,174.130 " |
| 7 Línea especial de desarrollo..... | 5,942.00 " |
| Diseño especial de desarrollo..... | 3,000.00 " |
| 8 Topografía especial de desarrollo | 5,942.00 " |
| Esto completa el trabajo del campo. | |

Art. 5.—*Planta y equipo.*—\$ 19,009.43.

La planta y equipos que tenemos hasta la fecha, fueron recibidos de los siguientes lugares:

a) Comprados en el exterior, ascendiendo hoy a la suma de \$ 11,147.47, que consisten en lo siguiente:

- 1 Camión "Mack" de 3½ toneladas.
 - 1 Mezcladora de concreto de 4 pies.
 - 1 Bomba para zanjas movida por fuerza motriz.
 - 4 Bombas de mano para zanjas.
 - Juego de herramientas para el taller, prensas perforadoras, yunque, fraguas, & otros artículos pequeños de equipo.
- b) El Gobierno traspasó a los contratistas, en mal estado, las máquinas y enseres que siguen:

- 1 Aplanadora "Austin" de 10 toneladas.
- 1 Aplanadora "Búfalo" de 6 "
- 1 " " " " " 3 "
- 1 Camión "Moreland" de 5 toneladas
- 2 Trituradoras con elevadores "Champion" No. 4.
- 1 Cajas portátiles para piedra, con zaranda.
- 2 Vagones Studebaker para regar, tirados por caballos.

Varios artículos pequeños de equipo. El valor de este equipo, comprándolo nuevo, se calcula en \$ 27,500.00; todo se ha puesto en excelente estado mediante un gasto de \$ 7,861.97, lo que representa una economía al contrato de casi \$ 20,000.00.

El estado de los equipos es pues como sigue:

| | | |
|---|--------------|--------------|
| Comprado en el exterior..... | \$ 11,147.46 | |
| Valor del equipo recibido del Gobierno..... | \$ 27,500.00 | \$ 38,647.46 |
| Costo total al contrato: | | |
| Comprado en el exterior..... | \$ 11,147.46 | |
| Rehabilitación de maquinaria..... | \$ 7,861.97 | \$ 19,009.43 |
| Saldo..... | | \$ 19,638.03 |

para la rehabilitación del equipo, en noviembre de 1923. Un pequeño taller se trabajó en aquel punto hasta fines de enero, cuando por convenio con el Departamento de Guerra, se trasladó a los talleres de reparación del ejército. Nuestro taller siguió en este local hasta fines de mayo, que fué cuando se trasladó a su propio edificio construido en el patio de propiedad de los contratistas junto con los de fabricación general y almacenaje.

Este taller continúa hoy como la agencia para armar toda la maquinaria nueva y hacer reparaciones corrientes.

Art. 6.—*Edificios y estructuras.*—\$ 10,717.10.—El primer cargo que se hizo bajo esta denominación, fué de \$ 332.81 para una galera pequeña que se levantó en la Maestranza del Ejército. Según acuerdo con el Departamento de Guerra, esta galera les fué cedida para su uso cuando nos trasladamos a nuestro propio taller, pero tenemos el privilegio de volver a aquellos talleres para trabajos sucesivos, si fuere necesario.

En el mes de marzo hicimos un convenio con la "Internacional Railways of Central America", según el cual se nos daba un lote de terreno de 300 X 250 pies de extensión, por un alquiler nominal de \$ 10.00 al año.

Parece que ahora necesitaremos un pequeño lote más de terreno, el que creo no cederá también el ferrocarril.

Este patio está convenientemente situado y se le ha provisto de un desvío de 700 pies de largo a expensas del ferrocarril que permite la entrega de las mercaderías en la puerta de nuestra bodegas.

También el plantel tiene el uso del servicio de agua del ferrocarril y la conexión con su tanque de combustible, que es una gran ventaja, dada la escasez de combustible en El Salvador.

Hemos circundado el plantel con una cerca de alambre de seis hilos y hemos hecho una carretera de 20 pies de ancho a lo largo de las bodegas y que conduce a los talleres y al garage.

Se hará en el porvenir otras carreteras, cuando estén edificadas las plantas para fabricación de tubos y de asfalto.

Hemos levantado los edificios que siguen:

- 1 Casa para el Almacén principal, de 30 X 40 pies, para herramientas y materiales de construcción en general, provista de estantes y útiles.
- 1 Taller de 30 X 40 pies.
- 1 Bodega de cemento, de 40 X 60 pies, en que se ha colocado ahora todo el cemento que hemos recibido hace poco de Bélgica.
- 1 Garage de 20 X 100 pies, para nuestros camiones, etc.
- 1 Galera para la fabricación de tubos, de 40 X 100 pies, en la que hemos hecho ya las secciones de concreto que siguen: 26 de 12 pulgadas de diámetro, 20 de 10, 39 de 8 y 26 de 5, y 1 galera de 40 X 60 pies, para secar y poner los tubos cuando salgan.

Se ha hecho una conexión de aguas con la línea del ferrocarril, y hemos puesto desagües en los talleres de las máquinas y lavaderos de arena; y otra para lavar carros, llenar radiadores, etc.

Hemos hecho instalar 7 focos de luz potentes y un teléfono en el almacén principal.

Art. 7.—*Cloacas sanitarias.*—\$ 1,173.41. Esto representa, fuera de proyectos y presupuestos de ingeniería, la única obra de

Por considerarlo de interés histórico reproducimos el informe presentado por los contratistas de las obras de saneamiento y pavimentación de San Salvador en el año de 1925. El original nos fue proporcionado por el Arquitecto Víctor Manuel Vásquez

El Saneamiento y Pavimentación de la ciudad capital de El Salvador ha sido un asunto de mucho interés para el público desde hace una generación, habiéndose hecho un contrato con S. Pearson & Sons., de Londres, Inglaterra en 1912 cuya ejecución fué interrumpida por la guerra y la falta de fondos.

La suma original destinada para el contrato actual de saneamiento ascendió a \$ 1.500.000.00, pero ampliaciones subsiguientes al contrato han necesitado aumentarla, haciendo que la totalidad del trabajo en proyecto ascienda a más de \$ 4.500.000.00.

Subsiguientemente, mediante arreglos con el Gobierno, se destinó como fondos definitivos para todas las obras el 10 o/o de las entradas aduaneras recogidas por la oficina del empréstito la que pasa directamente a la cuenta de la pavimentación, controlada conjuntamente por el Gobierno y los contratistas. Para terminar por completo el contrato el 30 de junio de 1928 o antes, en vez de hasta el año de 1931 si se usaba solamente el 10 o/o de las entradas aduaneras, se ha llevado a cabo un empréstito supletorio para la pavimentación, entre el Gobierno, como miembro de la primera parte, y el Chatham and Phoenix National Bank and Trust Company, the International Railways of Central America, y R. W. Hebard & Co. Inc. y René Keilhauer como miembro de la segunda parte.

El perímetro de la porción de la ciudad que se mejorará es de 8.1 kilómetros de longitud y comprende 378.5 hectáreas o 3.785,200 metros cuadrados.

La longitud total de las calles que se pavimentarán es de más de 44 kilómetros y comprende 372,400 metros cuadrados de pavimentación.

El primer contrato fue firmado en septiembre 1921, y las adiciones subsiguientes fueron hechas en septiembre 1923, marzo 1924, abril 1925 y julio 1925.

Las diferentes, distintas y separadas fases del trabajo y el costo calculado de ellas es como sigue:

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Cloacas sanitarias | \$ 835,000.00 |
| Desagües | 603,500.00 |
| Red de distribución de | |
| Aguas | 314,920.00 |
| Ductos eléctricos | 365,736.75 |
| Ductos T. & T. | 207,878.00 |
| Cordones y cunetas | 217,000.00 |
| Andenes | 225,000.00 |
| Pavimentación | 1,239,750.00 |
| Puerto de La Libertad, | |
| mejoramiento general | 247,000.00 |
| Pozo artesiano | 25,000.00 |
| Calle Candelaria | 140,643.00 |
| Campo de Marte | 35,219.06 |
| Contadores de agua | 84,000.00 |

Costo total

Presupuestado \$ 4,540,646.00

Cada una de estas varias clases de trabajo es del estilo más moderno, apropiado a sus fines y de acuerdo con las condiciones existentes.

