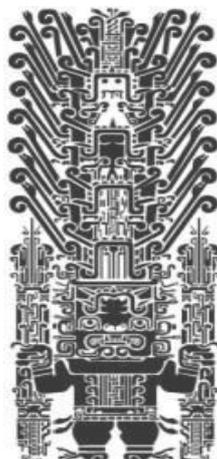


**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE  
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE ALTO VOLUMEN DE TRÁNSITO  
MEDIANTE PROCEDIMIENTO DE REHABILITACION CON  
TECNOLOGÍAS MODERNAS EN LA CIUDAD DE LIMA”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**ERWIN PAUL MOSTACERO VENTURA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

**LIMA-PERÚ**

2018

**HOJA DE RESPETO**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por estar a mi lado y apoyarme día a día, a lo largo del aprendizaje de esta bella y honorable profesión que es la Ingeniería Civil.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis docentes, cuya dedicación en la noble labor de la enseñanza me ha permitido el poder elaborar esta tesis con el apoyo de los innumerables conocimientos transmitidos por ellos, en las aulas de mi querida Alma Máter, la Universidad Nacional Federico Villarreal.

## **RESUMEN**

Todo pavimento en servicio, diseñado para un período de tiempo y una determinada intensidad de tráfico durante su vida útil, sufre deformaciones debidas al mismo tráfico y a las condiciones climáticas; así como también debidas a la contaminación de los materiales de la base con agua debilitándola.

Más aún son notorias las deformaciones o alteraciones del pavimento cuando se ha cumplido el periodo de tiempo y se ha superado largamente la cantidad de tráfico para el que fue diseñado.

La presente tesis tiene como objetivo fundamental el mejoramiento del comportamiento estructural de pavimentos asfálticos de alto volumen de trafico y además también motivar al gobierno central, y también a los gobiernos locales a retomar el tema de rehabilitación de vías después de varios años de abandono; porque somos conscientes que un país sin vías de transporte adecuadas no puede progresar y si ahora se va a prestar atención a nuestras carreteras hagámoslo con la tecnología de punta que asegure una mayor vida útil de nuestros pavimentos y por ende mayor serviciabilidad de los mismos.

**PALABRAS CLAVE: Pavimento Asfáltico, Rehabilitación.**

## **ABSTRACT**

Every pavement in service, designed for a period of time and a certain intensity of traffic during its useful life, suffers deformations due to the same traffic and climatic conditions; as well as due to the contamination of the base materials with water weakening it.

Moreover, the deformations or alterations of the pavement are notorious when the time period has been completed and the amount of traffic for which it was designed has been greatly exceeded.

The main objective of this thesis is not only to achieve the maintenance and rehabilitation of high-volume roads, but also to motivate the new central government, and also local governments to take up the issue of road rehabilitation after several years of abandonment ; because we are aware that a country without adequate transport routes can not progress and if now we are going to pay attention to our roads, let's do it with the latest technology that ensures a longer life of our pavements and therefore greater serviceability of them.

**KEYWORDS: Asphalt Pavement, Rehabilitation**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayor parte de las agencias de carreteras en el mundo están implementando algún tipo de gestión de pavimentos. Una gestión de pavimentos, es un conjunto de herramientas o métodos que permiten a la persona encargada de la toma de decisiones, hallar las estrategias óptimas para prever y mantener pavimentos en una cierta condición de servicio por un período de tiempo.

La función de un sistema de gestión de pavimentos es mejorar la eficiencia de los tomadores de decisiones, expandir sus alcances, proporcionar los elementos que aseguren la consistencia de las decisiones tomadas.

Un sistema de gestión de pavimentos es de muchas maneras, una evaluación o monitoreo periódico de los pavimentos en servicio.

La gran necesidad de calles y carreteras en muchos países ha requerido que se dé atención preferente al aspecto estructural de las mismas, con el fin de construir el mayor kilometraje en el menor tiempo, así como una mayor duración de su infraestructura.

Hablar de gestión de pavimentos, en su sentido más amplio, comprende todas las actividades involucradas en el planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento y rehabilitación de una porción de pavimento correspondiente a un programa público de transporte; el objetivo de las actividades de mantenimiento es conservar el pavimento en sus condiciones iniciales para que pueda ofrecer al usuario el servicio previsto en las mejores condiciones de seguridad.

Las actividades de rehabilitación vial se refieren a aquellas que por varios motivos fueron omitidas en el diseño original o que se necesita debido al cambio de las condiciones físicas, como parcheo de huecos y resaltos y el rejuvenecimiento de la superficie asfaltada mediante un sello.

En materia de pavimentos y mezclas asfálticas Estados Unidos y los países europeos hace más de 50 años que empezaron a investigar en el campo de los polímeros para mejorar el comportamiento de las mismas, y son utilizados con resultados satisfactorios; aunados a una excelente gestión de pavimentos.

En América del Sur hace 10 o 15 años que países como Brasil, Argentina, Uruguay y Colombia lo vienen usando y no hace más de 10 años en Chile; Bolivia hace 5 años aproximadamente usa polímeros y en nuestro medio aún no tenemos un solo metro de nuestras pistas con esta última tecnología a pesar de que en Sudamérica; Brasil produce y comercializa polímeros a gran escala.

Por todo ello la presente tesis es de suma importancia, ya que los pavimentos desempeñan un papel fundamental en el progreso del país.

## ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES</b>	
1.1 Primeros Caminos	11
<b>CAPITULO II: PARÁMETROS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS</b>	
2.1 Generalidades	14
2.2 Definiciones	15
2.3 Uso de los volúmenes de tránsito	17
2.4 Características de los volúmenes de tránsito	18
2.5 Determinación del tránsito existente	21
<b>CAPITULO III: MECÁNICA DE SUELOS APLICADA</b>	
3.1 Generalidades.	22
3.2 Tipos de suelos	23
3.3 Clasificación de Suelos	25
3.4 Componentes Estructurales	32
<b>CAPÍTULO IV: TECNOLOGÍA DEL ASFALTO</b>	
4.1 Tipos de Mezclas Asfálticas	41
4.2 Asfaltos Modificados	53
4.3 Otros modificadores	60
4.4 Asfalto Espumado	61
4.5 Superficies Reforzadas con Geotextiles	64

## **CAPÍTULO V: EVALUACION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS**

5.1 Generalidades	69
5.2 Tipos de Fallas en Pavimentos Flexibles	73
5.3 Procedimientos de Evaluación	81
5.4 Descripción de cada Falla	94

## **CAPITULO VI: MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN-INVENTARIO DE FALLAS**

6.1 Generalidades	117
6.2 Inventario de Fallas	118
6.3 Obras de mantenimiento	135
6.4 Tratamiento de Fallas o Alternativas de solución	152

## **CAPITULO VII: COSTOS Y PRESUPUESTO**

7.1 Generalidades	161
7.2 Análisis de Precios Unitarios	162
7.3 Presupuesto Base	178

<b>CONCLUSIONES</b>	180
---------------------	-----

<b>RECOMENDACIONES</b>	182
------------------------	-----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	184
---------------------	-----

## **ANEXOS**

• Anexo 01: Gráficos de Ensayos	187
• Anexo 02: Especificaciones Técnicas	200
• Anexo 03: Plan de tesis	226

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1. PRIMEROS CAMINOS**

Los incas en el Perú, dejaron huellas de una avanzada técnica en la construcción de caminos; realizando verdaderas obras de ingeniería, dada la accidentada topografía de nuestro suelo, para construir caminos que no destinados al tránsito de vehículos, denotaban un movimiento importante. Los primeros caminos se formaron de veredas tomadas tanto por animales como por nativos de la región. Estos caminos, naturalmente, siguieron las líneas de menor resistencia, que evitan pendientes muy inclinadas o pantanos traicioneros y que evitan los obstáculos naturales, como crestones de rocas, si se tenía que cruzar un río, la vereda se desviaba para un lugar de vadeo.

Los primeros constructores de caminos modernos fueron los romanos. Su imperio en extensión demandaba las facilidades adecuadas para sus legiones y para los mercaderes. Así, los romanos construyeron caminos rectos y pavimentados con piedra. Esto fue posible por la abundancia de mano de obra de esclavos con lo cual los constructores de caminos tomaron las trayectorias más cortas por conectar. Rellenaron ciénagas, atravesaron colinas, hicieron puentes o desviaron ríos. La fuerza impulsora era el látigo del maestro de tareas. El producto era bueno y construido para durar. Algunos caminos europeos actuales todavía siguen los viejos caminos de los romanos, y en ciertos casos pueden encontrarse vestigios del pavimento original. Después de los romanos, vinieron las épocas oscuras, que, desde el punto de vista de construcción de caminos, duró hasta el siglo XVIII.

Después vinieron hombres como macadán y Telford, que mejoraron bastante la construcción de caminos y cuyos nombres aún se asocian con los pavimentos actuales.

Herederos de una cultura milenaria y descendientes de una raza caminera, el Perú ha descuidado los caminos de nuestro territorio. La mayoría de las carreteras y calles del Perú están trazadas siguiendo las normas antiguas y es común observar que las velocidades de proyecto son superadas por los vehículos que actualmente las transitan. Sus características de curvatura, pendiente, sección transversal y capacidad de carga, corresponden, más bien; a un tránsito de vehículos lentos, pequeños y ligeros; fueron proyectadas para vehículos de hace 40 o 50 años, y en ese lapso el vehículo de motor ha variado tanto, que ya esas carreteras y calles resultan anticuadas. Hace 50 años se proyectaba una carretera con velocidad de proyecto de 60 Km/h. Y se consideraba avanzada; actualmente se considera conservadora una velocidad de 100 Km/h. Para hacer frente a las altas velocidades desarrolladas.

El camino, sin embargo, es en primer lugar un medio de transporte; se debe construir para resistir y mantener adecuadamente el paso de vehículos. Para lograr este objetivo, el diseño debe adoptar ciertos criterios para resistencia, seguridad y uniformidad. La mayor parte de estos criterios se deben a la dura escuela de la experiencia de muchos años, mientras que algunos han evolucionado debido a la investigación y los ensayos. Así, se han establecido ciertas formulas; pero estas siempre están sujetas a modificaciones, ya que los caminos están asociados íntimamente con la superficie de la tierra, que raras veces se ajusta a conceptos matemáticos.

## NACIONAL SEGÚN CLASE DE VEHÍCULO: 2014 - 2017

CLASE DE VEHÍCULO	2014	2017	TASA PROMEDIO ANUAL
<b>TOTAL</b>	<b>1,114,191</b>	<b>1, 471,751</b>	<b>4.7%</b>
AUTOMOVIL	565,821	747,099	2.7%
STATION WAGON	118,712	139,660	2.7%
CMTA. PICK UP	142,819	184,244	4.3%
CMTA. RURAL	101,342	158,244	7.8%
CMTA. PANEL	18,040	21,745	3.2%
ÓMNIBUS	44,192	73,154	8.8%
CAMIÓN	97,259	112,885	2.5%
REMOLCADOR	12,630	17,601	5.7%
REM. Y SEMI-REMOLQUE	13,376	16,737	3.8%

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

La tabla anterior muestra las proyecciones del parque automotor para el año 2017 a nivel nacional; si Lima mantiene el porcentaje de 67.4% que tenía en 2014, entonces para el año 2017 tendrá 991,960 vehículos circulando por sus calles y avenidas.

En 2014 Lima y Callao tenían 750,610 vehículos y para el año 2017 habrán crecido en 32% en solo 4 años. Esto denota la cantidad de tráfico al que están sometidos los pavimentos de la gran Lima y el Callao y por tanto deja claro la atención que se le debe prestar al mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos para conservarlos en buen estado con el fin de que presten un adecuado servicio al usuario.

## CAPÍTULO II

# PARÁMETROS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

## 2.1 GENERALIDADES

El volumen de tráfico que ha de circular en un tiempo determinado, como a su vez su variación y la tasa de crecimiento que pueda experimentar una carretera proyectada, define la viabilidad, así como también los accesos y los servicios en ella.

Por ello es importante mencionar que, si se toman datos de una manera ineficiente, es decir no son correctos, se incurrirá en hechos tales como que la carretera se desempeñe bien solo con volúmenes de tráfico inferiores a los establecidos o proyectados, o mal, con una presencia constante de tráfico vehicular al existir volúmenes mayores de tráfico a los que han sido proyectados y establecidos.

Cabe destacar por ello, que un estudio de tráfico para carretera no solo busca contabilizar los vehículos sino también a la gente relacionada, o ciertas secciones de la vía importantes para el estudio.

Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, las cifras de volumen requeridas son generalmente para 20 años después de terminada la construcción del proyecto. Las cuentas de tráfico se hacen mediante dispositivos automáticos en los caminos que dan servicio a las zonas contiguas al alineamiento propuesto en el caso de una carretera nueva o en la misma carretera en el caso de una mejora o rehabilitación de la existente.

El paso final al hacer una predicción del tráfico futuro es aumentar los volúmenes de diseño por el crecimiento esperado en más de 20 años, u otro período especificado.

En general, no es posible pronosticar precisamente todos los factores de conducta de gran escala y locales, tecnológicos, económicos y sociales que afectarán los movimientos de tráfico de día a día y de hora tras hora.

Aun así, son necesarias las mejores estimaciones posibles del uso probable o las necesidades típicas y para proveer una base para la comparación sistemática de los efectos sobre el tráfico de las variantes de diseño del proyecto.

La información de tráfico requerida para el planeamiento de una calle, avenida o carretera es sumamente importante, por eso la exactitud de la información relativa al volumen de tráfico permitirá al diseñador lograr una vía con el máximo nivel de servicio.

## **2.2 DEFINICIONES**

### **2.2.1 VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Se llama así a la cantidad de vehículos que circularán por una sección de la vía dada, de un carril y así mismo también una calzada, esto analizado a través de un periodo establecido de tiempo, Para ello tenemos la siguiente fórmula:

$$Q = N / T$$

Donde:

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos / período)

N = número de vehículos que pasan (vehículos)

T = período determinado (unidades de tiempo)

## **2.2.2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO HORARIO**

### **1. Volumen horario de máxima demanda (VHMD)**

Evaluando por un periodo de 60 min, la cantidad de vehículos que pasa por un carril o calzada, es a lo que se le llama VHMD.

