



**UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU  
SANTO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
ESCUELA De INGENIERÍA CIVIL**

INVESTIGACIÓN DE LOS FACTORES QUE INCIDEN EN LAS FALLAS  
ENCONTRADAS EN LAS VÍAS DE PAVIMENTO RÍGIDO  
CONSTRUIDAS EN LA PROVINCIA DE MANABÍ.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE SE PRESENTA COMO  
REQUISITO PARA EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Autora:**

Daniela Ruiz Ramírez

**Tutor:**

Ing. Blas Cruz

**Samborondón**

**Octubre, 2014**



*A Dios, mis padres, familiares y colegas en el transcurso de toda mi carrera me han brindado todo su apoyo e incentivaron esta investigación.*

*Agradezco de forma especial y sincera al Ing. Blas Cruz por la orientacion, los conocimientos y el apoyo brindado durante la realizacion de esta investigación.*



## RESUMEN

En la actualidad uno de los puntos esenciales para el desarrollo tanto económico como social es el desarrollo vial y no únicamente la implementación de estas sino su constante monitoreo para la determinación del estado que se encuentran por ello la siguiente investigación que se encuentra titulada “Investigación de los factores que inciden en las fallas encontradas en las vías de pavimento rígido construidas en la provincia de Manabí” tiene como objetivo el “Investigar las fallas presentadas en la red vial construida con pavimento rígido en la provincia de Manabí, diagnosticar las causas que originaron el problema, y encontrar una posible solución para la rehabilitación de las mismas”, el que se logró mediante el desarrollo de un procesos metodológico respaldado por técnicas de observación e instrumentos de análisis mismos que dieron a conocer los resultados más relevantes, entre los que se presentan las fallas de las vías, deslizamientos y entre otros que se encuentran en el apartado de resultado, concluyendo así que “la implementación de pavimentos rígidos en el país, es una propuesta relativamente nueva, por lo que falta acumular experiencia en la construcción de los mismos, lo que constituye un factor determinante, para que se produzcan deterioros severos en sus estructuras” por tal motivo es esencial que se evalúen las vías frecuentemente, estableciendo el grado de severidad de los deterioros, con el fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, garantizando así la vida útil de la estructura del pavimento.

## INTRODUCCIÓN

Desde los senderos hechos a ímpetu de paso, hasta las grandes vías de concreto, el hombre ha reformado su entorno de acuerdo con las necesidades de su tiempo. En la actualidad, en la era de las comunicaciones, la necesidad de construir carreteras más fuertes y más seguras intensifica su mirada en el concreto, material de grandes posibilidades para el desarrollo de los caminos en el mundo contemporáneo.

Conocer el estado de deterioro que tiene una vía es un componente vital en las categorías de mantenimiento de pavimentos, de modo que, mediante este se puede conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento. Existe un sin número de métodos que permiten realizar una proyección a futuro del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual se conseguirá una proyección correcta.

Las sistemáticas tienen como objetivo fundamental establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies del pavimento rígido. Se basa en los resultados de la inspección visual de los pavimentos, en la cual se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto aplicar su mantenimiento correspondiente. Debido a que existen un sin número de combinaciones de deterioros, severidades y densidades posibles, los métodos como el PCI (Paviment Condition Index) resuelven esta dificultad introduciendo el valor deducido, como factor de ponderación, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación deterioro, severidad y densidad.

En la norma ASTM D6433-99 (PLC) se describen cada uno de los deterioros para los pavimentos rígidos, además como identificarlos en los diferentes niveles de severidad; de acuerdo a la condición que se encuentre el pavimento rígido se aplicara los tipos de mantenimientos.

El mantenimiento adecuado y oportuno de unacarretera requiere de la realización de un conjunto de operaciones durante la vida útil de la obra. Como una manera de ordenar y facilitar la programación de las muy diversas operaciones de mantenimiento, éstas se clasifican en tres niveles, en función de las características del trabajo y de la periodicidad con que suelen requerirse: operaciones de conservación rutinaria, operaciones de conservación constante y renovaciones.

En esta tesis se entrega una descripción resumida de los principales elementos que conforman las carreteras, de las fallas más importantes que los afectan y de las causas que más comúnmente las originan. Tanto por la amplitud del tema, como por la imposibilidad de cubrir todas las peculiaridades que suelen caracterizar diferentes zonas geográfica. Sin embargo se estima que puede ser una herramienta adecuada para colaborar en la calificación de los daños y la consecuente programación de las labores de mantenimiento.



## **CAPÍTULO I EL PROBLEMA.**

# **1. El problema**

## **1.1. Planteamiento del problema**

El desarrollo y crecimiento vial en las ciudades se ha venido desarrollando por los cambios evolutivos que se han presentado en la sociedad debido a la creciente demanda de medios de transporte y de rutas de accesos a los diferentes puntos a los que desee acceder; estos cambios han generado un crecimiento vial muchas veces descontrolados e inadecuados que ha llevado a una constante restructuración vial.

El desarrollo vial es un punto esencial para el crecimiento nacional no solamente porque permita acortar distancias entre un punto y otro, sino que por medio de estas se movilizan personas, se entregan cargamentos, es decir se presenta como una arteria que permite el desarrollo socioeconómico del país.

Las nuevas técnicas de construcción de vías han venido han venido generando grandes cambios es así que en nuestro país mayoritariamente estas eran de pavimento flexible o asfalto, presentándose una baja implementación del hormigón en pavimento, en parte generado por los limitados recursos estatales pero esencialmente por falta de conocimiento técnico.

En los últimos siete años se ha presentado una notable inversión por parte del estado que ha permitido el desarrollo vial del país, con miras a responder las necesidades que se han venido presentando por el crecimiento poblacional, vehicular y económico y la constante exigencia de vías de primer orden. En respuesta a esto se han desarrollado carreteras de hormigón hidráulico bajo un concepto de mejoramiento, partiendo esencialmente de las ventajas que este material presenta.

En Manabí, provincia de la costa ecuatorial, la red vial ha sido mejorada con la construcción de vías de pavimento rígido como es el caso de: “Pedernales hacia el Carmen 90 km de vía; Pedernales – San Vicente 64.27 km de vía; Rocafuerte – El Carmen, 20.43 km de vía; Carmen – Santo Domingo, 56.3 km de vía; Entre Chone y Pimpiguasi, 18.3 km de la vía; Tosagua-Calceta, 90 km de vía; Suma-Pedernales” (Ministerio de Obras Publicas, 2013)

Lamentablemente estas vías continúan presentando fallas y deterioro por diferentes motivos, el caso del tramo Chone – Flavio Alfaro de 150 km de longitud que a comienzos de año, por causa de las intensas lluvias, el suelo de soporte fue saturado dañando parte del pavimento rígido (Diario el Comercio , 2013)

El tramo Chone – Flavio Alfaro – El Carmen con presencia de asentamientos en determinados sitios de la vía Son solo algunos de los diferentes tipos de daños presentados en las vías de hormigón hidráulico construidas en los últimos 5 años en la provincia de Manabí. (Ministerio de Obras Publicas, 2013)

Esta investigación se enfocará en recabar información de las vías de pavimento rígido construidas en la provincia de Manabí en los últimos 5 años que han tenido falla o deterioro y encontrar las causas de las mismas.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿El identificar las causas de las fallas observadas en las vías de hormigón hidráulico que han sido construidas en los últimos 5 años en la provincia de Manabí permitirá establecer las condiciones en que este tipo de pavimento puede ser usado con ventajas frente al pavimento asfáltico?

### **1.3. Sistematización del problema o sub preguntas de investigación.**

- ¿Qué vías de la provincia de Manabí se han construido con hormigón hidráulico en los últimos 5 años?
- ¿Qué investigaciones se hicieron previo a la construcción de estas vías?
- ¿Qué tipo de fallas se presentan en estas vías construidas con hormigón hidráulico?
- ¿Qué mantenimiento se les brinda a las vías de hormigón hidráulico en la provincia de Manabí?
- ¿Cuáles son las posibles causas que provocaron que estas vías construidas con hormigón hidráulico fallen?
- ¿Qué tipo de falla es la más frecuente en las vías de hormigón hidráulico construidas en los últimos 5 años en la provincia de Manabí?
- ¿Cuál debió ser el método constructivo adecuado en estas vías?
- ¿Qué condiciones son necesarias para el uso del hormigón hidráulico en la provincia de Manabí?
- ¿Cuáles son las ventajas del hormigón hidráulico comparado con el uso de mezcla asfáltica en diferentes vías de la provincia de Manabí?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Investigar las fallas presentadas en la red vial construida con pavimento rígido en la provincia de Manabí, diagnosticar las causas que originaron el problema, y encontrar una posible solución para la rehabilitación de las mismas.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar las diferentes carreteras de hormigón hidráulico, construidas en los últimos 5 años en la provincia de Manabí, que han presentado fallas.
- Estudiar la bibliografía existente sobre fallas en pavimentos rígidos y encontrar respuesta a las causas de las fallas en las carreteras de la provincia de Manabí.
- Analizar las alternativas de solución más favorables para la rehabilitación en estas vías según el estudio previo de las diferentes metodologías y condiciones existentes.

## **1.5. Justificación**

El deterioro sufrido en varias vías construidas de pavimento rígido en la provincia de Manabí durante los últimos cinco años fue el punto de partida de este estudio que busca contribuir a la solución de un problema importante de la infraestructura vial ecuatoriana.

Es indispensable realizar una evaluación de los pavimentos de hormigón hidráulico que han fallado en la provincia de Manabí. Así se evitará que se sigadeteriorando las vías de hormigón hidráulico, presentando molestias e inconformidad para los usuarios de las mismas.