Las cloacas están dispuestas en tal forma que concentran en un punto para futura purificación de sus aguas; los desagües prestan servicio a cada calle para desaguear la ciudad durante lluvias fuertes y el sistema de distribución de aguas presta servicio a cada casa, habiéndose provisto cada intersección de calle con un hidrante de incendio, y las válvulas están distribuidas de tal manera que puede tenerse un aislamiento completo por cada tres o cuatro cuadras sin afectar el resto de la ciudad.

Todos los cables telegráficos y telefónicos y alambres serán colocados subterráneamente lo mismo que todo el servicio eléctrico como en la mitad de la ciudad, incluyendo todo el distrito comercial y la mayoría de las calles de más importancia.

La pavimentación consistió de cuatro clases:

Clase A.— Asfalto sobre una base de 6"

Clase B.— Asfalto sobre una base de 4".

Clase C.— Capa superficial de asfalto de desgaste sobre una base asfáltica de 3".

Clase D.— Concreto de cemento de 6" de espesor en varias calles destinadas al servicio de carretas.

Los materiales y la mano de obra son de la mejor calidad, todo el concreto de cemento teniendo una mezcla de 1:2:4 o 1:3:6, y el asfal-

to de los mejores materiales, cuidadosamente preparados y colocados.

Se están construyendo cordones y cunetas y andenes de primera clase, así es que cuando estén terminados toda la ciudad estará pavimentada de borde a borde de los edificios prestando, así protección perfecta a los desprendimientos sucios de las calles y acumulación de basuras.

En el futuro toda la basura en las calles será debido a que caiga de los vehículos, animales, peatones o por que sea tirada de las casas. Esta se lavará o barrerá diariamente por medio de un equipo especial que se suministrará para tal propósito.

Los trabajos adicionales en la calle de Candelaria, el Campo de Marte y el Puerto de La Libertad son de la misma superior clase, y los trabajos de La Libertad serán tan completos en todo respecto como los de la ciudad.

Se hacen trabajos adicionales en la construcción de parques y bulevares adornados con árboles, arbustos y yerba; cuando el trabajo se haya concluido San Salvador no ocupará segundo puesto de cualquier otra ciudad, en lo que se refiere a equipos y mejoras municipales completas, su apariencia agradable y sus condiciones sanitarias.

ADMINISTRACION GENERAL

LOS MATERIALES

Estos se adquieren tan solo por medio de pedidos, cuya aprobación es precisa invariablemente del Gerente General y del Sr. Ministro de Fomento. Las importaciones de materiales destinados a la Pavimentación tiene libre entrada en el país, y por este motivo se hacen compras locales solamente en casos de urgencia.

Inmediatamente a su recibo, se depositan los materiales en el Plantel de la Empresa, a cargo de un Superintendente de Bodegas, auxiliado por distintos empleados, donde se calcula su costo y se distribuyen los materiales a las distintas obras contra pedidos interiores debidamente firmados por los Jefes responsables de las Obras. Mensualmente se segregan todos los pedidos de cada Departamento y se carga su importe al costo de la Obra correspondiente.

PLANTA Y EQUIPO

Todo el equipo que se emplea en las obras, tan-

to rodante como el permanente en el Plantel, es de lo más moderno e igual al que se usa en obras de pavimentación de las ciudades más importantes de ambas Américas.

Los equipos de mayor importancia que se emplean en las obras son:

8 camiones "Mack" de 3 1/2 toneladas de capacidad.

1 Grúa Universal de 10 toneladas de capacidad

2 camiones "Moreland" de 5 toneladas de capacidad.

1 máquina de fabricar tubería de cemento "McCracken".

1 concretadora - pavimentadora "Multifoote" de 150 metros cúbicos de capacidad diaria.

1 concretadora - pavimentadora "Austin" de 50 metros cúbicos diarios de capacidad.

1 Planta de asfalto "Cummer" de 150 toneladas de capacidad diarias.

1 Trituradora Giratoria de piedra "Kennedy - Van - Saun" de 200 metros cúbicos de capacidad diaria.

2 aplanadoras de 12 toneladas, Austin.

2 aplanadoras de 12 toneladas, Monarch.

1 aplanadora de 12 toneladas Austin.

1 aplanadora de 6 toneladas Buffalo Springfield

1 aplanadora de 3 1/2 toneladas Springfield.

Y varias camionetas, carros de inspección, motocicletas y otros equipos pequeños.

Para que este Equipo, cuyo costo asciende a cientos de miles de pesos, esté siempre en buen estado de servicio, tiene la Empresa en su Plantel un Taller Mecánico dotado de todas las máquinas de último modelo, y aquí se hacen las reparaciones a un costo mínimo, no tan sólo del equipo de la Empresa, sino también de varios equipos del Gobierno.

PERSONAL TECNICO

No obstante haber sido el deseo de la Empresa desde el principio emplear el talento nacional hasta donde fuera posible, se ha visto precisada en vista de la magnitud de la Obra y de su índole especial, importar expertos y técnicos del extranjero; pero, desde luego, en la selección de éstos se ha limitado a aceptar solamente aquellos que han tenido años de experiencia en obras de saneamiento y pavimentación, precisamente en países trópicos bajo más o menos idénticas condiciones que las existentes en esta capital.

Incluidos en el personal de expertos traídos del extranjero están: Ingeniero en Jefe, Superintendente General, Oficial Mayor, y Superintendentes de Bodega, Pavimento de Asfalto, Cañerías, Cloacas y Desagües.

Sin embargo, entre sus técnicos se encuentran ocho ingenieros salvadoreños, y los Jefes de Planta de Asfalto, de la Fábrica de Tubos de Cemento, del Taller Mecánico; y en la Oficina Central — el Contador, el Pagador y el Jefe Apuntador, todos puestos de mayor importancia.

Por otro lado, se están preparando e instruyendo constantemente, y se les dan todas las facilidades a aquellos que muestren aptitudes especiales, para ocupar otros puestos de importancia ya sea en esta Empresa o en otras empresas de semejante índole.

PAVIMENTO

El pavimento se compone de dos elementos distintos: la base, destinada a darle rigidez y resistencia y la capa de rodamiento o de desgaste. En los pavimentos de primera y segunda clase, la base es de concreto de cemento de quince y de diez centímetros de espesor respectivamente, en el de tercera clase es compuesto de una capa de piedra; la superficie de desgaste es asfáltica colocada en dos capas sobre la base. El concreto cuya composición es de una de cemento, tres de arena y cinco de piedra triturada ofrece una rigidez y resistencia admirable; para la base de piedra se emplea la que se obtiene al desmenuzarse las calles.

Entre la superficie de desgaste propiamente y la base se interpone una capa intermediaria formada por un concreto asfáltico, cuya composición es, piedra triturada pequeña, arena y más o menos siete por ciento de asfalto; el espesor es de cinco centímetros cuando la base es de concreto y de nueve cuando es piedra. La última capa va compuesta de arena, balastre, polvo de piedra y más o menos diez por ciento de asfalto, su espesor es de tres centímetros.

Las mezclas asfálticas se preparan en una planta especial, donde los componentes son previamente elevados a una temperatura conveniente, y después mezclados; a esa temperatura el asfalto se derrite y adquiere gran fluidez, lo que le permite bañar perfectamente todas las partículas del agregado mineral por pequeñas que

sean. Cuando la mezcla asfáltica llega a la calle donde se va a tender su temperatura es generalmente de ciento cincuenta grados centígrados; después de que se tiende se aplana perfectamente, lo que permite obtener un conglomerado compacto, denso y resistente al enfriarse, en el que el asfalto no juega más que el papel de ligar entre sí el agregado mineral.

Se han construido algunos tramos de calles de cemento; y se seguirán construyendo otros en calles donde el tráfico de carretas es grande; el concreto se tiende de la misma manera que cuando se emplea como base del pavimento de asfalto; solo se obtiene una superficie pulida agregando una capa compuesta de una parte de cemento y dos de arena de dos y medio centímetros de espesor.

CLOACAS SANITARIAS

El sistema de cloacas ha sido proyectado para cubrir la ciudad entera. Debido a la topografía de la ciudad, los colectores generalmente corren de Oeste a Este, formando tres sistemas separados que se unen en una cloaca madre en el Zanjón Zurita, de donde todos los desperdicios son llevados hasta un punto a dos kilómetros de la ciudad, en donde se piensa construir una planta de purificación en una fecha futura. Los sistemas que sirven las porciones Sur-este y Noreste de la ciudad serán unidas con la cloaca madre por medio de túneles.