### **2. Volumen horario de proyecto (VHP)**

Es aquel que se caracteriza por ser empleado con fines a conseguir el volumen de tráfico de carácter horario con el cual serán establecidas las características de tipo geométricas referentes al concepto de viabilidad.

Principalmente se realiza la proyección haciendo uso de un volumen de carácter horario y que ha sido ya establecido y/o o se ha pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos que se pueda presentar durante un año, ya que exigiría inversiones demasiado cuantiosas, sino un volumen horario que se pueda dar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.

## 2.3 USOS DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Los datos sobre volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en los siguientes campos.

### 1. Planeación

- Clasificación sistemática de redes de carreteras
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito
- Modelos de asignación y distribución de tránsito
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades
- Análisis económicos
- Estimaciones de la calidad del aire
- Estimaciones del consumo de combustible

### 2. Proyecto

- Aplicación de normas de proyecto geométrico
- Requerimiento de nuevas carreteras
- Análisis estructural de superficies de rodamiento

### 3. Ingeniería de tránsito

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de viabilidades
- Caracterización de flujos vehiculares
- Zonificación de velocidades
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito
- Estudio de estacionamientos

### 4. Seguridad

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad
- Evolución de mejoras por seguridad

### 5. Investigación

- Haciendo uso de métodos destinados a evaluar y analizar la capacidad. Métodos de carácter nuevo y moderno.
- En el tema de seguridad procederá a realizarse un análisis.
- Con fines a lograr que se cumplan las normas de carácter vial, también conocidas como normas de tráfico, se elaborarán programas de ayuda y diversos y eficientes estudios.
- A su vez también se procederá a realizar una investigación eficiente y un estudio efectivo sobre el impacto que se dará en el medio ambiente, con la realización o ejecución de los trabajos.

6. Existe la presencia de zonas de carácter comercial?

- Hoteles y restaurantes
- Urbanismo
- Autoservicios
- Actividades recreacionales y deportivas

## **2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO**

Se ha de considerar siempre, que los volúmenes de tráfico sean de carácter dinámico. Éstos son precisos únicamente en el período de duración de los aforos. Sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características para prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación. Por lo tanto, es fundamental, en la planeación y operación de la circulación vehicular, conocer las variaciones de los volúmenes de transito dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año.

También es importante conocer las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional y su composición.

#### **2.4.1 DISTRIBUCIÓN Y COMPOSICIÓN DEL VOLUMEN DE TRANSITO**

Durante la ejecución del proyecto, la forma de distribuir los volúmenes de tráfico mediante carriles han de ser consideradas. Es importante mencionar la característica de asemejarse a una corriente hidráulica el flujo, cuando se está considerando tres o más carriles que se dirijan en un solo sentido.

Un detalle vital a tomar en cuenta, es que se ha demostrado que, de los carriles, el que posee más velocidad y capacidad es el carril central. Numerosos estudios lo han demostrado.

Si analizamos, el tránsito en los carriles laterales, estos se ven afectados por los numerosos paraderos. Y, en forma general, en los carriles extremos, debido a las vueltas hacia la izquierda o hacia la derecha la circulación es más lenta. Comprobando con ello la premisa del párrafo anterior.

Cuando se conoce la composición o también las distintas clases o tipos de vehículos se facilita muchísimo la realización de los estudios.

Podemos considerar, por ejemplo, los tipos de vehículos como lo son automóviles, camiones o también autobuses para medir lo que se denomina la composición vehicular.

En la avenida de La Marina se registran entre 62% a 70% automóviles, 26% a 32% combis y coaster y entre 3% a 6%

autobuses y camiones, dependiendo la hora del día y el día de la semana.

#### **2.4.2 VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRANSITO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA**

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo. En cualquiera de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos. Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante durante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mucho mayores a las de la hora misma.

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

### **2.5 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO EXISTENTE**

Dokumen.tips (2018) señala que:

La información necesaria para cuantificar el tránsito existente de una vía se debe recolectar con base en los procedimientos de la ingeniería de tránsito. Para la determinación se requiere: El tránsito promedio diario semanal (TPDS); y a su vez también conocer tanto el tipo, el peso como también el número que caracteriza a los ejes de los vehículos pesados.

A través de un conteo es posible hallar el famoso TPD. Este conteo se caracteriza porque debe realizarse en una semana, tomando en consideración a todos aquellos vehículos que pasan por la carretera en estudio. Se debe seleccionar muy bien la semana del mes en la cual se hará el conteo, debido a que sabemos que en el tráfico siempre se suelen dar variaciones de tipo mensual o estacionales.

El conteo para el tráfico es, generalmente efectuado en verano, ya que en esta estación del año la circulación generalmente está a tope.

Ahora bien, cuando se ha terminado de registrar el conteo, al tráfico total que se ha obtenido se debe proceder a dividirse entre la cantidad de días en que se ha realizado el conteo (es decir 7). Con ello conseguimos el valor del TPDS. No es necesario considerar en él a los vehículos que se caractericen por ser livianos o los de tipo comercial. Estos últimos son los que realmente han de ser considerados para el diseño o evaluación de un pavimento.

### **CAPÍTULO III**

# **MECÁNICA DE SUELOS APLICADA**

## **3.1 GENERALIDADES**

El conocimiento exacto de las propiedades de los materiales; es sin duda el mejor aliado del ingeniero a la hora de decidir el uso de uno de ellos tratando de aprovechar las mayores ventajas y obtener los mejores resultados.

En el campo de los pavimentos no solo es necesario saber qué tipo de material usar; sino también es muy importante saber sobre qué tipo de suelo se va apoyar el camino o carretera

Inmerso en este campo está el mejoramiento de los suelos mediante las mezclas de suelos buscando la resistencia adecuada para tal o cual uso.

Por eso el tratamiento del suelo de fundación es una consideración importante en el comportamiento de los pavimentos.

## **3.2 TIPOS DE SUELOS**

## a) **Suelos Residuales.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Son aquellos formados en el mismo sitio donde se encuentra actualmente o se hallan ubicados junto a la roca madre que los ha originado.

El perfil de meteorización, que es una característica fundamental de tales suelos, está compuesto generalmente por tres estratos.

Dokumen.tips (2018) señala:

*Horizonte A o capa superior.* - donde la alteración es mayor y ha habido una reunión de sus productos. Normalmente en esta zona se encuentra una capa delgada de descomposición orgánica. *Horizonte B o capa intermedia.* - es una zona de acumulación de los productos de alteración de la zona superior. *Horizonte C o capa de transición.* - es un estrato parcialmente meteorizado que sirve de transición entre el suelo y la roca sana

## b) **Suelos transportados.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Son aquellos que cuando agentes físicos han trasladado sus partículas y depositado en el sitio donde actualmente se encuentran. El traslado de sedimentos lo realizan los llamados agentes transportadores, tales como el agua, el hielo, el viento, la gravedad y ciertos organismos. Sus características más importantes son su tamaño, forma y textura; dependen del tipo de agente que los transporta.

características	AGENTE			
	AGUA	AIRE	HIELO	GRAVEDAD
Tamaño	Disminución por solución, poca abrasión en carga suspendida, alguna abrasión e impacto en carga arrastrada	Considerable reducción	Considerable molienda e impacto	Considerable impacto
Forma	Redondeo de arenas y gravas.	Alto grado de redondeo	Angular pulimento de caras	Angular no esférico
Textura	Arena lisa pulida brillante	Superficies deslustradas por impacto	Superficies estriadas	Superficies estriadas

Fuente: MTC.

### 3.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Dokumen.tips (2018) señala que:

En la naturaleza existe una gran variedad de suelos, y la ingeniería de suelos ha desarrollado dos métodos de clasificación en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas; son el de la American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como sistema unificado de suelos.

#### a) **Clasificación de suelos ASSHTO**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Este sistema toma como base el comportamiento de los suelos y lo clasifica en 8 grupos; del A1 al A8. Los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A1 al A7, subdividiéndolos en 12 subgrupos. Los suelos con alto porcentaje de materia orgánica se clasifican como A8.

#### b) **Clasificación unificada de suelos (SUCS)**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es una modificación y adaptación al sistema de clasificación para aeropuertos, propuesta en el año 1942 por Arturo Casagrande. Esta clasificación contempla los seis principales tipos de suelos: grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba.

Divide los suelos en:

- Suelos de grano grueso
- Suelos de grano fino

- Suelos orgánicos

- **Suelos gruesos.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Se dividen en gravas (G) y arenas (S), si más del 50% del peso de su fracción gruesa queda retenida en el tamiz N° 4 pertenece al grupo G; de lo contrario pertenecerá al grupo S. Tanto las gravas como las arenas se dividen en cuatro grupos (GW, GP, GM, GC) Y (SW, SP, SM, SC).

- **Gravas**

Dokumen.tips (2018) señala que:

GW (Grava bien graduada), si el porcentaje de finos es menor del 5%, el coeficiente de curvatura  $C_c = 1$  a  $3$ , el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ )  $> 4$ , si no cumple con estos coeficientes; la grava será mal graduada (GP)

GC (Grava arcillosa), si el porcentaje de finos contenidos en la grava es mayor a 12% y los finos son arcilla.

GM (Grava limosa), porcentaje de finos mayor a 12% y los finos son limos.

GW-GC, sí el porcentaje de finos esta entre 5 y 12%

- **Arenas**

**SW** (Arena bien graduada), si el porcentaje de finos es menor de 5% y cumple que  $1 < C_c < 3$  y  $C_u > 6$ ; si no cumple con estos coeficientes será mal

graduada (SP). **SC** (Arena limosa), si los finos son limos. **SP-SM**, si el porcentaje de finos está entre 5 y 12%

- **Suelos finos.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Considera los suelos finos divididos en tres grupos: Limos orgánicos (M), Arcillas inorgánicas (C) y Limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide, según su límite líquido en dos grupos; siendo el punto medio  $LI = 50\%$ . Si el límite líquido  $LI < 50\%$  se añade al símbolo la letra L (Low compresibility). Si el límite líquido  $LI > 50\%$  se añade al símbolo la letra H (high compresibility). Atendiendo esta característica se obtiene los siguientes tipos: ML = limos orgánicos de baja compresibilidad; OL = limos y arcillas orgánicas de baja compresibilidad; CL = arcillas inorgánicas de baja compresibilidad; CH = arcillas inorgánicas de alta compresibilidad; MH = limos orgánicos de alta compresibilidad; OH = arcillas y limos orgánicos de alta compresibilidad; Pt = suelos altamente orgánicos como turbas.

### 3.3.1 MEZCLAS DE SUELOS

a) **Método del cuadrado.** - este método se basa en las curvas granulométricas de dos suelos 1 y 2, que se desea mezclar para lograr un tercero que esté dentro del Huso Granulométrico deseado.

En la figura se muestra un cuadrado que ha sido construido con 100 unidades de lado, que representan los porcentajes que pasan las respectivas mallas de los materiales 1 y 2 aisladamente (escala vertical); y como parte de la mezcla (escala horizontal).



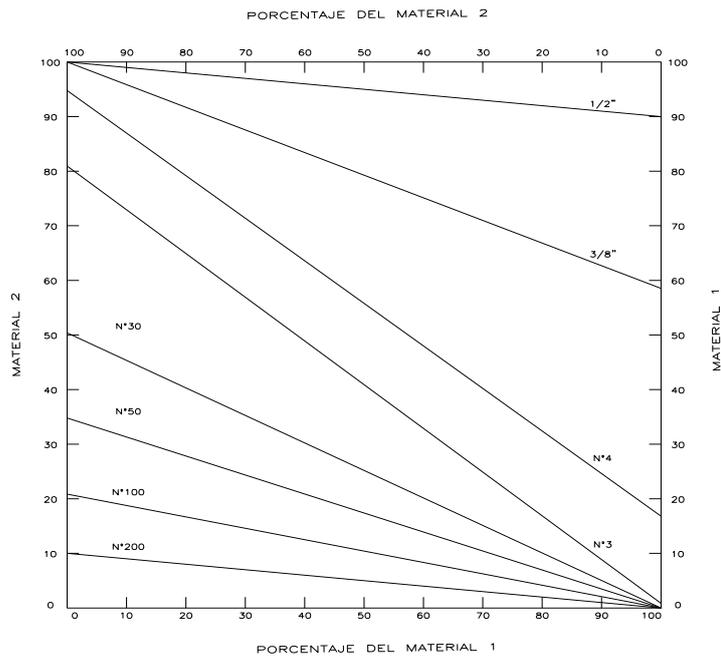
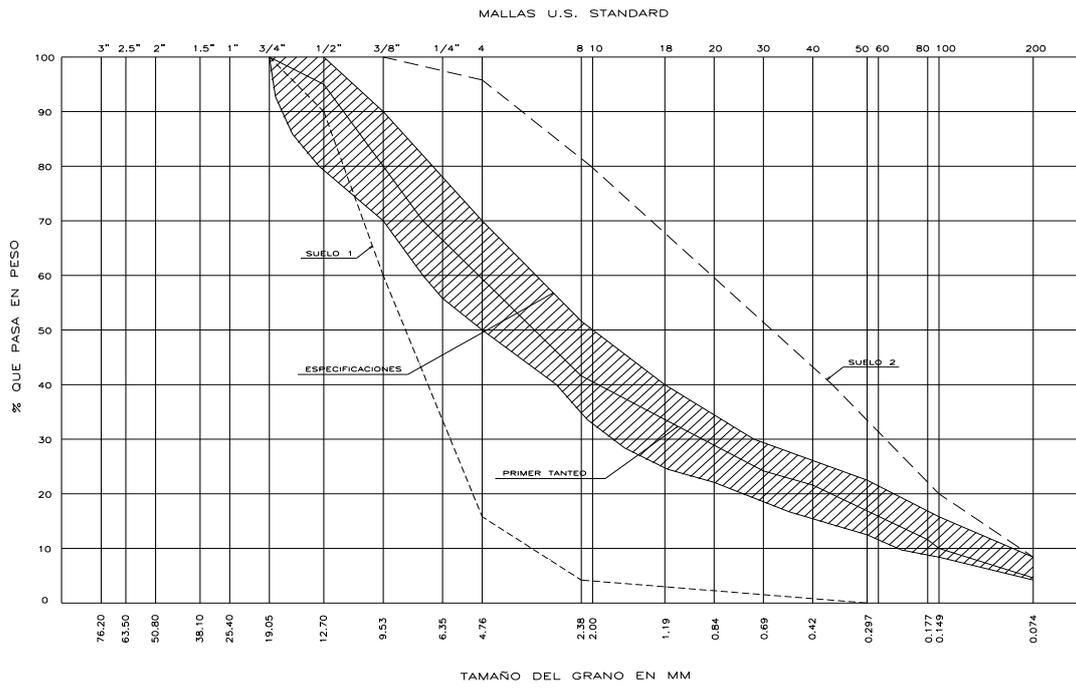