## **CAPITULO II MARCO TEÓRICO**

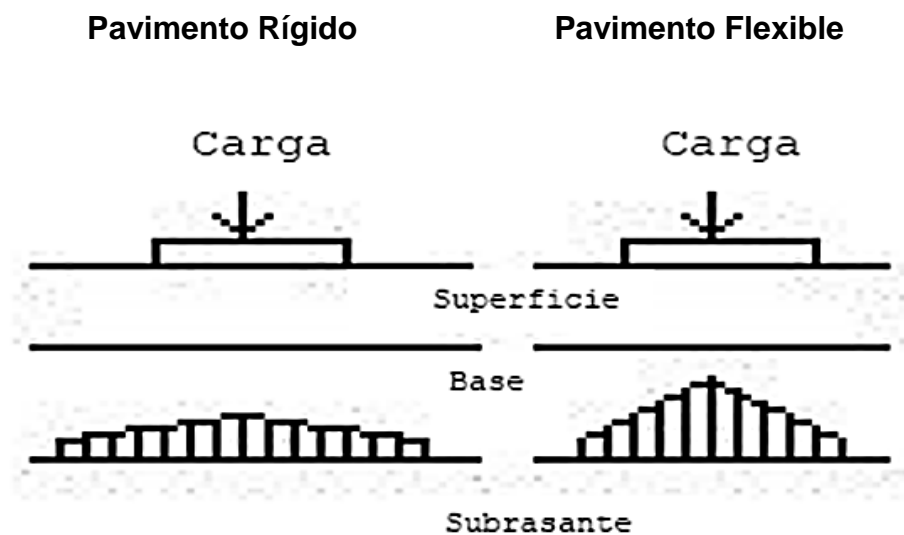
## 2. Marco teórico.

### 2.1. Pavimentos.

(Montejo, 2002) Concluye que:

“Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos y el comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente.

Aspecto que se puede determinar en la siguiente clasificación:



**Figura N° 1 Clasificación de pavimento**

En un pavimento rígido se produce una adecuada distribución de las cargas debido a la consistencia de la superficie dando como resultados tensión muy bajas en la subrasante, siendo o contrario con el pavimento flexible pues la tener menos rigidez la superficie de rodadura se deforma más produciendo mayores tenciones.



### 2.1.1. Elementos estructurales que integran un pavimento rígido.

De los elementos que constituyen un pavimento rígido se presenta las siguientes:

**Base** que (Zarete, Salazar, & Tena, 2001) la determina como:

“La Capa que se encuentra situada debajo de la carpeta (pavimento flexible) se la emplea para absorber la mayor parte de los esfuerzos verticales, respondiendo adecuadamente al tránsito pesado gracias a su rigidez y su resistencia a la deformación”



Figura N° 2 Etapas para la preparación de la base

**Sub – Base** es la capa que se sitúa debajo de la base y sobre la capa subrasante, su función es el brindar apoyo uniforme y permanente al pavimento, además de conformar una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Esta debe de ser permeable para el cumplimiento de la función de drenante por ello es indispensable que los

materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria.

Esta capa no debe ser sujeta al fenómeno de bombeo y que sirva como plataforma de trabajo y superficie de rodamiento para las máquinas pavimentadoras. En los casos que el tránsito es ligero, principalmente en vehículos pesados, puede prescindirse de esta capa y apoyar las losas directamente sobre la capa subrasante.

Se emplean normalmente sub-bases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, entre otros.

**Sub – Rasante.-** Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento.

Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación. Compactables con  $CBR > 15$ .



**Figura N° 3 Etapas para la preparación de la subrasante**

**Pavimento Rígido.-** La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de hormigón hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Por su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas. Salvo en bordes de losa y juntas sin pasajuntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Es te punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculos de pavimentos rígidos, sistemas que combinan el espesor y la resistencia de hormigón de las losas, para una carga y suelos dados.

Aunque en teoría las losas de hormigón hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de hormigón hidráulico y la sub-base, que se construye sobre la capa subrasante.

**Tipos de pavimento rígido.-** Existen 5 tipos de pavimentos rígidos:

- De hormigón simple
- De hormigón simple con barras de transferencia de carga.
- De hormigón reforzado y con refuerzo continuo.
- De hormigón presforzado.
- De hormigón fibroso.

**Los pavimentos de hormigón simple.-** Se construyen sin acero de refuerzo y sin barras de transferencia de cargas en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las dos caras agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o corte de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso tener losas cortas. Este tipo de pavimento se recomienda generalmente para casos en que el volumen de tránsito es de tipo mediano o bajo.

Los pavimentos de hormigón simple con barras de transferencia de carga.- Se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo en ellos se disponen de barras lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de cargas, requiriéndose también que las losas sean cortas para controlar el agrietamiento.

**Los pavimentos reforzados.-** Contienen acero de refuerzo y pasajuntas en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.

**Los pavimentos con refuerzo continuo.-** Por su parte, se construyen sin juntas de contracción. Debido a su continuo contenido de acero en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia de refuerzo, se desarrolla una gran transferencia de carga en las caras de las fisuras.

**Los pavimentos con hormigón presforzado.-** Están constituidos a base de losas que han sido previamente esforzadas y de esta manera no contienen juntas de construcción. Se han ensayado varios sistemas de

presfuerzo y postensado con el fin de llegar a soluciones de pavimentos de espesor reducido, gran elasticidad y capacidad de soporte, y reducción de juntas. Gracias al sistema de presfuerzo se han podido construir losas de más de 120 m de longitud, con una reducción del 50% del espesor de la losa. Sin embargo pese a los esfuerzos para desarrollar esta técnica, en carreteras se han producido más dificultades que ventajas. Ha tenido en cambio más aplicación en aeropuertos en los cuales ha habido casos de un comportamiento excelente, tanto en pistas como en plataformas.

**Los pavimentos de hormigón fibroso.-** En este tipo de losas, el armado consiste en fibras de acero, de productos plásticos o de fibra de vidrio, distribuidos aleatoriamente, gracias a lo cual se obtienen ventajas tales como el aumento de la resistencia a la tensión y a la fatiga, fisuración controlada, resistencia al impacto, durabilidad, etc. con una dosificación de unos 40 kg/m<sup>3</sup> de hormigón, es posible reducir el espesor de la losa en 30 % y aumentar el espaciamiento entre juntas por lo que puede resultar atractivo su uso en ciertos casos a pesar de su costo. (pp. 15-38)

### **2.1.2. Materiales necesarios para la elaboración de una estructura de pavimento rígido.**

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puente (2002):

**a) Cemento.-** El cemento Portland podrá ser tipo I o II y deberá cumplir con los requisitos correspondientes establecidos en la sección 802 de las especificaciones generales del MTOP. (Ministerio de transporte y obras publicas, Ecuador)

**Cemento Portland.-** Las normas establecidas por el MTOP bajo los lineamientos del INEN regirán para todos los procesos constructivos y cuando se requiere alguna especificación no contemplada en esta norma se deberá considerar los requerimientos.

**Definiciones específicas.-** Cemento Portland es el producto que se obtiene de la pulverización del clinker, el cual está constituido esencialmente por silicatos de calcio hidratado, adicionado con agua o sulfato de calcio o los dos materiales, en proporciones tales que cumplan los requisitos químicos relativos a las cantidades máximas de anhídrido sulfúrico y pérdidas por calcinación.

**Tipos de cemento.-** El cemento Portland se clasifica en 5 tipos que, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes:

**Tipo I** Cemento de uso general, al que no se exigen propiedades especiales.

**Tipo II** Para uso en construcciones de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos o cuando se requiere de moderado calor de hidratación.

**Tipo III** Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia inicial.

**Tipo IV** Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere bajo calor de hidratación.

**Tipo V** Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Los cementos de los Tipo IV y V no se hallan comúnmente en el mercado, por lo que su fabricación será sobre pedido, con la debida anticipación. Los cementos Tipo I, II y III pueden utilizarse con incorporadores de aire, de acuerdo a lo previsto en la Sección 805 de las especificaciones generales del MTOP.

Sí en los planos o documentos contractuales no se indicare el tipo de cemento a usarse en una obra, se entenderá que debe emplearse el cemento Portland del Tipo I.

En cualquier estructura o pavimento se utilizará un solo Tipo de cemento, si de otro modo no se indica en los planos.

**b) Agua.-** El agua que se utilice en la mezcla y en el curado, deberá estar acorde con las exigencias constantes en la sección 804 de las especificaciones generales del MTOP.

**Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica para el agua que se va a emplear en cualquier tipo de construcción y que se mezclará con cemento Portland en el proceso.

**Requisitos.-** El agua que se emplea en hormigones y morteros deberá ser aprobada por el Fiscalizador; será limpia, libre de impurezas, y carecerá de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar y materia orgánica. El agua potable será considerada satisfactoria para emplearla en la fabricación de morteros y hormigones.

**Ensayos y Tolerancias.-** El agua para la fabricación de morteros y hormigones podrá contener como máximo las siguientes impurezas en porcentajes, que se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 2.1: Impurezas – Agua para Hormigones**

<b>Impurezas</b>	<b>%</b>
Acidez y alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio.	0.05
Solido orgánico total.	0.05
Solido inorgánico total.	0.05

**Fuente:** Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes del MTOP. (MOP-001-F-2002)

Es más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas para su curado que su amasado. Si el Fiscalizador lo solicita, se someterá el agua a un ensayo de comparación con agua destilada. La comparación se realizará mediante ensayos de durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero según las normas INEN correspondientes.

Cualquier indicio de falta de durabilidad, cambio en el tiempo de fraguado en más de 30 minutos, o reducción de más del 10% en la resistencia del mortero, será causa suficiente para el rechazo del agua sometida a comparación.

**c) Materiales Pétreos.** Los agregados que se utilizarán en la preparación del hormigón tipo "A" para el pavimento, deberán cumplir con los requerimientos de la sección 803 de las especificaciones generales del MTOP, y su granulometría estará determinada en el contrato en base a los límites establecidos en la misma sección.

(Calos, 2013) Concluye lo siguiente:

**Agregados para hormigón.-** El objetivo de esta especificación es determinar los requisitos que deben cumplir los áridos para ser utilizados en la preparación de hormigón de cemento Portland.

**Alcance y limitaciones.-** Esta especificación comprende los áridos naturales y los obtenidos por trituración de grava o piedra naturales.

