

## **INCIDENCIA DEL GEOTEXTIL EN LAS REFLEXIONES DE FISURAS DE RECAPEOS ASFÁLTICOS DE LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN**

### **1.1 INTRODUCCION.-**

El éxito de un proyecto de rehabilitación de un pavimento se sustenta en el uso adecuado de los parámetros técnicos obtenidos, agregándose y complementándose con la utilización de geotextiles cuya selección y cuyo proceso de colocación deben ser rigurosamente estudiados.

El geotextil es una tela permeable sintética, especialmente construida para diversas aplicaciones de ingeniería relacionadas con suelos y cuyas materias primas son de las más diversas, producidas por las industrias de los polímeros.

El recapeo con geotextil consiste en colocar al pavimento agrietado ligante asfáltico sobre el cual se coloca una malla geotextil la misma que evita la reflexión de grietas para posteriormente colocar la nueva capa de rodadura que consiste en pavimento asfáltico. De esta manera obtenemos una nueva capa de rodadura pudiendo ser utilizada hasta un periodo de 7 años, igualando la vida útil de un pavimento flexible con todo su paquete estructural.

La limitación económica propia de nuestro país, también definen la necesidad de optimizar el uso de recursos disponibles aplicando y ejecutando experiencias conocidas con este objetivo y dado que muchos trabajos de repavimentación o recapeo asfáltico han sufrido deterioros prematuros iniciados por el proceso de reflexión de fisuras y otros factores, es que se han realizado en algunas partes del país experiencias con el uso de geotextiles en rutas troncales de alta intensidad de tráfico.

Generalmente para recuperar un pavimento fisurado, éste se cubre con una capa de mezcla asfáltica, previa reparación de las grietas existentes. Esto no genera una

solución duradera ya que los esfuerzos de corte continúan actuando en los bordes de la grieta, propagándose a la superficie rápidamente, es por este motivo que se incorpora la malla geotextil para evitar la reflexión de grietas.

Todos los pavimentos sean flexibles, rígidos y/o semirrígidos, sean adecuadamente dimensionados o no, sufren un proceso de degradación, el mismo que se manifiesta generalmente con el fisuramiento y como consecuencia la disminución de su vida útil.

En la ciudad de Tarija sobre la avenida circunvalación podemos observar un claro ejemplo, ya que vemos gran cantidad de fisuras a lo largo de toda la avenida. Entre los orígenes del fisuramiento podemos señalar; fatiga de material por esfuerzos dinámicos, retracción, pérdida de capacidad soporte de las capas inferiores, entre otras. El infiltramiento ocasiona:

- Infiltramiento de aguas entre las capas estructurales y la sub-rasante, alterando las condiciones de estabilidad, capacidad soporte
- Concentraciones de tensiones en la sub-rasante
- Aumento de tensiones y deformaciones del pavimento
- Degradación de la capa de rodadura.

Por los antecedentes mencionados es que nos vemos en la preocupación de realizar este proyecto, ya que podría ser una alternativa para poder mejorar las condiciones de transitabilidad sobre dicha avenida pues la misma es una avenida que une el norte con el sur de la ciudad, descongestionando el centro tanto de moviidades pequeñas como de alto tonelaje.

El recapeo es una solución económica más aún si utilizamos geotextiles ya que alargamos el periodo de vida útil reduciendo la altura de recapeo.

### **1.1.1 Aporte Teórico**

Al hacer un análisis evaluativo de los pavimentos existentes y observando el deterioro del pavimento rígido, presentando gran cantidad de fisuras a lo largo de la avenida, es que vemos la necesidad de rehabilitar esta avenida con la implementación de un geotextil para evitar el reflejo de fisuras en la nueva capa de rodadura.

Fibertex Am2 es un geotextil no tejido precomprimido y flexible, fabricado a partir de fibras de polipropileno punzonadas que después del proceso configuran un geotextil de pavimentación con una cara con acabado térmico el que facilitara el tráfico de moviidades.

Esta práctica de trabajo de mantenimiento y rehabilitación de la avenida utilizando el geotextil, tiene el objetivo de la distribución de esfuerzos originados en las grietas existentes en los pavimentos antiguos y de esta manera, posibilitar el retardo de la aparición de grietas en los nuevos. Además la impregnación desde la capa inferior, durante la instalación, proporcionará una membrana impermeable de gran rendimiento para la conservación.

### **1.1.2 Aporte Práctico**

El uso de geotextiles en aplicación de ingeniería no es un concepto nuevo, éstos han sido aplicados en la estabilización de suelos y taludes, drenaje, erosión, minería, refuerzos, pavimentación y últimamente en recapeos asfálticos.

Por su gran capacidad de separar, reforzar y proteger se ha implementado su uso en recapeo asfáltico, debido al soporte estructural que brinda en carreteras, aumentando la vida útil del camino prolongando el tiempo de mantenimiento. Este procedimiento mejora la calidad de la carpeta, proporcionando una rigidez propia y resistencia a la tracción.

### **1.1.3 Aporte Social**

La razón fundamental para la utilización del geotextil es la prolongación de la vida útil de la capa de rodadura atribuida a la función retardadora de fisuras, pues éste aumenta considerablemente la vida útil evitando la reflexión de grietas ya que los esfuerzos de corte en los bordes de la grieta no se propagarán a la superficie.

### **1.2 JUSTIFICACION.-**

La realización de este trabajo permitirá hacer un estudio acerca de la utilización de geotextiles como una nueva forma de aumentar la vida útil del pavimento. Todos los pavimentos sean flexibles, rígidos, y/o semirrígidos, sean adecuadamente dimensionados o no, sufren procesos de degradación. Podemos señalar que el inicio de este proceso se manifiesta generalmente con el fisuramiento y como consecuencia la disminución de su vida útil, entre los orígenes del fisuramiento se pueden señalar fatigas de materiales por esfuerzos dinámicos, retracción, pérdida de capacidad soporte de las capas inferiores y otros, ocasionando infiltramiento de agua entre las capas estructurales, degradación de la capa de rodadura, aumento de tensiones que a la larga conllevan al fisuramiento y la degradación del pavimento.

En la actualidad se conocen distintas alternativas para evitar el fisuramiento, mayores espesores de refuerzos, capas intermedias de mezclas bituminosas, cementos asfálticos más blandos, lechadas asfálticas, espesores delgados de mezclas finas y el uso de geotextiles.

Por lo mencionado anteriormente adoptaremos el uso de geotextil por los buenos resultados obtenidos en varias partes del mundo, ya que vemos la necesidad de realizar un recapeo asfáltico por el alto contenido de fisura a lo largo de dicha avenida, por lo tanto el principal beneficio será mejorar la transitabilidad de moviidades aumentando la vida útil y disminuyendo la altura de recapeo asfáltico.

### **1.3 SITUACION PROBLEMICA**

En la ciudad de Tarija en el año 2002 se ha pavimentado la Avenida Circunvalación; sin embargo a corto tiempo de pavimentado ha sufrido deterioros prematuros, ocasionando estos fisuramientos molestias en la transitabilidad de las moviidades y peatones, además que es una puerta abierta para el agua, gran enemiga de las carreteras, en estos últimos años, estudios realizados en distintas partes del mundo indican que existen técnicas y experiencias para solucionar estos problemas, y una de estas técnicas para la rehabilitación de pavimentos es el *recapeo asfáltico*, que con el uso de geotextiles en rutas troncales de alta intensidad de tráfico y sometidas a cargas que exceden las establecidas por ley, es posible la necesidad de su rehabilitación y del recapeo del pavimento existente.

Con este trabajo se pretende hacer uso de geotextiles con un recapeo asfáltico de la avenida circunvalación mejorando la transitabilidad de la moviidades y peatones, para prolongar la vida útil de dicha avenida a través de un retardo de la fisuración de la superficie de rodadura, introduciendo una intercala como membrana absorbente de los esfuerzos mecánicos combinados que se concentrarán en las fisuras y grietas.

#### **1.3.1 Problema**

¿Cómo incide el uso de Geotextil, en las fisuras de recapeo asfáltico?

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar la incidencia del uso de geotextiles en el recapeo asfáltico de pavimentos rígidos, evitando de esta manera la reflexión de grietas y aumentando la vida útil de la nueva capa de rodadura.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar una nueva técnica para la rehabilitación de pavimentos
- Seleccionar tramos determinando la zonificación de sectores críticos con valores de deflexión con altos porcentajes de fisuramiento
- Alargar la vida de servicio de las carreteras
- Evitar el reblandecimiento y el lavado de los finos de la capa soporte
- Mantener la capacidad portante, reduciendo la posibilidad de roderas
- Eliminar la reflexión de fisuras por reflexión

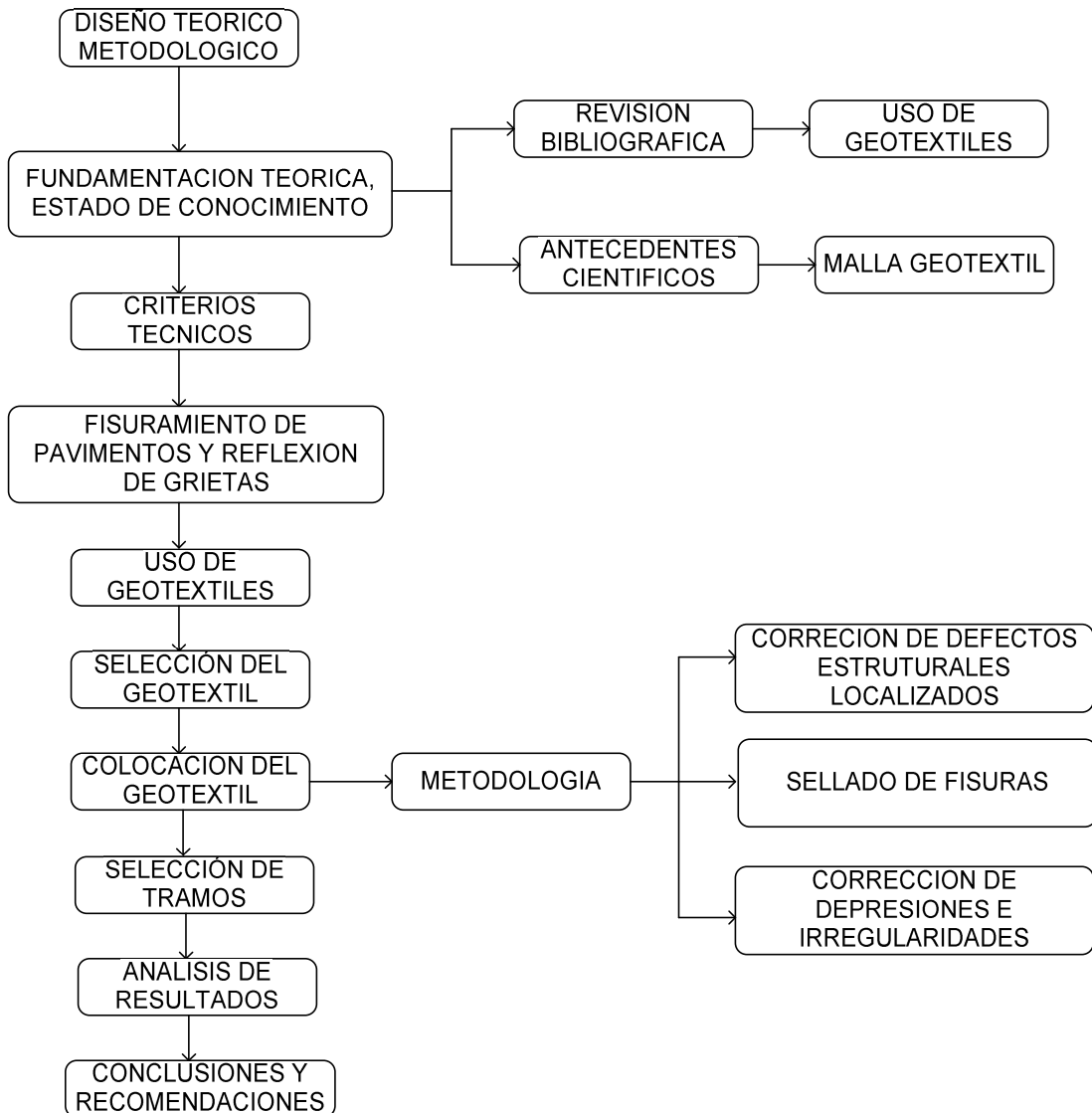
### **1.4.3 Campo de Acción**

Aplicación de la malla geotextil como limitador de reflexión de fisuras en el recapeo asfáltico de la Avenida Circunvalación de la ciudad de Tarija.



## 1.5 DISEÑO METODOLOGICO

### 1.5.1 ESQUEMA LOGICO ESTRUCTURAL.-



## **1.6 ALCANCE.**

### **1.6.1 Fase I**

El presente trabajo desarrolla un estudio sobre la incidencia del comportamiento del geotextil como elemento retardador de propagación de fisuras en recapeos asfálticos sobre pavimentos de hormigón agrietado, basándose en leyes generales de elasticidad. Todo pavimento con el transcurso del tiempo tiene que deteriorarse ya que está diseñado para un cierto periodo de vida útil, y dada las circunstancias económicas propias de nuestro país es que tenemos que encontrar la manera de alargar a lo máximo la vida útil de las carreteras.

Una forma de recuperar los actuales caminos, avenidas, carreteras deterioradas, consiste en realizar recapeos asfálticos de bajos espesores, cuyo objetivo es encontrar una solución parcial, basada principalmente en consideraciones económicas. Sin embargo la gran limitante de esta solución es el afloramiento prematuro de grietas en la superficie de rodado, producto de la reflexión de grietas desde el pavimento existente.

Se han experimentado muchos métodos para eliminar la reflexión de grietas, por ejemplo el uso de un sello slurry, sello de penetración de asfalto modificado con caucho, capas de concreto asfáltico de graduación abierta y asfaltos con sulfuros, solamente por nombrar algunos. Una alternativa para lograr un retardo en la aparición de grietas, se ha intentado en base a elementos como geotextiles, los que se ubican en la interfase del pavimento antiguo y la nueva capa.

Existen opiniones divergentes en cuanto a si el geotextil retarda la propagación de fisuras, pero experiencias exitosas en E.E.U.U. y Europa demuestran su efectividad; sin embargo la aplicación en nuestro país no está del todo establecido, en base a estas experiencias se están aunando esfuerzos con el propósito de establecer investigaciones en este sentido.

Fibertex Am2 es un geotextil de origen español el mismo que pertenece a una de las fábricas más reconocidas de polímeros en el mundo. Fue seleccionado este geotextil por las propiedades físicas y mecánicas con las que cuenta, recomendada su uso por los buenos resultados que se obtuvieron en varias partes del mundo. Claro está que se puede utilizar cualquier geotextil que cumpla con las condiciones físicas y mecánicas establecidas para recapeos asfálticos.

Una vez seleccionado el geotextil se procede con hacer un análisis del tramo en estudio ya que limitados por las características de este proyecto que se trabaja sobre propiedad de la Alcaldía Municipal de la ciudad de Tarija, es que sólo se puede hacer el análisis sobre una losa, pero suficiente para ver como incide el geotextil en los recapeos asfálticos. Este análisis se lo realiza observando las características de las losas, en nuestro caso seleccionamos una losa ubicada a 50 metros de la calle Colon, la misma que presentaba fisuras longitudinales y fisuras transversales.

### **1.6.2 FASE II**

Realizado un estudio determinando del método a utilizar, condiciones que se deben cumplir, como es calidad del geotextil, calidad del material utilizado y maquinaria mínima que se tiene que tener en la obra, se pretende fresar la losa reduciendo 5 centímetros del nivel del pavimento, esto para incorporar una capa asfáltica no olvidándonos para que funcione correctamente este método de recapeo no sólo considerar al geotextil utilizado, sino los materiales y pasos que se tienen que seguir para el correcto colocado del mismo.

Para realizar el recapeo asfáltico, se tiene que contar con personal de apoyo, ligante asfáltico, asfalto, geotextil, rodillo neumático, rodillo compactador y herramientas menores que pudieran ser necesarias para el colocado.

### **1.6.3 FASE III**

Una vez colocada la nueva capa de rodadura, es que se hace una evaluación superficial cómo se va comportando la losa con los 5 centímetros de capa asfáltica, observaremos los tipos de carga a las cuales es sometida la losa verificando si evidentemente el geotextil limita la reflexión de grietas a la nueva capa de rodadura.