DIAGRAMA CUADRADO PARA MEZCLA DE DOS SUELOS

Fuente: MTC

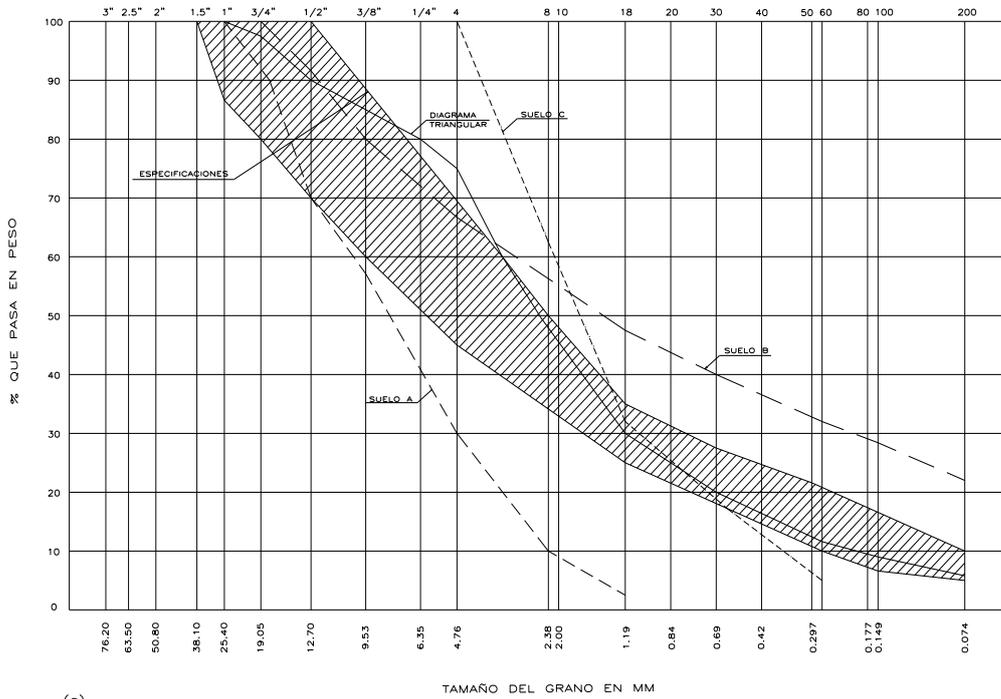
El procedimiento consiste en marcar en cada escala vertical los porcentajes que pasan, correspondientes a cada tipo de malla en ambos suelos, los que luego se unen representando así los porcentajes de suelos 1 y 2 en cada malla.

Luego se procede a marcar sobre esas líneas del Huso Granulométrico que representan los porcentajes que pasan por cada una de las mallas contenidos en el Huso, de tal manera que la porción comprendida entre la menor separación de todas esas marcas (línea punteada), representa todas las posibles combinaciones de los suelos 1 y 2, que cumplen con las especificaciones. En la figura se muestra la curva correspondiente a una mezcla con 50% de suelo tipo 1 y con 50% de suelo tipo 2

- b) **Método del triángulo.** - se utiliza cuando se tiene tres suelos A, B y C que se desea mezclar para obtener un cuarto suelo que cumpla las especificaciones.

El procedimiento consiste en construir un triángulo equilátero con 100 unidades por lado, correspondientes a los porcentajes que retiene la malla N° 4, a los que pasan la malla N° 4 y son retenidos en la malla N° 200; y a los que pasan la malla N° 200. Dentro de este triángulo se ubican los puntos A, B y C correspondientes a cada tipo de suelo que interviene en la mezcla y lo mismo se hace con los límites del Huso Granulométrico, obteniéndose así un paralelogramo (abcd).

MALLAS U.S. STANDARD



(c)

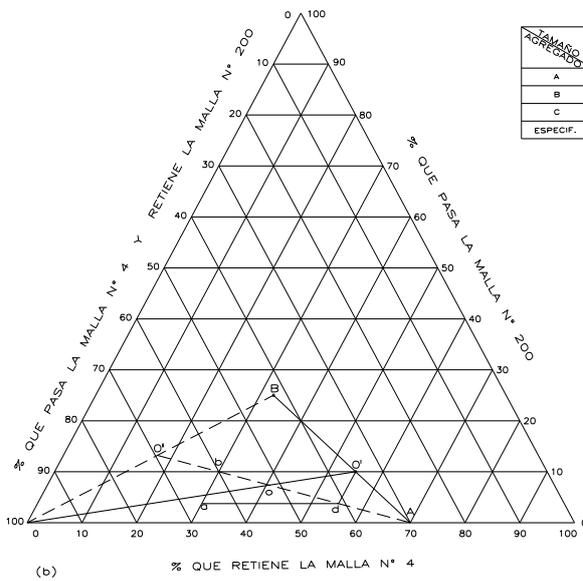


DIAGRAMA TRIANGULAR PARA MEZCLA DE TRES SUELOS

Fuente: MTC

Cualquier punto dentro del triángulo ABC, representa una mezcla de los tres suelos, pero si además ese punto cae dentro del paralelogramo abcd, cumplirá además la especificación dada. Siendo el punto de mezcla óptima el que se localiza en el centro de gravedad del paralelogramo (punto o), se consigue la proporción de la mezcla de los tres suelos de la siguiente manera:

Se une el punto C con el punto o y se prolonga la línea hasta o' sobre la línea que une los suelos A y B. La relación oo'/o'C dará la proporción con que interviene el suelo C en la mezcla.

De igual manera, la relación Bo'/AB multiplicada por el complemento de la proporción con la que interviene C, dará la proporción con que interviene A. Finalmente, el complemento de las dos anteriores será la proporción con la que interviene B en la mezcla.

Estas proporciones multiplicadas por los correspondientes porcentajes de cada suelo que pasan las respectivas mallas, permitirá obtener la curva granulométrica de la mezcla como se muestra en la figura.

## **3.4 COMPONENTES ESTRUCTURALES**

### **3.4.1 CAPA DE SUBBASE**

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento flexible, entre el suelo de fundación preparado y la capa de base.

Comúnmente consiste de una capa compactada de material granular, tratado o sin tratar, o de una capa de suelo tratado con un aditivo apropiado.

Además de su posición en el pavimento, se distingue del material de base por tener requerimientos menos estrictos de especificación en la resistencia, plasticidad y gradación. El material de subbase deberá ser de significativamente mejor calidad que el suelo de fundación. Por razones de economía, la subbase es frecuentemente omitida si los suelos de fundación son de alta calidad.

Cuando los suelos de fundación son de relativamente pobre calidad y el procedimiento de diseño indica que se requiere de un espesor considerable de pavimento, deberían prepararse algunas alternativas de diseño para las secciones estructurales, con y sin subbase. La selección de una alternativa puede entonces hacerse sobre la base de la disponibilidad y costos relativos de materiales apropiados para base y subbase. Debido a que los materiales de más baja calidad pueden usarse en las capas más inferiores de una estructura de pavimento flexible, el uso de una capa de subbase es frecuentemente la solución más económica para la construcción de pavimentos sobre suelos de fundación pobres.

Las subbases de agregados no tratados, deberán ser compactadas al 95% o más de su máxima densidad de laboratorio. Además de su función más importante como una porción estructural del pavimento, las capas de subbase pueden tener funciones secundarias adicionales como:

1. Prevenir la intrusión de suelos de fundación de gradación fina, dentro de las capas de base debe especificarse materiales de gradación relativamente densa si es que la subbase intenta servir para este propósito.
2. Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas, deben especificarse materiales no susceptibles a la acción dañina de las heladas.
3. Prevenir la acumulación de agua libre dentro o debajo de la estructura del pavimento. Debe especificarse un material que provea de drenaje relativamente libre para la subbase, si esa es la intención. Deben tomarse precauciones para recolectar y remover el agua acumulada en la subbase, si es que esa capa va a ser construida como parte del sistema de drenaje. Cuando la subbase va ser diseñada como una capa de drenaje, será necesario limitar la fracción pasante de la malla N° 8 a un porcentaje muy pequeño.
4. Proporcionar una plataforma de trabajo para el equipo de construcción importante cuando el suelo de fundación no puede proporcionar el soporte adecuado.

## Gradación exigida para subbase de pavimentos flexibles

TAMIZ		Porcentaje que pasa
NORMAL	ALTERNO	
50 mm	2"	100
37.5 mm	1 ½"	70-100
25 mm	1"	60-100
12.5 mm	½"	50-90
9.5 mm	3/8"	40-80
4.75 mm	Nº 4	30-70
2.00 mm	Nº 100	20-55
425 um	Nº 40	10-40
75 um	Nº 200	4-20

Fuente: MTC

### 3.4.2 CAPA DE BASE

La capa de base es la porción de la estructura de pavimento flexible inmediatamente debajo de la capa superficial.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Se construye sobre la capa de subbase o si esta no se usa, directamente sobre la subrasante; de la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea flexible o rígido.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelos con algún aditivo; buenos resultados se obtienen mediante la estabilización de suelos con cal. La base comúnmente consta de agregados como piedra triturada, escoria triturada o grava triturada o sin triturar y arena, o la combinación de estos materiales. Los agregados pueden usarse tratados o no tratados con aglomerantes estabilizadores como cemento Pórtland, asfalto o cal.

En general, las especificaciones para materiales de la capa base son considerablemente más estrictas que las de los materiales de subbase en los requerimientos para resistencia, estabilidad, dureza, tipos de agregados y gradación.

Una gran variedad de materiales sin tratamiento inadecuado para uso como capa de base han dado rendimiento satisfactorio cuando se han mejorado con aglomerantes estabilizadores, como cemento Pórtland, asfalto, o cal.

Estos materiales tratados pueden ser usados para las capas de base, cuando sea económicamente factible, y particularmente cuando están muy escasos los materiales convenientes sin tratamiento.

### **Granulometría.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

La base granular, es estructuralmente la capa más importante de un pavimento flexible, por esta razón, sus materiales que la constituyen, deben ser de muy alta calidad. La fracción gruesa debe ser producto de trituración mecánica; al menos la mitad de las partículas mayores a 4.76 mm presenten una cara fracturada mecánicamente. El límite líquido de la fracción que pasa el tamiz de 0.425mm no puede ser mayor de 25, y el índice plástico máximo admisible debe ser 3%. El desgaste del material en la máquina de Los Ángeles no puede superar el 40%. Las pérdidas de peso en el ensayo de solidez en sulfato de sodio deben ser inferiores a 12% y 18% si el ensayo se hace en sulfato de magnesio. El equivalente de arena mínimo aceptable es 30%. El nivel de compactación en el terreno de esta capa debe ser por lo menos igual a la máxima del ensayo próctor modificado. Para dicha densidad, el CBR del material debe ser cuando menos 80%.

**Tabla**  
**Gradación para bases granulares**

TAMIZ		% QUE PASA	
mm.	Alternativo	A	B
37.5 mm	1½"	100	-
25 mm	1"	70-100	100
19 mm	¾"	60-90	70-100
9.5 mm	⅜"	45-75	50-80
4.75 mm	Nº 4	30-60	35-65
2.00 mm	Nº 10	20-15	20-45
425 µm	Nº 40	10-30	10-30
75 µm	Nº 200	5-15	5-15

Fuente: MTC

### 3.4.3 CAPA SUPERFICIAL

Su función principal es como parte estructural del pavimento y se debe proyectar para resistir las fuerzas abrasivas del tráfico, limitar la cantidad de agua superficial que penetra en el pavimento, proveer una superficie resistente a deslizamiento y proporcionar una superficie lisa y uniforme para la transportación. La capa superficial también debe ser durable, capaz de soportar fracturas y desmoronamientos sin llegar a ser inestable en las condiciones del tráfico y del clima.

Comúnmente construido sobre una capa de base, la capa superficial de una estructura de pavimento flexible consta de una mezcla de agregados minerales y de materiales bituminosos.

El éxito de esta capa depende sobre todo de la obtención de una mezcla con la óptima gradación de agregado y porcentaje de aglutinador bituminoso.

El uso de un procedimiento de diseño ensayado en laboratorio o el uso de una especificación demostrada es esencial para asegurar que una mezcla será satisfactoria.

Los agregados bien graduados con un tamaño máximo de 3/4 a 1 pulgada se especifican comúnmente para capas superficiales de caminos.

El concreto asfáltico para capa superficial se prepara generalmente por mezclado en la planta de agregados calientes, relleno mineral y cemento asfáltico.

También se ha obtenido un rendimiento satisfactorio mezclando en planta agregados fríos y asfalto formulado especialmente y también mezclando la composición en el lugar con asfaltos líquidos o emulsiones asfálticas.

Las especificaciones de construcción en general exigen que antes de colocar una capa superficial, se aplique material líquido bituminoso sobre las capas de base de agregado, sin tratar como una capa primaria, y en las capas de base tratados y entre las capas superficiales como una capa de liga.

Los procedimientos de diseño establecen espesores de capas de pavimentos tomando en consideración los requerimientos de construcción para colocar las capas de pavimento.