**Definiciones específicas.-** Tamaño máximo del agregado: Es la menor dimensión nominal de la abertura del tamiz INEN a través del cual pasa toda la cantidad del árido (INEN 694).

Árido: Material granular que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas, o que se obtiene mediante la trituración de ellas.



**Árido grueso:** Árido cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4,75 mm. (Nº4).

**Árido fino:** Árido cuyas partículas atraviesan el tamiz INEN 4,75 mm. y son retenidas en el tamiz INEN 75 mm. (Nº 200).

**d) Aditivos.-** De utilizarse aditivos para la preparación del hormigón, éstos deberán cumplir los requisitos de la sección 805 de las especificaciones generales del MTOP.

**Definiciones Específicas.-** Esta especificación tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los aditivos químicos que pueden agregarse al hormigón, para que éste desarrolle ciertas características especiales requeridas en obra.

**Clases de aditivos.-** Según el efecto en la mezcla, se tienen las siguientes clases de aditivos:

- Acelerante
- Retardantes de fraguado
- Reductores de agua
- Reductores de agua de alto rango
- Reductores de agua y acelerantes
- Reductores de agua y retardantes
- Reductores de agua de alto rango y retardantes
- Incluidores de aire
- Impermeabilizantes

**Aditivos para hormigón.-** Son todos los compuestos distintos al agua, agregados y cemento Portland, que se emplean como ingredientes del hormigón, para mejorar su calidad, modificar el tiempo de

fraguado, o para lograr otros objetivos relacionados con la adecuada construcción de obras de hormigón. Los aditivos no deberán producir efectos adversos en cualquier otra característica del hormigón.

**Aditivo reductor de agua (plastificante).**- Es aquel que permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del hormigón.

**Aditivo retardador.**- Es aquel que prolonga el tiempo necesario para el fraguado del hormigón.

**Aditivo acelerante.**- Es aquel que disminuye el tiempo necesario para el fraguado inicial del hormigón y aumenta la resistencia del mismo a temprana edad.

**Aditivo reductor de agua, de alto rango (superplastificante).**- Es aquel que reduce la cantidad de agua de mezclado dando al hormigón una consistencia del 12% o mayor que la correspondiente a la mezcla sin aditivo.

**Aditivos inclusores de aire.**- Aquellos que producen un incremento en el contenido de aire en el hormigón, y mejoran de esta manera su trabajabilidad.

**Condiciones Generales.**- Para el uso de cualquier aditivo específico, será obligatorio que el Fiscalizador de su autorización escrita. Los principales casos en los que puede ser conveniente el emplear un aditivo serán:

- a) Cuando las especificaciones de la construcción de la obra lo establezcan.

- b) Cuando lo solicite el Contratista, para satisfacer las condiciones de trabajo.
- c) Cuando el laboratorio lo proponga, para corregir deficiencias observadas en los materiales disponibles o para satisfacer requisitos especiales de construcción.

Si un aditivo aprobado ha permanecido almacenado por más de 6 meses, luego de las pruebas de control correspondientes, será muestreado y probado nuevamente antes de ser usado.

Los aditivos que contengan cloruros no deberán ser utilizados en hormigón presforzado, por la corrosión del acero de presfuerzo que inducen.

**e) Hormigón.-** El hormigón de cemento Portland será de clase “A” y deberá cumplir con las exigencias de la sección 801 de las especificaciones generales del MTOP. , salvo que en los documentos contractuales se especifique otra clase de hormigón, en cuyo caso deberá cumplir con los requisitos establecidos para la clase especificada.

**Clases de hormigón.-** Con la finalidad de establecer una guía en el uso de las diferentes clases de hormigón, cuando no se indican en los planos, se recomienda usar la siguiente tabla.

**Tabla N° 2.2: Hormigón – Clases – Usos**

Clase	Tipo de hormigón	Resistencia específica a compresión f'c Mpa	Resistencia especificada a tracción por flexión MR Mpa	Relación agua – cemento	Uso general (solamente información)
A	Estructura especial	> 28	N/A	0.44	Obras de gran envergadura; Puentes; Losa Superior de alcantarillas de tráfico directo; Elementos prefabricados; Tanques y reservorios
B	Estructural	Entre 21 a 28	N/A	0.58	Losas, vigas, viguetas, columnas, nervaduras de acero, alcantarilla de cajón, estribos, muros, zapatas armadas
C	Para elementos trabajando a tracción	N/A	> 3.5	0.46	Pavimentos rígidos, tanques y reservorios cilíndricos o cónicos
D	Compactar con rodillo o con pavimentadoras	N/A	> 3.5	0.36	Pavimentos, presas de gravedad.
E	No estructural	Entre 14 y 18	N/A	0.65	Zapatas sin armar, replantillos, bordillos, contrapisos
F	Ciclópeo	> 12	N/A	0.7	Muros, estribos y plintos no estructurales
G	Relleno fluido	Entre 0.5 y 8	N/A	--	Rellenos para nivelación, bases de pavimentos, rellenos de zanjas y excavaciones

**Fuente:** Especificaciones Generales para la Construcción Caminos y Puentes del MTOP. (MOP-001-F-2002)

(Ministerio de obras publicas, 2013) Propone los siguientes elementos que integran el pavimento:

**Almacenamiento de agregados.-** Cuando el almacenamiento de los agregados del concreto se realiza a mano, lo más importante es

prevenir la contaminación con otros materiales. Para el uso de los agregados es conveniente no remover por lo menos 15 cm. de la parte inferior.

El agregado debe ser almacenado en el menor tiempo posible para reducir el contenido libre de humedad. Para asegurar un concreto uniforme, los agregados almacenados deberían mantenerse en un razonable contenido de humedad uniforme.

**Almacenamiento de aditivos.-** Es necesario mantener una lista de presentación y aprovisionamiento de aditivos. Esta lista deberá contener la dosificación para ser usada; además se debería solicitar una certificación de que el material ha sido proporcionado para tal requerimiento. Cuando el caso lo amerite y la Fiscalización lo solicite, es necesario obtener una certificación del laboratorio. En obras de gran importancia se debería solicitar:

- a) El contenido químico, con su peso respectivo y sus tolerancias.
- b) Una muestra de 250 ml de aditivos.
- c) Cada 6 meses certificar la garantía para comprobar que el producto no ha sido cambiado.

**f) Membrana de curado.-** Los materiales que se usen para el curado de la losa de hormigón, deberán satisfacer las especificaciones indicadas en la subsección 801-4 de las especificaciones generales del MTOP.

**Curado del Hormigón.-** Para el curado correcto del hormigón es necesario que no se permita la evaporación del agua de la mezcla, hasta que el hormigón haya adquirido su resistencia. Se podrá usar para el curado cualquiera de los métodos que se describen a continuación:

Humedecimiento con agua.- El agua para curado del hormigón debe ser limpia, libre de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar, materia orgánica, y debe cumplir además con los requisitos de la norma INEN 1108. Las aguas potables sí son consideradas satisfactorias.

Dentro de lo posible, todas las superficies de hormigón deben mantenerse a una temperatura de más de 10 grados centígrados y en condición húmeda, mediante rociados convenientemente espaciados, por lo menos durante los 7 primeros días después de su colocación, si se ha usado cemento Portland normal, o durante 3 días, si el cemento empleado es de fraguado rápido.

Membranas impermeables.- Son aquellos componentes que se rocían sobre todas las superficies expuestas del hormigón fresco, tanto horizontales como verticales, y que forman una fina membrana que impide la pérdida de agua durante el primer período de endurecimiento. También reducen la alta temperatura del concreto expuesto a la radiación del sol.

Los compuestos para formar este tipo de membranas deberán cumplir lo especificado en la norma AASHTO M-148, y se los clasifica en las siguientes categorías:

TIPO 1: Claro o translúcido sin teñir

TIPO 1-D: Claro o translúcido con un teñido temporal

TIPO 2: Blanco pigmentado

Láminas impermeables de papel o polietileno.- Son aquellas láminas de polietileno o papel impermeable que se colocan sobre la superficie fresca del hormigón, para evitar la evaporación, durante el período de curado de los hormigones.

Las láminas reflejantes de color blanco son utilizadas, además, como aislantes de temperatura, cuando el hormigón se halla expuesto a las radiaciones solares. Las láminas impermeables pueden ser de uno de los siguientes tipos:

- a) Papel impermeable: color natural y blanco.
- b) Lámina de polietileno: color natural y blanco opaco.
- c) Lámina de polietileno, color blanco, con trama de fibra de cáñamo

**Vapor.-** El curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad u otro proceso aceptado, se emplea para acelerar el tiempo requerido por el hormigón hasta obtener la resistencia especificada y reducir en igual forma su tiempo de curado, el tiempo de curado del hormigón.

Para este procedimiento, después de colocar el hormigón en una cámara adecuada, los elementos o piezas se mantendrán en condición húmeda por un período de 4 horas, antes de aplicar el vapor. Las piezas se colocarán y cubrirán de tal manera que se permita la libre circulación del vapor entre ellos, evitando escapes. Durante la aplicación del vapor entre ellos, el incremento de la temperatura no deberá exceder de 22 grados centígrados por hora.

La temperatura máxima será de 65 grados centígrados, la cual se mantendrá constante hasta que el hormigón haya desarrollado la resistencia requerida, o durante el tiempo especificado para este tipo de curado.

Conservación de los encofrados en su lugar.- Si el curado se efectúa sin retirar los moldes o encofrados, éstos deberán permanecer en su lugar un mínimo de 7 días después de la colocación del hormigón.

Protección del Hormigón.- Bajo condiciones lluviosas, la colocación del hormigón se interrumpirá, antes de que la cantidad de agua en la superficie provoque un escurrimiento o lavado de la superficie de hormigón, a menos que el Contratista proporcione una protección adecuada contra daños.

Todo el hormigón que haya sufrido congelación antes de su fraguado final o se haya deteriorado por otras causas durante el fraguado, será retirado y reemplazado por el Contratista, a su costo.