Este análisis se lo va a realizar el mayor tiempo posible, el tiempo está limitado por la fecha de presentación de este proyecto.

### **1.7 MEDIOS Y TECNICAS.-**

El éxito de la rehabilitación de pavimentos con recapeos asfálticos utilizando geotextiles no solo esta atribuido al geotextil sino que actúa en conjunto con todo el material utilizado como ser, ligante asfáltico, pavimento asfáltico, su correcto colocado como también la utilización de maquinaria, entonces tenemos que dar mucha importancia a los materiales y maquinaria utilizada para obtener los mejores resultados, por lo tanto se tiene que realizar un estudio que contempla el correcto colocado y una buena selección de materiales para la rehabilitación con pavimentos asfálticos.

La técnica utilizada es el recapeo asfáltico con una malla geotextil que absorbe los esfuerzos de corte producidos en los bordes de las grietas; para el colocado y terminación se utilizan los siguientes equipos.

#### **Tractor para el colocado del geotextil.-**

El desenrollado del geotextil puede ser manual o mecánico, aunque se recomienda la instalación mecánica por la rapidez de ejecución y la eliminación de arrugas durante la colocación.

En la figura 1.1 podemos con ayuda de un tractor modificado realizar el colocado del geotextil mecánicamente.



**Figura 1.1**

En la figura 1.2 podemos observar el colocado del geotextil manualmente.



**Figura 1.2**

### **Escoba.-**

La limpieza general se la realiza con una escoba mecánica o de forma manual la misma que elimina todas las partículas de la superficie de trabajo.



**Figura 1.3**

### **Rodillo compactador.-**

Elimina los espacios vacíos acomodando la granulometría de la estructura.



### **Rodillo neumático.-**

Elimina los espacios vacíos dando acabado final a la nueva superficie asfáltica.



### **Fresador de pavimento rígido.-**

El equipo para la ejecución de este trabajo deberá ser una máquina fresadora cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos, el Supervisor observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, ordenará su inmediata reparación o reemplazo.



En nuestro caso el fresado se lo realiza con ayuda de un combo y cincel.



## CAPÍTULO II

### **GEOTEXILES EN REPAVIMENTACION**

#### **2.1 IMPORTANCIA DE LOS GEOTEXILES**

Las metodologías de diseño de pavimentos se han desarrollado con las tecnologías de construcción de vías y con la aparición de nuevos productos en la aplicación de esas tecnologías. De esta forma, los diseñadores se han visto en la obligación de reemplazar los métodos tradicionales por nuevas técnicas para mejorar la estructura del pavimento, en los que se aplican las teorías de distribución de esfuerzos y deformaciones absorbidas por un geotextil que actúa como una capa intermedia entre el pavimento agrietado y la nueva capa de rodadura.

Los métodos racionales de diseño son una herramienta para analizar el comportamiento real de una estructura de pavimento sometida a cualquier tipo de carga y condición ambiental, teniendo en cuenta las características y propiedades de los materiales que conforman la estructura; y es aquí donde se fundamenta la selección de esta metodología para el análisis de un sistema de pavimento reforzado con geotextil.

Los programas de diseño de pavimentos se basan en las teorías de distribución de esfuerzos y deformaciones en un sistema multicapa y permiten hacer un rápido análisis de las diferentes alternativas de diseño para una misma estructura, comparando los resultados de cada alternativa con los valores admisibles establecidos.

Esta comparación es la que permite evaluar los beneficios de la utilización de un geotextil dentro de la estructura de pavimento, que se pueden definir en tres tipos: reducción de espesores, incremento de la vida útil o incremento de la capacidad portante de la estructura.

## **2.2 GEOSINTETICOS**

Dentro de la denominación genérica de los geosintéticos se encuentran aquellos materiales de deformabilidad apreciable, fabricados a base de materiales sintéticos, que poseen cualidades suficientes para proporcionar una mejora sustancial en una o varias propiedades que se requieren en las obras de ingeniería para la rehabilitación de pavimentos.

Existen varios campos de aplicación de los geosintéticos dentro del mundo de la construcción y la edificación: obras viales, obras hidráulicas, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, entre otras. Los geosintéticos comprenden productos manufacturados a partir de procedimientos principalmente de extrusión (geoplásticos), productos que incluyen en su fabricación tecnología textil (geotextiles) y productos formados por ambas tecnologías: textil y plástica. El término genérico geosintéticos designa un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de fieltro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil.

Dentro de este grupo de geosintéticos se hallan diferentes productos en función de determinadas características; geotextiles, geomembranas, geomallas, georedes, geoceldas.

## **2.3 GEOTEXTILES**

Fieltro o manto fabricado con fibras sintéticas, a base de polímero natural o sintético, pudiendo ser no tejido o tejido, cuyas funciones se basan en la capacidad de filtración y en sus altas resistencias mecánicas, siendo éstas: separar, filtrar, drenar, reforzar y proteger. Pueden fabricarse de diferentes formas y sus aplicaciones abarcan prácticamente todos los campos de la ingeniería civil en donde se esté en contacto con el suelo o con otros materiales.

Se utilizarán geotextiles elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo de 95% en peso de poliolefinas o poliéster y serán del tipo no tejido, punzonado por agujas. Deberán tener la capacidad de absorber la cantidad especificada de ligante asfáltico y poseer las propiedades mecánicas que se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 2.1**  
**Propiedades mecánicas del geotextil**

PROPIEDAD	VALOR MÍNIMO PROMEDIO POR ROLLO (VMPR) (Nota 1)
Elongación (%)	50% (Nota 2)
Resistencia a la tensión Grab (N)	450
Retención asfáltica (l/m <sup>2</sup> )	0.9 (Nota 3)
Masa por unidad de área (grs/m <sup>2</sup> )	140
Punto de Fusión (°C)	150 (Nota 4)

Las propiedades de resistencia del geotextil dependerán de los requerimientos de supervivencia, de las condiciones y procedimientos de instalación. Las propiedades corresponden a condiciones normales de instalación y deberán ser medidas en el sentido más débil del geotextil.

*Nota 1. El promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo del lote que se esté analizando, deberá ser mayor o igual al valor presentado en esta especificación*

*Nota 2. La elongación hace referencia a los geotextiles no tejidos.*

*Nota 3. La retención asfáltica mínima será de nueve décimas de litro de cemento asfáltico por metro cuadrado de geotextil (0.9 l/m<sup>2</sup>). La retención asfáltica, medida en litros por metro cuadrado (l/m<sup>2</sup>), deberá ser suministrada por el fabricante y verificada por el Interventor, e indica la cantidad de cemento asfáltico requerida para saturar el geotextil. El valor de la retención asfáltica estará dado en términos de cemento asfáltico residual en el evento de utilizar emulsiones asfálticas*

*Nota 4. El punto de fusión del geotextil deberá ser mayor o igual a ciento cincuenta grados centígrados ( 150°C) cuando la nueva capa asfáltica sea elaborada con asfalto convencional. El punto de fusión del geotextil deberá ser mayor o igual a*

*doscientos cincuenta grados centígrados ( 250°C) cuando la nueva capa asfáltica sea fabricada con asfaltos modificados con polímeros ó cuando la temperatura de compactación supere ciento cincuenta grados centígrados (150°C)*

## **2.4 REFUERZO DE VIAS CON GEOTEXTILES**

El desarrollo de los geotextiles y de su utilización en los campos de la ingeniería, ha introducido un nuevo concepto en las metodologías de diseño y construcción de sus diversas aplicaciones. Son muchas las teorías y las investigaciones que han surgido con esta nueva tecnología, basadas en las necesidades y los requerimientos de los ingenieros diseñadores y constructores, llevando a que los geotextiles se utilicen cada vez más para la realización de las obras civiles y rehabilitación de las mismas.

Uno de los mayores campos de aplicación de los geotextiles son las vías, donde se deben considerar varios aspectos que involucran su utilización: separación, refuerzo, estabilización de suelos, filtración y drenaje. Los estudios que se han realizado en este campo y las experiencias existentes han demostrado los grandes beneficios que aportan los geotextiles en la construcción de vías y en su rehabilitación, mejorando el nivel de servicio y aumentando la vida útil.

En Bolivia se tienen pocas experiencias en este campo, a diferencias de otros países vecinos donde es una práctica común la rehabilitación de pavimentos con geotextiles, sin embargo no existe una metodología de diseño racional que involucre la correcta utilización de los geotextiles en especial para la rehabilitación de pavimentos.

## **2.5 BENEFICIOS DE LOS GEOTEXTILES**

El geotextil de refuerzo permite incrementar la capacidad portante del sistema que conforma la estructura de pavimento, para el caso de rehabilitación de pavimentos puede traducirse en una reducción del espesor de la capa granular, en un mejoramiento de las propiedades mecánicas de los materiales que hacen parte de la capa granular o en un incremento de la vía útil de la vía en estudio.

De igual manera, al mejorar las condiciones mecánicas de la estructura del pavimento se puede obtener un aumento de tránsito de diseño, evaluando con la cantidad de ejes equivalentes que van a pasar durante el periodo de operación en la vía.

Otro beneficio importante es que evita la reflexión de grietas actuando como una capa intermedia la misma que distribuye los esfuerzos de corte producidos por las fisuras del hormigón hacia la nueva capa de rodadura.

El geotextil junto con la emulsión asfáltica en caliente forma una capa impermeable protegiendo de esta manera el paquete estructural aislándolo completamente del agua.

## **2.6 FUNCIONES DE LOS GEOTEXTILES.-**

Son varias las funciones de los geotextiles y varían según el campo de aplicación en que se utilicen. En el caso de las estructuras de pavimento, los geotextiles cumplen dos funciones esenciales: separación y refuerzo.

### **2.6.1 Separación**

La función de separación que cumple un geotextil es mantener la integridad y el buen funcionamiento entre las dos carpetas adyacentes con propiedades y características diferentes. Al no tener un contacto directo entre las dos capas el geotextil distribuye los esfuerzos evitando un contacto directo de los bordes de la fisura al pavimento asfáltico.

#### **2.6.1.1 Reducción de grietas reflectivas**

Existe una aplicación especial de los geotextiles que ha sido discutido en gran medida en los últimos tiempos y es la *reducción de grietas reflectivas en pavimentos asfálticos*.

Muchas marcas comerciales han sabido desarrollar telas y técnicas constructivas para que sea controlado el problema de la reflexión de fisuras desde la base al

pavimento, o desde el pavimento antiguo al nuevo.

Estos sistemas, generalmente consisten de una tela de polipropileno no tejida (geotextil no tejido) saturada con una capa de ligante asfáltico. Cuando el geotextil se coloca entre el pavimento original y una sobre-capa de asfalto, o entre la base y el pavimento nuevo, se convierte en parte integral de la sección de la carretera, formando una *barrera contra la infiltración de agua y reduciendo el agrietamiento reflectante* de la nueva superficie asfáltica.

Una cantidad significativa de agua de lluvia se infiltra a través de los pavimentos de mezcla asfáltica y de concreto de cemento portland, saturando y debilitando los materiales de la base y de la sub-rasante. Si los materiales de base de un pavimento están saturados tan sólo un 10% del tiempo, la vida útil de ese pavimento se reducirá un 50%. La mayoría de los pavimentos, no tienen capas adecuadas de base abiertas, con drenaje libre que drenen rápidamente esta agua infiltrada, para así evitar la saturación de la base de la carretera. El geotextil, cuando se satura con la capa ligante de cemento asfáltico, se convierte en una barrera de humedad en el pavimento, impidiendo esta infiltración antes de que llegue a las capas de base y a la sub-rasante.

El módulo resiliente de las capas de la sub-rasante típicas y de la base, puede aumentar significativamente, simplemente manteniendo estas capas a un nivel de humedad bajo. Minimizando la humedad de la base de la carretera también se puede ayudar a eliminar los problemas de congelación y deshielo del pavimento.

El pavimento flexible de mezcla asfáltica va a, eventualmente, desarrollar grietas por fatiga debido a los esfuerzos por tensión cuando se deflexione. La inclusión de la entre-capa de geotextil trae como resultado, un pavimento con esfuerzos a la tracción reducidos ampliamente, al compararse con pavimentos monolíticos que no tienen esta inclusión. El resultado es un gran aumento a la resistencia a la fatiga del pavimento nuevo o de las sobre-capas. La capa de espesor mediano, de geotextil saturada con asfalto, también absorbe esfuerzos provenientes de las discontinuidades del pavimento existente. Pequeños movimientos, asociados con grietas y juntas viejas, son disipados dentro del sistema geotextil-ligante, en

lugar de ser transferidos hacia las capas superiores como agrietamiento reflectivo. Esta disipación de esfuerzos es efectiva sobre grietas y juntas de pavimentos de hormigón o de mezcla asfáltica.

El geotextil es también efectivo en la prolongación de la vida de la superficie sellada con una capa de tratamiento superficial impermeable, ya que la capa de tela saturada con asfalto, proporciona una cámara reforzada fibrosa para la gravilla. El desprendimiento del agregado pétreo se reduce apreciablemente y el agrietamiento superficial se retarda.

### **2.6.2 Refuerzo**

El refuerzo con geotextiles permite además soportar mayores aplicaciones de carga en el pavimento rígido y mejorar su capacidad portante, mediante otro mecanismo diferente, que se aplica cuando el refuerzo se ha deformado lo suficiente para actuar como una membrana a tensión. Cuando se aplica una carga en la superficie de la estructura, una parte de los esfuerzos normales de la fibra inferior de esa capa (parte cóncava) son soportados por la fuerza de tensión de la membrana de geotextil, reduciendo así los esfuerzos aplicados en el pavimento rígido que se encuentra bajo el geotextil (parte convexa del geotextil).

## **2.7 APLICACIÓN DE GEOTEXTILES**

La utilización de los geotextiles está predispuesto al campo de aplicación en que se lo quiera utilizar, para nuestro caso vamos a hacer una descripción breve de la utilización de los geotextiles en obras nuevas, mantenimiento y renovación de carreteras.

### **2.7.1 Obra Nueva**

Una de las causas principales de la falla de los pavimentos y caminos es la contaminación de la base de agregado y la pérdida resultante en la resistencia del mismo. Cuando se coloca agregado sobre una sub-rasante, la capa inferior se contamina con ésta. Con el tiempo, la carga y la vibración del tránsito va

hundiendo el agregado del pavimento en la sub-rasante, causando la migración hacia arriba del limo y la arcilla. En sitios húmedos, el tránsito de la construcción causa el bombeo de los finos de las sub-rasantes débiles hacia la capa de agregado. Todas estas condiciones disminuyen el espesor efectivo del agregado destruyendo, de esta forma, el apoyo del camino y reduciendo su rendimiento y vida útil.

Como se dijo, los geotextiles proporcionan cuatro funciones importantes, las cuales aumentan el funcionamiento del camino: separación, estabilización, refuerzo y drenaje. El geotextil a seleccionar dependerá de cuales funciones son las más adecuadas para el proyecto. Tanto los geotextiles tejidos como los no tejidos proporcionan una separación a largo plazo entre la base de agregado y la sub-rasante.

Al separar estos dos materiales, el geotextil mantiene el espesor original de las capas del camino. Esta es la función más importante de los geotextiles para caminos, particularmente cuando se construyen sobre suelos con sub-rasantes de resistencia débil a moderada. El geotextil también permite usar una base de agregado para el pavimento con una granulometría más abierta y de alta permeabilidad, lo que mejora el drenaje. Al disminuir la pérdida de agregado y aumentar su permeabilidad, se incrementa considerablemente el rendimiento y la vida útil del pavimento.

Los geotextiles tejidos y no tejidos de mayor resistencia proporcionan estabilización además de su función principal de separación. A través de la estabilización, un geotextil puede aumentar la capacidad efectiva de carga de los suelos con sub-rasantes de baja resistencia. Un geotextil para estabilización reduce el bombeo de la sub-rasante, la excavación adicional y el espesor requerido del agregado.

La separación, la estabilización y el refuerzo son necesarios para la construcción sobre suelos con sub-rasantes débiles. Los geotextiles tejidos, de alto módulo para refuerzo, proporcionan una plataforma esencial para construir una base de camino competente y minimizar los requerimientos de profundidad de relleno.

Estos productos son ideales cuando se espera que el agua fluya de la sub-rasante a la base de agregado.