Las cloacas son desde 8" a 36" de diámetro y son fabricadas de cemento en la Planta de la Empresa situada opuesta a la Estación de Ferrocarriles Internacionales.

Estos tubos se colocan sobre una base de concreto reforzado de 15 centímetros de ancho; y se juntan por medio de un compuesto asfáltico para dar flexibilidad y embotados en concreto hasta media altura del tubo, haciéndolos de esta manera a prueba de terremotos.

Conexiones a estas cloacas se hacen de cada casa y solares de la ciudad; el número de conexiones se estima en 5,000.

En cada intersección de calle se colocan pozos de visita para la inspección y limpieza. Estos son fabricados de concreto reforzado y tapadera de hierro fundido.

Como el sistema de cloacas sanitarias ha sido únicamente construido para llevar aguas sucias, todas las conexiones desaguando patios y te-

CONTEO VEHICULAR

NUMERO DE ESTACION:

HORA DE INICIO:

NOMBRE DEL ENCUESTADOR:

NOMBRE DEL SUPERVISOR:

SENTIDO

1-N-S

2-S-N

3-E-W



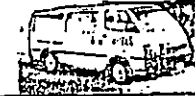
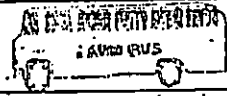
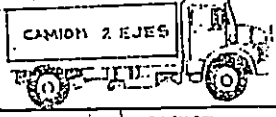
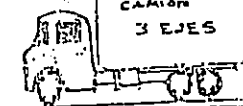



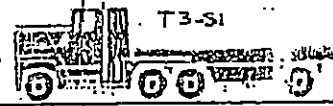


4-W-E

HOJA Nº

DE:

FECHA:

TIPO
LIBRO

| | | |
|---|---|--------------------------------|
| 1 |  | |
| 2 |  | |
| 3 |  | |
| 4 |  | |
| 5 |  | |
| 6 |  | |
| 7 |  | T ₂ -S ₁ |
| 8 |  | MOTO |
| 9 |  | T ₂ -S ₂ |
| 0 |  | T ₃ -S ₁ |
| 1 |  | T ₃ -S ₂ |
| 2 |  | TAXI |

CODIFICADO:



Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)¹

This standard is issued under the fixed designation C 78; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This test method has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the flexural strength of concrete by the use of a simple beam with third-point loading.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI equivalent of inch-pound units has been rounded where necessary for practical application.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
- C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
- C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation²
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³

3. Significance and Use

3.1 This test method is used to determine the flexural strength of specimens prepared and cured in accordance with Test Methods C 42 or Practices C 31 or C 192. Results are calculated and reported as the modulus of rupture. The strength determined will vary where there are differences in specimen size, preparation, moisture condition, curing, or where the beam has been molded or sawed to size.

3.2 The results of this test method may be used to determine compliance with specifications or as a basis for

proportioning, mixing and placement operations. It is used in testing concrete for the construction of slabs and pavements (Note 1).

4. Apparatus

4.1 The testing machine shall conform to the requirements of the sections on Basis of Verification, Corrections, and Time Interval Between Verifications of Practices E 4. Hand operated testing machines having pumps that do not provide a continuous loading in one stroke are not permitted. Motorized pumps or hand operated positive displacement pumps having sufficient volume in one continuous stroke to complete a test without requiring replenishment are permitted and shall be capable of applying loads at a uniform rate without shock or interruption.

4.2 *Loading Apparatus*—The third point loading method shall be used in making flexure tests of concrete employing bearing blocks which will ensure that forces applied to the beam will be perpendicular to the face of the specimen and applied without eccentricity. A diagram of an apparatus that accomplishes this purpose is shown in Fig. 1.

4.2.1 All apparatus for making flexure tests of concrete shall be capable of maintaining the specified span length and distances between load-applying blocks and support blocks constant within ± 0.05 in. (± 1.3 mm).

4.2.2 Reactions shall be parallel to the direction of the applied forces at all times during the test and the ratio of distance between the point of load application and nearest reaction to the depth of the beam shall not be less than one.

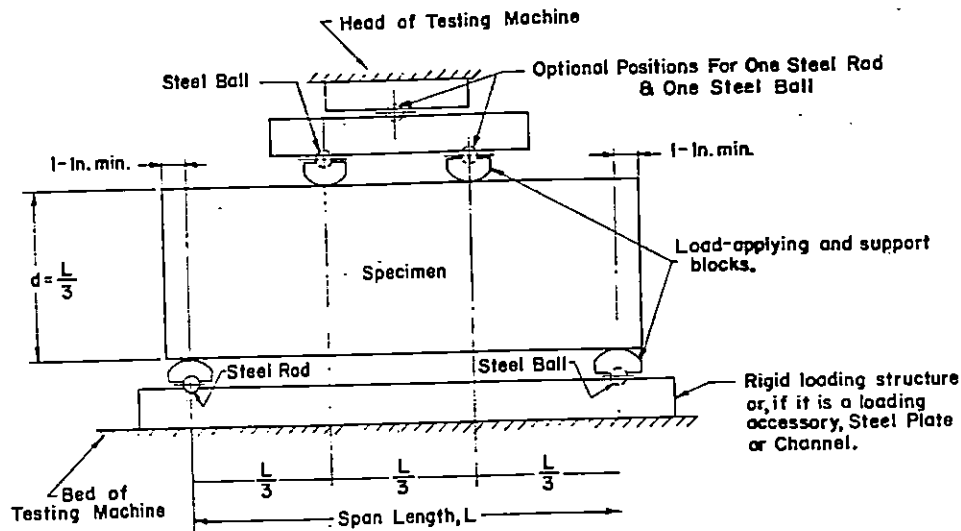
4.2.3 If an apparatus similar to that illustrated in Fig. 1 is used: the load-applying and support blocks should not be more than $2\frac{1}{2}$ in. (64 mm) high, measured from the center or the axis of pivot, and should extend entirely across or beyond the full width of the specimen. Each case-hardened bearing surface in contact with the specimen shall not depart from a plane by more than 0.002 in. (0.05 mm) and shall be a portion of a cylinder, the axis of which is coincidental with either the axis of the rod or center of the ball, whichever the block is pivoted upon. The angle subtended by the curved surface of each block should be at least 45° (0.79 rad). The load-applying and support blocks shall be maintained in a vertical position and in contact with the rod or ball by means of spring-loaded screws that hold them in contact with the pivot rod or ball. The uppermost bearing plate and center point ball in Fig. 1 may be omitted when a spherically seated bearing block is used, provided one rod and one ball are used as pivots for the upper load-applying blocks.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved April 15, 1994. Published June 1994. Originally published as C 78 - 30T. Last previous edition C 78 - 84.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.



NOTE 1—This apparatus may be used inverted. If the testing machine applies force through a spherically seated head, the center pivot may be omitted, provided one load-applying block pivots on a rod and the other on a ball.
NOTE 2—1 in. = 25.4 mm.

FIG. 1 Diagrammatic View of a Suitable Apparatus for Flexure Test of Concrete by Third-Point Loading Method

5. Testing

5.1 The test specimen shall conform to all requirements of Test Method C 42 or Practices C 31 or C 192 applicable to beam and prism specimens and shall have a test span within 2 % of being three times its depth as tested. The sides of the specimen shall be at right angles with the top and bottom. All surfaces shall be smooth and free of scars, indentations, holes, or inscribed identification marks.

5.2 The technician performing the flexural strength test should be certified as an ACI Technician—Grade II, or by an equivalent written and performance test program.

NOTE 1—The testing laboratory performing this test method may be evaluated in accordance with Practice C 1077.

6. Procedure

6.1 Flexural tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practical after removal from moist storage. Surface drying of the specimen results in a reduction in the measured flexural strength.

6.2 When using molded specimens, turn the test specimen on its side with respect to its position as molded and center it on the support blocks. When using sawed specimens, position the specimen so that the tension face corresponds to the top or bottom of the specimen as cut from the parent material. Center the loading system in relation to the applied force. Bring the load-applying blocks in contact with the surface of the specimen at the third points and apply a load of between 3 and 6 % of the estimated ultimate load. Using 0.004 in. (0.10 mm) and 0.015 in. (0.38 mm) leaf-type feeler gages, determine whether any gap between the specimen and the load-applying or support blocks is greater or less than each of the gages over a length of 1 in. (25 mm) or more. Grind, cap, or use leather shims on the specimen contact surface to eliminate any gap in excess of 0.004 in. (0.10 mm) in width. Leather shims shall be of uniform 1/4 in. (6.4 mm) thickness, 1 to 2 in. (25 to 50 mm) width, and shall extend across the full width of the specimen. Gaps in excess of 0.015 in. (0.38 mm) shall be eliminated only by capping or

grinding. Grinding of lateral surfaces should be minimized inasmuch as grinding may change the physical characteristics of the specimens. Capping shall be in accordance with the applicable sections of Practice C 617.