Es impracticable construir capas de pavimento de espesores menores de 1.25 a 1.5 veces el tamaño del agregado más grande de la mezcla; con la consideración de los tamaños de agregado usado normalmente, una guía práctica para espesores prácticos y mínimos que se puede aplicar es:

Capa superficial	1.5 pulg.
Capa de base	3 pulg.
Capa de subbase	4 pulg.

## CAPÍTULO IV TECNOLOGÍA DEL ASFALTO

### 4.1 TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

#### a) Mezclas abiertas en frío.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Se denomina así a la combinación de agregado que predominantemente es grueso y de granulometría uniforme y emulsión catiónica de rompimiento medio (CRM), ambos componentes en frío.

**Tabla**  
**Granulometría de las mezclas en frío**

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	AF-25	AF-20	AF-12
1½"	100		
1"	70-100	100	
¾"		70-100	100
½"	25-55		70-100
⅜"		20-45	
Nº 4	0-15	0-20	10-30
Nº 8	0-5	0-10	0-10
Nº 200	0-2	0-2	0-2

Fuente: MTC.

### Dosificación del ligante

GRANULOMETRÍAS	AF-25	AF-20	AF-12
Asfalto residual en peso respecto al agregado (%)	2.5-4.0	3.0-4.5	3.5-5.0
Espesor de la capa compactada (%)	> 6 cm	4-6 cm	< 4 cm

Fuente: MTC.

#### b) Mezclas densas en frío.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es la combinación de un ligante bituminoso con agregados minerales bien graduados granulométricamente, con un elevado porcentaje de finos y que es posible fabricar, extender y compactar a temperatura ambiente.

**Tabla: Granulometría de las mezclas densas en frío**

TAMIZ ASTM	% QUE PASA		
	DF-12	DF-20	DF-25
1½"	-	-	100
1"	-	100	80-95
¾"	100	80-95	-
½"	80-95	-	62-77
3/8"	-	60-75	-
Nº 4	50-65	47-62	45-60
Nº 8	-	35-50	-
Nº 30	-	13-23	-
Nº 200	-	3-8	-

Fuente: MTC.

### Dosificación del ligante

<b>GRANULOMETRÍAS</b>	<b>DF-12</b>	<b>DF-20</b>	<b>DF-25</b>
Asfalto residual en peso respecto a agregados (%)	-	4.0-5.5	-
Emulsión	-	7-9	-
Espesor capa compactada	< 4	4-6	> 6
Densidad (gr/cm3)	-	2.2-2.4	
% de vacíos	-	3-8	

Fuente: MTC.

### c) Lechadas asfálticas

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es la mezcla de emulsión asfáltica (CRL-1 y CRL-1h), agregado fino bien graduado granulométricamente, llenante inerte y agua. Se utiliza en tratamientos de sellado y tratamientos antideslizantes.

#### Granulometría

<b>TAMIZ</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA</b>		
	<b>AL-2</b>	<b>AL-3</b>	<b>AL-4</b>
3/8"	100	100	-
4	70-90	85-100	100
8	45-70	65-90	95-100
16	28-50	45-70	65-90
30	19-34	30-50	40-60
50	12-25	18-30	24-42
100	7-18	10-20	15-30
200	5-15	5-10	10-20

Tabla: granulometría de las lechadas asfálticas. Fuente: MTC.

#### Dosificaciones

Características	LB-2	LB-3	LB-4
Tipo de agregado	AL-2	AL-3	AL-4
Ligante residual %S/ Agregados	6.5-12	7.5- 13.5	10-16
Agua amasado %S/ Agregados	10-15	10-15	10-20
Agua total %S/ Agregados	10-20	10-20	10-30
Cantidad media de lechada kg/m <sup>2</sup>	10-15	7-12	2-6
Principal aplicación	1a capa o capa única	Capa única	Capa única o 2a capa
Espesor mínimo	6 mm	4 mm	3 mm
Textura del pavimento a recubrir	Gruesa o descarnada	Media	Fina o agrietada

Fuente: MTC.

#### d) Mezclas asfálticas en caliente.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es una combinación de agregados uniformemente mezclados y recubiertos por cemento asfáltico. Se le denomina mezcla en caliente " porque para lograr secar los agregados y conseguir la suficiente fluidez del cemento asfáltico para lograr suficiente trabajabilidad y mezclado, ambos deben ser calentados. Las mezclas asfálticas en caliente pueden ser producidas para un amplio rango de combinaciones de agregados, cada uno con sus características particulares adecuadas al diseño específico y a sus usos en la construcción. **Grava - Emulsión.-** Es la mezcla de emulsión asfáltica (CRL-1 y CRL-1h) agregados de granulometría continua, agua y ocasionalmente aditivos, constituyendo un producto que se puede fabricar, manejar, extender y compactar a temperatura ambiente.

TAMIZ	% QUE PASA	
	GEA-1	GEA-2

1½"		100
1"	100	75-100
¾"	80-100	65-90
⅜"	50-80	45-75
Nº 4	30-60	30-60
Nº 8	20-45	20-45
Nº 16	15-35	15-35
Nº 30	10-25	10-25
Nº 50	8-20	8-20
Nº 80	5-15	5-15
Nº 200	3-12	3-12

Tabla: Granulometría de las gravas emulsión. Fuente: MTC.

### Dosificación

Granulometría	GEA-1 y GEA-2
Asfalto residual en peso respecto de los agregados	1.8% - 4.5%

Fuente: MTC.

### **Mezclas asfálticas comunes**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Las mezclas bituminosas se han conocido y se han empleado en la construcción de caminos desde la antigüedad en las capas superiores de los pavimentos, no solo de carreteras y aeropistas, sino también en otro tipo de infraestructuras. Las mezclas asfálticas son la combinación de agregados pétreos y ligantes asfálticos, de diversos tipos y espesores.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Los primeros asfaltos usados eran naturales y se encontraban en estanques y lagos de asfaltos, ahora son el resultado directo de la destilación del petróleo crudo, realizada industrialmente. Los asfaltos naturales se forman cuando el crudo sube a la superficie terrestre por las grietas y la acción del sol y del viento separa los aceites ligeros y los gases, dejando un residuo negro y plástico. La mayoría de los asfaltos naturales están impregnados de un alto porcentaje de arcilla o de arena muy fina, reunidas durante el ascenso del crudo hacia la superficie a través de las grietas.

El asfalto, que es el derivado negro o café oscuro del petróleo, se distingue del alquitrán, el cual es el residuo de la destilación destructiva de la hulla. Los asfaltos del petróleo son los más empleados y son obtenidos del crudo por destilación y puede ser por vapor o por aire; durante esta destilación se le quita los componentes más volátiles y a este residuo de petróleo se le conoce como "chapotote". Este ligante ya era conocido alrededor del año 2500 AC.; En Egipto, aunque en esta época no se empleaba en la construcción de caminos sino para embalsamar momias. Los asfaltos que son obtenidos por vapor son de excelentes características para su empleo en pavimentación, mientras que los obtenidos por aire son de poca utilidad en este campo de la construcción y son conocidos como asfaltos oxidados.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Los asfaltos de petróleo pueden tener base asfáltica o base parafínica. Los de base asfáltica son los que poseen mejores características para su empleo en pavimentación por sus propiedades ligantes y de resistencia a la meteorización. Los de base parafínica se oxidan paulatinamente al exponerse al aire, quedando un producto pulverulento sin poder ligante.

El tipo de base que posee un asfalto va a depender exclusivamente de las características del crudo del cual proviene.

Dentro de los tipos de ligantes asfálticos empleados en los pavimentos bituminosos se tiene:

### ***Cementos asfálticos***

Dokumen.tips (2018) señala que:

El cemento asfáltico es un ligante denso que a la temperatura ambiente se presenta semisólido, normalmente pegajoso y de color variable entre café muy oscuro y negro. Los cementos asfálticos son obtenidos por destilación al vapor de los residuos más pesados, continuándose la destilación hasta obtener la consistencia deseada. El vapor en el refinado se aplica para que los volátiles pesados sean separados sin aumentar demasiado la temperatura, ya que si estas son excesivamente altas reducen la ductibilidad, aumentan la fragilidad y producen desdoblamiento, dando lugar a un producto menos homogéneo. La calidad de un cemento asfáltico está afectada por las propiedades del crudo, que pueden variar mucho aún dentro de un mismo yacimiento y también por el sistema de refinación que se haya empleado.

El cemento asfáltico se prepara comercialmente en cinco grados o rangos de consistencia definidos con base en el ensayo de penetración:

Dokumen.tips (2018) señala que:

**AC 40-50:** Cemento asfáltico con penetración entre 40 y 50 décimas de milímetro. Es el grado más duro y tiene una consistencia tal que

a la temperatura ambiente el dedo sólo alcanza a producirle una leve huella superficial. **AC 60-70:** Cemento asfáltico con penetración entre 60 y 70 décimas de milímetro. **AC 85-100:** Cemento asfáltico con penetración entre 85 y 100 décimas de milímetro, es el grado más empleado en los pavimentos asfálticos corrientes. **AC 120-150:** Cemento asfáltico con penetración entre 120 y 150 décimas de milímetro. **AC200-300:** Cemento asfáltico con penetración entre 200 y 300 décimas de milímetro; son los más blandos, son moderadamente firmes a la temperatura ambiente y el dedo penetra fácilmente en ellos.

### ***Asfaltos líquidos***

Los asfaltos líquidos son también conocidos como cut backs o asfaltos rebajados, se producen diluyendo cementos asfálticos en algún tipo de solvente de petróleo.

La mayoría de estos asfaltos rebajados han sido prohibidos porque emplean solventes caros y ecológicamente contaminan el ambiente.

Para la preparación de estos asfaltos líquidos se usan solventes unos más volátiles que otros, este fenómeno de evaporación del solvente se le conoce como curado del asfalto y la rapidez de la evaporación genera tres tipos de asfalto.

1.

Dokumen.tips (2018) señala que:

**Asfalto rebajado de curado lento (SC)**, cuyo solvente es un aceite pesado de baja volatilidad, normalmente del tipo fuel-oil. **Asfalto rebajado de curado medio (MC)**, cuyo solvente típico es el kerosene. **Asfalto rebajado de curado rápido (RC)**, cuyo solvente es un líquido volátil del tipo nafta o gasolina. El grado de fluidez en cada caso depende del cemento asfáltico, de la volatilidad del solvente y de la proporción relativa entre solvente y cemento asfáltico. Las siglas que se usan para estos materiales son americanas y en el mercado se conocen como: RC (Rapid Curing), cuando el solvente es del tipo nafta o gasolina y va seguido de un número que indica el grado de viscosidad cinemática en centiestokes; el más utilizado es el RC-250. MC (Mediun Curing), cuando el solvente es kerosene, seguido del número que indica el grado de viscosidad cinemática; el más común es el MC-70.

SC (Slow Curing), cuyo solvente fluidificante es aceite liviano, relativamente poco volátil, seguido del número que indica el grado de viscosidad cinemática; en el país no se utiliza.

### ***Emulsiones asfálticas***

La emulsión asfáltica es un sistema bifásico, donde el asfalto es disperso en una fase acuosa mantenida estable por medio de un agente tenso-activo, que evita la separación de las fases. Dentro de una emulsión, los líquidos que la forman, constituyen dos partes que se llaman respectivamente: Fase dispersa o discontinua y fase dispersante o continua. Existen dos tipos de emulsión según la concentración de cada una de estas fases:

EMULSIÓN DIRECTA, es aquella en que la fase hidrocarbonada está dispersa en la parte acuosa.

EMULSIÓN INVERSA, es aquella en la que la fase acuosa está dispersa en la parte hidrocarbonada.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es preferible en la construcción de caminos el uso de las emulsiones directas por su baja viscosidad a temperatura ambiente. Cuando las fases dispersas y la continua permanecen en equilibrio sin que las partículas en suspensión se aglomeren o sedimenten, se dice que la emulsión es estable. Hay algunas emulsiones que necesitan la presencia de un agente emulsificador para conservar la estabilidad. Las emulsiones asfálticas son dispersiones en agua de glóbulos asfálticos de 2 a 5 micrones de diámetro, que se mantienen estables en presencia de un agente emulsificante que puede ser jabón, resultante del tratamiento de ácidos grasos o resinas con bases fuertes (usados para la fabricación de emulsiones catiónicas) o los resultados de la acción de los ácidos minerales sobre compuestos amínicos (usados para la elaboración de emulsiones aniónicas). Los glóbulos del asfalto contenidos en una emulsión asfáltica, están cargados superficialmente con electricidad que puede ser positiva o negativa; dando de esta forma origen a las emulsiones catiónicas o aniónicas.

EMULSIONES CATIONICAS, Para obtener una emulsión asfáltica catiónica se necesita cemento asfáltico de petróleo (CAP) o asfalto diluido de petróleo

(ADP); agua, agente emulsificador, solvente, ácidos y energía de dispersión de la fase asfáltica en la fase acuosa.

Esta energía de dispersión es consumida en forma mecánica, producida por un molino coloidal que tritura el CAP o el ADP en partículas del orden de 2 a 5 micras; a través del calentamiento del cemento asfáltico de petróleo que lo transforma fluido y trabajable por el molino.

La temperatura de la emulsión terminada no puede ser alta, ya que produciría una rápida evaporación de la fase acuosa; por eso es necesario limitar la dureza del asfalto empleado. Usualmente no se intenta emulsionar un asfalto muy duro.

El agente emulsionante de una emulsión asfáltica catiónica, generalmente es una sal de amina, que se comporta como una base pobre.

1. APLICACIONES. - Las emulsiones para lechadas asfálticas son esencialmente de rotura lenta y obtenida a partir de un cemento asfáltico de petróleo del tipo CNP. N° 21/86; PEN 60/70 o PEN 85/100 dependiendo de la consistencia o penetración que se desea conseguir para el residuo y los emulsificadores específicos usados.