El geotextil puede constituirse como un material que aumenta la seguridad ante la falla de base local en la construcción de caminos. La formación de ahuellamientos, debido a la alta carga de ejes de vehículos pesados, es una característica de caminos no pavimentados con sub-bases blandas. Para mantener caminos de este tipo permanentemente en uso es muy importante minimizar la formación de ahuellamientos de manera de evitar la formación de fallas en la base.

Una posibilidad de evitar fallas locales es el aumento del espesor de la capa portante, con el objeto de tener una mejor repartición de la carga y disminuir la tensión normal. Esta solución, implica un aumento de los costos que alcanzan proporciones significantes en ciertos casos. También es importante señalar que un buen relleno es difícil de encontrar y sus volúmenes son ocasionalmente escasos.

Otra posibilidad para evitar fallas de base local y garantizar el tránsito vehicular es el mejoramiento o *estabilización del suelo con cal, cemento o aditivos químicos*. No obstante, esta posibilidad no siempre es realizable, fundamentalmente por la imposibilidad de adecuar el equipamiento constructivo a las condiciones del terreno.

La *construcción con geotextiles* representa una alternativa a las posibilidades antes descriptas. La utilización de estos materiales como capa separadora logra disminuir espesores de la capa portante y con ello los costos de movimiento de suelos y aporte de material.

Algunas experiencias han demostrado un aumento del 60% en el valor de la capacidad portante de un suelo arcilloso saturado al colocarse un geotextil no tejido entre el suelo de la sub-rasante y la base estabilizada superior. En principio se pensó que la aportación del geotextil venía dada solamente por un *efecto de membrana* en la estructura resistente a nivel de la sub-rasante. También se pueden observar estudios en cuanto a la variación de los módulos resilientes, en

donde se concluye que esa resulta una aportación adicional. Pero fundamentalmente las principales acciones a destacarse son:

- Mejor drenaje
- Aumento de la velocidad de consolidación del subsuelo
- Formación más plana y homogénea del asentamiento
- Mejor redistribución de los esfuerzos
- Impide la migración de finos y el mezclado entre suelos de sub-rasante con los suelos de base

### **2.7.2 Mantenimiento y Renovación de Pavimentos**

Durante los primeros años de la década del 70, la demanda mundial de reducción de los costos de reparación de pavimentos asfálticos para carreteras ha impulsado el desarrollo de una nueva tecnología de repavimentación: *la combinación de materiales geotextiles con productos de revestimiento asfáltico*.

Dicho método, que procede de los estados del sur de EE.UU. y que se desarrollo para prevenir la formación de las denominadas fisuras de reflexión en la superficie de pavimentos de asfalto, ha sido adoptado de forma generalizada y se ha convertido en uno de los principales campos de aplicación de los materiales geotextiles.

En general, los factores que determinan la duración de la superficie de una carretera asfáltica nueva son la fatiga por flexión, el envejecimiento natural, la formación de ahuellamientos, la abrasión, la formación de grietas por efecto de la temperatura y las grietas de reflexión.

En la actualidad, se está enfrentando el problema de sistemas de carreteras que están envejeciendo y presupuestos de mantenimiento que van escaseando. Uno de los principales contribuyentes al deterioro de los caminos es el agua que se encuentra debajo del pavimento, la cual reblandece el suelo de la sub-rasante lo que a su vez destruye la capacidad estructural del pavimento. Un pavimento con una base que se sature en un tiempo del 10% de diseño, tendrá solamente un 50%

de la vida útil de un pavimento donde el agua se mantiene fuera de la base. Gran parte de esta agua entra por las fisuras y poros de la superficie del pavimento.

Los geotextiles especiales para pavimentación y las membranas de reparación están diseñadas para reducir la infiltración del agua y las grietas reflectivas, ahorrando, de esta forma los ciclos costosos de repavimentación. Se ha comprobado que éstas prolongan la vida útil de carreteras, calles urbanas, estacionamientos, pistas de aterrizaje y accesos de aeropuertos. Estos productos tan versátiles se utilizan en pavimentos de asfaltos nuevos, por debajo de las capas de pavimentos rígidos y flexibles, así como por debajo de pavimentos sellados por tratamientos de superficie.

En el mercado se ofrecen geotextiles de polipropileno no tejido agujado para la pavimentación, los cuales ofrecen una barrera contra la humedad sobre todo el ancho de la superficie de pavimentación, cuando se combina con una capa ligante de cemento asfáltico. También para este propósito, existen membranas impermeabilizantes y auto adheribles para la reparación eficaz de grietas y juntas del pavimento o para sellar cubiertas de puentes.

El producto es un compuesto formado por el geotextil no tejido revestido con cemento asfáltico y un mastic adhesivo ruberizado (con adición de caucho). El mastic adhesivo se une fácilmente a la superficie del pavimento existente, permitiendo la instalación rápida y sencilla del producto. La capa de asfalto sobre el geotextil no tejido asegura una excelente unión con la carpeta del pavimento.

También existen compuestos, por ejemplo de tres capas, consistentes en asfalto impermeable intercalado entre una tela no tejida y una tejida de alto módulo. El compuesto de una membrana extra fuerte para la reparación del pavimento con alta resistencia a la tracción y excelente resistencia a la delaminación, amortigua y disipa eficazmente las tensiones del pavimento que causan el agrietamiento reflectante.

## **2.8 CLASIFICACION DE LOS GEOTEXTILES**

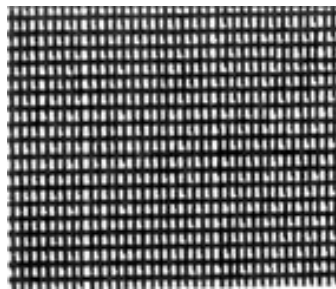
Los geotextiles están clasificados según su método de fabricación, proceso de fabricación y su composición, los mismos que se especifican a continuación.

### **2.8.1 Clasificación de los geotextiles según su método de fabricación:**

Los geotextiles están clasificados según su método de fabricación en geotextiles tejidos y geotextiles no tejidos.

#### **2.8.1.1 Geotextiles tejidos**

Los geotextiles tejidos son aquellos formados por hilos entrecruzados en una máquina de tejer. Pueden ser tejidos de calada o tricotados.



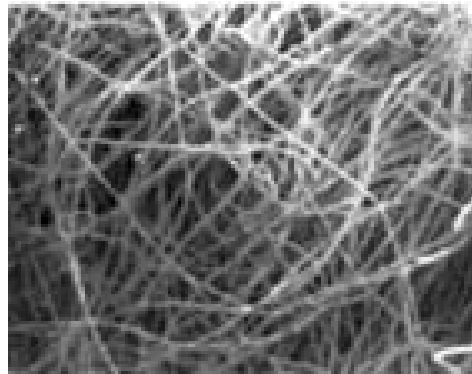
**Los tejidos de calada** son los formados por hilos de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal). Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada (según las características de los hilos empleados). Su estructura es plana.

**Los tricotados** están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén fabricados en máquinas tricotasas y circulares. Su estructura es tridimensional.

#### **2.8.1.2 Geotextiles no tejidos**

Los geotextiles no tejidos están formados por fibras o filamentos

superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según cuál sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras.



## **2.8.2 Clasificación de los geotextiles según el proceso de fabricación**

Según el proceso de fabricación podemos clasificarlos en geotextiles punzonados por agujas, geotextiles no tejidos termosolados, geotextiles no tejidos ligados químicamente.

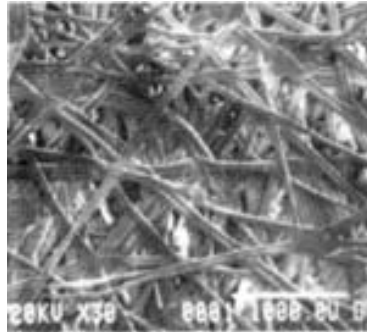
### **2.8.2.1 Geotextiles punzonados por agujas**

Se forman a partir de una superposición de fibras o filamentos ordenados aleatoriamente (napa) que se consolida al pasar por un campo de agujas en la máquina punzonadora. Dichas agujas se mueven en un solo sentido alternativo, subiendo y bajando muy rápidamente, penetrando en la napa y entrelazando las fibras, esto se consigue porque el perfil de las agujas no es regular, sino que están provistas de unas espigas o salientes en dirección a su sentido de penetración, lo cual hace penetrar a las fibras sin llevárselas en su movimiento de retroceso. La frecuencia de golpes o penetraciones de las agujas va consolidando el geotextil no tejido. Los geotextiles fabricados por este proceso tienen buenas prestaciones mecánicas, manteniendo parte del espesor de la napa el cual les confiere mayor estructura tridimensional, gran elongación (pueden estirarse desde un 40% hasta un 120% o más, antes de entrar en carga de rotura) lo que les proporciona muy buena adaptabilidad a los terrenos, unas excelentes propiedades para protección, (suele denominarse efecto colchón) y muy buenas

funciones de filtración y separación.

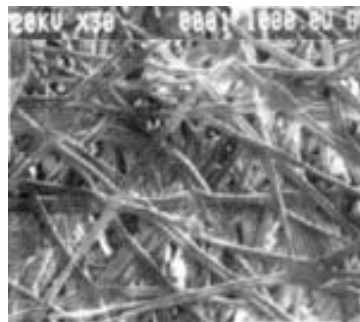
### **2.8.2.2 Geotextiles no tejidos termosoldados**

Se forman a partir de una napa en la que la unión de fibras y consolidación del geotextil se logra por fusión de las fibras y soldadura en los puntos de intersección mediante un calandrado a temperatura elevada. Su espesor y su elongación son algo inferiores a la de los agujados, por lo cual su transmisividad y permeabilidad son menores, tienen buenas prestaciones mecánicas y poca adaptabilidad (son algo rígidos).



### **2.8.2.3 Geotextiles no tejidos ligados químicamente:**

La unión entre sus filamentos se consigue incorporando ligantes químicos o resinas. Este sistema no se utiliza para la fabricación de geotextiles de protección y separación, puesto que en su composición (de los de protección) deben de evitarse elementos químicos distintos a los polímeros, que pudiesen alterar sus propiedades y provocar incompatibilidades químicas con otros materiales con los que pudiese estar en contacto. Su empleo está muy poco extendido debido a su elevado costo.



### **2.8.3 Clasificación de los geotextiles según su composición**

Las fibras que más se emplean son las sintéticas, siendo por ello que siempre tendemos a asociar al geotextil con fibras o filamentos sintéticos. Sin embargo al presentar gran diversidad de aplicaciones, también se fabrican con fibras naturales y artificiales.

#### **2.8.3.1 Fibras naturales.**

Pueden ser de origen animal (lana, seda, pelos...) vegetal (algodón, yute, coco, lino...) que se utilizan para la fabricación de geotextiles biodegradables utilizados en la revegetación de taludes, por ejemplo, en márgenes de ríos etc.

#### **2.8.3.2 Fibras artificiales.**

Son las derivadas de la celulosa. Son el rayón, la viscosa y el acetato.

#### **2.8.3.3 Fibras sintéticas.**

Cuando al geotextil se le exige durabilidad, se fabrica con fibras o filamentos obtenidos de polímeros sintéticos.

Los geotextiles fabricados con estos polímeros son de gran durabilidad y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias.

## **2.9 FUNCIONES DE LOS GEOTEXTILES EN RECAPEO ASFALTICO**

Denominamos función de un geotextil al papel específico que realiza en una estructura del pavimento. Es una tarea o capacidad específica que se espera que el producto realice durante la totalidad del proyecto o durante la instalación.

Un geotextil puede desempeñar más de una función al mismo tiempo para una aplicación dada. Típicamente, se determina que una función es más importante y se considera la función primordial del geotextil, con cualquier otra función concurrente considerada como secundaria.

El identificar la función que va a desempeñar el geotextil es uno de los pasos iniciales en un proceso de diseño con geotextil. Las funciones del geotextil guían al ingeniero a la elección apropiada del material, según las propiedades y métodos de ensayo del material. Diferentes autores e investigadores han desarrollado clasificaciones para las funciones de los geotextiles, que varían en número desde cuatro hasta varias docenas.

Para el recapado asfáltico podemos decir que la función que cumple el geotextil dentro del nuevo paquete estructural, es la separación absorción de tensiones e impide el paso del agua.

### **2.9.1 Absorción de tensiones**

El geotextil extendido entre la superficie deteriorada existente y la nueva capa de rodadura, protege de las tensiones al corte de las fisuras que no se reflejan en la nueva capa de la superficie. Como las tensiones son absorbidas por el geotextil saturado de bitumen, la aparición de reflexión de grietas, se reduce considerablemente.

### **2.9.2 Impide el paso del agua**

El geotextil cuando está saturado de bitumen, forma una membrana impermeable que evita la penetración del agua de superficie a las capas soporte. Consecuentemente se evitan el debilitamiento de las capas soporte, así como la pérdida de capacidad portante y roderas.

## **2.10 ¿POR QUÉ SE FISURAN LAS CARRETERAS?**

Todos los pavimentos sean flexibles, rígidos y/o semirrígidos, sean adecuadamente dimensionados o no, sufren un proceso de degradación. El inicio de este proceso se manifiesta generalmente con el fisuramiento y como consecuencia la disminución de su vida útil.

Entre los orígenes del fisuramiento se señalan:

- Fatiga de materiales por esfuerzos dinámicos

- Retracción
- Pérdida de capacidad soporte de las capas inferiores

Este fisuramiento ocasiona:

- El infiltramiento de aguas entre las capas estructurales y la sub-rasante, alterando las condiciones de estabilidad, capacidad soporte, etc.
- Concentraciones de tensiones en la sub-rasante
- Aumento de tensiones y deformaciones del pavimento
- Degradación de la capa de rodadura.

Todo este proceso, que, se ha descrito conlleva al fisuramiento y la degradación de los pavimentos, lo que determina a su vez la necesidad de su rehabilitación siendo considerado el recapado asfáltico uno de los métodos más atractivos, limitado anteriormente por el temor de la reflexión de grietas, gracias al geotextil en estudio evitamos esto, a su vez disminuimos la altura de recapado siendo un proyecto más factible.

La fisuración no es en sí un problema para el usuario, éste no nota que una carretera está fisurada hasta que su estado supone un deterioro tal de la superficie que la circulación por la misma se hace incomoda.

Sin embargo, para el técnico responsable de la carretera supone, desde su comienzo, una amenaza para el futuro del firme que no puede despreciar.

- **Primero** porque es una puerta abierta para que el agua, gran enemigo de las carreteras, penetre hasta las capas inferiores afectando a la capacidad portante del firme y afectando a su futuro.
- **Segundo** porque permite la intrusión de elementos duros e incompresibles, cuando está abierto por las deformaciones térmicas, que hacen que, al cerrarse la fisura por una bajada de las temperaturas, se produzcan tensiones entre los bordes de la fisura y los materiales incompresibles que llegan a romper dichos bordes.

- **Tercero** porque se crea una discontinuidad en el pavimento que empeora la distribución de tensiones en la zona. Es sobradamente conocido el hecho de que una carga en el borde de una losa produce solicitaciones mayores que una carga en el interior. Por ello la aparición de una fisura supone que existe un borde más en la losa y que las tensiones debidas al tráfico se multiplican en la zona.

Pero lo más importante de una fisura es que refleja una “enfermedad” del firme. Esta enfermedad debe diagnosticarse y corregirse, mediante la actuación adecuada, de forma que no ponga en peligro la vida de la carretera.

## **2.11 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS**

Todos los pavimentos sufren un proceso de degradación, entonces tenemos que hacer una clasificación para poder distinguirlos, por lo tanto vamos a clasificarlos como indicamos a continuación.

### **2.11.1 Deficiencias en el material de sello**

#### **a) Descripción física y mecanismo de falla**

La deficiencia en el material de sello es cualquier condición que permita la acumulación de materiales incompresibles en las juntas (piedras, arenas, etc.), permitiendo la infiltración de agua (Figura 2.5) y además evitando así que las losas se expandan dando lugar a fallas por levantamiento, agrietamiento y descascaramiento de la superficie del pavimento. Se considera como deterioro del sello los siguientes defectos: endurecimiento, despegado de una o ambas paredes, fluencia fuera de la caja, carencia total, incrustación de materias ajenas y crecimiento de vegetación.