**Protección del pavimento de hormigón.-** El pavimento de hormigón se mantendrá a una temperatura no menor de 4 grados centígrados por el lapso de 72 horas. Cuando lo solicite el Fiscalizador, el Contratista deberá remitir por escrito, en líneas generales, los métodos que propone utilizar para la protección del hormigón. Los métodos adoptados deberán ceñirse a lo estipulado en la Sección 409 relacionado con la protección del pavimento.

El nuevo pavimento permitirá rápidamente el tráfico, y si lo autoriza el Fiscalizador, el hormigón deberá ser fabricado con cemento Portland Tipo III. En este caso, el pavimento podrá entrar en servicio tan pronto como el hormigón desarrolle un módulo de ruptura de 39 kg/cm. El módulo de ruptura será determinado de acuerdo con el método de ensayo ASTM C689.

**g) Acero de Refuerzo.-** Las barras de acero de refuerzo o la malla que se utilice para el mismo objeto; así como los pasadores y barras de unión, cumplirán las exigencias establecidas en la sección 807 de las especificaciones generales del MTOP.

**Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no cubre el acero por emplearse en estructuras metálicas ni otras piezas metálicas que se emplean en las obras viales, las cuales tienen sus propias



especificaciones. Las barras que se emplean para unir las diferentes losas del pavimento rígido deben cumplir lo aquí especificado.

**Definiciones Específicas.-** Las siguientes definiciones se aplican de manera específica para el acero de refuerzo:

**Barras.-** Elementos cilíndricos largos, que conforman el refuerzo de las obras que se construyen en hormigón armado. En estas especificaciones, se emplean las palabras barra y varilla indistintamente, y con el mismo significado.

**Descripción.-** Salvo que se especifique lo contrario, el refuerzo del hormigón armado estará constituido por barras de acero con resaltes, laminadas en caliente o torcidas en frío, las cuales deben satisfacer los requisitos establecidos en las Normas INEN que se señalan a continuación:

Las barras pasajuntas del pavimento rígido y las requeridas en aquellas partes del refuerzo, como espirales, estribos y armadura de temperatura, en donde se especifique el empleo de barras lisas, deberán cumplir lo establecido en las siguientes Normas INEN:

Todas las barras de refuerzo se doblarán lentamente y en frío para darles la forma indicada en los planos, sea cual fuere su diámetro. No se permitirá el uso de barras dobladas en caliente, salvo que lo haya autorizado por escrito el Fiscalizador. Número, disposición, diámetro y grado del refuerzo se indicarán en los planos de la estructura, y no podrá variarse, salvo que haya aceptación escrita del diseñador y la respectiva autorización del Fiscalizador.

Los planos indicarán los detalles constructivos tales como traslapes, empalmes, soldaduras, entre otras.

**h) Sellado de Juntas.-** El material de relleno para juntas de expansión será premoldeado y sus características serán establecidas en el contrato. El material para el sellado de las juntas deberá satisfacer las exigencias de la sección 806 de las especificaciones generales del MTOP.

**Materiales para juntas.-** La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos y métodos de ensayo que deben cumplir los materiales que se utilizan tanto para cubrir como para rellenar juntas de construcción de las obras viales.

Detalles de instalación.- Cuando se use cintas o bandas de PVC con bulbo central para impermeabilizar juntas, se debe tomar en cuenta los siguientes detalles para su colocación:

- a) El bulbo central se debe colocar en el centro de la junta.
- b) No se colocarán clavos en el bulbo central.
- c) Las cintas deben ser selladas en caliente y no se las debe traslapar.
- d) Para mantener la cinta en su sitio, cuando se vierta el hormigón, esta se la sujetará a distancias no mayores de 30 cm y entre la primera y segunda estría de cada lado.
- e) Para asegurar un buen contacto entre la banda y el hormigón, éste se debe evitar alrededor de la misma.

La plancha de cobre en cada junta deberá ser en lo posible una sola pieza, y si se requiere de más de una pieza, las uniones

deberán conectarse mediante soldadura de manera que se forme una unidad completamente hermética contra el paso del agua.

Si se requiere el uso de algún material para sellar la junta, con el objeto de evitar la acumulación de material extraño en la misma, ésta debe estar completamente limpia antes de la colocación.

### **2.1.3. Preparación del terreno para construir una estructura de pavimento rígido.**

(Calo 2012) plantea lo siguiente:

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

- a) Compactación de los suelos, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.
- b) Fijado de la rasante, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.
- c) Uniformado del terreno en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.
- d) Nivelación selectiva de la rasante en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la subrasante.

En ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el pavimento de concreto, el cual se conoce como sub-base y realizamos el estudio anteriormente. Las subbases se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

#### **2.1.4. Procesos de pavimentación en una estructura de pavimento rígido.**

(Calo, 2013) Manifiesta que:

1. Conformar terracerías con respecto al trazo y niveles especificados en el proyecto. Es conveniente pedir asesoría a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referentes al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los suelos.
2. El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografía. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.
3. Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.

4. Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado, que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de un vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar al concreto, con la ayuda de un molde que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasará la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.
5. El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, que será arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.
6. Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto. En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizará en seguida del texturizado.
7. El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.
8. La limpieza de juntas se hace mediante la inyección de agua a presión sobre las incisiones. Posteriormente se secarán los bordes con aire, se colocará un agente sellador dentro de la junta y una cintilla de respaldo.

#### **2.1.5. Aplicaciones del pavimento rígido.**

(Arqhys Arquitectura 2013). Pavimento:

**Aeropistas.-** En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un

sistema de apertura rápida; éste consiste en el colado secuencial del pavimento en la reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.

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

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

#### **2.1.6. Ventajas y desventajas del uso de pavimento rígido.**

(Schaefer, 2011) Concluyó:

##### **Ventajas.**

- El hormigón refleja la luz, lo que aumenta la visibilidad y puede disminuir los costos de iluminación en las calles hasta un 30%, en cantidad de luminarias y consumo de energía.
- El hormigón no se ahueca nunca, por lo tanto no hay acumulación de agua y, por ende, tampoco se produce hidropneumático. Por otra parte, se disminuye el efecto "spray", que es el agua que despiden los vehículos que van adelante sobre el parabrisas del de atrás, impidiendo la visibilidad.

- Es fácil darles "rugosidad" a los pavimentos de hormigón durante su construcción, para generar una superficie que provea de mayor adherencia.
- La lisura es el factor más importante para los usuarios. Actualmente, los pavimentos de hormigón se pueden construir más suaves que los de asfalto.
- A diferencia del asfalto, el hormigón puede soportar cargas de tráfico pesadas sin que se produzca ahuellamiento, deformaciones o lavado de áridos.
- La superficie dura del hormigón hace más fácil el rodado de los neumáticos. Estudios han demostrado que aumenta la eficiencia de combustible de los vehículos.
- El hormigón se endurece a medida que pasa el tiempo. Después del primer mes, el hormigón continúa lentamente ganando 40% de resistencia durante su vida.
- Los pavimentos de hormigón frecuentemente sobrepasan la vida de diseño y las cargas de tráfico
- Los pavimentos de hormigón se pueden diseñar para que duren desde 10 hasta 50 años, dependiendo de las necesidades del sistema.
- Las técnicas de restauración de pavimentos pueden extender su vida hasta tres veces la de diseño.

- Los pavimentos de hormigón tienen un mayor valor a largo plazo debido a su mayor expectativa de vida con los mínimos requerimientos de mantención.
- La durabilidad del hormigón disminuye la necesidad de reparación y/o mantenciones anuales, en comparación con pavimentos asfálticos.
- Los pavimentos de hormigón se pueden construir y dar al tránsito en tiempos reducidos, incluso de hasta 12 horas.

### **Desventajas.**

- Tiene un costo inicial mucho más elevado que el pavimento flexible.
- Se deben tener cuidado en el diseño.

### **2.2. Tipos de fallas.**

(Altamirano, 2007) En los resultados de estudio manifiesta que:

La mejor forma de identificar las fallas del pavimento y determinar por qué se han producido, es mediante la conducción de un estudio de reconocimiento deseablemente una vez al año, preferiblemente al comienzo de la primavera. En él se debe identificar el tipo, severidad y magnitud de cada falla. También se debe tratar de determinar si el diseño del pavimento, la carga soportada, el agua, la temperatura, los materiales del pavimento o la construcción fueron la causa de la falla. Además de la inspección visual, pueden emplearse pruebas destructivas y no-destructivas para determinar la condición estructural y las condiciones del material bajo la superficie del pavimento.



Pavimentos rígidos.- En el presente capítulo se presenta una descripción de los diferentes tipos de daños que puede presentar un pavimento rígido, los cuales fueron agrupados en cuatro categorías generales:

- Juntas.
- Fisuras y grietas.
- Deterioro superficial.
- Otros deterioros.

Cada uno de los daños correspondientes a cada categoría se describe a continuación, presentando su definición y sus posibles causas.

#### **2.2.1. Juntas.**

Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o despostillamientos de juntas.

Posibles causas: Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

- Endurecimiento por oxidación del material de sello.
- Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- Escasez o ausencia del material de sello.
- Material de sello inadecuado. (Heredia , 2010p. 105)

### **2.2.1.1. Juntas saltadas.**

(Heredia, 2010) Expresa que:

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

Además no se extiende verticalmente a través de la losa sino que interceptan la junta en ángulo.

Posibles causas: Los despostillamientos se producen como consecuencia de diversos factores que pueden actuar aislada o combinadamente; excesivas tensiones en las juntas ocasionadas por las cargas del tránsito y/o por infiltración de materiales incompresibles; debilidad del hormigón en la proximidad de la junta debido a un sobre acabado y excesiva disturbación durante la ejecución de la junta; deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga de la junta; acumulación de agua a nivel de las juntas. (p. 110).

### **2.2.1.2. Separación de la junta longitudinal.**

(Heredia, 2010)determinan que:

Corresponde a una abertura de la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos.

Posibles causas:

- Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclajes entre carriles adyacentes.

- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.
- Ausencia de bermas.

## **2.2.2. Grietas.**

### **2.2.2.1. Grietas de esquina.**

Es una fisura que intercepta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

Posibles Causas: Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga del hormigón) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.