2. RESTRICCIONES AL USO. - No deben ser usadas cuando el tiempo amenaza con lluvia.

### 3. RECOMENDACIONES

a) **Temperatura.** - A estas emulsiones se les exige como especificación propia, viscosidad baja, por lo que deben ser

usadas totalmente en frío, sin calentarse; ya que se le ocasionaría su rotura.

b) **Transporte.** - Las cisternas que transporten la emulsión deben llenarse completamente para evitar que el producto sufra agitación durante el transporte de la fábrica al lugar de entrega. Esta agitación puede ocasionar variaciones en la viscosidad y rotura de la emulsión; también puede motivar la volcadura del vehículo por efecto de movimiento de la carga y la distorsión del centro de gravedad.

c) **Manipuleo.** - Se puede manipular con cualquier bomba ya que su viscosidad es bastante baja, evitando cualquier dificultad de trabajo a temperatura ambiente.

d) **Almacenamiento.** - Las emulsiones se pueden almacenar en fosas, tanques enterrados o a nivel, etc. Como todo material hay que tomar ciertas precauciones como, por ejemplo:

- Los depósitos deben de estar libres de natas o residuos de otros productos químicos, materiales extraños o emulsiones diferentes a las que se van a almacenar.
- Cuando se hayan almacenado emulsiones, antes se deben identificar y determinar el tipo de emulsión para evitar que la rompa o cambie sus características.
- Cuando se descarga emulsión sobre la ya almacenada es necesario que el tubo de descarga llegue al fondo, para no romper la nata de la superficie. Si no se tiene en cuenta esto, corre el riesgo de obstruir las bombas.

- Las bombas que se emplean pueden ser de engranajes o centrífugas de bronce, dependerá de la viscosidad que tengan las emulsiones.
- Si la emulsión es muy viscosa, se podrá calentar ligeramente a no más de 60° C, para no afectar su estabilidad química y causar su rompimiento parcial o total.

## **4.2 ASFALTOS MODIFICADOS**

En los últimos 30 años en el Perú, el desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnología en el área de pavimentos asfálticos han tenido un avance muy lento; se siguen realizando las mismas prácticas de los años 70, hoy en día obsoletas y deficientes.

Los diseños de las mezclas asfálticas se han visto limitados a un sólo tipo de mezcla, situación que para unos casos funciona de manera adecuada y para otros no; además de que los materiales empleados y los procedimientos de construcción no siempre cumplen con especificaciones y con control de calidad que garanticen una alta durabilidad de los pavimentos dentro de los rangos aceptables de confiabilidad.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Debido al constante aumento de las solicitudes dadas al mayor número de cargas por eje, a la mayor presión de inflado, alas mayores velocidades y a la acción del clima se requiere mezclas asfálticas de ligantes con mejores propiedades geológicas y mecánicas. La modificación del asfalto con la incorporación de

polímeros da por resultado ligantes con extraordinarias características de elasticidad, adherencia y cohesión a un costo razonable por lo que países con más adelanto que nosotros lo vienen utilizando desde hace más o menos 50 años. Los modificadores permiten la reducción de la susceptibilidad térmica; ello implica modificar las propiedades de las mezclas, disminuyendo la deformación plástica a alta temperatura y la rigidez a baja temperatura, ofreciendo un mejor comportamiento del pavimento en servicio ante la acción del tránsito independientemente de las condiciones climáticas. La adición de un polímero adecuado mejora la susceptibilidad térmica del asfalto; convirtiéndolo en un asfalto ideal, vale decir muestra una característica más o menos constante en un amplio rango de temperaturas de servicio; transformándose en un fluido viscoso a las temperaturas de mezcla y compactación.

### ***Beneficios del asfalto modificado***

La inclusión de un polímero en el asfalto ofrece muchos beneficios, dentro de los cuales se pueden citar:

- Disminuye la susceptibilidad térmica en el rango de temperaturas de servicio
- Aumenta la resistencia a la fatiga de las mezclas.
  - Reduce la rigidez a bajas temperaturas, previniendo la fisuración térmica

Dokumen.tips (2018) señala que:

Incrementa la viscosidad a bajas velocidades de corte, permitiendo mejores espesores de película en el agregado de las mezclas abiertas y reduce la exudación en tratamientos superficiales.

Aumenta la rigidez a altas temperaturas de servicio mejorando la resistencia de las mezclas a la deformación permanente. Reduce el endurecimiento en servicio, brindando una vida superior a la mezcla, debido a la retención de sus ventajas iniciales. Mejora la cohesión, brindando mejor retención de los agregados en la vida inicial de los tratamientos iniciales.

## **Polímeros**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Los polímeros son sustancias formadas por la unión de cientos o miles de moléculas pequeñas, llamadas monómeros. La gran variedad de materiales poliméricos hace que su clasificación sea extensa y un poco complicada. Atendiendo su estructura y propiedades para uso vial, se clasifican en: TERMO-ENDURECIBLES: Resinas epoxi, Poliuretanos, Poliésteres. TERMO-PLÁSTICOS: Plastómeros, Plastómeros, Polietileno (PE), Polipropileno (PP), EVA. (Etileno-Acetato de Vinilo), PVC (Policloruro de Vinilo), Elastómeros, SBR (Estireno-Butadieno), Cauchos naturales: Isopreno, Cauchos artificiales: Neopreno, SBS (Estireno-butadieno-Estireno).

Dokumen.tips (2018) señala que:

Los termoendurecibles, son polímeros formados por reacción química de dos componentes (base y endurecedor), dando lugar a una estructura entrecruzada, no pueden ser recuperados para volver a transformarse. Los más conocidos son: RESINAS EPOXI. - Tienen agentes endurecedores de los enlaces transversales. Se usan en grandes porcentajes, mayores a 20%, son muy costosas y

se usan para zonas especiales; por ejemplo, en estacionamientos para camiones. POLIURETANO. - Similares a las resinas epoxi son muy caras, y se usan a bajas temperaturas y en capas delgadas. POLIÉSTERES. - Son los menos usados. Los termoplásticos, son polímeros solubles que se reblandecen por acción del calor y pueden llegar a fluir. Son generalmente polímeros lineales o ligeramente ramificados; se dividen en dos grupos:

## 1. **Plastómeros.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original al dejar de estirarlos; tienen deformaciones con poca plasticidad y los más comunes son: **Polietileno, Polipropileno atáctico, EVA y PVC** (Policloruro de Vinilo).

## 2. **Elastómeros o cauchos**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Son polímeros lineales amorfos, generalmente insaturados, que sometidos al proceso de vulcanización adquieren una estructura parcialmente reticulada que tiene resistencia al agrietamiento por tensión y resistencia a la tracción.

Los cauchos más conocidos son:

- **SBR** (Goma de Estireno-Butadieno): Es un polímero aleatorio o caucho sintético del 25% de estireno y 75% de butadieno. El SBR tiene exactamente un doble enlace por unidad de butadieno; para mejorar su adhesividad se le incorpora ácido acrílico. La resistencia del SBR a la intemperie es mejor que la del caucho natural.
- **Isopreno** (Caucho Natural): Se utiliza para hacer caucho sintético, es un polímero de elevado peso molecular.

El caucho natural puede obtenerse de casi 500 especies diferentes de plantas; la fuente más rica es el árbol *Hevea Brasiliensis*, del que procede el nombre de caucho de hevea. El caucho se obtiene de un látex que exuda la corteza del árbol hevea; este látex es una dispersión acuosa del caucho que contiene un 25 a 40% de hidrocarburos de caucho, estabilizada por una pequeña cantidad de material proteínicos y ácidos grasos.

- **Neopreno**: Se prepara por adición catalítica de cloruro de hidrógeno a Viníl-acetileno, que a su vez se fabrica por la dimerización catalítica del acetileno.

Los neoprenos se producen por polimerización en emulsión y otros tipos se polimerizan en azufre. Los neoprenos fueron las primeras gomas sintéticas en los Estados Unidos y se les conoce principalmente por su resistencia a los aceites, son buenas gomas de aplicación general que pueden reemplazar al caucho natural en la mayoría de sus usos y dan resultados satisfactorios en una gran variedad de aplicaciones, en carreteras se usa para apoyo de vigas, estructuras y juntas deslizantes en puentes.

- **SBS** (Estireno-Butadieno-Estireno): Conocido también como caucho termoplástico; fue desarrollado en Estados Unidos en la década del 60, utilizado primero en adhesivos y suelos; y después en asfalto.

Está compuesto por dos homopolímeros incompatibles entre sí, uno de ellos es el estireno o fase dura con temperatura de cristalización de 100° C y el otro es el butadieno o fase elástica con temperatura de cristalización menor que la ambiental.

Los polímeros que se comercializan en nuestro medio son:

TIPO DE POLÍMERO	COMPOSICIÓN DEL POLÍMERO
PLASTÓMERO	EVA (Etileno-Acetato de vinilo) PVC (Poli cloruro de vinilo)
ELASTÓMEROS	SBR (Estireno-Butadieno) SBS (Estireno-Butadieno-Estireno)

Fuente: MTC.

- Plastómeros: son conocidos como polímeros del tipo "E"
- Elastómeros: son conocidos como polímeros del tipo "S"

**CANTIDAD DE POLÍMERO RECOMENDADA PARA CADA TIPO DE CEMENTO ASFALTICO.**

POLÍMERO	TIPO DE C. A.	% POLÍMERO
----------	---------------	------------

"E"	60 - 70	2% y 5%
	85 - 100	
	120 - 150	
"S"	85 -100	2% y 3%
	120 – 150	

Fuente: MTC

#### TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO

TIPO POLÍMERO	C. ASFÁLTICO	TEMPERATURA ° C
2 % "S"	85 – 100	175° C - 185° C
2 % "S"	120 – 150	
2 % "E"	85 – 100 120 – 150	145° C - 160° C

Fuente: MTC

### 4.3 OTROS MODIFICADORES

- **Llenante inerte.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es polvo de caliza, no reacciona con el asfalto ni tiene efecto sobre sus propiedades químicas. Eleva el punto de ablandamiento y

reduce la penetración del asfalto; no produce ventajas de comportamiento respecto de un asfalto de igual penetración.

- **Llenantes reactivos**

- a) Cal hidratada.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Actúa como anti-stripping, aún en baja concentración y disminuye la velocidad de envejecimiento en servicio. Su manejo es menos desagradable.

- b) Negro de humo.

Son prácticamente esféricos, con una tendencia en algunos casos a alinearse en estructuras continuas semejantes a cadenas; incrementa la viscosidad del ligante y reduce la susceptibilidad térmica.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Aumenta la resistencia a la deformación permanente de las mezclas, absorbe radiación ultravioleta y por lo tanto reduce la velocidad de envejecimiento de películas delgadas del ligante. Se usa en proporción de 5 a 10%. Su manejo es fastidioso y peligroso por el tamaño muy pequeño de sus partículas.

- **Fibras elastoméricas y plastoméricas.** - Aumentan la estabilidad, reduce la deformación permanente de la mezcla.

Existen limitaciones en la temperatura de mezclado por la posibilidad de degradación.

#### **4.4 ASFALTO ESPUMADO**

- CARACTERÍSTICAS.

Las más importantes son:

- **Relación de expansión.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es la relación entre el máximo volumen del asfalto en su estado espumoso y el volumen del asfalto cuando la espuma se haya asentado totalmente.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Esta relación se incrementa en la medida de la cantidad de agua que se adicione al asfalto; entre mayor sea la relación de expansión, menos viscoso será el asfalto y por lo tanto se puede esperar una mejor dispersión del asfalto en la mezcla.

- **Vida media.**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Es el tiempo empleado por la espuma para asentarse la mitad del máximo volumen alcanzado; medido en segundos. Una mayor vida media implica que hay más tiempo disponible para que el asfalto sea mezclado con el material mientras está aún en su forma espumada. El aumento de agua causa una reducción en la vida media; pero puede ser mejorado introduciendo aditivos químicos al asfalto, al agua o a ambos, en la producción de la espuma; estos productos son esenciales cuando han sido utilizados agentes antiespumantes al asfalto durante el proceso de manufactura.

## USOS DEL ASFALTO ESPUMADO

El asfalto espumado ha sido usado con mucho éxito a nivel mundial, en el tratamiento de variados materiales como, por ejemplo:

- Dunas de arena sin cohesión.
- Gravas naturales.
- Moliendas de asfalto recuperado y agregados triturados.

Dokumen.tips (2018) señala que:

En algunos países normalmente le adicionan 1% de cal en relación con la masa del material tratado; para reducir la plasticidad de las gravas naturales y mejorar la adhesión entre el material y el asfalto.

#### - CONDICIONES DEL CURADO

Un aspecto muy importante en la tecnología del asfalto espumado, es el curado de las mezclas y el efecto de las condiciones del mismo, sobre las propiedades mecánicas del material tratado.

Lo mismo que sucede con las mezclas en frío, elaboradas con emulsiones asfálticas, las mezclas con asfalto espumado; desarrollan su resistencia con el tiempo, pero se requiere de un periodo relativamente menor para alcanzar su resistencia final.

Las resistencias de las mezclas con el asfalto espumado son afectadas por la temperatura de curado, la duración del curado y por las condiciones de humedad.

#### - VENTAJAS ECONÓMICAS

- No hay costo por el calentamiento del agregado; el cual es significativo en el costo de producción del asfalto.
- No existe costo de manufactura, lo cual hace a la emulsión asfáltica relativamente costosa.
- El proceso de asfalto espumado emplea solamente asfalto en un grado de penetración constante y agua.

- Provee un tratamiento inicial de superficies, permitiendo reducir el espesor del pavimento.

#### **4.5 SUPERFICIES REFORZADAS CON GEOTEXTILES**

Los sellos reforzados con geotextiles se usan para una variedad de pavimentos asfálticos, incluyendo aquellos que presentan fatiga o agrietamiento por flexión, pérdida de la forma por debilidad y una alta deflexión.

Los sellos de geotextiles no son nuevos, fueron usados durante la segunda guerra mundial en Burma. Solo fue usado como sub-base para soportar el peso de 1000 vehículos fuertemente armados por día durante 1 año.

##### **- TRATAMIENTO Y USOS**

Los sellos de geotextil reforzado consisten en un geotejido para pavimento, usualmente de poliéster impregnado con un producto bituminoso y cubierto por una o dos capas de sello bituminoso que provee de una membrana impermeable capaz de evitar el agrietamiento en un pavimento.