**Figura 2.5**

### **DEFICIENCIAS EN EL MATERIAL DE SELLO**

Las principales fallas relacionadas con los productos de sello son:

- Agrietamiento del material de sello.
- Dimensiones incorrectas del ancho de la junta.
- Utilización de materiales de sellado inadecuados o defectuosos
- Relleno de juntas en exceso.
- Exudación del producto de sellado por altas temperaturas y expulsión al paso de vehículos.

#### **b) Evaluación y cuantificación de la falla**

**Tabla 2.2**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR DEFICIENCIAS EN EL MATERIAL DE SELLO**

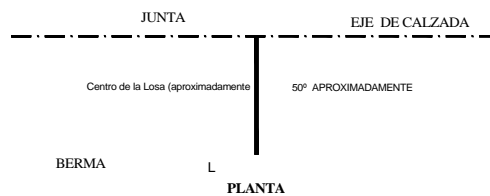
<b>EVALUACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Severidad</b>	<b>Baja</b>	Longitud con deficiencias de sellado < 5% de la longitud de la junta.
	<b>Media</b>	5% longitud con deficiencias de sellado 25% de la longitud de la junta.
	<b>Alta</b>	Nivel de severidad para falla por extrusión del material de relleno de las juntas; longitud con deficiencias de sellado > 25% de la longitud de la junta.

*FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).*

### 2.11.2 Grieta de esquina/diagonal

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

Grieta que origina un trozo de losa de forma triangular, al interceptar las juntas transversal y longitudinal y que forma un ángulo de aproximadamente 50 grados con la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo varía entre 300 mm y la mitad del ancho de la losa. Figura 2.6 Medidas mayores a 1.3 m desde la esquina de la losa son consideradas fisuras diagonales



**Figura 2.6**



**Figura 2.7**

### AGRIETAMIENTO DE ESQUINA

Son ocasionados por una combinación de cargas de tráfico repetitiva en condiciones húmedas, levantamiento debido al gradiente térmico. Aquellas fisuras bastante finas que son de pocos centímetros de longitud que no se extienden por completo en la losa, se consideran como fisuras de retracción, las causas posibles del fisuramiento diagonal/esquina son:

- Repetición de cargas en combinación con falta de soporte y esfuerzos de pandeo generalmente ocasionan grietas diagonales.
- Falta de apoyo de la capa subyacente producida generalmente por fenómenos de bombeo de finos.

- Pérdida de transferencia de cargas entre losas, por mal funcionamiento de la junta producido por curvatura de pasadores.
- Formación de ángulos agudos en las esquinas.

## b) Evaluación y cuantificación de la falla

**Tabla 2.3**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR**  
**AGRIETAMIENTO DE ESQUINA/DIAGONAL**

EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
<b>Severidad</b>	(1) Bajo	Grietas delgadas del grosor de un cabello, longitud con saltaduras < 10% de su longitud; escalonamiento imperceptible y el trozo de la esquina está completo.
	(2) Mediano	Las Grietas presentan un ancho limitado con astillamiento definido; saltaduras de severidad baja en más del 10% de la longitud o la saltadura de la grieta o junta < 15 mm y el trozo de la esquina está completo.
	(3) Alto	Saltaduras de severidad media o alta en más del 10% de longitud o la saltadura de la grieta o junta es 15 mm o el trozo de la esquina está quebrado en dos o más pedazos.
<b>Cuantificación</b>	(1) Bajo	El agrietamiento se presenta en una o dos juntas aisladas.
	(2) Mediano	El agrietamiento aparece intermitentemente.
	(3) Alto	El agrietamiento se presenta a intervalos de 15m.

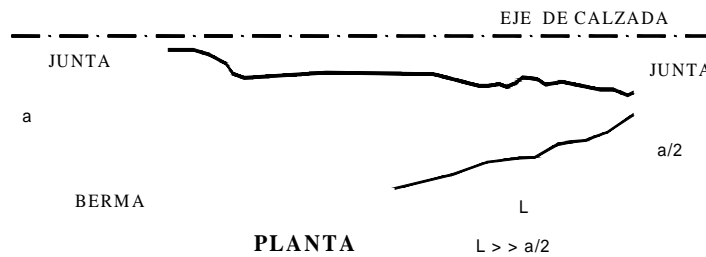
FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).

### 2.11.3 Agrietamiento longitudinal

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

Las grietas longitudinales son roturas en dirección del tráfico vehicular paralelas al eje de la calzada, o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L) mucho mayor que la

mitad del ancho de la losa ( $a/2$ ). Cuando la rotura de la estructura a consecuencia de la sobrecarga o fatiga se produce en el centro de la losa principalmente se debe a la contracción por efecto de sobrecalentamiento. Sin embargo debe considerarse las condiciones existentes en la sub-rasante, sub-base, tipo de hormigón empleado, agregados y condiciones ambientales de la zona.



**Figura 2.8**



**Figura 2.9**

### **AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL**

Son generalmente causadas por una combinación de cargas de tráfico repetitivas, pandeo o levantamiento por la gradiente térmica y cargas repetitivas en condiciones húmedas. Las causas posibles de las grietas longitudinales son:

- Asentamiento de la base y/o la sub-rasante.
- Carencia de junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las barras de traspaso de cargas.
- Demora en el aserrado de juntas e insuficiente profundidad en juntas.
- Asentamiento de la cimentación o sobre rellenos junto a muros.

## b) Evaluación y cuantificación de la falla

**Tabla 2.4**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR**  
**AGRIETAMIENTO LONGITUDINAL**

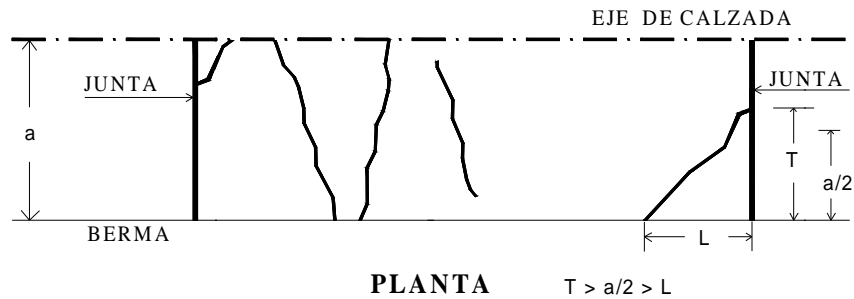
EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
Severidad	(1) Baja	Grietas delgadas con ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
	(2) Media	Grietas con un ancho moderado (3 ancho grieta 10 mm ó con saltadura de ancho < 50 mm ó escalonamiento < 15 mm.) y limitadamente astilladas.
	(3) Alta	Grietas que dividen a la losa en dos partes, son anchas (ancho 10 mm ó saltaduras de ancho 50 mm ó escalonamiento 15 mm. promedio superior)
Cuantificación	(1) Baja	La longitud total de grietas es menor de 45 m en una sección de 30m.
	(2) Media	La longitud total agrietada esta entre 45 y 60 m en una sección de 30 m.
	(3) Alta	La longitud total agrietada es mayor de 60 m en una sección de 30 m.

FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).

### 2.11.4 Agrietamiento transversal

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

El agrietamiento transversal es perpendicular a la línea central del pavimento, divide la losa en dos partes, generalmente ocasionada por una combinación repetida de cargas de tráfico, levantamiento debido al gradiente térmico y cargas repetitivas en condiciones húmedas. Las grietas bastante finas de pocos centímetros de longitud que no se extienden por completo en la losa, se consideran como grietas de retracción.



**Figura 2.10**



**Figura 2.11**  
**AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL**

Las causas posibles son:

- Longitud excesiva de losa, cuando la grieta se localiza en su tercio central.
- Demora en el proceso de sellado de la junta transversal.
- Colocación defectuosa de pasadores que impide el libre movimiento de losas.
- Falta de apoyo ocasionado por asentamientos de las capas inferiores, o formación de vacíos situados debajo de las losas por fenómenos de erosión.
- Espesor insuficiente de las losas de hormigón para soportar las solicitaciones.
- Asentamiento de la cimentación y cimentación no nivelada.
- Retracción térmica que origina alabeos.

## b) Evaluación y cuantificación de la falla

**Tabla 2.5**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR**  
**AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL**

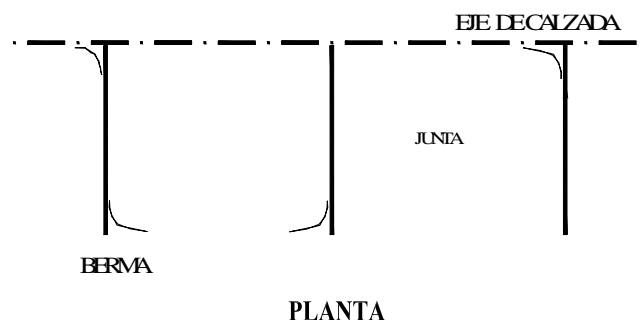
EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
Severidad	(1) Baja	Grietas delgadas de ancho < 3 mm, sin saltaduras y escalonamiento imperceptible
	(2) Media	Grietas con un ancho entre 3 ancho grieta 6 mm ó con saltaduras de ancho < 50 mm ó escalonamiento < 6 mm, con astillamiento limitado.
	(3) Alta	Grietas muy astilladas con ancho 6 mm ó saltadura de ancho 50 mm ó escalonamiento 6 mm, dividiendo la losa en dos.
Cuantificación	(1) Baja	longitud total de grietas menor de 22.5 m en sección de 30 m.
	(2) Media	Longitud total agrietada entre 22.5 y 37.5 m en sección de 30 m.
	(3) Alta	longitud total agrietada mayor a 37.5 m en sección de 30 m.

FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).

### 2.11.5 Grietas por durabilidad “D”

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

También denominadas grietas en un cuarto de luna generalmente aparecen como un patrón de grietas en la superficie del pavimento que se generan paralelamente y próximas a juntas o grietas longitudinales, transversales y diagonales; se inician en las esquinas de las losas.



**Figura 2.12**

**GRIETAS POR DURABILIDAD**

La presencia de grietas por durabilidad en “D” disminuye la resistencia del hormigón en juntas y grietas; induciendo el astillamiento en juntas longitudinales y transversales.

**b) Evaluación y cuantificación de la falla**

**Tabla 2.6**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR**  
**AGRIETAMIENTO POR DURABILIDAD “D”**

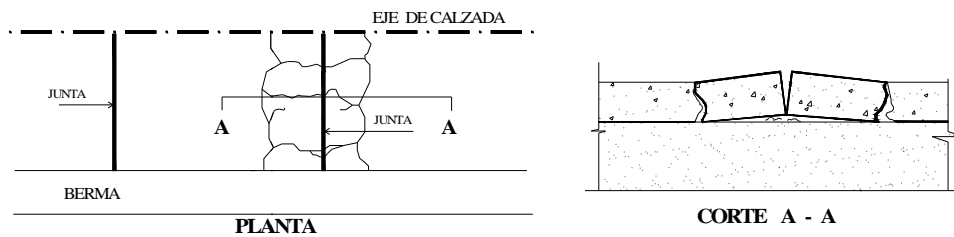
EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
<b>Severidad</b>	(1) Baja	Piezas definidas por medio de grietas del grosor de un cabello y no pueden ser removidas, grietas muy compactas, sin trozos sueltos o faltantes.
	(2) Media	Grietas bien definidas con algunos trozos pequeños sueltos o desplazados.
	(3) Alta	Las piezas están bien definidas con una cantidad significativa de trozos sueltos o faltantes. Las áreas dejadas por los trozos desplazados, de hasta 0,1 m <sup>2</sup> , pueden haber sido bacheadas.
<b>Cuantificación</b>	(1) Baja	El área agrietada cubre menos de 9 m <sup>2</sup> del área de la losa.
	(2) Media	El área agrietamiento cubre más de 9 m <sup>2</sup> del área de la losa.
	(3) Alta	El agrietamiento cubre más de 22.5 m <sup>2</sup> del área de la losa y también aparece en la mayor parte de las losas.

FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).

### 2.11.6 Levantamiento (Blow up)

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

Las fallas por levantamiento son desniveles producidos por esfuerzos longitudinales de compresión que se producen en las losas, tienen su mayor incidencia a nivel de las juntas en épocas húmedas y calurosas, Figura 2.13 Levantamiento de parte de la losa, localizado a ambos lados de una junta transversal o grieta. El desarrollo de grandes presiones en el hormigón puede atribuirse a la presencia de áridos reactivos, producen la expansión en el hormigón, originando el pandeo o levantamiento en especial cuando el hormigón está sometido a elevadas temperaturas; habitualmente el hormigón afectado se quiebra en varios trozos.



*Figura 2.13*



*Figura 2.14*  
**LEVANTAMIENTO DEL PAVIMENTO**

Las fallas por levantamiento se presentan generalmente:

- Pavimentos constituidos en dos capas que presentan espesores variables y uniones insuficientes. En pavimentos con barras de traspaso de cargas, falta de verticalidad de juntas transversales, presencia de pasadores corridos, mal colocados o mal alineados
- Grietas transversales o juntas que no son lo suficientemente anchas para permitir la expansión de la losa.

#### b) Evaluación y cuantificación de la falla

*Tabla 2.7*  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR LEVANTAMIENTO**

EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
<b>Severidad</b>	Alta	La severidad debe ser función del efecto de esta falla en el nivel de serviciabilidad y muy especialmente, en el riesgo que puede significar para los usuarios.  Fácilmente reconocible.

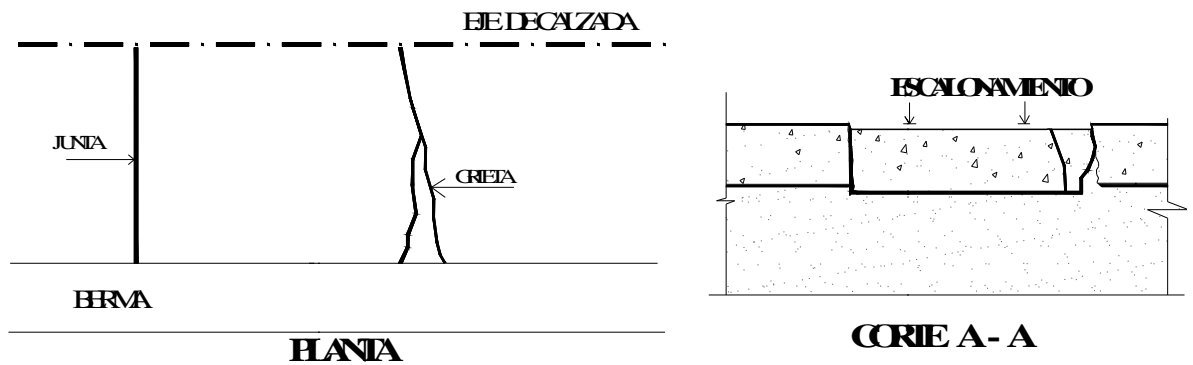
FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).

#### 2.11.7 Escalonamiento de Juntas y Grietas

##### a) Descripción física y mecanismo de fallas

La falla por escalonamiento es el desnivel entre dos superficies del pavimento separadas por una junta transversal o grieta que presentan dos losas contiguas, producto de las cargas del tráfico a su paso por una junta carente de adecuada transferencia de cargas, ni buen soporte de la capa subyacente, figura 2.15.

## ESCALONAMIENTO DE LOSAS



*Figura 2.15*



*Figura 2.16*

Algunas de las causas comunes para este tipo de fallas son:

- Asentamiento a consecuencia de fundación blanda.
- Bombeo o erosión de material debajo de la losa.
- Pandeo en bordes de losas debido a cambios de temperatura y humedad.

## b) Evaluación de cuantificación de la falla

**Tabla 2.8**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR ESCALONAMIENTO**

EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
<b>Severidad</b>		Se pueden establecer niveles de severidad en función de la altura del desnivel, pero lo mejor es establecerlo en función del aumento de las irregularidades (IRI, Índice de Rugosidad Internacional) que este deterioro origina.
	(1) Baja	La diferencia en elevación es menor de 5 mm y afecta la transitabilidad.
	(2) Media	La diferencia en elevación es de 5 mm < desnivel 10 mm y afecta limitadamente la transitabilidad.
	(3) Alta	La diferencia en elevación es desnivel >10 mm y afecta considerablemente la transitabilidad.
<b>Cuantificación</b>	(1) Baja	Uno o dos escalonamientos en un área aislada
	(2) Media	Dos o cuatro escalonamientos continuos.
	(3) Alta	Más de cuatro escalonamientos continuos.