6.3 Load the specimen continuously and without shock. The load shall be applied at a constant rate to the breaking point. Apply the load at a rate that constantly increases the extreme fiber stress between 125 and 175 psi/min (0.86 and 1.21 MPa/min), when calculated in accordance with 8.1, until rupture occurs.

7. Measurement of Specimens After Test

7.1 Take three measurements across each dimension (one at each edge and at the center) to the nearest 0.05 in. (1 mm) to determine the average width, average depth, and line of fracture location of the specimen at the section of failure. If fracture occurs at a capped section, include the cap thickness in measurement.

8. Calculation

8.1 If the fracture initiates in the tension surface within the middle third of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = Pl/bd^2$$

where:

R = modulus of rupture, psi, or MPa,

P = maximum applied load indicated by the testing machine, lbf, or N,

l = span length, in., or mm,

b = average width of specimen, in., or mm, at the fracture, and

d = average depth of specimen, in., or mm, at the fracture.

NOTE 2—The weight of the beam is not included in the above calculation.

8.2 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by not more than 5 % of the span length, calculate the modulus of rupture as follows:

$$R = 3Pa/bd^2$$

where:

a = average distance between line of fracture and the nearest support measured on the tension surface of the beam, in., (or mm).

NOTE 3—The weight of the beam is not included in the above calculation.

8.3 If the fracture occurs in the tension surface outside of the middle third of the span length by more than 5 % of the span length, discard the results of the test.

9. Report

9.1 Report the following information:

9.1.1 Identification number,

9.1.2 Average width to the nearest 0.05 in. (1 mm),

9.1.3 Average depth to the nearest 0.05 in. (1 mm),

9.1.4 Span length in inches (or millimeters),

9.1.5 Maximum applied load in pound-force (or newtons),

9.1.6 Modulus of rupture calculated to the nearest 5 psi (0.05 MPa),

9.1.7 Curing history and apparent moisture condition of the specimens at the time of test,

9.1.8 If specimens were capped, ground, or if leather shims were used,

9.1.9 Whether sawed or molded and defects in specimens, and

9.1.10 Age of specimens.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—The coefficient of variation of test results has been observed to be dependent on the strength level of the beams.⁴ The single operator coefficient of variation has been found to be 5.7 %. Therefore, results of two properly conducted tests by the same operator on beams made from the same batch sample should not differ from each other by more than 16 %. The multilaboratory coefficient of variation has been found to be 7.0 %. Therefore, results of two different laboratories on beams made from the same batch sample should not differ from each other by more than 19 %.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted standard for determining bias in this test method, no statement on bias is made.

11. Keywords

11.1 beams; concrete; flexural strength testing; modulus of rupture

⁴See "Improved Concrete Quality Control Procedures Using Third Point Loading" by P. M. Carrasquillo and R. L. Carrasquillo, Research Report 119-1F, Project 3-9-87-1119, Center For Transportation Research, The University of Texas at Austin, November 1987, for possible guidance as to the relationship of strength and variability.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C 39; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This test method has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a unit weight in excess of 50 lb/ft³ (800 kg/m³).

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
 - C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
 - C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²
 - C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
 - C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials²
 - C 873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds²
 - C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation²
 - C 1231 Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders²
 - E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines³
 - E 74 Practice for Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Load Indication of Testing Machines³
- Manual of Aggregate and Concrete Testing²

2.2 American Concrete Institute:

CP-16 Concrete Laboratory Testing Technician, Grade I.⁴

3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method may be used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices C 31, C 192, C 617 and C 1231 and Test Methods C 42 and C 873.

4.3 The results of this test method may be used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall have demonstrated a knowledge and ability to perform the test procedure equivalent to the minimum guidelines for certification of Concrete Laboratory Technician, Level I, in accordance with ACI CP-16.

NOTE 1—The testing laboratory performing this test method should be evaluated in accordance with Practice C 1077.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verification of calibration of the testing machines in accordance with Practices E 4 is required under the following conditions:

5.1.1.1 After an elapsed interval since the previous verifi-

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved Nov. 15, 1994. Published January 1995. Originally published as C 39 – 21 T. Last previous edition C 39 – 93a.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

⁴ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 19150, Detroit, MI. 48219-0150.

cation of 18 months maximum, but preferably after an interval of 12 months,

5.1.1.2 On original installation or relocation of the machine,

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments which may in any way affect the operation of the force applying system of the machine or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the weight of tooling, or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to doubt the accuracy of the results, without regard to the time interval since the last verification.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

NOTE 2—High-strength concrete cylinders rupture more intensely than normal strength cylinders. As a safety precaution, it is recommended that the testing machines should be equipped with protective fragment guards.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E 74.

NOTE 3—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed $\pm 1.0\%$ of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification device shall be recorded at each test point. Calculate the error, E , and the percentage of error, E_p , for each point from these data as follows:

$$E = A - B$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

A = load, lbf (or N) indicated by the machine being verified, and

B = applied load, lbf (or N) as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket

acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load that can be estimated on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10 % of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 4), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3 % greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.001 in. (0.025 mm) in any 6 in. (152 mm) of blocks 6 in. in diameter or larger, or by more than 0.001 in. in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than $\frac{1}{2}$ in. (13 mm), concentric circles not more than $\frac{1}{32}$ in. (0.8 mm) deep and not more than $\frac{3}{64}$ in. (1.2 mm) wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 4—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 5). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. The block may be fastened to the platen of the testing machine. Its least horizontal dimension shall be at least 3 % greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 1 in. (25 mm) thick when new, and at least 0.9 in. (22.5 mm) thick after any resurfacing operations.

NOTE 5—If the testing machine is so designed that the platen itself can be readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the

suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

| Diameter of Test Specimens. in. (mm) | Maximum Diameter of Bearing Face. in. (mm) |
|---|---|
| 2 (51) | 4 (102) |
| 3 (76) | 5 (127) |
| 4 (102) | 6½ (165) |
| 6 (152) | 10 (254) |
| 8 (203) | 11 (279) |

NOTE 6—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of $\pm 5\%$ of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75 % of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket must be so designed by the manufacturer that the steel in the contact area does not permanently deform under repeated use, with loads up to 12 000 psi (82.7 MPa) on the test specimen.

NOTE 7—The preferred contact area is in the form of a ring (described as preferred "bearing" area) as shown on Fig. 1.

5.2.2.4 The curved surfaces of the socket and of the spherical portion shall be kept clean and shall be lubricated with a petroleum-type oil such as conventional motor oil, not with a pressure type grease. After contacting the specimen and application of small initial load, further tilting of the spherically seated block is not intended and is undesirable.

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such

that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.3 Load Indication:

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that can be read to at least the nearest 0.1 % of the full scale load (Note 8). The dial shall be readable within 1 % of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment that is easily accessible from the outside of the dial case, and with a suitable device that at all times until reset, will indicate to within 1 % accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—As close as can reasonably be read is considered to be 1/50 in. (0.5 mm) along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is about as close as can reasonably be read when the spacing on the load indicating mechanism is between 1/25 in. (1 mm) and 1/16 in. (1.6 mm). When the spacing is between 1/16 in. and 1/8 in. (3.2 mm), one third of a scale interval can be read with reasonable certainty. When the spacing is 1/8 in. or more, one fourth of a scale interval can be read with reasonable certainty.

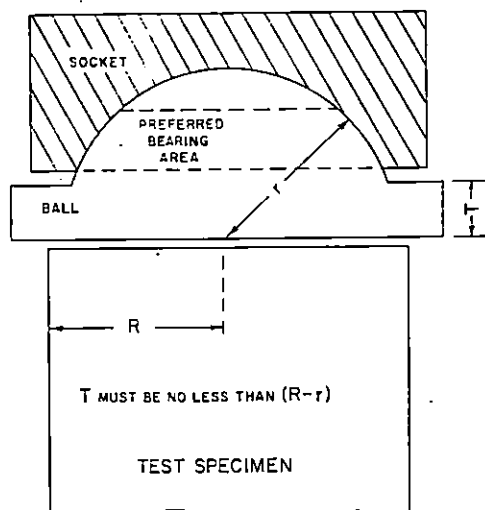
5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read. The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Neither end of compressive test specimens when tested shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1/8 in. in 12 in. (3 mm in 300 mm)). The ends of compression test specimens that are not planed within 0.002 in. (0.050 mm) shall be capped in accordance with Practice C 617 or they may be sawed or ground to meet that tolerance. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.01 in. (0.25 mm) by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.