Los sellos geotextiles pueden ser usados en pavimentos flexibles agrietados antiguos; donde el agrietado puede deberse a la antigüedad de la superficie, condiciones ambientales, diseño del pavimento (asfalto fatigado) o calidad de los materiales.

También puede ser usado en pavimentos de base tratada con cemento ya sean nuevos o antiguos, donde el agrietamiento se debe principalmente a la retracción y fatiga del material de cemento.

Otros usos de los sellos de geotextil son:

- Resellados donde se requiere una mayor resistencia.
- Como membrana de absorción de refuerzo cuando se usa asfalto o una capa muy delgada de éste.
- En sub bases reforzadas con geotextil
- Como una capa impermeable en cubiertas de puentes.

## - APLICACIONES

Existen variadas aplicaciones de los sellos de geotextil que ayudan a extender la vida del pavimento o en diferir reconstrucciones o rehabilitaciones.

### a.- **Alternativa a un recapado:**

Usar un geotextil con una superficie de regado bituminoso es una alternativa de tratamiento económico para diferir un recapado o estabilización para reforzar un pavimento. Este sello le provee una membrana uniforme capaz de soportar esfuerzos y absorber deflexiones causadas por el tránsito

### b.- Evitar **el agrietamiento por flexión:**

Los pavimentos realizados con cemento tratado o estabilizados con una base de granular chancado han probado ser una alternativa viable y económica a los pavimentos asfálticos. Sin embargo, después de algunos años estos pavimentos presentan agrietamientos transversales o por bloques, lo cual, combinado con un clima húmedo y altos volúmenes de tránsito, provocan una falla prematura.

En tratamientos a corto plazo con sellos de caucho o recapados de asfaltos con polímeros modificados, las grietas vuelven a surgir en 2 o 3 años para las localidades urbanas de alto tráfico y un poco más en zonas rurales.

Los sellos de geotextil otorgan una membrana uniforme e impermeable sobre el pavimento, lo que permite que las grietas no se extiendan, previene la humedad y el bombeo de finos desde la capa base, lo que eventualmente puede causar fallas en el pavimento.

**c.- Asfalto fatigado:**

Este es un problema común en tipos de pavimentos de mayor edad, donde un inadecuado espesor de la base no confiere la rigidez necesaria para sostener el asfalto y prevenir el agrietamiento por fatiga.

Aun cuando el pavimento es estructuralmente adecuado, el agrietamiento por fatiga; permitirá el paso del agua hacia el interior causando baches y fallas que requieren de una mayor rehabilitación.

En pavimentos asfálticos fatigados, un sello de geotextil le confiere una membrana impermeable que evita que la humedad entre en el pavimento y debilite la base. El sello de geotextil más antiguo fue aplicado en 1990 sobre un asfalto fatigado y no muestra grietas que reflejen a la superficie.

**d.- Pavimentos viejos o agrietados:**

El agrietamiento también puede presentarse en pavimentos flexibles granulares o macadam, como resultado de la oxidación del bitumen quebradizo e incapaz de absorber las deflexiones causadas por la carga de tráfico.

Los sellos de geotextil son utilizados para absorber las deflexiones causadas por la carga del tránsito.

#### - TIPOS DE GEOTEXTILES

Existe en la actualidad una variedad de geotextiles para ser usados en sellos bituminosos, pero los más utilizados en carreteras son:

a.- **Poliéster:** Es el más usado en pavimentos por su alto grado de fusión, se derrite a los 250° C, absorben baja cantidad de agua, son menos sensibles a la luz ultravioleta y posee una alta resistencia mecánica en cualquier dirección.

b.- **Polipropileno:** El uso de este geotextil está asociado al cuidado de que el bitumen que se coloque sobre esta manta no exceda los 175° C, que es el punto de fusión. Los efectos del calor incluyen; encogimiento o derretimiento de los bordes del polipropileno, luego de aplicar bitumen caliente.

El conjunto geotextil y asfalto emulsionado con polímero SBR tiene excelentes propiedades como:

- Alta resistencia a la tracción
- Alargamiento de aproximadamente 40%
- Es totalmente imputrescible

## **CAPÍTULO V**

### **EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

#### **5.1 GENERALIDADES**

Todo pavimento en servicio, diseñado para un período de tiempo y una determinada intensidad de tráfico durante su vida útil, sufre deformaciones debidas al mismo tráfico y a las condiciones climáticas; así como también debidas a la contaminación de los materiales de la base con agua debilitándola.

Más aún son notorias las deformaciones o alteraciones del pavimento cuando se ha cumplido el periodo de tiempo y se ha superado largamente la cantidad de tráfico para el que fue diseñado.

Para hacer frente al problema planteo el monitoreo constante de la red existente y no construir nuevos tramos; sólo se hará esto donde y cuando se concluya que el pavimento está completamente deteriorado. Lo que sí es absolutamente necesario es optimizar el empleo de materiales, maquinarias, mano de obra especializada y recursos económicos en la tarea de construcción y conservación de los pavimentos. Es también tan importante como lo anterior; utilizar la tecnología de punta y los materiales con las mejores propiedades geológicas y mecánicas, así como supervisar la ejecución de los trabajos bajo un estricto control de calidad que garantice confiablemente una alta durabilidad de los pavimentos.

### **5.1.1 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA**

**Durabilidad.** - Casi la totalidad de los países europeos utilizan un periodo de 40 años en los diseños, mientras que nosotros usamos 20 años; paralelamente consideran varias estrategias de rehabilitación a lo largo de 40 años, aun cuando la estructura subyacente está relativamente nueva y enfatizan en la construcción de una subrasante de buena calidad.

Las prácticas de gestión de pavimentos están orientadas principalmente por la condición estructural, antes que por la condición visual.

Los sistemas empleados en Europa en el monitoreo de los pavimentos y su posterior rehabilitación están basados principalmente en la deflectometría o medida de la deflexión por impacto, medida de la resistencia al patinaje, del perfil y de otras características geométricas.

La consideración especial es: Cuando un daño es evidente visualmente, es tarde para corregir el problema estructural.

#### ▪ **CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

El "Manual of Uniform Highway Accounting Procedures" de la AASHO, define el mantenimiento de carreteras como: "El acto de preservarla incluyendo todos sus elementos, así como a las facilidades y servicios que ella presta en una condición como la original de construcción; para proporcionar un transporte seguro, conveniente y económico".

MANTELIMA, la entidad responsable del mantenimiento económico de las pistas que componen la red vial principal (interdistrital) de Lima Metropolitana, lo define como: "La preservación de la totalidad de la vía, incluyendo pistas, bermas, sardineles, obras de arte y elementos de control de tráfico; en la medida que son necesarios para la utilización segura y eficiente de la vía.

## **Mantenimiento rutinario.**

Según el Manual de Mantenimiento Vial para Ingenieros del MTC.

El mantenimiento rutinario es un mantenimiento preventivo y están comprendidas las siguientes actividades:

- Parchado
- Parchado con tratamiento superficial
- Reposición de base
- Bacheo
- Desencala minado
- Limpieza general
- Riego
- Desarmado
- Limpieza de drenes y huaycos menores

## **Mantenimiento correctivo.**

Conocido también como rehabilitación.

- El sellado.
- El lastrado
- La reparación por erosión
- La reconstrucción de puentes, alcantarillas, cunetas y colectores.

Complementariamente a los trabajos de mantenimiento y rehabilitación están los de reconstrucción, los trabajos de emergencia, los mejoramientos y las actividades complementarias.

- **Reconstrucción.** - estos trabajos implican la existencia de un pavimento altamente deteriorado, donde ya no se justifica la rehabilitación.
  
- **Trabajos de emergencia.** - Actividades de mantenimiento vial que deben realizarse durante y después de haber ocurrido un evento imprevisto tal como:
  - Deslizamiento de tierra y lodo (huayco)
  - Caída de rocas (derrumbes)
  - Inundación de ríos
  - Desaparición de señales y elementos de seguridad
  - Reparación de la calzada por erosión.
  
- **Mejoramiento.** - son consideradas aquellas obras ejecutadas para mejorar las características de la construcción original.

El MTC considera las siguientes actividades:

  - Construcción de nuevas cunetas revestidas y no revestidas
  - Construcción de nuevas zanjas de drenaje revestidas y no revestidas.
  - Construcción de nuevas bajadas de agua
  - Reconstrucción localizada de carretera
  - Incremento de señalización y elementos de seguridad.

- **Actividades complementarias.** - son todos aquellos trabajos de administración que se efectúan para apoyar las operaciones de mantenimiento y rehabilitación. Las actividades complementarias consideradas por el MTC son:
  - La supervisión de campo
  - Entrenamiento de personal
  - Preparación de mezcla asfáltica
  - Estudio de carreteras
  - Almacenaje de materiales
  - Fabricación de señales y postes kilométricos
  - Mantenimiento de edificios y campamentos
  - Gastos de residencias y oficinas
  - Herramientas y vestuarios, etc

## 5.2 TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Genéricamente las fallas en los pavimentos flexibles pueden ser de dos tipos:

### **Fallas de superficie.**

Prezi.com (2018):

Son los defectos de la superficie de rodamiento debido a fallas de la carpeta asfáltica y no guardan relación con la estructura de la calzada. Este tipo de fallas se pueden arreglar con solo regularizar la superficie y conferirle uniformidad y rugosidad; esto puede conseguirse con capas asfálticas delgadas.

## **Fallas estructurales.**

Prezi.com (2018):

Son los defectos de la superficie de rodamiento cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir de una o más capas constituyentes que deben resistir las sollicitaciones que impone el tráfico y los factores climáticos regionales.

### **5.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS SUPERFICIALES**

Las fallas en los pavimentos flexibles tienen variadas formas de agruparlos y depende del autor de cada teoría de medición de daños; pero existe una sola clasificación dentro de la cual se distinguen cuatro grupos principales:

- 1) Deformaciones
- 2) Fisuras y grietas
- 3) Desprendimientos
- 4) Afloramientos

Fallas en Pavimentos Flexibles			
DEFORMACIONES			
Tipo de deformación	Descripción	Causas probables de la falla	Criterio general de reparación
1.- Asentamientos a) Longitudinales simples y dobles	Depresiones longitudinales continuas a lo largo de las huellas de tránsito, con o sin levantamiento de las áreas adyacentes	Cargas de tránsito muy pesadas para las cuales el espesor total del pavimento es insuficiente. Pobre calidad y saturación del suelo de subrasante. Falta de estabilidad de las capas del pavimento.	En las zonas de mayor deterioro, remover el pavimento y reconstruir las partes afectadas. Colocar una sobrecapa de refuerzo previa nivelación de la superficie del pavimento existente. Si la subrasante se encuentra saturada. Colocar dispositivos de subdrenaje.
b) Transversales	Depresiones localizadas del pavimento perpendicular al eje de la vía.	Deficiencias de compactación en terraplenes de acceso a obras de arte, en transiciones corte'terraplen en zanjas excavadas por compañías de servicios públicos. Deficiencias de compactación de alguna capa del pavimento en una franja determinada. Saturación de la subrasante.	Levantar el pavimento en las zonas afectadas hasta la capa deficientemente compactada, densificarla adecuadamente y reconstruir el pavimento. Si esto no es posible, renivelar sistemáticamente con una mezcla asfáltica hasta obtener el perfil adecuado e instalar dispositivos de subdrenaje.
2.- Baches	Depresiones localizadas del pavimento, generalmente de forma circular o parecida a ella.No se advierten	Drenaje subterráneo deficiente, contaminación y/o heterogeneidad de las capas del pavimento, así como densidad local insuficiente.	Ejecución de un parche, reemplazando los materiales inadecuados. Si el tránsito lo impide, efectuar renivelaciones sistemáticas con concreto asfáltico.

Fuente: MTC

	pérdidas de materiales del pavimento.		
3.- Abultamientos	Ondulaciones de la superficie, por lo general perpendiculares al eje de la vía	Baja estabilidad de la capa asfáltica, la cual ha sido sometida a cargas pesadas. Si se trata de una mezcla en vía posible falta de curado en la mezcla. Zonas de frenado y estacionamiento. Deslizamiento de las carpetas sobre la base, debido a un riego de liga excesivo.	Si la capa de rodadura es un tratamiento superficial, escarificarla, mezclarla con la base y recompactarla antes de colocar una nueva capa asfáltica. Si la capa asfáltica es gruesa, lo más recomendable es remover la capa, recompactar la base y colocar una nueva carpeta.
4.- Desplazamiento de borde	Corrimientos y distorsiones de la capa asfáltica en los bordes del pavimento.	Falta de adherencia de la capa de rodadura. Falta de contención por las bermas. Tránsito pesado y contaminación de las capas granulares. Baja estabilidad de la capa de rodadura.	Reconstrucción de las zonas de pavimentos afectadas y reconstrucción o reparación de bermas.