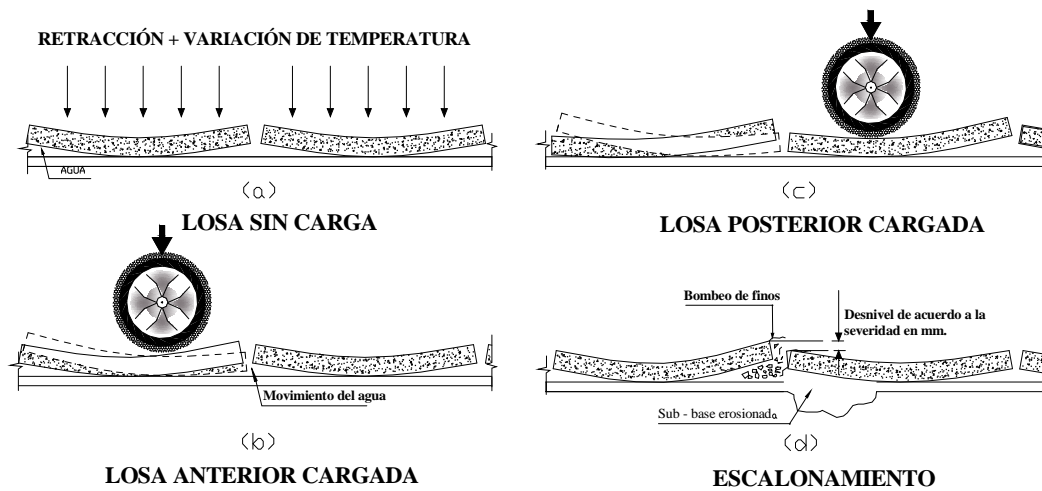
FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).

### 2.11.8 Bombeo (Pumping) Surgencia de finos

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

La falla por bombeo o surgencia de finos es la expulsión de agua mezclada con suelos finos provenientes de la sub-base o capa de apoyo, es expulsado a través de las juntas o grietas y borde externo del pavimento, al pasar un vehículo. Este fenómeno es causado por la deflexión que experimentan las losas debido a la dilatación por efecto del gradiente térmico, complementado con el peso de las cargas vehiculares; originando de esta forma la disminución de la capacidad portante de la subrazante y el firme en conjunto.

Inicialmente el desarrollo del bombeo principia con la formación de vacíos debajo de la losa por la aplicación de cargas originando deformaciones plásticas en las capas de apoyo y posterior recuperación elástica de la losa, también tiene incidencia en la formación de vacíos los efectos térmicos que experimenta la losa de hormigón y por último sigue el ingreso del agua por la junta hacia la interfase losa y sub-base; llenando los vacíos que dejan las losas al curvarse por efecto de la gradiente de temperatura que se forma en las mismas.



**Figura 2.17**  
**DESARROLLO DEL BOMBEO**

Las causas que originan la falla por bombeo son:

- Sub-rasante compuesta por material arcilloso.
- Sobrecargas vehiculares repetidas de tráfico.
- Presencia de agua en la interfase losa- superficie de apoyo.
- Infiltración de agua por grietas y juntas carentes de material de sello.
- Falta de confinamiento lateral o bermas pavimentadas.
- Falta transferencia de cargas en las juntas; el fenómeno es especialmente activo cuando la transmisión de las cargas entre losas es inadecuado.

## b) Evaluación y cuantificación de la falla

**Tabla 2.9**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR BOMBEO**

EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
Severidad	Cuando el fenómeno se manifiesta sin dejar un pozo o bache no pueden aplicarse niveles de severidad.	
	Alta:	La expulsión de agua es evidente en juntas o grietas al paso de cargas pesadas
Cuantificación		Ninguna

*FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).*

### 2.11.9 Escamado (Scaling)

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

La falla por descascaramiento de la superficie del pavimento se traduce en la rotura de la superficie de la losa hasta alcanzar profundidades comprendidas entre 6 a 13 mm además de la desintegración progresiva en trozos de hormigón y pérdida de la superficie del hormigón.



**Figura 2.18**  
**FALLA POR DESCASCARAMIENTO**

## b) Evaluación y cuantificación de la falla

**Tabla 2.10**  
**NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR**  
**DESCASCARAMIENTO**

EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
<b>Severidad</b>	(3) Alta	El descascaramiento es relativamente profundo y fácilmente apreciable.
<b>Cuantificación</b>	(1) Baja	Se extiende sobre menos de un cuarto de la superficie de la losa.
	(2) Media	Se extiende sobre más de un cuarto de la superficie de la losa.
	(3) Alta	Se extiende hacia la losa siguiente.

*FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).*

### 2.11.10 Astillado

#### a) Descripción física y mecanismo de falla

Es el fragmentado de los bordes de la losa, grietas y directamente sobre el acero de refuerzo, por lo general el astillamiento en la junta no se extiende verticalmente dentro de la losa, intersecta la junta en un ángulo. El astillado en esquina difiere de una grieta de esquina principalmente por el motivo de que se extiende dentro de la losa en ángulo para intersectar la junta, mientras que la grieta se extiende en todo el espesor de la losa Figura 2.19.



**Figura 2.19**  
**FALLA POR ASTILLADO**

Este tipo de falla se produce a consecuencia de:

- Falta de compactación.
- Mal alineamiento de pasadores.
- Retraso en el corte de la junta.
- Obstrucción de la junta producida por entrada de elementos sólidos.
- Desperfectos producidos en el proceso de desencofrado.
- Esfuerzos excesivos en la junta debido a cargas de tráfico.
- Acumulación de agua en la junta.

**b) Procedimientos de medición y cuantificación de la falla**

**Tabla 2.11  
NIVEL DE SEVERIDAD Y CUANTIFICACIÓN DE FALLA POR  
ASTILLADO**

EVALUACIÓN		DESCRIPCIÓN
<b>Severidad</b>	(1) Baja	El filo de la losa está ligeramente roto y no es necesario reparación.
	(2) Media	El filo de la losa esta moderadamente roto si es conveniente reparar.
	(3) Alta	El filo de la losa está severamente roto es necesario reparación.
<b>Cuantificación</b>	(1) Baja	Se presenta en uno o dos filos de la losa.
	(2) Media	Se presenta en forma intermitente.
	(3) Alta	Se presenta regularmente en los filos de las losas.

*FUENTE: ASOCEM (Guía para el reconocimiento de fallas en pavimentos rígidos).*

**2.12 REFLEXIÓN DE GRIETAS**

Las mezclas asfálticas que se utilizan para los pavimentos están constituidas por gravas, parcialmente trituradas, arena, y asfalto como ligante. Los asfaltos pueden ser cementos asfálticos, emulsiones o asfaltos cortados. El mantenimiento tiene por objetivo conservar el pavimento en una condición similar a la que tuvo originalmente cuando se construyó. En consideración a que la mayor capacidad de

soporte de estos pavimentos deriva de la fortaleza de la sub-rasante, es extremadamente importante mantener la condición impermeabilizante de las capas asfálticas.

Los pavimentos flexibles o rígidos presentan una serie de fallas cuya prevención y/o corrección es abordada por operaciones de mantenimiento, las que suelen agruparse en tres categorías.

- Operaciones rutinarias
- Operaciones periódicas
- Operaciones de restauración

Este fenómeno que se presenta por el efecto de solicitaciones de temperatura, variaciones hidráulicas del suelo, etc. Y que ocasionan movimiento en los bordes de las fisuras existentes, transfiriendo estos movimientos o creando concentración de tensiones a la capa superior, produce fatiga y dan inicio a la fisura que crece rápidamente hacia la superficie.

Se conoce distintas alternativas para reducir el problema de fisuramiento:

- a) Mayores espesores de refuerzo
- b) Capas intermedias de mezclas bituminosas
- c) Cementos asfálticos más blandos
- d) Lechadas asfálticas
- e) Espesores delgados de mezclas finas
- f) Uso de geotextiles

### **2.13 SELECCIÓN DE GEOTEXTILES**

La correcta selección de un geotextil no debe basarse, solamente en sus características (físicas gramaje, color, espesor, etc.), sino también en sus propiedades mecánicas e hidráulicas. Cumpliendo, de esta manera sus características de “camada” de discontinuidad visco-elástica con reacciones rígidas para tensiones rápidas y dúctiles para tensiones lentas.

Asimismo su total impregnación con asfalto asegura impermeabilización para infiltraciones de agua.

Los geotextiles están clasificados según: la forma de distribución de sus filamentos, el largo de sus filamentos, el modo de unión de los filamentos y por el polímero con el que están constituidos.

Para el caso de repavimentaciones asfálticas, se debe también considerar:

- a) Que el polímero que constituye los filamentos, debe tener puntos de ablandamiento superiores al de las mezclas caliente (140° - 160°).
- b) Resistencia a la tracciones – alargamiento – fatiga – punzonamiento – rasgado, etc.
- c) Flexibilidad
- d) Capacidad de absorción y retención del asfalto

Se utilizarán geotextiles elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo de 95% en peso de poliolefinas o poliéster; del tipo no tejido, punzonado por agujas. Los que deberán tener la capacidad de absorber la suficiente cantidad de ligante asfáltico y presentar los siguientes requerimientos de propiedades mecánicas.

### **2.13.1 Aptitud de los geotextiles a emplear**

El empleo de un geotextil embebido en asfalto es una solución de dos componentes, geotextil y asfalto, por lo que el éxito de su aplicación depende directamente de la aptitud de ambos materiales por separado y de la interacción que se logra entre ellos.

Respecto a las condiciones que deben cumplir los geotextiles para esta aplicación, estimamos conveniente realizar las siguientes reflexiones.

### 2.13.1.1 Requerimientos funcionales

El uso de geotextiles de elevadas resistencias mecánicas y capacidad de absorción de asfalto optimiza los resultados de su empleo en una interface destinada a retardar el reflejo de fisuras.

Dada la importancia de la tasa de asfaltado en el éxito de solución, dentro del rango de geotextiles habitualmente empleados en repavimentación (de 130 a 220  $g/m^2$ ), deben evitarse aquellos de baja absorción de asfalto, entendiendo como límite inferior pero no como capacidad optima de retención al fijado en normativas. Por ello no son recomendables los tejidos agujados de filamentos continuos frente a los termoligados o a los agujados de fibra corta.

### 2.13.1.2 Requerimientos de instalación

A fin de asegurar que el geotextil mantenga su integridad y las propiedades que determinaron su elección durante el proceso de su instalación en obra deben evaluarse:

- **Propiedades mecánicas:** En especial su resistencia a la tracción, al punzonado y al desgarre.
- **Flexibilidad:** Para lograr una correcta instalación en tramos curvos y sobre superficies fresadas, evitando zonas de concentración de tensiones.
- **Tolerancia térmica:** Para resistir sin deterioros la temperatura de colocación de la mezcla asfáltica, en especial cuando se emplean asfaltos modificados.

### 2.13.1.3 Requerimiento de supervivencia

Debido a que las cargas a las que está sometido el geotextil durante su vida útil serán esencialmente repetitivas en el tiempo, no es recomendable la utilización de productos de elevado módulo de rigidez, debido a su fragilidad y dificultad para adaptarse a deformaciones repetitivas. Asimismo deberá añadirse la capacidad del

geotextil para mantener su interacción con el asfalto que lo satura, de modo que no se modifiquen sus características reológicas a lo largo del tiempo.

#### **2.13.1.4 Adecuada instalación en obra**

En las obras locales no siempre se han respetado las recomendaciones de instalación, de allí que puede afirmarse que en aquellos casos puntuales donde han aparecido inconvenientes, se ha debido en su mayoría a prácticas erróneas durante el proceso de colocación del geotextil.

#### **2.13.1.5 Restos de agua solvente sobre el pavimento**

La subsistencia de solvente o agua remanente entre el geotextil y el pavimento existente, ya sea por condiciones ajenas al proceso de instalación (lluvia, temperaturas bajas, humedad ascendente, etc.), o por residuos del riego de liga, provoca al aplicarse el asfalto caliente de la nueva carpeta una interfase gaseosa que disminuye ostensiblemente e incluso elimina, la adherencia entre el nuevo y el viejo pavimento.

En caso de emplearse una emulsión, deberá asegurarse su “rotura” total y la eliminación de la totalidad del agua por evaporación antes de proceder al tendido del geotextil.

#### **2.13.1.6 Tasa de asfalto inadecuada**

La tasa de asfalto residual para el caso de emulsiones o total para el caso de emplearse cemento asfáltico, es una cantidad de bitumen a agregar al geotextil a fin de asegurar su liga y saturación.

Las funciones que deben llegar a satisfacer dicha tasa son las siguientes:

- Total adherencia del geotextil con el pavimento antiguo y nuevo.
- El comportamiento visco elástico de la interfase
- Saturación total del geotextil (para que constituya una membrana impermeable).

## CAPITULO III

### CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES Y PLAN ESTRATEGICO DEL TRABAJO

#### 3.1 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

##### 3.1.1 Geotextil

Para este proyecto en particular se escogió utilizar geotextil Fibertex Am2 el mismo que es de origen español, recomendado por varios autores por los buenos resultados obtenidos en varias partes del mundo gracias a sus características físicas y mecánicas.

Fibertex Am2 es un geotextil no tejido precomprimido y flexible, fabricado a partir de fibras de polipropileno punzonadas asegurando de esta manera una gran adaptabilidad durante la instalación y contrarresta la posible delimitación causada sobre el geotextil por fuerzas externas sobre la nueva capa de rodadura, después de este proceso configuran un geotextil de pavimentación con una cara con acabado térmico, permitiéndonos trabajar con mezclas asfálticas en caliente o frías.

El polipropileno solamente está constituido por carbón e hidrógeno. Fibertex Am2 no es perjudicial para el entorno, ni cuando se incorpora dentro de la carretera ni cuando arde. Los materiales asfálticos que contienen Fibertex Am2 son reciclables, contribuyendo de esta manera al cuidado de nuestro planeta.

El objetivo principal de este geotextil es la distribución de esfuerzos originados en las grietas existentes en los pavimentos antiguos y la posibilidad de retardar la aparición de las mismas en los nuevos, gracias a las propiedades físicas y mecánicas atribuidas a este material.

Fibertex Am2 en este caso es utilizado con una mezcla asfáltica en caliente denominada MC-250. El mismo que es de curado medio con una cantidad mínima de solvente para poder trabajar el material evitando que el ligante asfáltico se seque antes de poder colocar el geotextil.

**Tabla 3.1**  
**DATOS TECNICOS GEOTEXTIL FIBERTEX AM2**

DATOS TECNICOS		
PESO	$gr / m^3$	150
ESPESOR Medido a 2 Kpa	$mm$	1
Resistencia a la tracción	$N / 2,5cm$	450
Alargamiento a Rotura	%	60
Punto reblandecimiento	$^{\circ}C$	165
Retención de Asfalto	$1 / m^2$	0,9
Dimensiones Anchura	$m$	Bajo pedido
Longitud del rollo	$m$	100
Diámetro del rollo	$m$	35

### 3.1.2 Ligante asfáltico

El ligante asfáltico se utilizará para saturar el geotextil y desarrollar la mencionada membrana vico-elasto-plástica además de garantizar una adecuada adhesión de esta membrana a la superficie del pavimento agrietado y a la capa superior (capa de refuerzo, o de mantenimiento).

Está compuesto por una base asfáltica (cemento asfáltico) y un fluidificante volátil que puede ser bencina, kerosene, aceite o agua con emulsificador. El fluidificante se agrega con el propósito de dar al asfalto la viscosidad necesaria para poderlo mezclar

y trabajar con los áridos a baja temperatura. Una vez elaborada la mezcla, los fluidificantes se evaporan, dejando el cemento asfáltico que envuelve y cohesiona las partículas de agregado.

Este asfalto cuyo fluidificante es kerosene se designa con la letra MC (médium curing) seguidas con el número correspondiente a la viscosidad cinemática que tienen. En nuestro caso utilizamos una MC-250 el mismo que tiene un residuo asfáltico en volumen del 67 %.

Se tiene que hacer un análisis de evaporación de los disolventes que contiene, éste se inicia inmediatamente cuando el asfalto líquido se expone a los agentes atmosféricos y se da por terminado cuando se ha evaporado el máximo disolvente; ya que una pequeña proporción de éste queda incorporado en el asfalto permanentemente. A este proceso se debe que el producto final de un asfalto líquido es un cemento asfáltico, de mayor penetración.