NOTE—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter may be reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.02 in. (0.51 mm). When the average diameters do not fall within the range of 0.02 in. or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 The length shall be measured to the nearest 0.05 *D* when the length to diameter ratio is less than 1.8, or more than 2.2, or when the volume of the cylinder is determined from measured dimensions.

7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

| Test Age | Permissible Tolerance |
|----------|-----------------------|
| 24 h | ± 0.5 h or 2.1 % |
| 3 days | 2 h or 2.8 % |
| 7 days | 6 h or 3.6 % |
| 28 days | 20 h or 3.0 % |
| 90 days | 2 days 2.2 % |

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block. As the spherically seated block is brought to bear on the specimen, rotate its movable portion gently by hand so that uniform seating is obtained.

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

7.5.1 For testing machines of the screw type, the moving head shall travel at a rate of approximately 0.05 in. (1.3 mm)/min when the machine is running idle. For hydraulically operated machines, the load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a loading rate on the specimen within the range of 20 to 50 psi/s (0.14 to 0.34 MPa/s). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase of the testing cycle.

7.5.2 During the application of the first half of the anticipated loading phase a higher rate of loading shall be permitted.

7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement of the platen at any time while a specimen is yielding rapidly immediately before failure.

7.6 Apply the load until the specimen fails, and record the maximum load carried by the specimen during the test. Note the type of failure and the appearance of the concrete.

8. Calculation

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 10 psi (69 kPa).

8.2 If the specimen length to diameter ratio is less than 1.8, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table:

| | | | | |
|---------|------|------|------|----------------|
| L/D: | 1.75 | 1.50 | 1.25 | 1.00 |
| Factor: | 0.98 | 0.96 | 0.93 | 0.87 (Note 10) |

NOTE 10—These correction factors apply to lightweight concrete weighing between 100 and 120 lb/ft³ (1600 and 1920 kg/m³) and to normal weight concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading. Values not given in the table shall be determined by interpolation. The correction factors are applicable for nominal concrete strengths from 2000 to 6000 psi (13.8 to 41.4 MPa).

9. Report

9.1 Report the following information:

- 9.1.1 Identification number,
- 9.1.2 Diameter (and length, if outside the range of 1.8*D* to 2.2*D*), in inches or millimetres,
- 9.1.3 Cross-sectional area, in square inches or square centimetres,
- 9.1.4 Maximum load, in pounds-force or newtons,
- 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 10 psi or 69 kPa,
- 9.1.6 Type of fracture, if other than the usual cone (see Fig. 2),
- 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,

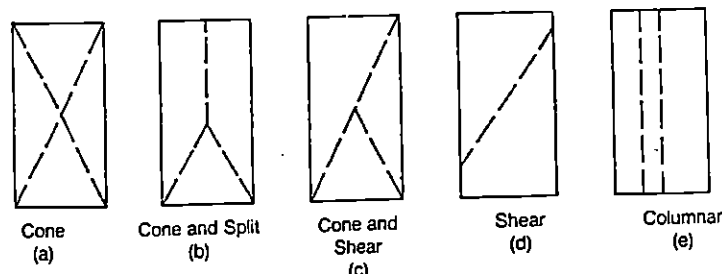


FIG. 2 Sketches of Types of Fracture

9.1.8 Age of specimen.

10. Precision and Bias

10.1 *Precision*—The single operator precision of tests of individual 6 by 12 in. (150 by 300 mm) cylinders made from a well-mixed sample of concrete is given for cylinders made in a laboratory environment and under normal field conditions (see 10.1.1).

| | Coefficient of Variation ⁴ | Acceptable Range of ⁴ | |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------|
| | | 2 results | 3 results |
| Single operator | | | |
| Laboratory conditions | 2.37 % | 6.6 % | 7.8 % |
| Field conditions | 2.87 % | 8.0 % | 9.5 % |

⁴ These numbers represent respectively the (1s) and (d2s) limits as described in Practice C 670.

10.1.1 The values given are applicable to 6 by 12 in. (150 by 300 mm) cylinders with compressive strength between 2000 and 8000 psi (12 to 55 MPa). They are derived from CCRL concrete reference sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.⁵

NOTE 11—Subcommittee C09.03.01 will re-examine recent CCRL Concrete Reference Sample Program data and field test data to see if these values are representative of current practice and if they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

⁵ Research report RR:C09-1006 is on file at ASTM Headquarters.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete¹

This standard is issued under the fixed designation C 42; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This test method has been approved for use by agencies of the Department of Defense. Consult the DoD Index of Specifications and Standards for the specific year of issue which has been adopted by the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method covers obtaining, preparing, and testing (1) cores drilled from concrete for length or compressive or splitting tensile strength determinations and (2) beams sawed from concrete for flexural strength determinations.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 39 Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens²
 - C 78 Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)²
 - C 116 Test Method for Compressive Strength of Concrete Using Portions of Beams Broken in Flexure²
 - C 174 Test Method for Measuring Length of Drilled Concrete Cores²
 - C 496 Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens²
 - C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens²
 - C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials²
- ### 2.2 ACI Standards:
- 301-89 Specifications for Structural Concrete for Buildings³
 - 318-89 Building Code Requirements for Reinforced Concrete³

3. Apparatus

3.1 *Core Drill*, for obtaining cylindrical core specimens. For specimens to be removed by drilling downward perpen-

dicular to a horizontal surface, a shot drill may be satisfactory; for specimens taken by drilling in other directions or when the test specimen diameter is to be accurately determined for more precise calculation of compressive strength, a diamond drill shall be used.

3.2 *Saw*, for cutting beam specimens to size for flexural strength tests. The saw shall have a diamond or silicon-carbide cutting edge and shall be capable of cutting specimens which conform to the prescribed dimensions, without excessive heating or shock.

4. Sampling

4.1 General:

4.1.1 Samples of hardened concrete for use in the preparation of strength test specimens shall not be taken until the concrete has become hard enough to permit sample removal without disturbing the bond between the mortar and the coarse aggregate. In general, the concrete shall be 14 days old before the specimens are removed. When preparing strength test specimens from samples of hardened concrete, samples that show abnormal defects or samples that have been damaged in the process of removal shall not be used.

4.1.2 Specimens containing embedded reinforcement shall not be used for determining splitting tensile strength and specimens for determining flexural strength shall not be used if reinforcement is embedded in the tensile portion of the specimen.

NOTE 1—Cores for determining compressive strength that contain embedded reinforcement can yield either higher or lower values than cores without embedded steel and should be avoided if possible or trimmed to eliminate the reinforcement provided an L/D of 1.00 or greater can be attained.

4.2 *Core Drilling*—A core specimen taken perpendicular to a horizontal surface shall be located, when possible, so that its axis is perpendicular to the bed of the concrete as originally placed and not near formed joints or obvious edges of a unit of deposit. A specimen taken perpendicular to a vertical surface, or perpendicular to a surface with a batter shall be taken from near the middle of a unit of deposit when possible and not near formed joints or obvious edges of a unit of deposit.

4.3 *Slab Removal*—Remove a slab sufficiently large to secure the desired test specimens without the inclusion of any concrete which has been cracked, spalled, undercut, or otherwise damaged.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved Oct. 15, 1994. Published December 1994. Originally published as C 42 - 21 T. Last previous edition C 42 - 90.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

³ Available from American Concrete Institute, P.O. Box 19150, Detroit, MI 48219.

DRILLED CORES

5. Length of Drilled Core Specimens

5.1 *Minimum Diameter*—A core specimen for the determination of length shall have a diameter of at least 4 in. (102 mm).

5.2 *Procedure for Length Determination*—Measure the lengths of cores in accordance with the provisions of Test Method C 174.

6. Compressive Strength

6.1 *Test Specimens*—The diameter of core specimens for the determination of compressive strength should preferably be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate used in the concrete, and *must* be at least twice the maximum nominal size of the coarse aggregate in the core sample. The length of the specimen, when capped, should be as nearly as practicable twice its diameter. A core having a maximum height of less than 95 % of its diameter before capping or a height less than its diameter after capping shall not be tested.