### **2.2.2.2 Grietas Longitudinales.**

Entre los resultados de estudio se concluye que:

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos. Posibles causas: Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.

Con frecuencia la ausencia de juntas longitudinales y/o losas, con relación ancho / longitud excesiva, conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales.

### **2.2.2.3. Grietas transversales.**

Entre los resultados de estudio se concluye que:

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.

Posibles Causas: Son causadas por una combinación de los siguientes factores: excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga), deficiente apoyo de las losas, asentamientos de la fundación, excesiva relación longitud / ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de éstas. La ausencia de juntas transversales o bien losas con una relación longitud / ancho excesivos, conducen a fisuras transversales o diagonales, regularmente distribuidas o próximas al centro de las losas, respectivamente. Variaciones significativas en el espesor de las losas provocan también fisuras transversales.

### **2.2.3. Deterioro superficial.**

#### **2.2.3.1. Fisuramiento por retracción (tipo malla).**

Entre los resultados de estudio se concluye que:

Es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de hormigón. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a interceptarse en ángulos de 120°.

Posibles causas: Las fisuras capilares generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del hormigón fresco colocado, produciendo

la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del hormigón resulte muy débil frente a la retracción. Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un desconchado que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos de hormigón armado, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

#### **2.2.3.2. Desintegración.**

Entre los resultados de estudio se concluye que:

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del hormigón, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

Posibles causas: Son causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre hormigones de pobre calidad, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, entre otros).

#### **2.2.3.3. Baches**

Entre los resultados de estudio se concluye que:

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

Posibles causas: Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

#### **2.2.4. Otros deterioros.**

##### **2.2.4.1. Levantamiento localizado.**

Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.

Posibles causas: Son causadas por falta de libertad de expansión de las losas de hormigón, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales. La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta. Cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares al plano de la junta o son excéntricas a la sección de la misma, pueden ocasionar el levantamiento de las losas contiguas a las juntas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas.

##### **2.2.4.2. Escalonamiento de juntas y grietas.**

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

Posibles causas: Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la

losa (en sentido de la circulación del tránsito) como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación. Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de hormigón y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

#### **2.2.4.3. Descenso de la berma.**

Diferencia de nivel entre la superficie de la losa respecto a la superficie de la berma, ocurre cuando alguna de las bermas sufre asentamientos.

Posibles causas: Las principales causas del descenso de berma son:

- Asentamiento de la berma por compactación insuficiente.
- En bermas no revestidas: por la acción del tráfico o erosión de la capa superficial por agua que escurre desde el pavimento hasta el borde exterior de la losa.
- Inestabilidad de la banca.

#### **2.2.4.4 Separación entre berma y pavimento.**

Incremento en la abertura de la junta longitudinal entre la berma y el pavimento.

Posibles causas: Las causas más probables de la separación entre berma y pavimento son:

- Compactación insuficiente en la cara lateral del pavimento.
- Escurrimiento de agua sobre la berma cuando existe un desnivel entre ella y el pavimento.

#### **2.2.4.5. Parches deteriorados.**

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo. Los parchados disminuyen la serviciabilidad de la pista, al tiempo que pueden constituir indicadores, tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por unacarretera, como la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, los parchados, por deficiente ejecución dan origen a nuevas fallas.

Posibles causas: En el caso de parches asfálticos, capacidad estructural insuficiente del parche o mala construcción del mismo.

- En reemplazo por nuevas losas de hormigón de espesor similar al del pavimento existente, insuficiente traspaso de cargas en las juntas de contracción o mala construcción.
- En parches con hormigón de pequeñas dimensiones, inferiores a una losa, retracción de fraguado del hormigón del parche que lo despegó del hormigón antiguo.

#### **2.2.4.6 Surgencia de finos.**

Agregados livianos (s.f.). Relleno sobre suelos inestables, determinan que:

Es la expulsión de finos a través de las juntas o fisuras, ésta expulsión (en presencia de agua) se presenta por la deflexión que sufre la losa ante el paso de cargas. Al expulsar agua esta arrastra partículas de grava, arena,



arcillas o limos generando la pérdida del soporte de las losas de concreto. El bombeo se puede evidenciar por el material que aparece tanto en juntas y fisuras de la losa como en la superficie del pavimento.

Posibles causas:

- Presencia de agua superficial que penetra entre la base y la losa de hormigón.
- Tráfico de vehículos pesados frecuente.
- Transmisión inadecuada de cargas entre losas

#### **2.2.4.7 Fragmentación múltiple.**

Fracturamiento de la losa de hormigón conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.

Posibles causas: Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.

### **2.3. Hipótesis y variables.**

#### **2.3.1. Hipótesis.**

El investigar las fallas presentadas en la red vial construida con pavimento rígido en la provincia de Manabí, permitirá el diagnosticar las causas que originaron el problema, y encontrar una posible solución para la rehabilitación de las mismas.

### **2.3.2. Variables**

#### **Variable independiente.**

Factores que inciden en las fallas encontradas en las vías de pavimento rígido.

#### **Variable dependiente.**

Fallas encontradas en las vías de pavimento rígido.

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3. Metodología**

#### **3.1. Diseño de la investigación.**

El desarrollo investigativo se enmarca en el diseño no experimental que para (Hernández Sampier, 2004)

“Es el proceso investigativo que se desarrolla mediante la observación sin la necesidad de la aplicación de un reactivo que altere las variables”

Por ello para la determinación de las fallas que se presentan en las vías en estudio la investigación se basara esencialmente en la observación y en la recopilación de información misma servirá como soporte para la viabilizarían de una solución a la problemática que se presenta.

Para dar un mayor soporte investigativo se desarrollara un diseño transversal que (Zorrilla Arena, 2007) implica que:

“Se utiliza cuando la investigación se centra en analizar el nivel o estado de una o diversas variables sin la necesidad alterarlas, más bien enfocándose en cómo se relacionan y la afectación de la una por la otra”

Sirviendo para la recolección de datos específicos de las variables tratadas y así determinar la veracidad de la hipótesis dándole el adecuado respaldo al desarrollo de la investigación.

#### **3.2 Métodos.**

Para (Gutierrez S, 2006) el método de la observación es:

“un proceso destinado a explicar fenómenos, establecer relaciones entre los hechos y enunciar leyes que expliquen los fenómenos físicos del mundo y permitan obtener, con estos conocimientos, aplicaciones útiles al hombre”

Este método permitirá el análisis directo de las variables y del fenómeno que se presenta en la empresa, permitiendo el evaluar hechos específicos mediante la observación científica.

### **3.3 Técnicas.**

#### **Observación.**

Para (Godriz, Flores, & Garcia, 1996) la observación

“Se la presenta como el método por medio del que se establece una relación con creta entre el investigador y el hecho de los que se pretenden obtener datos, mismos que se sintetizan dentro de la investigación”

Por ello la observación se presenta como un procesos cuya función es la recolección de información referente al objeto que se está investigando, para este caso las vías que se han desarrollad en los últimos 5 años en Manabí.

### **3.4. Instrumentos.**

Para respaldar el método y el diseño de investigación y su generar una adecuada veracidad investigativa a la presente, se aplican instrumentos específicos siendo en este caso los siguientes:

- Cuestionario.

- Cuaderno de Notas.
- Guía de Observación.

### **3.5. Recursos utilizados.**

#### **3.5.1. Recursos humanos.**

- Transportistas de las vías de pavimento rígido en Manabí.
- Pobladores de las vías de pavimento rígido en Manabí.
- Autora de Tesis.

#### **3.5.2. Recursos institucionales.**

- Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Carrera de Arquitectura e Ingeniería Civil.
- Ministerio de Obras Públicas.

### **3.6. Recursos materiales.**

Materiales de oficina:

- Hojas
- Carpetas
- Dispositivos de almacenamiento masivo (pen drive)
- Libros
- Revistas
- Impresiones
- Internet

### **3.7. Recursos financieros.**

La presente Tesis de Grado fue financiada de manera equitativa por el Autor. Para el desarrollo de la tesis se necesitó un presupuesto de \$305,00 (Trecientos Cincuenta Dólares Americanos)

**Tabla N° 3.1: Presupuesto**

<b>Presupuesto</b>			
<b>Materiales y suministros</b>	<b>Cantidad P.U</b>		<b>total</b>
Impresiones y copias	500	\$0,25	\$125,00
Encuadernación y empastado	3	\$5,00	\$15,00
Equipos-computadora	1	\$50,00	\$50,00
<b>Servicios</b>			
Internet	3	\$35,00	\$105,00
Alimentación			\$200,00
Telefonía			\$100,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$305,00</b>

### **3.8. Recursos tecnológicos.**

- Computador.
- Programas Utilitarios
- Cámara Fotográfica

### **3.9. Población y muestra.**

La población corresponde a todas las vías de hormigón hidráulico construidas en los últimos 5 años en la provincia de Manabí que han presentado fallas. Como muestra se tomarán los informes del estado actual de cada una de las vías construidas en hormigón hidráulico que han presentado fallas en los últimos 5 años en la provincia de Manabí.

### **3.10. Instrumentos de recolección de datos.**

La recolección de datos consistirá en conocer todas las vías de hormigón hidráulico construidas en la provincia de Manabí en los últimos 5 años que han presentado fisuras. También analizar estudios sobre los tipos de suelo de soporte sobre el que se han construido estas vías de hormigón hidráulico en la provincia de Manabí.

Esta información se obtendrá de entidades y personas especializadas en el tema. Las fuentes más importantes en las que se ha encontrado información correspondiente al tema son:

- Subsecretaría Regional del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Manabí.
- Construcción vial actualizada proporcionada por la página web del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Tesis “Estudio de problemas geotécnicos asociados a la presencia de arcillas expansivas en la carretera Rocafuerte-Tosagua, provincia de Manabí-Ecuador. Análisis de posibles tratamientos de mejora del terreno y recomendaciones constructivas” Autor: Ing. Guillermo Mora.
- Información de diferentes estudios de suelos de la Provincia de Manabí, obtenidos por el Laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí.