En el proceso de volatilización de los solventes intervienen varios factores y éstos inciden de manera diferente en la velocidad y tiempo de curado, según las características del proyecto. Las variables directas son:

- Temperatura ambiente
- Velocidad del viento
- Superficie del ligante expuesta
- Esfuerzos mecánicos
- Características mineralógicas del agregado pétreo
- Sistema utilizado en la elaboración de la mezcla asfáltica

## **3.2. EQUIPO**

Para la aplicación del riego del producto asfáltico y la colocación del geotextil se requieren, básicamente, equipos para el barrido de la superficie, distribuidor del material bituminoso, equipo para la instalación del geotextil, herramientas menores y eventualmente un compactador neumático liviano.

### **3.2.2 Equipo de barrido**

Se deberá disponer de barredoras mecánicas de cepillo para poder realizar un trabajo más mecánico; pero también se lo puede realizar manualmente con ayuda de personal no calificado lo que abarata su costo. Para nuestro caso en particular vamos a utilizar una escoba cepillo plástico, para posteriormente proceder a un soplado del mismo para retirar todas las partículas y polvos que evitan adherencia entre la malla geotextil y el pavimento agrietado.

### **3.2.3 Equipo para la aplicación del ligante bituminoso**

El carro tanque irrigador deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carro tanque deberá aplicar el producto asfáltico a presión y para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se podrá encontrar cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

En nuestro caso utilizamos una caldera regadora portátil como se muestra en los anexos, la misma que fue prestada por la Alcaldía Municipal, esto fue operado por funcionarios de la institución, controlando la cantidad de ligante con ayuda de un técnico experimentado.

### **3.2.4 Equipo para la instalación del geotextil**

El equipo mecánico o manual de instalación del geotextil debe ser capaz de instalarlo uniformemente, cuidando de producir la mínima cantidad de arrugas.

Debido a que la superficie de recapeo es pequeña, se procedió con una instalación manual evitando arrugas, dobleces, y otros que puedan afectar el trabajo del geotextil.

Con ayuda de 4 personas se procedió con el colocado del geotextil el mismo que tuvo un área aproximada de  $8.6 \text{ m}^2$ , lo que facilitó su colocado ya que se pudo controlar a simple vista las arrugas y defectos que tenía el geotextil.

### **3.2.5 Herramientas menores**

Se deberán suministrar escobas de cerda rígida o rodillos para uniformizar la superficie del geotextil, tijeras o cuchillas para cortarlo y cepillos para aplicar el ligante asfáltico a los traslapes del geotextil.

Puede requerirse, para ciertos trabajos, un compactador neumático liviano para uniformizar y reforzar la adherencia del geotextil con el riego de ligante asfáltico.

Ya que el área de trabajo es de  $8.625 \text{ m}^2$  sería ilógico trabajar con un compactador neumático, así que para simular el trabajo del mismo utilizamos una carretilla cargada

con piedras para que haya la saturación completa del geotextil con el ligante asfáltico.

### **3.3 CONDICIONES PARA LA RECEPCION DE LOS TRABAJOS**

#### **3.3.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, se tendrán que realizar los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado para la realización de este trabajo, no olvidando que con un buen material y una correcta aplicación del geotextil podemos llegar a mejores resultados.
- Verificar la limpieza de la superficie de la capa asfáltica antigua y la correcta reparación de las grietas existentes, de acuerdo a lo definido en la ejecución de los trabajos anteriormente.
- Vigilar la correcta dosificación de la cantidad de ligante asfáltico según lo establecido por el técnico encargado, el ligante asfáltico es MC-250.
- Verificar la viscosidad del ligante en el momento de colocación del geotextil, ya que tiene que tener una temperatura a la cual se pueda trabajar, tiene que haber suficiente tiempo para el colocado del geotextil antes de que el ligante seque.
- Verificar la correcta colocación del geotextil, los tratamientos de las arrugas y los traslapes entre los rollos de geotextil, importante este punto ya que por diferentes motivos el geotextil puede presentar arrugas las mismas que serían perjudiciales.
- Verificar la calidad de la nueva capa asfáltica y sus cotas y dimensiones, en nuestro caso la altura de la capa asfáltica es de 5 cm.

- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos mínimamente especificados anteriormente.
- Vigilar las condiciones climáticas durante los procesos de aplicación del ligante asfáltico, la instalación del geotextil y la colocación de la capa asfáltica nueva.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote de fábrica y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

### **3.3.2 Condiciones específicas para la recepción y tolerancias**

#### **3.3.2.1 Calidad del material bituminoso**

Se tiene que hacer un control riguroso al carro tanque que es encargado del traslado desde la planta de tratamiento hasta el lugar de la obra; deberá observarse características como temperatura, color y homogeneidad entre otros, importante para que obtengamos una mejora adherencia entre el geotextil y el pavimento agrietado.

#### **3.4.2.2 Dosificación del ligante asfáltico**

Se considerará como lote, que será aceptado o rechazado en su integridad, el de menor área que resulte de aplicar los tres siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales de calzada con geotextil
- Tres mil quinientos metros cuadrado de calzada con geotextil
- La superficie construida en un día de trabajo

### 3.3.2.3 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, se tiene que hacer un control riguroso para ver las características de camada, deberá existir una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas.

No se aceptará el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación; ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Se recomienda escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se evaluarán rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados ( $400$  y  $600\text{ m}^2$ ) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se deberá convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados ( $500\text{ m}^2$ ).

De cada rollo se deberán descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se deberá tomar una muestra, como mínimo de un metro lineal por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. Por ningún motivo se aceptará geotextiles rasgados o rotos, los cuales serán descartados de inmediato.

### 3.4 PLAN ESTRATEGICO DEL TRABAJO

Por las características particulares de este proyecto en particular donde trabajamos sobre propiedad de la Alcaldía Municipal de la ciudad de Tarija, es que se tiene que tener una autorización especial para desarrollar el mismo, del Oficial Mayor Técnico de dicha entidad pública.

La autorización contempla; el picado de la loza, alterar el tránsito vehicular normal y otros factores que involucran el préstamo de material de señalización, ligante asfáltico, pavimento asfáltico entre otros. Al ser un estudio sobre una avenida que tiene tantos problemas sobre el pavimento rígido debido a varios factores se facilita obtener la autorización respectiva, ya que podría ser una solución alternativa en gran escala para realizar este trabajo sobre toda la avenida, mejorando las condiciones de tránsito y alargar su vida útil.

Una vez obtenido el permiso se procederá con la señalización respectiva, teniendo en cuenta que es una avenida con alto tráfico lo que dificulta el cerrado de una vía, haciéndolo peligroso para el personal de trabajo; entonces la señalización se la tiene que realizar 100 metros antes donde se emplazará el proyecto para evitar cualquier inconveniente, protegiendo a los trabajadores con ropa de trabajo reflectivo; posteriormente se realiza el picado de la loza, asemejando un fresado que generalmente se lo hace con maquinaria pesada. Esto consta de un vehículo con cuchillas bajo sus llantas, el mismo que a medida que avanza corta el pavimento reduciendo la altura deseada.

En nuestro caso se realizará este fresado con ayuda de tres personas las mismas que con solo punta y combo procederán con el picado de la losa, la altura de picado será de 5 centímetros, este picado se lo tiene que realizar con mucho cuidado ya que la losa no tiene que ser sometida a fuertes golpes para no alterar su condición original.

Una vez picada la losa, el material que se tiene que tener en campo es el siguiente: malla geotextil, ligante asfáltico, pavimento asfáltico, un llanta neumática, un rodillo compactador, aire comprimido y herramientas menores para cualquier eventualidad.

Todo este material como se mencionó anteriormente tiene que ser controlado por una persona que conoce sobre el tema, para nuestro caso fue por mi persona la encargada.

Con todo este material en campo, procedemos con el soplado del área de trabajo para limpiar cualquier polvo o basura que puede interferir con el correcto ligado; una vez realizado esto podremos observar de mejor manera las fisuras que se pueden ver a simple vista para posteriormente colocar el ligante asfáltico. Cuando las fisuras superan los 3 mm se tiene que realizar un sellado de fisuras aunque este no es nuestro caso, ya que si bien tenemos fisuras considerables longitudinales y transversales, no superan 1 mm.

El colocado del ligante se recomienda entre 120° C y 180°C pero también está en función a la temperatura ambiente, la cantidad de geotextil está condicionada por el área de trabajo, nosotros presentamos un área de trabajo bastante irregular por lo que debemos colocar entre 1,4 y 1,7  $g/m^2$  . Colocado el ligante se procede a poner la malla geotextil, la misma que está ubicada dentro del nuevo paquete estructural más propiamente dicho sobre el pavimento rígido y bajo el pavimento asfáltico, esta malla actúa como una capa retardadora de fisuras la misma que prolonga considerablemente la vida útil de la nueva capa de rodadura, como hemos descrito anteriormente, el buen funcionamiento del geotextil no solo está basado en sus características físicas y mecánicas, sino que actúa en conjunto con todo el paquete estructural del pavimento rígido, como ser la altura de recapeo que no tiene que ser menor a 3 cm, la grietas mayores a 3 mm tienen que ser selladas, los defectos estructurales tienen que ser corregidos, el ligante asfáltico tiene que ser colocado según especificaciones. Si cumplimos todo esto vamos a garantizar la vida útil del recapeo asfáltico obteniendo de esta manera una buena solución con lo que se podrá demostrar la factibilidad de este nuevo método.

Una vez que se ha realizado todo el trabajo, el colocado tanto de ligante asfáltico, la malla geotextil como el asfalto, se tiene que hacer un estudio teórico de cómo se va comportando día a día la nueva carpeta asfáltica, con este estudio vamos a ver cómo realmente incide el geotextil en recapeos asfálticos, observaremos si evidentemente evita la reflexión de grietas, impide el paso de agua, aumenta la capacidad portante de la estructura y otras características atribuidas a este material.

### **3.4.1 Procedimiento de instalación del geotextil Fibertex Am2**

Una vez que la superficie del pavimento rígido agrietado ha sido limpiada de polvo, aceites aguas u otros residuos se procede al desenrollado del geotextil inmediatamente después del riego. El desenrollado del geotextil puede ser manual o mecánico, aunque se recomienda la instalación mecánica por la rapidez de ejecución y la eliminación de arrugas durante la colocación.

*Figura 3.1*



*Desenrollado del geotextil mediante un utillaje especial facilita el mantenimiento de una dirección constante y evita formación de arrugas.*

*Figura 3.2*

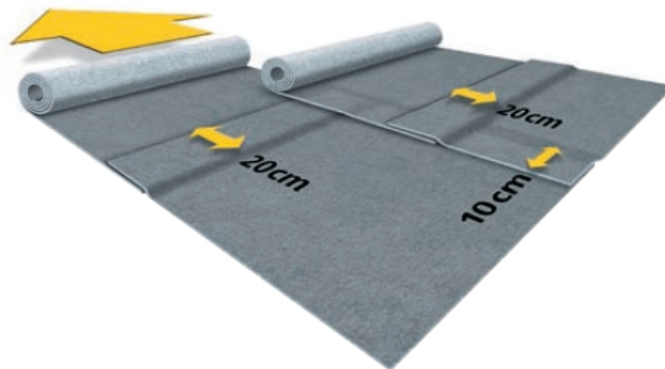


*El desenrollado del geotextil con equipos mecánicos es rápido y está libre de arrugas incluso de las curvas suaves*

Los solapes longitudinales deben ser de 10 cm y los transversales de 20 cm, los solapes transversales deben hacerse en la dirección de pavimentación para evitar que se levanten al pasar la extendedora.

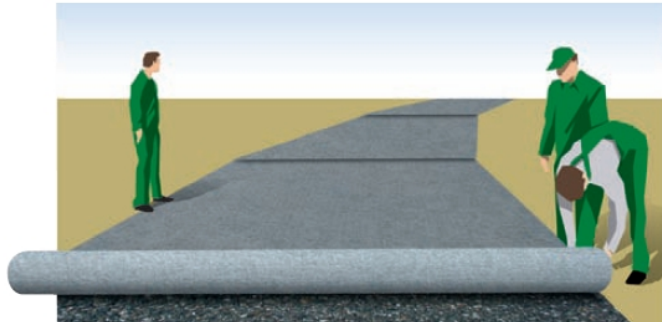
Para una saturación del solape deberá realizarse un riego adicional entre las dos capas de geotextil de forma manual.

*Figura 3.3*



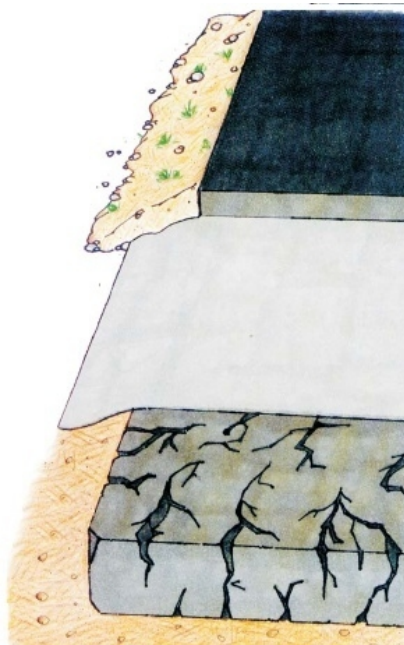
El desenrollado del geotextil sólo puede hacerse con anchuras no mayores de 8 m. se requiere un solape adicional en las curvas.

*Figura 3.4*



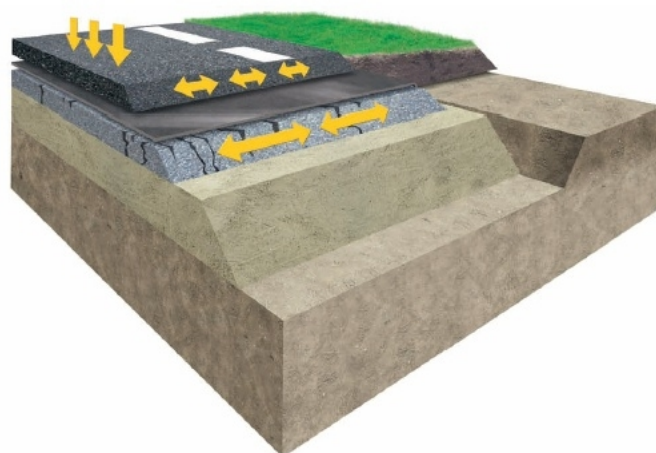
El geotextil va colocado sobre el pavimento rígido fisurado y bajo el pavimento asfáltico utilizado.

*Figura 3.5*



El geotextil absorbe las tensiones producidas por los bordes de las fisuras del pavimento rígido, distribuyendo las cargas y evitando el paso hacia el pavimento asfáltico.

*Figura 3.6*



Absorber los movimientos diferenciales entre capas asfálticas para evitar la formación de grietas por reflexión. Además forma una capa intermedia impermeable que evita que el agua superficial penetre en la capa.

*Figura 3.7*



Sin el geotextil de pavimentación se producirá una rápida reflexión de las grietas desde la antigua a la nueva capa asfáltica y además el agua superficial penetrará sobre la capa antigua de asfalto. Esta situación acelerará el deterioro en la construcción de la carretera.

*Figura 3.8*



### **3.5 ESTUDIO CON MEMBRANA INCORPORADA.-**

Una vez que hemos realizado el colocado del geotextil, especificado en subtítulos anteriores, debemos hacer un análisis teórico en cómo incide el geotextil en el recapeo asfáltico, en nuestro caso, sobre una losa sobre la Avenida Circunvalación.

Esta losa estará sometida a esfuerzo de carga, condiciones ambientales, calor, frío, agua, con lo que podremos determinar si el geotextil incide en recapeos asfálticos evitando la infiltración de agua y la reflexión de grietas. La losa en estudio presentaba fisuras transversales y fisuras longitudinales, las mismas que no deberían presentarse en la nueva capa de rodadura, pero este análisis lo tenemos que hacer con el transcurso del tiempo.

Se realiza una evaluación superficial de la nueva capa de rodadura, el tiempo de evaluación para nuestro caso no superar los 3 meses ya que estamos limitados por la fecha de presentación del proyecto. La evaluación se lo realiza visitando el área de trabajo, 3 veces a la semana observando el comportamiento de la nueva capa de rodadura.