6.2 *End Preparation*—The ends of core specimens to be tested in compression shall be essentially smooth, perpendicular to the longitudinal axis, and of the same diameter as the body of the specimen. If necessary, saw or tool the ends of the specimens until the following requirements are met:

6.2.1 Projections, if any, shall not extend more than 0.2 in. (5 mm) above the end surfaces,

6.2.2 The end surfaces shall not depart from perpendicularity to the longitudinal axis by more than 5°, and

6.2.3 The diameters of the ends shall not depart more than 0.1 in. (2.5 mm) from the mean diameter of the specimen.

6.3 *Moisture Conditioning*—Submerge the test specimens in lime-saturated water at $73.4 \pm 3.0^\circ\text{F}$ ($23.0 \pm 1.7^\circ\text{C}$) for at least 40 h immediately prior to making the compression test. Test the specimens promptly after removal from water storage. During the period between removal from water storage and testing, keep the specimens moist by covering with a wet blanket of burlap or other suitable absorbent fabric.

6.3.1 When the specifying authority for the project so directs, cores shall be tested in a moisture condition other than achieved by conditioning according to 6.3. Length-diameter correction factors shown in 6.7 are applicable to both dry and soaked concrete. Direction for consideration of testing in a moisture condition other than that achieved by soaking at least 40 h may be found in ACI 301, chapter 17, and ACI 318, chapter 5.

6.4 *Capping*—Before making the compression test, cap the ends of the specimens in conformance with the procedure prescribed in the applicable section of Practice C 617. The capped surfaces of the specimens shall conform to the planeness requirements of Test Method C 39.

6.5 *Measurement*—Prior to testing, measure the length of the capped specimen to the nearest 0.1 in. (2.5 mm) and use this length to compute the length-to-diameter ratio. Determine the average diameter by averaging two measurements taken at right angles to each other about the midheight of the specimen. Measure core diameters to the nearest 0.01 in.

(0.25 mm) whenever possible, but at least to the nearest 0.1 in.

NOTE 2—Most shot-drilled cores will not be smooth enough to justify measuring of diameters closer than the nearest 0.1 in. (2.5 mm).

6.6 *Testing*—Test the specimens in accordance with the applicable provisions of Test Method C 39.

6.7 *Calculation*—Calculate the compressive strength of each specimen using the computed cross-sectional area based on the average diameter of the specimen.

6.7.1 If the ratio of length to diameter of the specimen exceeds 2.10 it shall be reduced in length to fall within the ratio limits of 1.94 to 2.10. Specimens within these ratios require no correction.

6.7.2 If the ratio of the length to diameter of the specimen is less than 1.94 apply correction factors shown in the following table:

| Ratio of Length of Cylinder to Diameter l/d | Strength Correction Factor ⁴ |
|---|---|
| 1.75 | 0.98 |
| 1.50 | 0.96 |
| 1.25 | 0.93 |
| 1.00 | 0.87 |

⁴ These correction factors apply to lightweight concrete weighing between 100 and 120 lb/ft³ (1600 and 1920 kg/m³) and to normal weight concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading. Values not given in the table shall be determined by interpolation. The correction factors are applicable for nominal concrete strengths from 2000 to 6000 psi (13.8 to 41.4 MPa). (Correction factors depend on various conditions such as strength and elastic moduli. Average values are given in the table.)

6.8 *Report*—Report the results as required by Test Method C 39 with the addition of the following information:

6.8.1 Length of test specimen before and after capping,

6.8.2 Compressive strength to the nearest 10 psi (69 kPa) when the diameter is measured to the nearest 0.01 in. (0.25 mm) and to the nearest 50 psi (345 kPa) when the diameter is measured to the nearest 0.1 in. (2.5 mm), after correction for length-diameter ratio when required,

6.8.3 Direction of application of the load on the specimen with respect to the horizontal plane of the concrete as placed,

6.8.4 The moisture condition at the time of testing, and

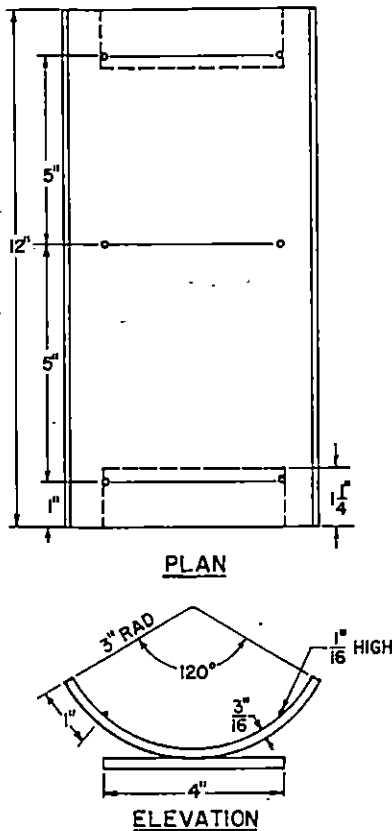
6.8.5 Nominal maximum size of concrete aggregate.

6.9 Precision

6.9.1 The single-operator coefficient of variation on cores has been found to be 3.2 %⁴ for a range of compressive strength between 4500 (32.0 MPa) and 7000 (48.3 MPa) psi. Therefore, results of two properly conducted tests of single cores by the same operator on the same sample of material should not differ from each other by more than 9 %⁴ of their average.

6.9.2 The multi-laboratory coefficient of variation on cores has been found to be 4.7 %⁴ for a range of compressive strength between 4500 (32.0 MPa) and 7000 (48.3 MPa) psi. Therefore, results of two properly conducted tests on cores sampled from the same hardened concrete (where a single test is defined as the average of two observations (cores), each made on separate adjacent drilled 4 in. (100 mm) diameter cores), and tested by two different laboratories should not differ from each other by more than 13 %⁴ of their average.

⁴ These numbers represent, respectively, the (1s %) and (d2s %) limits as described in ASTM Practice C 670.



Metric Equivalents

| | | | | | | | | |
|-----|------|------|----|-------|----|-----|-----|-----|
| in. | 1/16 | 3/16 | 1 | 1 1/4 | 3 | 4 | 5 | 12 |
| mm. | 1.6 | 4.8 | 25 | 32 | 76 | 102 | 127 | 305 |

FIG. 1 Suitable Capping Device for Splitting Tensile Strength Test

6.10 *Bias*—Since there is no accepted reference material suitable for determining the bias for the procedure in this test method, no statement on bias is being made.

7. Splitting Tensile Strength

7.1 *Test Specimens*—The specimens shall conform to the dimensional requirements in 6.1, 6.2.1, and 6.2.2. Ends are not to be capped.

7.2 *Moisture Conditioning*—Prior to testing condition the specimens as described in 6.3.

7.3 *Bearing Surfaces*—The line of contact between the specimen and each bearing strip shall be straight and free of any projections or depressions higher or deeper than 0.01 in. (0.25 mm). When the line of contact is not straight or contains projections or depressions having heights or depths greater than 0.01 in., grind or cap the specimen so as to produce bearing lines meeting these requirements. Do not use specimens with projections or depressions greater than 0.1 in. (2.5 mm). When capping is employed the caps shall be as thin as practicable and shall be formed of high-strength gypsum plaster.

NOTE 3—Fig. 1 illustrates a device suitable for applying caps to 6-in. (150-mm) diameter specimens.

7.4 *Testing*—Test the specimens in accordance with the

applicable provisions of Test Method C 496.

7.5 *Calculation and Report*—Calculate the splitting tensile strength and report the results as required in Test Method C 496. When grinding or capping of the bearing surfaces is required, measure the diameter between the finished surfaces. Indicate that the specimen was a core and state its moisture condition at the time of testing.

SAWED BEAMS

8. Flexural Strength

8.1 *Test Specimens*—A beam specimen for the determination of flexural strength shall in general have a cross section of 6 by 6 in. (150 by 150 mm) (Note 4). The specimen shall be at least 21 in. (530 mm) in length, but when two tests for flexural strength are to be made in one beam specimen, it shall be at least 33 in. (840 mm) in length. Perform the sawing operation so that the concrete will not be weakened by shock or by heating. The sawed surfaces shall be smooth, plane, parallel, and free from steps, ridges, and grooves. Take care in handling sawed beam specimens to avoid chipping or cracking.

NOTE 4—In many cases, particularly with prisms cut from pavement slabs, the width will be governed by the size of the coarse aggregate and the depth by the thickness of the slab.