## **CAPITULO IV ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS**

#### 4. Análisis de las vías de Manabí y el deterioro que presentan.

En una inspección visual realizada en las vías de pavimento rígido contruidas en la provincia de Manabí en los últimos 5 años. (Fig. 3) es notorio el deterioro en la carretera Rocafuerte-Chone-Flavio Alfaro.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN EJECUCIÓN	LONG.	SUPERFICIE DE RODADURA	FECHA TERMINACIÓN CONTRATO ORIGINAL
Rehabilitación y mantenimiento, de la carretera Chone - Canuto - Calceta - Junín - Pimpiguasi	56,30 Km.	Pavimento rígido	24/04/10
Rehabilitación y mantenimiento de la carretera Calceta - Tosagua	12,00 Km.	Pavimento rígido	11/06/13
Rehabilitación y mantenimiento de la carretera Suma - Pedernales	90,00 Km.	Pavimento rígido	20/03/12
Rehabilitación de la carretera Rocafuerte-Chone-Flavio Alfaro	97, 00 Km.	Pavimento Rígido y Asfáltico	20/04/12
Rehabilitación de la carretera Portoviejo-Rocafuerte-Tosagua	37,00 Km.	Pavimento Rígido	15/04/13

**Fig 3. Cuadro de vías construidas de pavimento rígido en la provincia de Manabí.**

La carretera de 97,00 Km que comprende Rocafuerte-Chone-Flavio Alfaro presenta grandes deterioros siendo el más asentado las fisuras longitudinales.

Estas fisuras tienen una longitud variada entre 3 y 30 m. En invierno hay sobresaturación de la capa subrasante y en verano se secan, al tener un tráfico pesado empeora la situación provocando grietas. Estas fisuras han sido reparadas se hicieron canales de 10 cm de ancho y se colocó Resina de polímeros modificada que se vierte en caliente para reparación de hormigón.



**Fisuras longitudinales reparadas con Resina de Polimeros.**

A medida que la inspección visual de esta carretera avanza, es notorio en tramos donde su reparación ya es una capa de asfalto para proteger la carpeta de hormigón y evitar que el deterioro empeore.

Otra fisura que se presenta en la llamada Escala, que es la diferencia de niveles de placas a través de la junta. Las dos fisuras que se repiten a lo largo de esta carretera son provocadas por asentamiento en la subbase de apoyo o subrasante.

Es de suma importancia aclarar que el suelo del norte de Manabí contiene en grandes cantidades arcillas expansivas, eso agrava las fisuras debido a que no se tomó en cuenta este factor y dificultando el estado actual de la vía.



**Carpeta asfáltica colocada en el carril izquierdo (2km).**



**Diferencia de nivel a través de las juntas.**

#### **4.1. Sitios inestables en la vía Rocafuerte – Chone – Flavio Alfaro en Manabí-año 2012.**

La compañía CEVACONSULT realizó para el MTOP el estudio detallado de varios sitios con problemas geológico-geotécnicos de la vía ROCAFUERTE-CHONE-FLAVIO ALFARO. Estos sitios son los siguientes:

##### **En el tramo Rocafuerte – Tosagua:**

Sitio Junco: km 33+500 (Coord. 572626-9906694).

##### **En el tramo Chone – Flavio Alfaro**

### **Sitio Pavón**

2A. Sitio Pavón A: Abscisa 20+500 (Coord. 606785-9940260).

2B. Sitio Pavón B: Abscisa 20+500.

2C. Sitio Pavón C: Abscisa 21+000 (Coord. 606696-9940762).

### **Sitio Zapallo**

Abscisa 34+200 (Coord. 612080-9950849).

### **Sitio Camarones**

4A. Sitio Camarones A: Abscisa 36+290 (Coord. 613700-9950712).

4B. Sitio Camarones B: Abscisa 36+380

4C. Sitio Camarones C: Abscisa 36+520

### **Geología Regional**

En la Fig. 4 se encuentra la localización de los 4 puntos encontrados como puntos inestables en el terreno. Esta ubicación se la hace sobre el Mapa Geológico del Ecuador a escala 1: 1'000.000.

### **Geomorfología Regional**

Todos los puntos inestables se encuentran en la Cuenca de Manabí, la que es una zona subsidente en ambiente de plataforma de la Costa Ecuatoriana, durante el Terciario. Esta cuenca se encuentra actualmente sometida a un proceso de levantamiento tectónico lento, aunque más rápido en la zona costera cercana a Manta por la cercanía de la

Plataforma de Carnegie cuya entrada en la zona de subducción es la causa de dicho levantamiento.

Las cuencas fluviales actuales drenan todas hacia la cuenca del río Chone, con excepción del último punto (Camarona) que fluye hacia la Cuenca del río Daule en sus cabeceras.

### Estratigrafía Regional

El punto 1 (Junco) se encuentra sobre estratos antiguos arcillosos de la Cuenca Manabí conformados por la Formación Tosagua (edad Mioceno Inferior a Medio). Los puntos 2 a 4 se encuentran sobre la formación arcillosa Onzole más joven que la anterior (edad Plioceno). Ambas formaciones son depósitos marinos que forman parte del relleno de la Cuenca de Manabí.

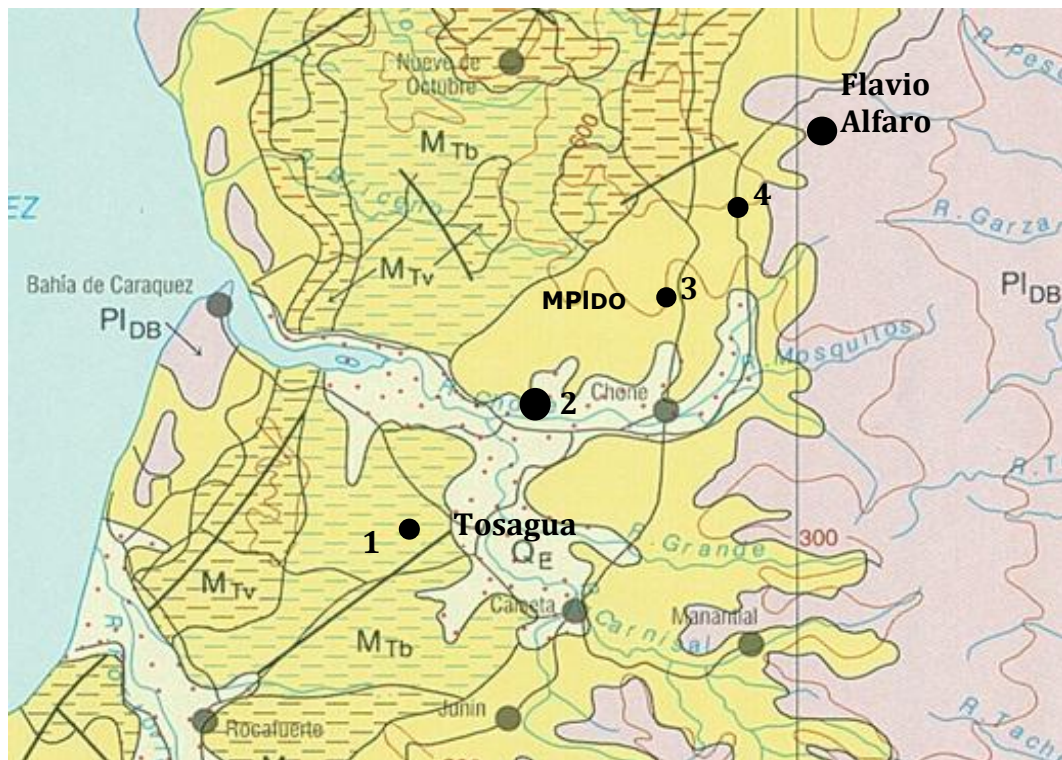


Figura N° 4.- mapa geológico y localización de los puntos inestables de la vía Rocafuerte – Chone - Flavio Alfaro.

## **Sitios Inestables:**

- 1 Junco
- 2 Pavón
- 3 Zapallo
- 4 Camarona.

## **Descripción de los sitios inestables**

En total son 4 los sitios inestables que han sido nombrados. Como ya se indicó en la Metodología, en cada sitio se hizo un levantamiento geológico en planta y perfiles geológico-geofísicos que ayudan a visualizar los datos de los varios tipos de sondeos usados en el estudio.

### **4.1.1. Sitio Junco**

Se trata de un deslizamiento -de tipo translacional- presente en la cuneta externa (lado Oeste) de la vía Rocafuerte-Tosagua abscisa 33+500, cuya corona coincide con la presencia de un muro de piedras construido expresamente para protección del espaldón de la vía que en este sitio ha sido bastante ensanchada, al punto de parecer un carril adicional.

La corona del deslizamiento llega hasta el filo mismo de la vía, al pie del cual se observa el muro de piedras colapsado, casi sin disgregación de sus componentes granulares pétreos, algunos de gran tamaño, hasta semi-métrico. La pata del deslizamiento se encuentra en la abscisa 0+12 del perfil 1-1' de la Lámina I, dando una longitud total de cerca de 60 m al cuerpo del deslizamiento. La "pata" del deslizamiento se distingue en el terreno por las ondulaciones que provoca el deslizamiento hasta la abscisa indicada y por la terminación de las grietas.



El ancho del deslizamiento es de 30 m en la corona hasta unos 50 o 60 m en la parte más ancha del cuerpo.

El muro colapsado que fue seguramente construido para estabilizar el talud presenta los siguientes defectos en su diseño:

- Las rocas que lo conforman son un simple apilamiento de fragmentos ya que no presentan ningún tipo de ligante, ni siquiera algún tipo de malla para que surta el efecto de un gavión.
- El "muro" de piedras amontonadas no presenta ningún tipo de obra de conducción de las aguas de escorrentía superficial.
- El "muro" presenta un talud externo de 72° en apariencia muy alto si se considera que se trata solamente de un amontonamiento de fragmentos de roca.
- Finalmente, no se excavó el equivalente de una cimentación para un muro tan alto de unos 5m.