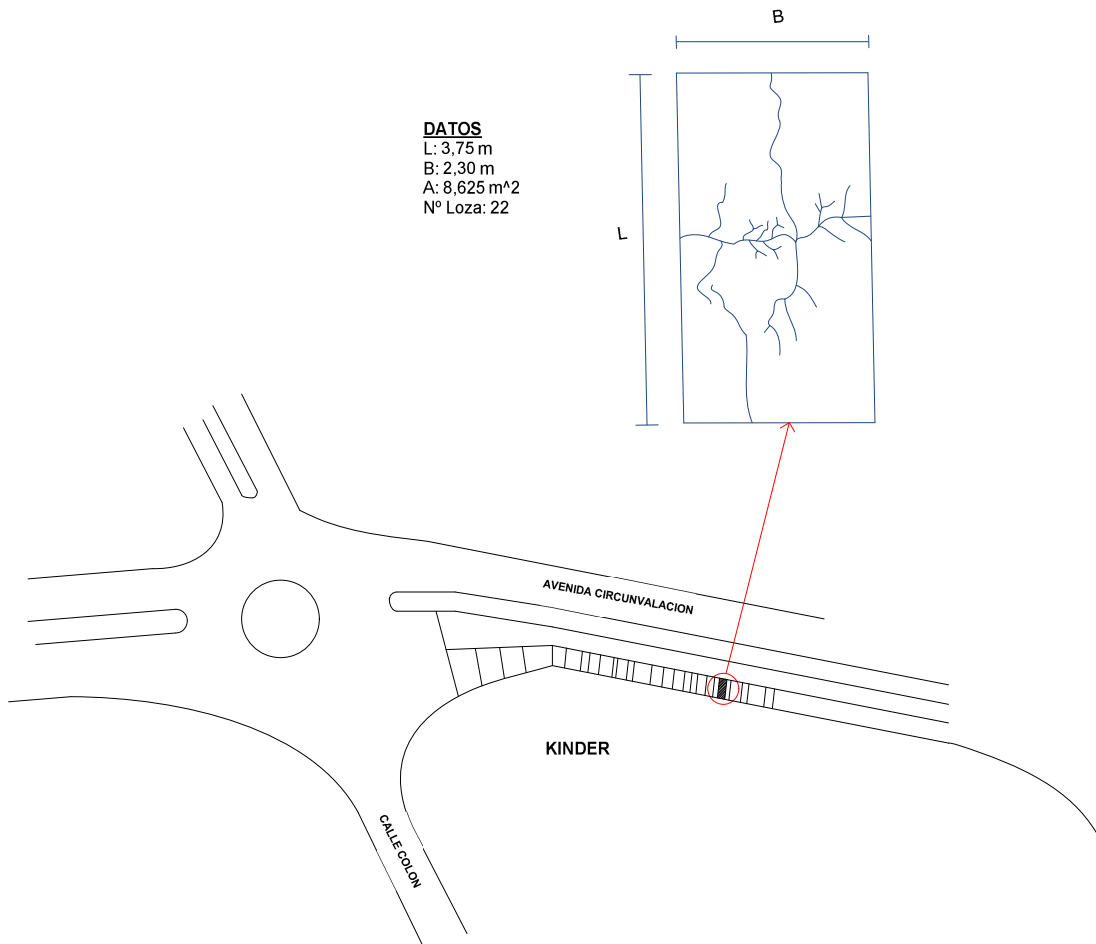


## CAPITULO IV

### APLICACIÓN PRÁCTICA Y ANALISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DEL PROYECTO

Para la aplicación del estudio, se selecciono una losa que se encuentra ubicada sobre la avenida circunvalación entre las calles Colón y Suipacha, el área de la losa es de  $8,625 \text{ m}^2$  con un largo de 3,75 metros y un ancho de 2,30 metros, esta losa presenta fisuras longitudinales y transversales como se muestra en la figura.



*Figura 4.1 Croquis del área de trabajo*

## 4.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS

Las acciones de rehabilitación deben ser ejecutadas bajo los conocimientos de los aspectos climáticos que se tiene en la zona del proyecto, al trabajar con geotextiles tenemos que tener en cuenta la temperatura de trabajo ya que no puede existir ninguna amenaza de lluvia o temperaturas bajas que puedan alterar el geotextil o ligante asfáltico. Es recomendable que la temperatura mínima prevista para el día de trabajo sea mayor a 10 °C.

En nuestro caso vamos a realizar nuestro trabajo el día miércoles 6 de octubre donde se tiene previsto tener una temperatura máxima de 32° C y una temperatura mínima de 14 ° C. Esta temperatura es apta para poder manejar el ligante asfáltico ya que con temperaturas mínimas corremos el riesgo de una posible lluvia o que el ligante asfáltico seque demasiado rápido.

## 4.3 DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE FALLAS

Mediante las fotografías que se presenta en la figura 4.2 podemos observar la losa en estudio, observando fallas longitudinales y transversales.



*Figura 4.2*



*Figura 4.3*

Haciendo un evaluación superficial de la Avenida Circunvalación la misma que cuenta con un longitud total de 5.500 metros desde la avenida Panamericana hasta la Rotonda del barrio Juan XVIII. En esta distancia podemos encontrar 6658 losas de las cuales 1562 losas se encuentran fisuradas con distintos grados de severidad entre altos y bajos. Esto representa un 23.5 % de losas fisuradas, caso preocupante ya que es una puerta abierta a la filtración de agua gran enemiga de las carreteras ya que disminuye considerablemente su vida útil.

Las losas fisuradas representa un 23,5 % donde no estamos tomando en cuenta fallas como deficiencias de material de sello, bombeo, levantamiento, entre otros.

#### **4.4 DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO CON MALLA INCORPORADA**

La rehabilitación de pavimentos con geotextil si bien es utilizada en varias partes del mundo no tiene un mecanismo de diseño, por lo que trabajamos sobre una estructura ya establecida por lo tanto tenemos que basarnos en la situación actual del pavimento, tipo de carretera como también en aspectos sociales y económicos, no recomendado realizar recapeos con altura menores a 3 cm.

#### **4.5 ALTURA DE REPAVIMENTACION**

En el dimensionamiento de capas de rodadura de concreto asfáltico reforzado con geotextiles para caminos principales con tráfico pesado, se recomienda que el espesor mínimo de la capa de rodadura sea por lo menos de 3 cm. La efectividad del complejo mecanismo de refuerzo asfáltico, respecto a la fatiga por flexión y la formación de grietas, no puede garantizarse para capas con espesores menores. La efectividad de la impermeabilización no se ve afectada.

Al hacer un evaluación superficial podemos encontrar que a lo largo de la Avenida Circunvalación existen 6658 losas de las cuales 1562 se encuentran fisuradas (ANEXO 2) por lo tanto al ver que el 23,5 % se encuentran fisuradas con distintos niveles de severidad, es que se adopta una altura de recapeo de 5 cm.

Dicha avenida es de categoría I.A, doble calzada, dos carriles por dirección, y velocidades entre 120 – 70 km/h. además que podemos observar una alta intensidad de tráfico por donde circulan gran cantidad de vehículos pesado. Al ser una avenida que une prácticamente el norte con el sur de la ciudad, descongestiona el centro de la capital.

#### **4.6 SELECCIÓN DEL GEOTEXTIL**

La correcta selección del geotextil no debe basarse solamente en sus características físicas como gramaje, color, espesor, entre otros sino también en sus propiedades mecánicas e hidráulicas, las cuales son bastante importantes ya que al actuar como capa intermitente y evitar el paso del agua, tiene que cumplir condiciones mínimas para su uso especificadas en el capítulo dos. Además tiene que cumplir con las condiciones de camada, discontinuidad, visco-elástica con reacciones rígidas para tensiones rápidas y dúctiles para tensiones lentas.

Ahora, en este proyecto se seleccionó Fibertex Am2 que es un geotextil no tejido precomprimido y flexible, fabricado a partir de fibras de polipropileno punzonadas

que después de este proceso se constituye en un geotextil de pavimentación con una cara de acabado térmico para facilitar el tráfico de camiones y entendedoras sin adherencia.

Esta selección se la realiza primero en función a sus características físicas y mecánicas, por el precio, y por los buenos resultados que se han observado en carreteras rehabilitadas con este geotextil.

**Cuadro 4.1**

<b>DATOS TECNICOS</b>		
PESO	<i>gr / m<sup>3</sup></i>	150
ESPESOR Medido a 2 Kpa	<i>m</i>	1
Resistencia a la tracción	<i>N / 2,5cm</i>	450
Alargamiento a Rotura	%	60
Punto reblandecimiento	<i>°C</i>	165
Retención de Asfalto	<i>l / m<sup>2</sup></i>	0,9
Dimensiones Anchura	<i>m</i>	Bajo pedido
Longitud del rollo	<i>m</i>	100
Diámetro del rollo	<i>m</i>	35

#### **4.7 APLICACIÓN PRÁCTICA**

La aplicación práctica se la va a realizar en una losa que se encuentra ubicada sobre la Avenida Circunvalación entre la calle Colón y Suipacha con un largo de 3,75 m y un ancho de 2,30 m haciendo un área de 8,625 *m<sup>2</sup>* .

Para realizar trabajos sobre propiedad pública se tiene que tener autorización de la Alcaldía Municipal, entonces el primer paso realizado fue obtener el permiso respectivo el mismo que fue otorgado por el Oficial Mayor Técnico. Este permiso incluye préstamos de material como ser señalización, maquinaria y materiales los mismos que vamos a señalar a continuación.

#### 4.7.1 Señalización

Uno de los primeros pasos antes de realizar dicha aplicación práctica, es hacer una señalización ya que se trabaja en un área donde existe una alta intensidad de tráfico. Esto se realiza con letreros de señalización 100 metros antes del punto de trabajo.



*Figura 4.4*

#### 4.7.2 Fresado de la losa

En nuestro caso como vamos a trabajar en una losa tenemos que realizar un fresado de la misma para que con los 5 centímetros de recapeo asfáltico tengamos un mismo nivel de la superficie.

El fresado se lo realiza con ayuda de un combo y un cincel. Se lo tiene que realizar con mucho cuidado tratando de no alterar las condiciones originales de la losa con aplicación de fuertes golpes.

En la figura 4.5 podemos observar que el picado se lo realiza con un combo pequeño con un peso de 2 kg. El fresado es bastante difícil puesto que el tiempo que se tardó en picar la losa de 8,625 m<sup>2</sup> fue de 6 días.



*Figura 4.5 (Comienzo de fresado de la losa)*

Se tiene que hacer un control riguroso del fresado controlando de no excederse de los 5 centímetros ni tampoco tener menos. El control se lo realiza en las cuatro paredes que se forman una vez fresada la losa.



*Figura 4.6 (Control de altura en la pared anterior a la losa)*



**Figura 4.7 (Control de altura en la pared posterior de la losa)**

En la figura 4.8 podemos observar cómo queda la superficie de trabajo una vez fresado. Cabe recalcar que se encuentran las mismas fisuras que en la capa de rodadura, estas fisuras podemos observarlas en el ANEXO 1.



**Figura 4.8 (Área de trabajo Fresada con un profundidad de 5 centímetros)**

### 4.7.3 Limpieza del área de trabajo

Con el área lista para el trabajo y el material predispuesto comenzamos a limpiar el área de trabajo, esto lo podemos realizar mecánicamente o manualmente en nuestro caso lo realizamos con ayuda de una escoba de plástico y aire comprimido.

Primeramente limpiamos con una escoba para retirar gravas y partículas pesadas que existen después del fresado.



*Figura 4.9*

Posteriormente realizamos el soplado con aire comprimido para eliminar toda clase de partículas y polvos que pudiesen interferir en la adherencia entre el pavimento agrietado y el geotextil.



*Figura 4.10*

#### 4.7.4 Preparado del material y equipo de trabajo

Una vez lista el área de trabajo, procedemos a realizar el recapeo asfáltico pero antes tenemos que tener todo listo para no tener ningún inconveniente y evitar problemas durante el colocado del material.

##### 4.7.4.1 Control de temperatura del ligante asfáltico

El ligante asfáltico tiene que tener una temperatura en la planta de tratamiento de 180 ° C, y una temperatura en campo de 150 ° C. Esta diferencia de temperatura se la tiene que considerar puesto que cuando se traslada el material no podremos conseguir la misma temperatura.

Se realizaron estos controles con ayuda de un termómetro tanto en la planta de tratamiento ubicada en la Posta Municipal como en campo antes de aplicar el ligante asfáltico.



*Figura 4.11*

También realizamos un control de filtración del ligante asfáltico con malla geotextil, como podemos observar en la figura 4.12 el ligante asfáltico a un temperatura de 180 °C se infiltra y no altera al producto.



*Figura 4.12*

El ligante asfáltico al pasar por la malla geotextil actúa como un pegamento, el cual adhiere el geotextil al pavimento agrietado.



*Figura 4.13*

#### 4.7.5 Colocado del ligante asfáltico

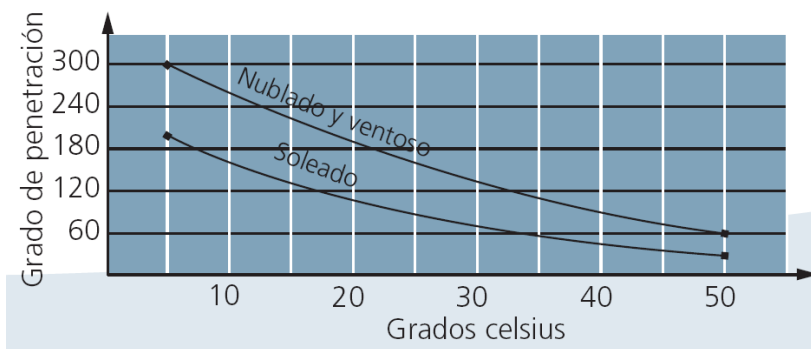
Para el colocado del ligante asfáltico tenemos que tomar en cuenta el grado de penetración y la cantidad de imprimación.

##### 4.7.5.1 Determinación del grado de penetración

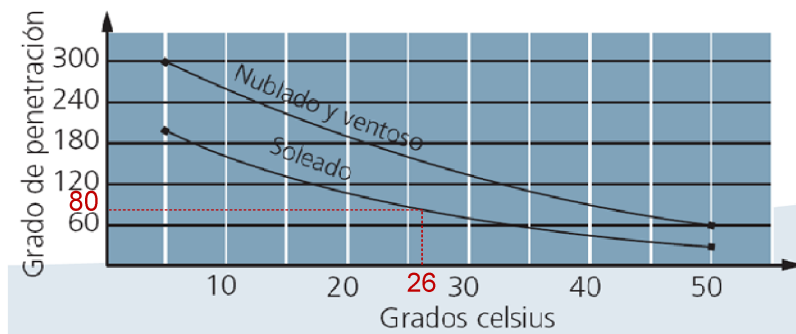
Cuando se calcula el grado de penetración adecuado del betún en el geotextil de pavimento deben tenerse en cuentas las condiciones meteorológicas.

Podemos observar en el siguiente cuadro cómo se comporta.

*Cuadro 4.1*



En nuestro caso colocamos es ligante asfáltico al promediar las 10 de la mañana, donde teníamos una temperatura de 26 ° C. Utilizando el cuadro 4.1 podemos encontrar el grado de penetración.



Por lo tanto el grado de penetración es de  $80 \text{ gr}/m^2$ , al cuadro entramos con la temperatura de trabajo a un curva ya calibrada para obtener directamente el grado de penetración.

#### 4.7.5.2 Determinación de la cantidad de imprimación bituminosa

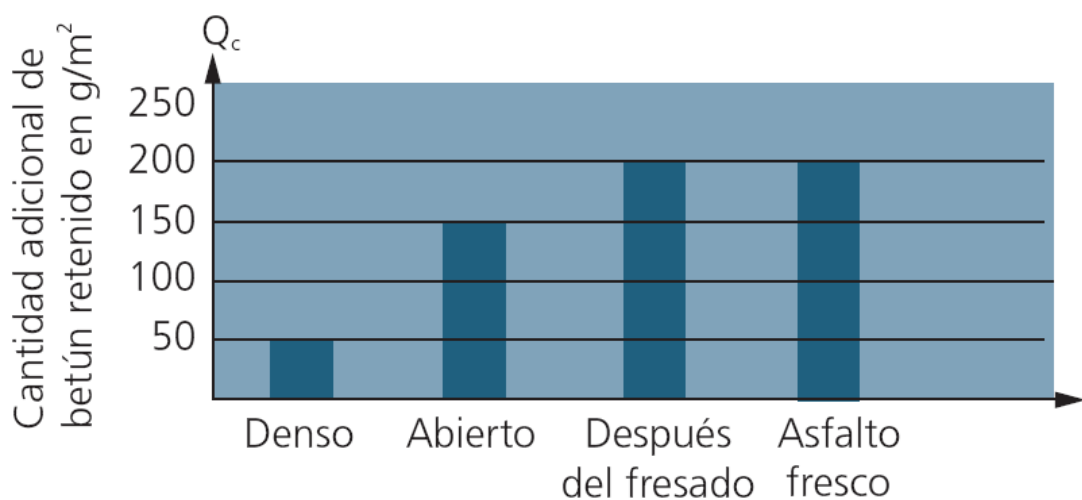
La cantidad de imprimación bituminosa debe ser suficiente para asegurar una correcta retención del betún y la adherencia del geotextil a la capa asfáltica nueva y antigua.