8.2 *Moisture Conditioning*—Submerge the test specimens in lime-saturated water at $73.4 \pm 3^\circ\text{F}$ ($23 \pm 1.7^\circ\text{C}$) for at least 40 h immediately prior to the flexure test. Test the specimens promptly after removal from water storage. During the period between removal from water storage and testing, keep the specimens moist by covering with a wet blanket of burlap or other suitable absorbent fabric.

8.2.1 When the specifying authority for the project so directs, beams shall be tested in a moisture condition other than that achieved by conditioning in accordance with 8.2. Relatively small amounts of drying of the surface of flexural specimens induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

8.3 *Testing*—Test the specimens in accordance with the applicable provisions of Test Method C 78.

NOTE 5—The compressive strengths of portions of beams broken in flexure may be determined by testing such portions as modified cubes in accordance with Test Method C 116.

NOTE 6—Sawing may greatly reduce the indicated flexural strength; beams shall, therefore, be tested with a molded surface in tension whenever possible. The location of the tension face with respect to the position of the concrete as placed and the position of the sawed surfaces should be reported.

8.4 *Report*—Report the results in accordance with the applicable provisions of Test Method C 78 and the requirements of this test method, including the moisture condition at the time of testing. Identify orientation of the specimen's finished, sawed, and tension faces with respect to their positions in the test apparatus.

9. Keywords

9.1 compressive strength; concrete; concrete coring; concrete sawing; flexural strength; splitting tensile strength



Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation C 496; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens, such as molded cylinders and drilled cores.

NOTE 1—For methods of molding cylindrical concrete specimens, see Practice C 192 and Practice C 31. For methods of obtaining drilled cores see Method C 42.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard may involve hazardous materials, operations, and equipment. This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field²
- C 39 Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens²
- C 42 Method of Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete²
- C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory²

3. Significance and Use

3.1 This test method measures the splitting tensile strength of concrete by the application of a diametral compressive force on a cylindrical concrete specimen placed with its axis horizontal between the platens of a testing machine.

3.2 Splitting tensile strength is simpler to determine than direct tensile strength.

3.3 Splitting tensile strength is used to evaluate the shear resistance provided by concrete in reinforced lightweight aggregate concrete members.

4. Apparatus

4.1 *Testing Machine*—The testing machine shall conform to the requirements of Test Method C 39 and may be of any

type of sufficient capacity that will provide the rate of loading prescribed in 6.5.

4.2 *Supplementary Bearing Bar or Plate*—If the diameter or the largest dimension of the upper bearing face or the lower bearing block is less than the length of the cylinder to be tested, a supplementary bearing bar or plate of machined steel shall be used. The surfaces of the bar or plate shall be machined to within ± 0.001 in. (0.025 mm) of planeness, as measured on any line of contact of the bearing area. It shall have a width of at least 2 in. (51 mm), and a thickness not less than the distance from the edge of the spherical or rectangular bearing block to the end of the cylinder. The bar or plate shall be used in such manner that the load will be applied over the entire length of the specimen.

4.3 *Bearing Strips*—Two bearing strips of nominal $\frac{1}{8}$ in. (3.2 mm) thick plywood, free of imperfections, approximately 1 in. (25 mm) wide, and of a length equal to, or slightly longer than, that of the specimen shall be provided for each specimen. The bearing strips shall be placed between the specimen and both the upper and lower bearing blocks of the testing machine or between the specimen and supplementary bars or plates, if used (see 4.2). Bearing strips shall not be reused.

5. Test Specimens

5.1 The test specimens shall conform to the size, molding, and curing requirements set forth in either Practice C 31 (field specimens) or Practice C 192 (laboratory specimens). Drilled cores shall conform to the size and curing requirements set forth in Method C 42. Moist-cured specimens, during the period between their removal from the curing environment and testing, shall be kept moist by a wet burlap or blanket covering, and shall be tested in a moist condition as soon as practicable.

5.2 The following curing procedure shall be used for evaluations of light-weight concrete: specimens tested at 28 days shall be in an air-dry condition after 7 days moist curing followed by 21 days drying at $73 \pm 3^\circ\text{F}$ ($23.0 \pm 1.7^\circ\text{C}$) and $50 \pm 5\%$ relative humidity.

6. Procedure

6.1 *Marking*—Draw diametral lines on each end of the specimen using a suitable device that will ensure that they are in the same axial plane (see Figs. 1, 2 and Note 2), or as an alternative, use the aligning jig shown in Fig. 3 (Note 3).

NOTE 2—Figures 1 and 2 show a suitable device for drawing diametral lines on each end of the specimen in the same axial plane. The device consists of three parts as follows:

(1) A length of 4-in. (100-mm) steel channel, the flanges of which have been machined flat,

(2) A section of a tee bar, *B*, that is grooved to fit smoothly over the flanges of the channel and that includes a rectangular notch for

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing Concrete for Strength.

Current edition approved Feb. 9, 1990. Published April 1990. Originally published as C 496 - 62. Last previous edition C 496 - 86¹.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.02.

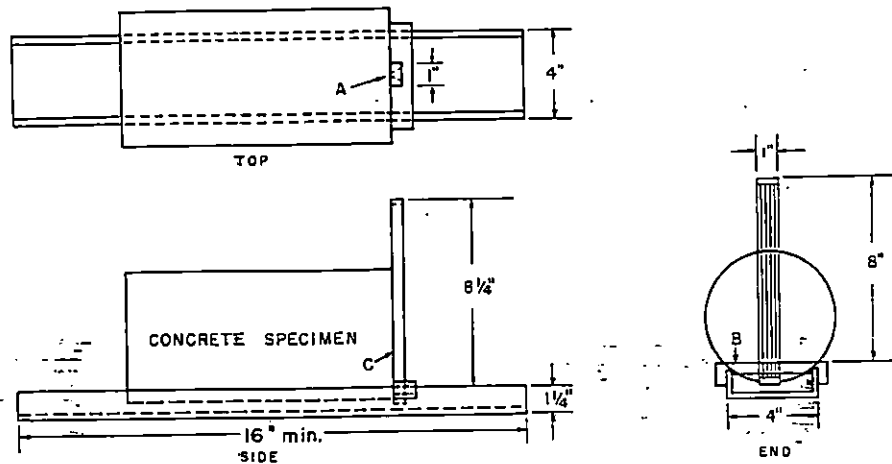
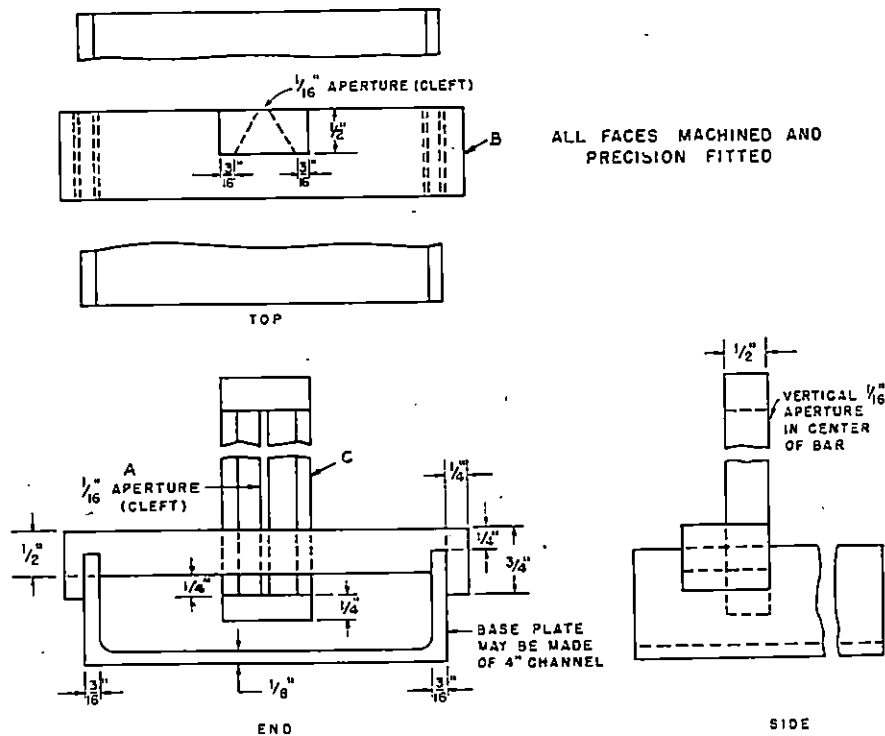


FIG. 1 General Views of a Suitable Apparatus for Marking End Diameters Used for Alignment of Specimen in Testing Machine



Metric Equivalents—Figs. 1, 2 and 4

| in. | 1/16 | 1/8 | 3/16 | 1/4 | 1/2 | 3/4 | 1 | 1 1/4 | 2 | 2 1/2 | 4 | 7 1/2 | 8 | 8 1/4 | 15 |
|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| mm | 1.6 | 3.2 | 4.8 | 6.4 | 13 | 19 | 25 | 32 | 50 | 65 | 100 | 190 | 200 | 205 | 375 |

FIG. 2 Detailed Plans for a Suitable Apparatus for Marking End Diameters Used for Aligning the Specimen

positioning the vertical member of the tee bar assembly, and
 (3) A vertical bar, C, containing a longitudinal aperture (cleft), A, for guiding a pencil,

The tee bar assembly is not fastened to the channel and is positioned at either end of the channel without disturbing the position of the specimen when marking the diametral lines.