Aparentemente, el muro al ser colocado en la parte alta de una zona deslizable funcionó como un incremento del peso o fuerza actuante y contribuyó, en presencia del agua de lluvias, a la reactivación del deslizamiento actual.



**Foto 1.- Corona del deslizamiento El Junco.**



**Foto 2.- Muro de piedras colapsado.**

Se observa en la parte alta la capa de relleno de 3 m de espesor y a la derecha el resto del muro de piedras aún no colapsado, pero que se encuentra ya bastante agrietado.



**Foto 3.- Vista hacia arriba del cuerpo del deslizamiento Junco.**

#### **4.1.2. Sitio Pavon**

En realidad, en este sitio se trata de 3 problemas diferentes que no se encuentran asociados el uno al otro (Ver Láminas IIA, IIB y IIC).

En primera instancia se reconoció la existencia de 2 sitios de deslizamiento, el primero en la abscisa 20+500 y el segundo en la abscisa 21+000. Posteriormente ya en la etapa de levantamiento geológico se reconoció que en la abscisa 20+500 existen en realidad 2 deslizamientos: El deslizamiento IIA que queda arriba del talud de corte de la vía con un eje un poco más hacia el Norte y el deslizamiento IIB que se desarrolla a partir de la cuneta externa de la vía con un eje un poco más hacia el Sur. Por lo que el deslizamiento del sitio 2 en la abscisa 21+000 pasó a ser el deslizamiento IIC.

En los 3 sitios se efectuó el levantamiento geológico a detalle y luego la geofísica que consistió de líneas sísmicas de refracción y de tomografías

eléctricas que reemplazan a los SEVs por presentar una mayor cantidad de información del subsuelo.

En este sitio se presenta la LAMINA IIA que además del mapa geológico del deslizamiento, contiene perfiles geológicos que incluyen la información de la Geofísica y de las perforaciones geotécnicas.

En el invierno del año 2011 se presentó un movimiento de tierra desde el talud de corte (parte alta de la vía) lado Oeste en dirección de la vía, el mismo que considerando su importancia fue rápidamente intervenido por el MTOP.

Habiéndose ejecutado importantes movimientos de la tierra deslizada, primero para limpiar la vía y segundo para encauzar las aguas que aún circulaban sobre la zona de deslizamiento. Para lograr esto último, después de eliminar también la tierra deslizada en una franja paralela a la vía -de unos 50 m de ancho-, se excavaron en roca arcillosa gris verdosa muy blanda, 3 canales igualmente paralelos a la vía, los cuales drenan en conjunto sobre la alcantarilla del extremo Sur del deslizamiento. El canal más alto intercepta directamente los flujos de agua subterráneos ("ojos de agua") que probablemente originaron el deslizamiento, por lo que se encuentra en permanencia con agua.

El deslizamiento remanente tiene una longitud de unos 60 m (en dirección perpendicular a la vía) y una anchura (paralela a la vía) de cerca de 120 m. Si originalmente el deslizamiento llegaba hasta la vía, este debió tener más de 120 m de largo.



**Foto 4.- Área de deslizamiento no removido.**

En las rocas arcillosas hemos visto en varios otros sitios como comúnmente se asocian con los fenómenos de erosión de los suelos los deslizamientos de todas las magnitudes posibles de acuerdo a la geomorfología del sitio. En este caso se encuentra un deslizamiento cuyo espesor ha sido removido en un 40% en especial desde la pata hacia cerca del centro del cuerpo.



**Foto 5.- Corona del deslizamiento a la izquierda**



**Foto 6.- Cuerpo del deslizamiento visto desde la corona.**



**Foto 7.- Roca arcillo-limosa de la formación Onzole.**

Se encuentra en las paredes de los canales de drenaje del deslizamiento.

La roca arcillo-limosa de la formación Onzole y algo meteorizada aflora en la parte inferior del deslizamiento. Esta roca es muy blanda y se encuentra bastante fracturada.

Las rocas arcillo-limosas muy blandas de la formación Onzole que afloran frente a la vía en el sitio donde se ha removido el material deslizado, presentan estratos en apariencia masivos, pero muy fracturada en pequeños fragmentos sin planos definidos.



**Foto 8.- Textura de las capas superficiales deslizadas que se conservan cerca de P2.**

Se trata de un conjunto coluvial o estratos de espesores de varios dm, conformados por fragmentos de roca arcillo-limosa gris de formas irregulares de varios tamaños, en matriz arcillosa con clastos angulosos arenosos. Obsérvese el plano de deslizamiento actual arriba del martillo cortando a un depósito más antiguo del mismo origen.

En el invierno del año 2011 se inicia un movimiento de tierra desde el filo del borde externo de la vía en la abscisa 20+500. El movimiento es uno de los típicos encontrados entre los varios problemas estudiados en el presente estudio. Se forman sobre el talud externo de la vía reconvertida recientemente por la compañía H y H y sobre la cual se le ha aplicado un pavimento asfáltico en forma provisional.

El deslizamiento es uno de los mecanismos del fenómeno de "erosión retrocedente" que afecta a las cabeceras de las quebradas, en especial a las que presentan un substrato arcilloso. El movimiento no solamente afecta al talud externo de la vía sino que continúa por debajo del pavimento, provocando en última instancia su rotura con forma circular (Foto 9). A partir del filo de la vía el deslizamiento presenta las siguientes dimensiones: longitud de 110 m y un ancho máximo de 80 m. El espesor de la masa deslizada se la determina con geofísica y perforaciones.



**Foto 9.- Deslizamiento 2B de Pavón, abscisa 20+500.**

Se observa como parte del deslizamiento los restos del pavimento asfáltico aplicado provisionalmente en el sitio. A la derecha se observa el cuerpo medio y la pata del deslizamiento, lleno de grietas.



### 4.1.3. Sitio Zapallo

Localizado en la salida nororiental (abscisa 34+200) del pueblo del mismo nombre.

El movimiento se presenta en la ladera de una colina al SE de la vía, en cuya cima existe una torre de transmisión y compromete en el cuerpo removido al material arcilloso producto de la meteorización de las rocas arcillosas muy blandas que conforman las colinas del sitio y a nivel de la vía compromete a la estructura total. Presenta una longitud total de 150 m en su eje de movimiento y una anchura a nivel de la vía de 90 m.

Se trata de un antiguo problema de inestabilidad que comenzó en el año 1998 durante la aparición del último Fenómeno de El Niño, el cual causó muchos estragos sobre las vías de la costa al igual que el del año 1983. Desde entonces el problema ha sido tratado de solucionar por el MTOP, habiendo efectuado en su momento enormes movimientos de tierra deslizada.



**Foto 10.- Vista del deslizamiento en los dos puntos de corte actual a lo largo de la vía.**

El punto más norteño se observa a la altura del vehículo blanco y el más sureño se encuentra al extremo de la grieta casi al fondo de la foto. Observar el ligero desnivel de la baranda metálica al lado derecho frente a dicha grieta.

A partir del año anterior en que recomenzaron los inviernos normales en cuanto a su pluviosidad se presenta una reactivación del movimiento notándose grietas en el pavimento y un hundimiento generalizado de por lo menos 20 cm evidenciado en el movimiento de la baranda metálica. Localmente se presentaron deslizamientos locales en los rellenos que recubren la salida de 2 alcantarillas que drenan el sector del deslizamiento y también sobre el cuerpo del deslizamiento.

Se trata en primer lugar de un antiguo deslizamiento que data desde por lo menos el año 1998, el mismo que afectó a la capa más meteorizada de la falda Norte de la colina que queda justo al E de la población de Zapallo y sobre la cual se asienta parcialmente el mismo pueblo en su falda Oeste.

Pero la historia no termina allí, a partir del año 1998, el deslizamiento en general y la vía en particular recibió varios tratamientos para su estabilización y continuó siendo rellenada cada vez que el movimiento se reiniciaba sin haber tomado en cuenta la composición del subsuelo a nivel de la vía, que de acuerdo a la perforación se trataría de una capa de relleno superficial (de por lo menos 3 m de espesor), la que continúa con el material del deslizamiento 1998, luego con un aluvial arcilloso, con relativamente altas permeabilidades entre  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  (hasta los 10 m de profundidad) y termina en la capa de roca arcillosa meteorizada entre 10 y 12 m de profundidad. Esto ha posibilitado la formación de una gran cuña de relleno+coluvial+sedimentos aluviales con valores de resistencia al corte muy bajos ( $N=6$  golpes) que se encuentra en posición de fallamiento muy lento, casi a nivel de reptación por el hecho de que su "pata" se

encuentra en posición de erosión continua a causa de la posición de la curva del río Zapallo (llamado aguas arriba Camarona).

- El deslizamiento más antiguo es el que afecta la ladera N de la colina.
- Un deslizamiento local que afecta a una de las bermas del deslizamiento antiguo, atrás de la perforación P1.

- Un nuevo deslizamiento que afecta a toda la vía y está favorecido por el gran espesor de los rellenos + coluviales (subyacentes)+aluviales (con altas permeabilidades) provocando continuamente, desniveles en el asfaltado, los mismos que son rápidamente reparados por el MTOP.



**Foto 11.- Vista general del deslizamiento visto desde la "pata"**

Queda en el barranco u orilla del río Zapallo que erosiona la base del mismo. En la parte alta se observan 3 niveles de bermas.

No se observaron afloramientos de la roca arcillosa ya que no existen cortes recientes sobre la colina, por lo que no se pudo medir la posición estructural de las rocas de la formación Onzole.

#### 4.1.4. Sitio Camarones

En este sitio contiene perfiles geológicos que incluyen la información de la Geofísica y de las perforaciones geotécnicas.



**Foto 12.- Abscisa 36+280.**

Pequeño deslizamiento en el cual se afecta a la plataforma de la vía creando una cavidad bajo la losa de hormigón.

Desde varios años atrás que fue repavimentada la vía -en este sector con hormigón rígido- comenzó un proceso de erosión retrocedente que comenzó a erosionar en primer momento la cuneta de la vía y finalmente es probable que ya desde el invierno del año 2.011 haya comenzado el deslizamiento de pequeñas proporciones que afecta a este tramo de la vía, causado por la escorrentía del agua de lluvias, sin ninguna protección.