La retención de betún puro del geotextil Fibertex Am2,  $Q_{fabric} = 900 \text{ g}/m^2$

Para hacer frente a las diferentes irregularidades de la superficie antigua del pavimento será necesaria una aportación adicional de betún  $Q_c$ . Aunque a menudo se realiza una estimación en la propia obra. El cuadro 4.2 sirve de orientación para determinar el betún adicional necesario.

Según la superficie en la que se va a realizar este trabajo tenemos que aplicar distintas cantidades de ligante asfálticos, esto va en función al grado de porosidad.

**Cuadro 4.2**



Con el cuadro 4.2 podemos determinar la cantidad adicional de betún retenido en  $g/m^2$ , entramos al cuadro con la situación de nuestro trabajo, para nuestro caso es después del fresado, por lo tanto nuestra cantidad adicional de betún retenido es de  $200 g/m^2$ .

Ahora puede calcularse la cantidad de imprimación bituminosa necesaria,  $Q$  :

**Emulsiones bituminosas líquidas** (contenido de betún  $E > 65\%$ )

Nuestro ligante asfáltico es un MC-250 por lo tanto necesitamos un contenido de betún de  $67\%$ .

$$Q = \frac{Q_{fabric} + Q_c}{E} \cdot 100 \quad (g/m^2)$$

$$Q = \frac{900 + 200}{67} \cdot 100$$

$$Q = 1641.791 \frac{g}{m^2}$$

**Donde:**

$Q$  : Cantidad total de imprimación bituminosa o emulsión requerida ( $g/m^2$ )

$Q_{fabric}$  : Cantidad de imprimación betún puro requerida para saturar el geotextil ( $g/m^2$ )

$Q_c$  : Cantidad de imprimación bituminosa o emulsión necesaria debido a las irregularidades del pavimento existente ( $g/m^2$ )

$E$  : Porcentaje de betún en la emulsión bituminosa (%)

Lista el área de trabajo, libre de partículas procedemos con determinar el área a ser cubierta por el ligante asfáltico como se muestra en la figura 4.14.



*Figura 4.14*

El ligante asfáltico se lo tiene que colocar con un tanque regador portátil, este equipo es de propiedad de la Alcaldía Municipal de Tarija. La supervisión de la cantidad de ligante fue realizada por el técnico encargado de asfaltos.



*Figura 4.15*

Se tiene que hacer un control de la temperatura antes del regado del ligante asfáltico. Para poder mantener la temperatura de 150 °C tenemos que calentar la caldera con ayuda de una garrafa.



*Figura 4.16*

Realizado el control de temperatura procedemos con el colocado del ligante asfáltico con una manguera a presión como se muestra en la figura 4.17.



*Figura 4.17*

La manguera a presión asegura una aplicación uniforme, de esta manera garantizamos una correcta saturación del geotextil para que pueda formar una sola capa con el pavimento agrietado.



*Figura 4.18*

Toda la superficie a ser cubierta por el geotextil tiene que estar impregnada con ligante asfáltico para garantizar la adherencia del mismo al pavimento agrietado, de esta manera impermeabilizamos la losa evitando el paso del agua.



*Figura 4.19*

La garrafa ayuda con el control de la temperatura, es mucho más necesaria cuando se está trabajando en un día nublado o con bajas temperaturas, en nuestro caso el día fue muy favorable puesto que era un día bastante soleado con un temperatura ambiente de 26 ° C.



*Figura 4.20*

#### **4.7.6 Colocado de la malla geotextil**

Colocado el ligante asfáltico se tiene que colocar la malla geotextil tomando en cuenta que el ligante asfáltico no se encuentre frío ya que esto evitaría la saturación del geotextil con el ligante.

El colocado se lo realiza con mucho cuidado, previamente cortado el geotextil con la misma área a ser pavimentada se procede con el colocado como se muestra en la figura 4.21.



*Figura 4.21*

Se tiene que evitar la formación de arrugas, si éstas se producen, tratar de repararlas antes de que el ligante asfáltico seque, para nuestro caso el geotextil fue colocado manualmente con ayuda de personal para evitar la formación de arrugas.



*Figura 4.22*

Durante el colocado tenemos que observar que el geotextil no presente cortes, arrugas, dobleces u otros defectos que alteren la función del geotextil.



*Figura 4.23*

Colocado el geotextil, verificar que no existan arrugas y asegurar la correcta saturación del geotextil.



*Figura 4.24*

El geotextil cuando es colocado manualmente tiende a formar arrugas. Entonces tenemos que tener mucho cuidado y estirar el geotextil con mucho cuidado para que no exista ninguna arruga.



*Figura 4.25*

Colocado el geotextil comienza a saturarse con el ligante asfáltico, pero para garantizar una mejor saturación tendría que pasarse un rodillo neumático, para nuestro caso lo vamos a realizar con ayuda de un carreterilla.



*Figura 4.26 (Colocado final del geotextil)*

Como observamos en la figura 4.26 el geotextil tiene que estar totalmente extendido sobre la superficie y completamente empapado de ligante asfáltico, cuando existe solapes se tiene que colocar una cantidad adicional donde se superponen el geotextil para que exista una adhesión completa.

Para que el geotextil se sature completamente con el ligante asfáltico aplicado al pavimento agrietado, es necesario pasar un rodillo neumático, en nuestro caso debido a que el área de superficie es pequeña hemos pasado una carreterilla que simula al rodillo neumático. El proceso se lo realizó como se muestra en la figura 4.27.



*Figura 4.27*



*Figura 4.28*

Como observamos en la figura 4.29 con ayuda de la carreterilla el geotextil forma una nueva capa con el pavimento agrietado, entonces ya es hora de aplicar la segunda capa de ligante asfáltico, esto es para que la nueva capa de rodadura se adhiera al geotextil formando de esta forma una nueva capa de rodadura con un paquete estructural.



*Figura 4.29*

El ligante asfáltico se lo tiene que colocar inmediatamente colocado el geotextil para que tanto la superficie del pavimento rígido agrietado como la nueva capa de rodadura, formen una sola estructura.



*Figura 4.30*

El ligante asfáltico es colocado en la misma cantidad que en la superficie del pavimento rígido, entonces la cantidad aplicada sobre el geotextil es de  $1461.791 \text{ g/m}^2$



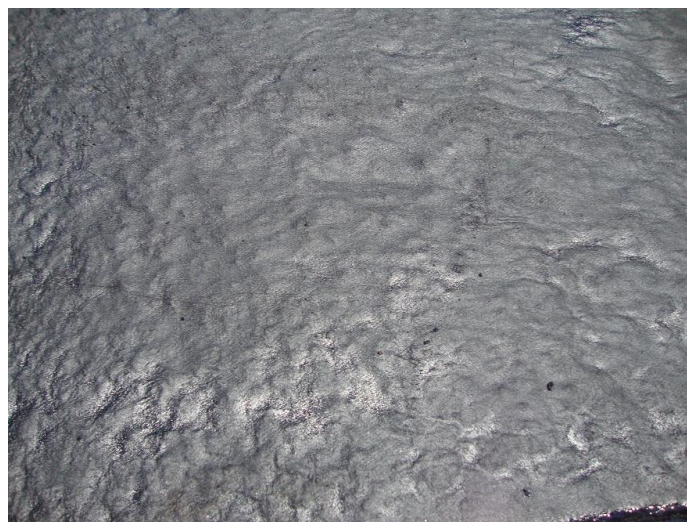
*Figura 4.31*

El ligante asfáltico tiene que ser aplicado sobre todo el geotextil asegurando una saturación completa. Como se muestra en la figura 4.32 y 4.33 en nuestro caso aseguramos una correcta saturación.



*Figura 4.32 (Geotextil saturado)*

El geotextil saturado de ligante asfáltico se adhiere completamente a la capa de rodadura y forma parte del nuevo paquete estructural.



*Figura 4.33 (Geotextil saturado de ligante asfáltico)*



*Figura 4.34 (Control de altura)*

Aplicado el ligante asfáltico tenemos que esperar 24 horas y verificar que todo el solvente utilizado para hacer más fácil el manejo del ligante, haya sido eliminado.



*Figura 4.35 (Ligante asfáltico seco)*

#### 4.7.7 Recapeo Asfáltico

Listo el área de trabajo tenemos que tener todo el material y maquinaria en el lugar de trabajo. Como se ha esperado 24 horas tenemos que hacer una segunda limpieza si fuese necesario puesto que pueden existir basuras pequeñas. La limpieza se la puede realizar con ayuda de una escoba.



*Figura 4.36*

El colocado del pavimento para nuestro caso se lo realiza manualmente con la ayuda del personal de la Alcaldía Municipal de Tarija.



*Figura 4.37*

El pavimento utilizado es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero; capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes. ANEXO 3



*Figura 4.38*

Colocado el pavimento asfáltico sobre el área de estudio, procedemos a igualarlo para poder realizar la eliminación de vacíos con ayuda de un saltarín, esto se lo tiene que realizar en dos etapas, la primera es eliminar los espacios vacíos con un saltarín como se muestra en la figura 4.40.



*Figura 4.39*

Con aproximadamente 3 cm procedemos a pasar el saltarín para eliminar espacios vacíos para posteriormente pasar el rodillo vibrador.



*Figura 4.40*

Ahora con ayuda de maquinaria pesada vamos a proceder a realizar un compactado definitivo, primero se tiene que pasar con un rodillo vibrador el mismo que ayuda a acomodar las partículas del agregado asfáltico.



*Figura 4.41*



*Figura 4.42*

Acomodadas las partículas del agregado del pavimento asfáltico se procede a pasar el rodillo neumático para poder eliminar todos los espacios vacíos.



*Figura 4.43*



*Figura 4.44*

Nueva capa de rodadura de pavimento asfáltico con malla geotextil que actúa como capa intermedia entre el pavimento rígido agrietado y pavimento asfáltico redistribuyendo los esfuerzos de corte producido en los bordes de las fisuras.



*Figura 4.45*

#### 4.8 ANALISIS DE RESULTADOS

Después de colocada la nueva capa de rodadura, tenemos que realizar una evaluación superficial de cómo se va comportando, lo vamos a realizar hasta que el tiempo lo permita ya que estamos limitados por la fecha de presentación de este proyecto.

Colocada la nueva capa de rodadura (figura 4.46) podemos observar que gracias al rodillo compactador y el rodillo neumático, hemos conseguido llegar al mismo nivel que tiene el pavimento rígido.



*Figura 4.46*

La carpeta asfáltica previamente compactada toma la forma deseada, para que se acomode y forme parte de la nueva capa de rodadura, el geotextil al tener una resistencia de rotura del 60 % no se ve afectado por el fresado y tampoco existe posibilidad de que el geotextil se corte, ya que al ser punzonado puede ser sometido a esfuerzos de corte y resistir los mismo.



*Figura 4.47 (7 días)*

Después de los 7 días de pavimentado podemos observar que no existe ninguna alteración sobre la capa de rodadura.



*Figura 4.48 (14días)*



*Figura 4.49 (30dias)*



*Figura 4.50 (40dias)*



*Figura 4.51 (60días)*



*Figura 4.52 (60días)*

A los 60 días de realizada la aplicación práctica observamos que la nueva capa de rodadura está en buenas condiciones demostrando hasta la fecha la efectividad de este método, cabe recalcar que el tiempo de evaluación no es suficiente al estar limitados por la fecha de presentación de este proyecto.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Durante el trabajo realizado se ha identificado y puesto en práctica una técnica muy novedosa como es el recapeo asfáltico con uso de geotextiles.
- A lo largo de la Avenida Circunvalación existen 6658 losas de las cuales 1562 se encuentran fisuradas con distintos niveles de severidad, esto representa el 23,5 % del total; por lo tanto no es posible hacer una zonificación ya que podemos encontrar fallas sobre toda la avenida en ambos carriles.
- Se concluye que el geotextil actúa como una membrana que distribuye los esfuerzos de corte producidos en las grietas, evita la reflexión de grietas hacia la nueva capa asfáltica lo que se traduce en un aumento de la vida útil.
- Se concluye que luego del impregnado del ligante asfáltico con el geotextil, se convierte en una membrana de características impermeables impidiendo la entrada de agua a la estructura del pavimento. Previniendo de esta manera la pérdida de finos (arenas, limos) por efecto del bombeo, evitando así la pérdida de capacidad soporte.
- Que el buen control en la ejecución de los tramos experimentales es fundamental, realizando un seguimiento durante el tiempo de vida, estudiando las variaciones influyentes en el comportamiento de la manta geotextil, para obtener conclusiones de ensayos.
- Que al aplicar dicha técnica se elimina la reflexión de fisuras por reflexión a través de un desvío de la trayectoria de propagación e impermeabiliza la subrasante.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar esta técnica en el recapeo asfáltico en los lugares con fisuras, para evitar la filtración de agua.
- Se recomienda realizar un recapeo de pavimento flexible, con la aplicación del geotextil para mejorar la carpeta asfáltica y de esta manera garantizar la vida útil de dicho pavimento.
- Que por las características físicas del geotextil, se recomienda el geotextil Fibertex Am2.
- Aplicar la tasa de asfalto adecuada según las características del pavimento rígido agrietado, para garantizar el saturado completo del geotextil con el ligante asfáltico
- Se recomienda realizar un permanente control de las variaciones influyentes en el comportamiento de la manta geotextil.
- Asegurar la adherencia del geotextil hacia el pavimento agrietado y la nueva capa de rodadura, asegurando la correcta distribución de esfuerzos de los bordes de las grietas a la carpeta asfáltica, liberando del polvo y basura.



## **BIBLIOGRAFIA.-**

- 1.- Cabrera, D. y Serra, L. “Experiencias con geotextiles en repavimentación asfáltica en pavimentos flexibles” 3er Congreso Ibero latinoamericano del Asfalto. Cartagena, Colombia, 1995.
- 2.- García, Hugo “Ley de Fatiga de mezcla asfáltica mediante ensayos de flexión”. Boletín Técnico LNV N°2. Laboratorio Nacional de Vialidad, M.O.P., Santiago, Chile, 1989.
- 3.- José Leomar Fernández Junior, Joao Alexander. “Análisis Teórico de Geotextiles para prolongar la vida útil en un recapado Asfáltico”. 8 Congreso Latinoamericano del asfalto. Santa Cruz, Bolivia, 1995.
- 4.- Patricia X. Frutos J, “Utilización de Geotextiles en Recapamiento a 4000 metros de Altura”. 8 Congreso Latinoamericano del asfalto. Santa Cruz, Bolivia, 1995.
- 5.- Comisión permanente del Asfalto, “Control de calidad de los cementos asfálticos”, Octavo Simposio, Buenos Aires, Republica Argentina 1982.
- 6.- Oglesby C.H. & Hewes L.I. “Ingeniería de Carreteras” Segunda Edición, John Wiley & Sons, New York USA. 1972.
- 7.- Jeuffroy G. “Proyecto y Construcción de Carreteras” Primera Edición Española, Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona, España. 1972
- 8.- Zeevaert L. “Interacción Suelo Estructura e Cimentación”, Primera Edición, Editorial Limusa S.A. México D.F. 1980
- 9.- King, G.N., Muncy, H.W. e Prudhomme, J.B. “Recapamiento con Geotextil” Editorial Paraíso S.A. México, 1988.

10.- Chliessler, A. Caminos, un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales, Cepal. Santiago de Chile 1992.

11.- Dopino, F. “Experiencia española sobre el empleo de geotextiles en recapeos asfálticos”. III Congreso Ibero Latinoamericano del asfalto, Cartagena Colombia, 1995.