NOTE 3—Figure 4 is a detailed drawing of the aligning jig shown in Fig. 3 for achieving the same purpose as marking the diametral lines. The device consists of:

(1) A base for holding the lower bearing strip and cylinder,

(2) A supplementary bearing bar conforming to the requirements of Section 3 as to critical dimensions and planeness, and
 (3) Two uprights to serve for positioning the test cylinder, bearing strips, and supplementary bearing bar.

6.2 Measurements—Determine the diameter of the specimen to the nearest 0.01 in. (0.25 mm) by averaging three diameters measured near the ends and the middle of the specimen and lying in the plane containing the diametral lines marked on the two ends. Determine the length of

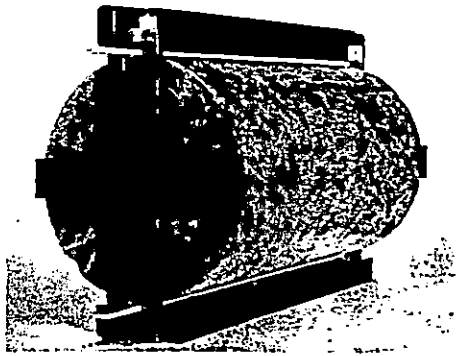


FIG. 3 Jig for Aligning Concrete Cylinder and Bearing Strips

specimen to the nearest 0.1 in. (2.5 mm) by averaging at least two length measurements taken in the plane containing the lines marked on the two ends.

6.3. Positioning Using Marked Diametral Lines—Center one of the plywood strips along the center of the lower bearing block. Place the specimen on the plywood strip and align so that the lines marked on the ends of the specimen are vertical and centered over the plywood strip. Place a second plywood strip lengthwise on the cylinder, centered on the lines marked on the ends of the cylinder. Position the assembly to ensure the following conditions:

6.3.1 The projection of the plane of the two lines marked on the ends of the specimen intersects the center of the upper bearing plate, and

6.3.2 The supplementary bearing bar or plate, when used, and the center of the specimen are directly beneath the center of thrust of the spherical bearing block (see Fig. 5).

6.4 Positioning by Use of Aligning Jig—Position the bearing strips, test cylinder, and supplementary bearing bar by means of the aligning jig as illustrated in Fig. 3 and center the jig so that the supplementary bearing bar and the center of the specimen are directly beneath the center of thrust of the spherical bearing block.

6.5 Rate of Loading—Apply the load continuously and without shock, at a constant rate within the range 100 to 200 psi/min (689 to 1380 kPa/min) splitting tensile stress until failure of the specimen (Note 4). Record the maximum applied load indicated by the testing machine at failure. Note the type of failure and the appearance of the concrete.

NOTE 4—The relationship between splitting tensile stress and applied load is shown in Section 7. The required loading range in splitting tensile stress corresponds to applied total load in the range of 11 300 to 22 600 lbf (50 to 100 kN)/min for 6 by 12-in. (152 by 305-mm) cylinders.

7. Calculation

7.1 Calculate the splitting tensile strength of the specimen as follows:

$$T = 2P/\pi ld$$

where

T = splitting tensile strength, psi (kPa),

P = maximum applied load indicated by the testing machine, lbf (kN),

l = length, in. (m), and

d = diameter, in. (m).

8. Report

8.1 Report the following information:

8.1.1 Identification number,

8.1.2 Diameter and length, in. (m),

8.1.3 Maximum load, lbf (kN),

8.1.4 Splitting tensile strength calculated to the nearest 5 psi (35 kPa),

8.1.5 Estimated proportion of coarse aggregate fractured during test,

8.1.6 Age of specimen,

8.1.7 Curing history,

8.1.8 Defects in specimen,

8.1.9 Type of fracture, and

8.1.10 Type of specimen.

9. Precision and Bias

9.1 The precision and bias of this test method has not yet been determined, but data are being collected and precision and bias statements will be included when formulated.

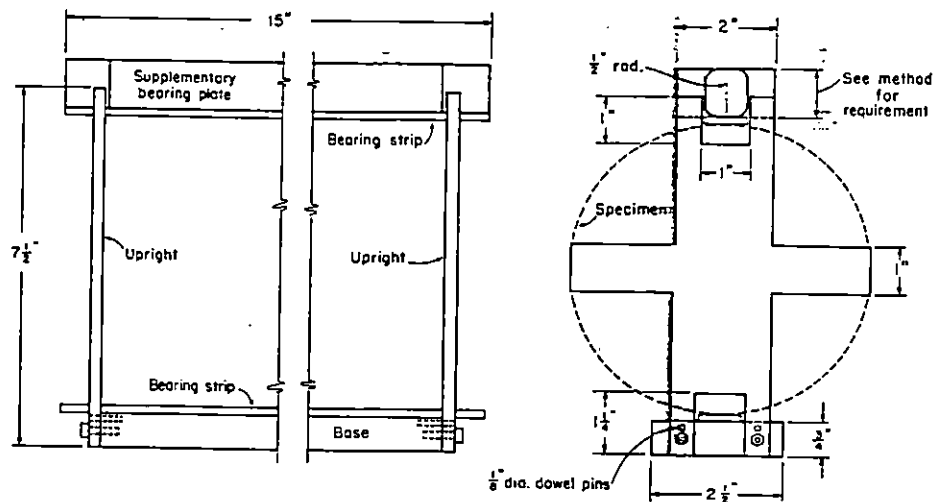


FIG. 4 Detailed Plans for a Suitable Aligning Jig

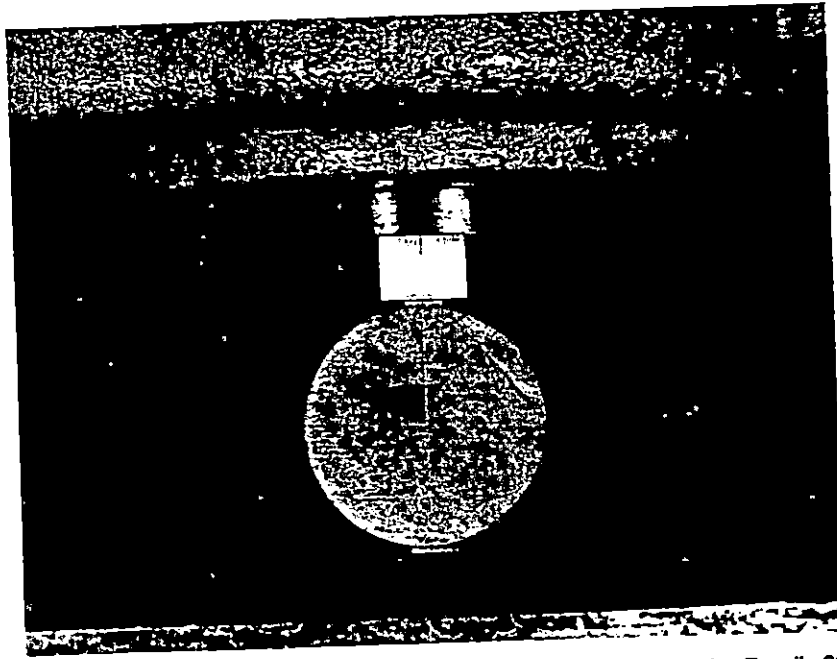


FIG. 5 Specimen Positioned in a Testing Machine for Determination of Splitting Tensile Strength

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.