El deslizamiento tiene una longitud de unos 70 m (en dirección perpendicular a la vía) y una anchura (paralela a la vía) de 30 m.

## Camarones IVB

Este sitio contiene perfiles geológicos que incluyen la información de la Geofísica y de las perforaciones geotécnicas.

De forma similar a como ocurrió con el deslizamiento anterior, desde pocos años atrás que fue repavimentada la vía y estando ya colocada la losa de hormigón rígido, es probable que ya desde el invierno del año 2.011 haya comenzado el deslizamiento de grandes proporciones que afecta a este tramo de la vía, causado por la escorrentía del agua de lluvias.



Gran deslizamiento que ha roto la plataforma de la vía ya pavimentada con losa de hormigón. A la derecha continuación del deslizamiento en dirección del río.

El deslizamiento tiene una longitud de unos 90 m (en dirección perpendicular a la vía), una anchura sobre la vía de 70 m y su máxima anchura de 110 m.

Se trata de un deslizamiento del relleno+suelo residual que conforman el terraplén de la vía. El deslizamiento es del tipo translacional en presencia de las aguas de lluvia de los inviernos 2011 y 2012.

Al igual que el deslizamiento anterior se presenta la misma situación geomorfológica que afecta a la estabilidad de la vía a mediano y largo plazo: ésto es la existencia de un cauce fluvial con agua que fluye casi todo el año a pocos metros de la vía aguas abajo del talud externo, el mismo que constituye un elemento principal en la delimitación del deslizamiento y que contribuye con la erosión de la "pata" asegurando la continuidad de este fenómeno.

### **Camarones IVC**

En este sitio contiene perfiles geológicos que incluyen la información de la Geofísica y de las perforaciones geotécnicas.

Se trata del rompimiento de la losa de hormigón localizada en el extremo de una alcantarilla que sirve de drenaje -a través de la vía- de un pequeño cauce natural que presenta agua solamente durante el invierno. No se tienen datos exactos de cuando se produjo el rompimiento de la losa de hormigón de la vía, es probable que haya sido en los mismos años 2011 y 2012 cuando ya estaba pavimentada la vía.

La rotura y hundimiento del pavimento tiene una forma semicircular de unos 15 m de largo (paralelo a la vía) por unos 5 m de ancho, que compromete la estabilidad de medio carril de la vía Chone-Flavio Alfaro (Foto 14).



**Foto 14.- Abscisa 36+520. Hundimiento del pavimento en la vía Chone-Flavio Alfaro.**

Se trata de un hundimiento-deslizamiento del relleno de la vía alrededor de la boca de salida de la alcantarilla que permite el flujo de un pequeño cauce de un río que solo corre en invierno en presencia de las aguas lluvias.

Es evidente que existe una falla que no es geológica sino del sistema constructivo. Se trata de un problema típicamente hidráulico. Deberá revisarse en primer lugar la capacidad de la alcantarilla para el flujo del cauce durante las máximas avenidas, la disposición de los alerones de defensa de la boca de la alcantarilla que no defienden nada ya que se encuentran dispuestos perpendicularmente a la vía y no oblicuamente (Foto 15), y constatar el tipo de obras a la salida que prevengan la erosión retrocedente del flujo. También deberá establecerse que pasó con una alcantarilla paralela a la anterior que existe a pocos metros de la del problema actual.

No se efectuó ninguna perforación en el sitio. Se estima que el material que subyace a la alcantarilla es un aluvial arcilloso de por lo menos unos

6 m de potencia y bajo esta capa se encuentra la roca arcillosa muy meteorizada de la formación Onzole hasta por lo menos unos 4 m y más abajo las rocas blandas arcillo-limosas de dicha formación.



**Foto 15.-Entrada de la alcantarilla por donde pasa el cauce de un pequeño río de invierno.**

La ubicación de los alerones más bien en posición perpendicular a la vía. Es probable que esta alcantarilla sea insuficiente para los grandes flujos de invierno y que incluso el agua pase por encima de la vía provocando su erosión aguas abajo.

Las rocas arcillo-limosas muy blandas de la formación Onzole que afloran en las colinas cercanas no afloran en el sitio en el cual más bien se encuentran coluvio-aluviales arcillosos.



## **CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## **5. Conclusiones y recomendaciones.**

### **5.1. Conclusiones**

- La implementación de pavimentos rígidos en el país, es una propuesta relativamente nueva, por lo que falta acumular experiencia en la construcción de los mismos, lo que constituye un factor determinante, para que se produzcan deterioros severos en sus estructuras. Por lo tanto es necesario regirse de manera estricta a las normas tanto de diseño como de mantenimiento de los pavimentos rígidos, con el fin de evitar y disminuir procesos de deterioro observados en el análisis del presente documento.
- Después de la supervisión, monitoreo y análisis a varios proyectos que se ejecutaron en la provincia de Manabí con pavimento rígido, se puede constatar y verificar diferentes tipos de patologías, las que se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación. Además considero que no se tomaron en cuenta variables topográficas y climáticas, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto.
- La inspección visual del pavimentos de hormigón hidráulico que realizado a través del método PCI, está reconocido mundialmente como una buena herramienta para realizar los planes de mantención y reparación de pavimentos, por consiguiente el estándar de calidad de las principales vías en Manabí es excelente, pero sin duda es importante recordar que un planificado mantenimiento reduce considerablemente los posibles deterioros que lleven a una reposición de losas.
- Se manifiestan cinco tipos de fallos, siendo el más acentuado las grietas de esquina con severidad muy baja, luego le siguen los fallos de grietas lineales con severidad muy baja, las demás tipos de fallos que se

presentan son mínimos pero no dejan de ser importantes para su mantenimiento futuro.

- Detectadas las fallas del pavimento rígido, la reparación es un factor que no ha sido operado técnicamente, que revelen las verdaderas causas por las que se originó el deterioro. Debo puntualizar que los arreglos realizados, afectan directamente a la resistencia y transferencia de carga de las losas adyacentes.
- Se debe señalar la importancia que tiene el análisis de pavimentos en una vía esencialmente para determinar la condición actual de ellos, predecir su condición futura, identificar los trabajos requeridos, con ello realizar un mantenimiento y reparación en las primeras etapas de deterioro, antes del descenso en la condición del pavimento, que eleva los costos de reparación y además lo más importante ponen en peligro las vidas de todos los usuarios que utilizan esta vía.

## **5.2. Recomendaciones**

- Es recomendable evaluar las vías frecuentemente, estableciendo el grado de severidad de los deterioros, con el fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, garantizando así la vida útil de la estructura del pavimento.
- Es importante diagnosticar, en base a perforaciones, el tipo de suelo donde se va a ejecutar el proyecto, debido a que las condiciones estratigráficas en el Ecuador son variables, definiendo así, si es necesario utilizar material de mejoramiento, que optimice el diseño del pavimento, aumentando la capacidad portante del mismo.
- El parámetro a considerar para asegurar una buena reparación, es la identificación de los deterioros más considerables, estableciendo

dimensiones óptimas de las áreas a reparar, utilizando un método de remoción que no afecte la estructura del pavimento, plasmando dicha información en los planos de arreglo de la vía.

- Realizar una inspección visual total de la vía, ejecutándola además de forma periódica (anualmente).
- Se debe poner en práctica un apropiado curado del hormigón, en base al clima en el cual se esté realizando la construcción, el mismo se efectúa posterior al texturizado utilizando un aspersor manual y de manera inmediata colocar el producto designado para este proceso, para así evitar que el agua de exudación se evapore de la superficie del pavimento.
- Los pavimentos de concreto hidráulico reforzado son una excelente alternativa para el país, pero es necesario evaluar su comportamiento en diferentes ambientes para adecuar su diseño a las características climatológicas y a los materiales con los que se cuente.
- Realizar el mantenimiento durante las primeras etapas de la vida útil del pavimento, para aumentar su vida útil para el que fue diseñado.
- Reparar las fisuras por contracción térmica, poco tenidos en consideración, estas hacen que la vida útil de los pavimentos se acorte considerablemente.

## **Bibliografía**

Montejo, F. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras, Tomo I*. Bogotá. Universidad Católica de Colombia.

Zarete, M., Salazar, A., & Tena, J. (2001). *Pavimento de concreto para carreteras. Volumen I*. Estados Unidos Mexicanos: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C.

Calos, I. (2013). *Diseño de pavimentos rígidos*. Argentina: Instituto del cemento Portland .

Ministerio de Obras Públicas. (2013). *Detalle de las vías*. Ecuador.

Diario el Comercio . (2013). *Desarrollo vial en Manabí*. Manabí.

Ministerio de transporte y obras públicas. (Ecuador). *Especificaciones para la Construcción de Camiones y Puente*. 2002.

Ministerio de obras públicas. (2013). *Elementos que integran el pavimento rígido*. Ecuador.

Calo, I. D. (2013). *Diseño de pavimentos rígidos* . Portland - Argentina: Instituto del cemento Portland.

Schaefer, M. (2011). *Pavimento rígido vs Pavimento flexible*.

Altamirano, K. (2007). *Deterioro de pavimentos rígidos, metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.

Heredia, J. (2010). *Clasificación de las fallas de pavimento flexible y rígido*. Venezuela : Maracay .

Hernández Sampier, R. (2004). *Metodología de la Investigación* . La Habana: Félix Varela.

Zorrilla Arena, S. (2007). *Introducción a la metodología de la investigación*. Mexico.

Gutierrez S, R. (2006). *Introducción al Método Científico. Décimo Octava Edición*. Mexico : Esfinge.

Godriz, G., Flores, G., & Garcia, J. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Archidona: Ajive.

# Anexos

**Fotos de las fallas.**



**Falla longitudinal.**





**Desnivel a través de la junta.**

**Sitios inestables de la provincia de Manbi.**

**Sitio Junco**





**Sitio Pavon**







## Sito Zapallo



## Sitio Camarones