Fuente: MTC

Fallas en pavimentos flexibles			
FISURAS Y GRIETAS			
Tipo de fisura o grieta	Descripción	Causa probable de la falla	Criterio general de reparación
5.-Piel de cocodrilo	Fisuras o grietas interconectadas formando polígonos de tamaño variable. Semejando una malla o piel de cocodrilo	Cumplimiento de la vida útil del pavimento. Pavimento estable sobre subrasante elásticas. Transito muy pesado para el espesor del pavimento existente. Asfalto muy duro o en cantidad deficiente	Colocación de una sobrecapa para prolongar la vida del pavimento. Si se advierten deficiencias de drenaje, instalar dispositivos adecuados, remover el material húmedo y reemplazarlo por uno adecuado.
6.- Lengüetas	Grietas parabólicas en la capa asfáltica en el sentido de viaje de los vehículos.	Adherencia inadecuada entre la capa de rodadura y la base. Tránsito pesado y muy lento	Si las lengüetas son muy pequeñas, sellarlas con un producto asfáltico. Si son pronunciadas remover la capa superficial hasta el punto en que haya buena liga entre las dos capas y luego hacer un parche.
7.- Rectilíneas a) Longitudinales	Fisuras y grietas paralelas al eje del pavimento, en general cerca al borde y a las huellas del transito	Asentamiento de terraplenes. Cambios diferenciales de humedad en los suelos de subrasante. Deficiencias de drenaje superficial. Circulación de vehículos pesados muy cerca del borde	Si el problema principal es el agua, colocar dispositivos de drenaje. Las grietas deben sellarse con asfalto líquido y arena. Si se han producido asentamientos en el borde, recuperara el

Fuente: MTC

		del pavimento. Falta de sobreancho en la base. Bermas muy angostas en zonas de terraplén.	nivel con una capa asfáltica. Si el terraplén es muy angosto, ampliarlo.
b) Transversales	Fisuras y grietas perpendiculares al eje del pavimento.	Juntas de trabajo deficientes. Asentamientos en el contacto corte-terraplén. Espesor insuficiente de pavimento.	Sellado de grietas. Si hay insuficiencia de espesor, colocar una sobrecapa.
8.- Otras a) Por reflexión	Fisuras y grietas de tamaño y dirección irregular en la superficie.	Contracción de bases de suelo-cemento, que se refleja en la superficie. Ampliación de calzadas. Sobrecapas asfálticas construidas sobre pavimentos rígidos.	Si son pequeñas, no es necesario tomar ninguna acción. Si tienen cierto tamaño, sellarlas.
b) En bloque	Fisuras y grietas formando polígonos de bordes regulares, con ángulos por lo general rectos.	Generalmente, mezclas asfálticas de agregado fino con alto contenido de asfalto de baja penetración. Falta de tránsito en la vía.	Sellar las grietas con un producto adecuado y colocar un tratamiento superficial.

Fuente: MTC

**Fallas en pavimentos flexibles  
DESPRENDIMIENTOS**

Tipo de desprendimiento	Descripción	Causas probables de la falla	Criterio general de reparación
9.- Ojo de pescado	Cavidad redondeada con bordes más o menos bien definidos en zonas aledañas	Debilidad local del pavimento por escasez y/o endurecimiento del asfalto, o por ser muy delgada la capa asfáltica. Exceso o defecto de finos en la mezcla. Si la base es débil el fenómeno va progresando con la profundidad y se traduce en desintegración.	Hacer una capa y parchar. Un remedio menor consiste en limpiar el hueco y rellenarlo con mezcla asfáltica.
10.- Pérdida de película ligante	Superficie del pavimento en la que los agregados han perdido su cubierta asfáltica.	Deficiente adherencia del ligante con los agregados pétreos. Cantidad insuficiente de asfalto en la mezcla. Acción del agua y tránsito intenso.	Colocación de un sello con agregado pétreo de buena adherencia con asfalto.
11.- Descascaramiento	Pérdida de fragmentos de la capa asfáltica sin afectar las capas superiores.	Deficiencia en el riego de liga o imprimación. Capa de rodadura permeable y poco compactada o de espesor insuficiente.	Colocación de un tratamiento superficial de protección.
12.- Pérdida de agregado	En la superficie del pavimento se advierte que el agregado ha sido desplazado por acción del tránsito.	Esta falla ocurre generalmente en tratamientos superficiales, librado al tránsito antes del tiempo oportuno o	Si el área afectada es pequeña, ejecutar un parche. Si es grande, cubrirla con un nuevo tratamiento dosificando convenientemente el

Fuente: MTC

		ejecución en tiempo muy frío y húmedo.	asfalto para evitar afloramientos.
13.- Cabezas duras	Partículas minerales de tamaño variable sobresalen de la superficie de la capa de rodadura.	Deficiencias en la gradación de los agregados y/o heterogeneidad en su dureza.	Si el problema no es muy pronunciado, no es necesaria ninguna medida correctiva. Si la magnitud del problema es importante, colocar un sello.

<b>Fallas en pavimentos flexibles</b>			
<b>AFLORAMIENTOS</b>			
Tipo de afloramiento	Descripción	Causas probables de la falla	Criterio general de reparación
14.-Afloramiento de agua	Presencia de agua en la superficie de la calzada, proveniente de las capas inferiores.	Fuente de agua bajo la calzada; drenaje interno deficiente capa superficial permeable.	Captación de las aguas subterráneas mediante dispositivos adecuados de drenaje.
15.- Afloramiento de ligante	Áreas en las que el asfalto ha exudado en la superficie de pavimento.	Exceso de asfalto en la mezcla. Pocos vacíos en la mezcla. Exceso en la imprimación o riego de liga.	Si la falla abarca gran área, colocar una sobrecapa de protección adecuadamente dosificada. En pequeñas áreas remover el material del área afectada y reemplazarlo por uno adecuado.
16.- Afloramiento de mortero	Ascenso de mortero en la capa de rodadura y descenso del agregado grueso.	Exceso de finos. Altas temperaturas de servicio y colocación de la mezcla muy caliente.	Si la superficie no es resbaladiza no es necesario tomar ninguna medida; en caso contrario, cubrirla con un tratamiento superficial.

### 5.3 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

En la norma ITINTEC 339.116 " Rehabilitación de Pavimentos Urbanos " se recomienda efectuar la Evaluación del Estado del Pavimento a la que se denomina Condición Superficial, mediante mediciones de la Rugosidad Superficial, la Resistencia al patinaje y mediante una inspección Visual Superficial que permita determinar la cantidad y tipo de fallas tanto superficiales como estructurales, todo esto se complementa con la Auscultación Deflectométrica del Pavimento.

Para la medición de deflexiones, se usa el deflectómetro conocido como la Viga de Benkelman, que es un instrumento relativamente simple, que funciona con el principio de la palanca.

La viga Benkelman, no mide la deformación del pavimento en forma directa sino a través de la recuperación que experimenta el pavimento durante el proceso de descarga.

Para la medición de la Condición Superficial del pavimento hay un gran número de metodologías dentro de las cuales podemos mencionar:

- a) La descripción de las fallas como la de la norma ITINTEC 339.116 de 1983
- b) La descripción literal y una fotografía genérica, como la de la Universidad de Chile, de 1991

- c) Una descripción de la falla, con niveles de severidad y cuantificación que permite establecer un "rating" de daños, como la de la Universidad de Houston, de 1984.
- d) Una descripción de la falla con niveles de severidad y una fotografía genérica, como la metodología propuesta por el ACI 201.3r-86, de 1986
- e) Una escala de daños acompañada de fotografías representativa para tres niveles, como los PASER (Pavement Surface Evaluation and Rating) de la Universidad de Wisconsin, de 1989
- f) Descripción de la falla, indicando las causas probables, niveles de severidad y dos niveles de densidad; acompañadas de fotografías mostrando tres niveles de severidad, como el SP-001 del Ministerio de Transportes de Ontario Canadá, de 1989
- g) Descripción de la falla, con niveles de severidad, densidad, unidad de medida y un esquema del tipo de falla, como el manual de Procedimientos de Mantenimiento Vial preparado por Louis Berger International, Inc para COTREM de México en 1989, similar a la preparada por CONREVIAL para el MTC en 1982, o por Roy Jorgesen Ass. Para MANTELIMA en 1987.

### **5.3.1 MÉTODO PCI**

Documents.tips (2018) señala que:

Para este método, el grado de deterioro de un pavimento es función de: El tipo de falla, la severidad de la falla (el ancho de las grietas, etc.) y la densidad de la falla (% del área afectada).

$$PCI = 100 - VD (Ti, Sj, Dij) * F$$

Documents.tips (2018) señala que:

**Dónde:**

- PCI = Índice de condición del pavimento
- VD () = Valor de deducción, en función de la falla (Ti), severidad (Sj) y densidad de las fallas (Dij) observados en el pavimento.
- I = Tipos de falla
- J = Grados de severidad
- P = Números de fallas en el pavimento analizado
- Mi = Grados de severidad para la falla "i "
- F = Factor de ajuste, en función de la sumatoria total y el número de valores de deducción mayores que 5

Dokumen.tips (2018) señala que:

Como resultado del examen superficial del pavimento puede obtenerse una importante serie de conclusiones para el desarrollo de trabajos futuros de conservación: Detectar los inicios de posibles fallas y determinar sus causas; establecer zonas prioritarias para conservación; y determinar la necesidad de una evaluación del tipo estructural para el diseño de refuerzos.

## FALLAS CONSIDERADAS EN PCI PAVIMENTOS FLEXIBLES

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Grieta piel de cocodrilo	M2
2	Exudación de Asfalto	M2
3	Grietas de contracción (Bloque)	M2
4	Elevaciones-Hundimientos	M
5	Corrugaciones	M2
6	Depresiones	M2
7	Grietas de Borde	M
8	Grietas de Reflexión de Juntas	M
9	Desnivel Calzada-Hombrillo	M
10	Grietas Longitudinales y Transversales	M
11	Baches y zanjas Reparadas	M2
12	Agregados Pulidos	M2
13	Huecos	N°
14	Cruce de Rieles	M2
15	Ahuellamiento	M2
16	Deformación por Empuje	M2
17	Grietas de Deslizamiento	M2
18	Hinchamiento	M2
19	Disgregación y Desintegración	M2

Fuente: Elaboración Propia.

Docslide.us (2018) señala que:

**Severidad de Falla.** - El método describe diferentes niveles de severidad para cada falla. **Valor de Deducción.** - (VD) es determinado en función del tipo de falla, su severidad y su densidad en el pavimento. **Factor de ajuste.** - Este factor permite ajustar el valor total de deducción cuando más de un tipo de falla afecta sustancialmente la condición del pavimento.

### 5.3.1.1 Descripción del método

Documents.tips (2018) señala que:

Para una determinación precisa del PCI debe realizarse una inspección cuidadosa del pavimento a fin de determinar los tipos de fallas, su cantidad y severidad. Existe en este método dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento.

1. El primer caso se divide la sección del pavimento en unidades de aproximadamente 225 m<sup>2</sup>. y se evalúan todas las unidades.
2. En el segundo caso también se divide la sección en unidades de 225 m<sup>2</sup>. y se evalúan una muestra escogida aleatoriamente.

Docslide.us (2018) señala que:

**Inspección por Muestreo.** - La inspección de todas las unidades de una sección puede resultar muy costosa y requerir excesivo tiempo y recursos. El método contempla un plan de muestreo estadístico para determinar el PCI mediante la inspección de una muestra de la sección sin producir una pérdida significativa de precisión.

Docslide.us (2018) señala que:

**Determinación del número de Muestras.** - El número mínimo de unidades a ser evaluadas (n) se determina mediante la ecuación:

$$N = \frac{N_0^2}{e/4 ( N-1) + N_0^2}$$

Docslide.us (2018) señala que:

**Donde:**

N = Número total de unidades

e = Error permisible en determinación del PCI

$N_0$  = Desviación, úsese inicialmente ( $N_0 = 10$ )

## DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE PCI

IDENTIFICAR LOS TIPOS DE FALLA



DEFINIR NIVELES DE SEVERIDAD PARA CADA TIPO DE FALLA



DETERMINAR VALORES DE DEDUCCIÓN INDIVIDUALES DVI F(SEVERIDAD Y FRECUENCIA)



$$VDT = \sum V_{di}$$



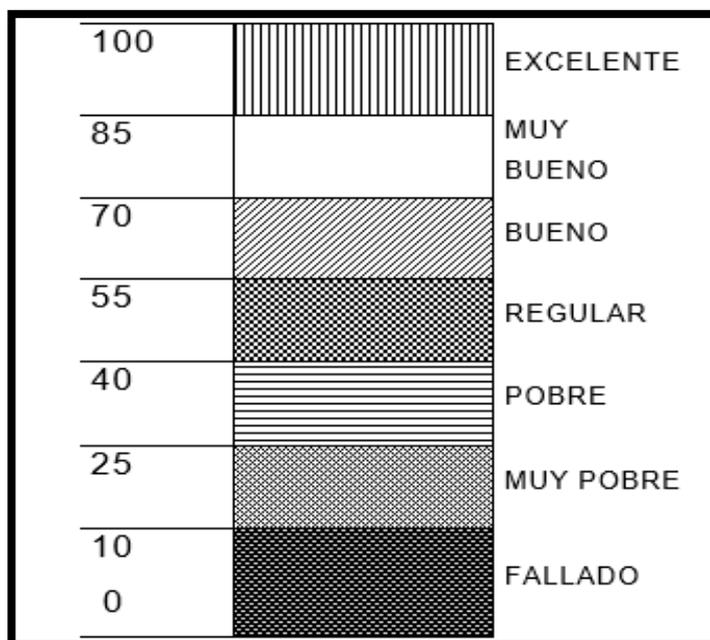
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO  
 $VDC = F \times VDT$



$$PCI = 100 - VDC$$

Fuente: MTC

## ESCALA DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI



Fuente: MTC.

PCI	CONDICION GENERAL Y MEDIDAS DE TRATAMIENTO
85 – 100	Pavimento nuevo o rehabilitado. No requiere tratamiento
70 – 85	Primeros signos de desgaste, desintegración y agrietamiento. Requiere un mantenimiento rutinario
55 – 70	Signos de desgaste, desintegración y agrietamiento moderado a bajo. Necesita un sello asfáltico de poca extensión
40 – 55	Pavimento con signos de daños moderados y abrasión alta. Requiere de recapeo zonal y sello asfáltico total
25 – 40	Pavimento con signos de daños moderados a severos con desintegración parcial. Usar bacheo superficial y recapeo total
10 – 25	Desgaste y desintegración severas, agrietamiento múltiple de la carpeta asfáltica con falla de base y subbase. Requiere un bacheo profundo y recapeo total
0 – 10	Pavimento fallado. Necesita una reconstrucción completa

Fuente: MTC.

## FORMATO PARA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

VIA

UNIDAD N°:

FECHA:

AREA DE LA MUESTRA: M2

### PROCEDIMIENTO PARA LA INVESTIGACIÓN

		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES EN EL PAVIMENTO							
		VÍA DEL CALLAO A LIMA				VÍA DE LIMA AL CALLAO			
		○	○	○	○	○	○	○	○
TOTAL	L								
	M								
	H								
CALCULO DEL PCI									
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN		
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)				VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)					
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)				VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)					
PCI = 100 - VDC CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				PCI = 100 - VDC CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
TIPOS DE FALLAS									
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS SEPARADAS	M2				
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2				
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (bloque)	M2	13	HUECOS	N°				
4	ELEVACIONES - HUNDIMIENTOS	M	14	ACCESO A PUENTES	M2				
5	CORRUGACIONES	M2	15	Ahuellamiento	M2				
6	DEPRESIONES	M2	16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE	M2				
7	GRIETAS DE BORDE	M	17	GRIETAS DE DESLIZAMIENTO	M2				
8	GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2				
9	DESNIVEL CALZADA - HOMBRILLO	M	19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN	M2				
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M							

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## **CONDICIÓN DEL PAVIMENTO Y LA SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO MÁS APROPIADO**

1. - Conducir sobre el pavimento observando signos de daños. Esto le dará al observador una impresión global acerca de la condición del pavimento y le ayudará a identificar áreas de daños que requieren ser observadas con mayor detenimiento.
2. - Detenerse y observar cuidadosamente cada área de daños; Usando la guía identificar cada daño, clasificarlo de acuerdo a su severidad y a su densidad de ocurrencia.
3. - Evaluar la urgencia del problema; por ejemplo, ¿ocasiona congestión vehicular? ¿Amenaza la seguridad pública?
4. - Decidir acerca de la prioridad de cada daño. Cuál debería ser reparado primero, segundo, tercero
5. - Consultar las tablas de tratamiento para cada tipo de daño; si se recomienda más de un tipo de mantenimiento, calcular cual alternativa es la de mejor costo efectivo.
6. - Si la sección de pavimento contiene diferentes tipos de daños, la guía le indica diferentes tratamientos.
7. - Decidir si el tratamiento seleccionado puede ser hecho por una cuadrilla de mantenimiento rutinario de otro modo, deberá llenarse el informe de necesidades de mantenimiento para proceder a la rehabilitación.

8. - Considerar otros factores. Los tratamientos recomendados en la guía son generalmente correctos, pero ocasionalmente pueden ser alterados por circunstancias especiales como: La urgencia, el tipo de carretera, la disponibilidad de los recursos etc.

### **Consideraciones:**

Es muy importante que la persona que evalúa el pavimento, se familiarice con los tipos de fallas, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en este método.

Documents.tips (2018) señala que:

Las fallas más comunes en pavimentos asfálticos son: Grietas piel de cocodrilo, grietas de contracción, grietas de reflexión de juntas, grietas longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos y desintegración o disgregación superficial. Los otros tipos de fallas se presentan con menor frecuencia.

Docslide.us (2018)

Un ejemplo de medición cuando se presentan distintas fallas en una misma sección: 1) Si están presentes las grietas piel de cocodrilo y ahuellamiento en la misma área, ambas se miden separadamente. 2) Si el pavimento presenta exudación, el agregado pulido no se cuenta en la misma área. 3) Si existen grietas en los bordes de una falla de elevación-hundimiento, (falla N° 4), estas se miden separadamente. 4) La falla N° 4 (elevación-hundimiento) se miden longitudinalmente y no por área. 5) Fallas en un bache no se cuentan. 6) Los huecos se miden por número de huecos con una determinada área y no como área total.

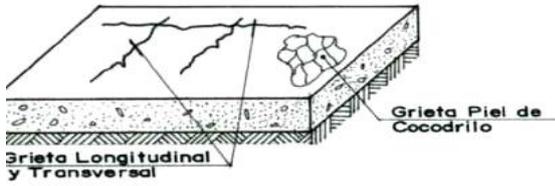
La severidad está definida por la calidad de rodaje y se clasifica en:

<b>BAJO</b>	Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.
<b>MEDIO</b>	(1) Se producen vibraciones o saltos significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. (2) Saltos individuales o continuos que producen molestias.
<b>ALTO</b>	(1) Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad. (2) Saltos individuales, que producen gran molestia, peligro o posible daño vehicular.

Fuente: Elaboración Propia.

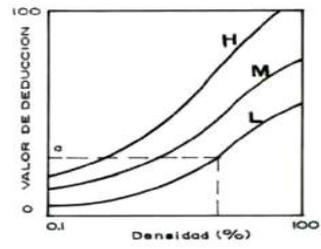
Esta evaluación se hace en vehículos “standard” y a la máxima velocidad permitida en la vía.

Inspección del PAVIMENTO  
Tipos de fallas y severidad  
Determinación de la densidad

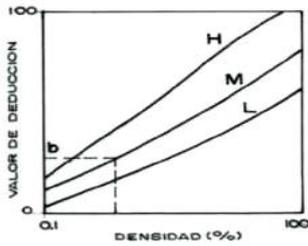


PASO 1

Determinación de los valores de Deducción.

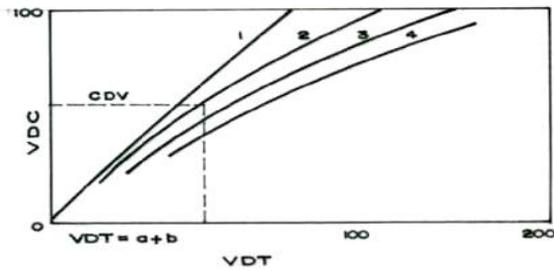


PASO 2



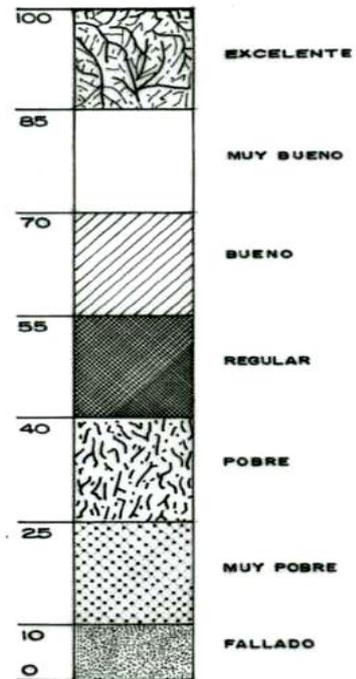
Computo del Valor Total de Deducción  
 $VDT = a + b$

PASO 3



Ajuste del valor total deducido

PASO 4



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO

$$PCI = 100 - VDC$$

PASO 5

DETERMINACION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO

PASO 6

### PASOS PARA EL CALCULO DEL PCI

Fuente: MTC.

## 5.4 DESCRIPCIÓN DE CADA FALLA

- **Grietas Piel de Cocodrilo**

Vdocuments.net (2018) señala que:

Son una serie de grietas interconectadas, producidas por fatiga de la mezcla asfáltica. Las grietas comienzan en el fondo de la capa y se prolongan la superficie, habiendo sido inicialmente grietas longitudinales paralelas. Posteriormente, bajo el efecto del tráfico, estas se conectan formando polígonos de diferentes tamaños que semejan la piel de un cocodrilo o un alambre de gallinero. Estas grietas, que ocurren sólo en áreas sometidas a tráfico, se consideran una falla estructural severa y generalmente son acompañadas de ahuellamientos.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	Grietas muy finas longitudinales y paralelas, con poca o ninguna interconexión.
<b>MEDIA (M)</b>	Grietas más desarrolladas e interconectadas con algo de desintegración en los bordes.
<b>ALTA (H)</b>	Las grietas han progresado de tal forma que muestran bloques (partículas) bien definidos con fuerte desintegración de los bordes. Algunos pedazos pueden soltarse fácilmente.

Fuente: MTC

## Forma de Medición

Docslide.us (2018) señala que:

Se mide en m<sup>2</sup>. de área. Es frecuente encontrar diferentes niveles de severidad en una misma sección afectada. En caso que no se puedan separar o estimar las áreas correspondientes a cada nivel, debe considerarse el área total como afectada de la mayor severidad.

- **Exudación de asfalto**

Docslide.us (2018) señala que:

Esta falla consiste en la formación de una película de material asfáltico en la superficie del pavimento creando una superficie brillante y reflectiva, normalmente pegajosa. La exudación es causada por **exceso de asfalto en la mezcla**, en aplicación de sellos, y/o bajo contenido de vacíos. Ocurre normalmente a elevadas temperaturas.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	La exudación ha ocurrido en un bajo grado y es apenas notable. El asfalto no se pega a los zapatos y neumáticos.
<b>MEDIA (M)</b>	La exudación se ha incrementado. El asfalto se adhiere a zapatos y neumáticos solamente en los días más calurosos.
<b>ALTA (H)</b>	La exudación es severa y extensa. Una considerable cantidad de asfalto se pega a neumáticos y zapatos al aumentar la temperatura.

Fuente: MTC

Docslide.us (2018) señala que:

### Forma de Medición

Se mide en m<sup>2</sup>. de área.

**NOTA:** Si la exudación está presente, el agregado pulido (falla N° 12), no debe tomarse en cuenta.

- **Grietas de Contracción (Bloque)**

Docslide.us (2018) señala que:

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en bloques aproximadamente rectangulares, con lados entre 30 cm. y 3 m. Estas grietas son causadas principalmente por **contracción del asfalto**, por efecto de las variaciones cíclicas de temperatura. No están asociadas con cargas o fatiga, e indican que el asfalto se ha endurecido considerablemente. Ocurren generalmente en grandes áreas del pavimento, algunas veces en áreas sin tráfico.

### Nivel de severidad

<b>BAJA (L)</b>	(1) Grietas sin sellar de ancho inferior a 10 mm (3/8") (2) Grietas selladas adecuadamente de cualquier ancho
<b>MEDIA (M)</b>	(1) Grietas sin sellar de ancho entre 10 y 76 mm. (3/8" a 3") (2) Grietas sin sellar hasta 76 mm. (3") con grietas finas (3) Grietas selladas de cualquier ancho con grietas finas
<b>ALTA (H)</b>	(1) Grietas selladas o sin sellar con grietas adyacentes de media y/o alta severidad (2) Grietas sin sellar de más de 76 mm. (3") de ancho (3) Grietas de cualquier ancho en las que varios centímetros del pavimento adyacentes está severamente dañado.

Ffuente: MTC.

Docslide.us (2018) señala que:

### Forma de Medición

Las grietas de contracción son medidas en m2. de área afectada. Normalmente ocurren con una sola severidad en la misma sección de pavimento. Si se observan diferentes niveles de severidad, estos deben reportarse separadamente.

- **Elevaciones-Hundimientos**

Docslide.us (2018) señala que:

Las elevaciones son pequeñas y localizadas protuberancias de la superficie del pavimento. A diferencia de las deformaciones por empuje, que son producidos por **inestabilidad del pavimento**, las elevaciones son producidas por: (1) Movimientos y levantamiento de trozos de losas de concreto debajo de la capa asfáltica. (2) Hinchamiento d por localización. (3) Infiltración de materiales en las juntas. Los hundimientos son pequeñas y abruptas deformaciones de la superficie. No debe confundirse esta falla con las deformaciones más pronunciadas y largas, producidas por hinchamiento.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	Producen bajo efecto sobre calidad de rodaje.
<b>MEDIA (M)</b>	Producen medio efecto sobre la calidad de rodaje.
<b>ALTA (H)</b>	Producen alto efecto sobre la calidad de rodaje.

Fuente: MTC.

### Forma de Medición

Docslide.us (2018) señala que:

Las elevaciones y hundimientos se miden en metros lineales. Si estas fallas se presentan perpendiculares de al tráfico y separadas menos de 3 m., se denominan corrugaciones (falla N°5). Si se presentan conjuntamente con grietas ambas fallas deben ser contadas.

- **Corrugaciones**

Docslide.us (2018) señala que:

Estas están conformadas por hundimientos y crestas (ondulaciones), espaciadas menos de 3 m., en sentido transversal al tráfico. Son causadas normalmente por el tráfico de base o superficie inestable.

**Nivel de Severidad**

<b>BAJA (L)</b>	Produce bajo efecto sobre la calidad de rodaje
<b>MEDIA (M)</b>	Produce medio efecto sobre la calidad de rodaje
<b>ALTA (H)</b>	Produce alto efecto sobre la calidad de rodaje

Fuente: MTC.

**Forma de Medición**

Se mide en M2. de área.

- **Depresiones**

Docslide.us (2018) señala que:

Son áreas de pavimento con elevación inferior a las adyacentes. Las pequeñas depresiones son difíciles de observar en los pavimentos secos. Bajo la lluvia se producen emposamientos de agua, que normalmente dejan una marca de contorno al secar. Generalmente son producto de asentamientos de la fundación o **fallas constructivas**. Pueden producir rugosidad y ser peligrosas al llenarse de agua. Se diferencian de los hundimientos en que no son abruptos.

#### Nivel de severidad

<b>BAJA (L)</b>	13 a 25 mm. (1/2" a 1")
<b>MEDIA (M)</b>	25 a 51 mm. (1" a 2")
<b>ALTA (H)</b>	Más de 51 mm. (> 2")

Fuente: MTC.

#### Forma de Medición

Se mide en M2. de área.

- **Grietas de Borde**

Docslide.us (2018) señala que:

Son grietas longitudinales paralelas, contenidas en una franja de 30 a 60 cm. en el borde externo del pavimento. Esta falla es acelerada por las cargas y puede ser causada por congelación de la base y/o subrasante, materiales expansivos y **falla de soporte lateral**. En algunos casos se puede llegar a producir pérdida del borde por

disgregación. **Forma de Medición:** Esta falla se mide en metros lineales.

#### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	Grietas de baja severidad sin disgregación
<b>MEDIA (M)</b>	Grietas de media severidad con algo de disgregación y rotura de bordes
<b>ALTA (H)</b>	Considerable rotura de borde y disgregación en grietas.

Fuente: MTC

- **Grietas de reflexión de juntas** (de losas de concreto)

Docslide.us (2018) señala que:

Sólo ocurren en capas asfálticas colocadas sobre pavimentos de concreto (rígidos). No incluyen grietas de reflexión de ningún otro tipo de base o material bajo el asfalto superficial. Normalmente son longitudinales y transversales causadas por contracción y expansión, o movimiento de las losas por infiltración de agua.

Docslide.us (2018) señala que:

Esta falla no está asociada con el tráfico, sin embargo, este puede producir disgregación de los bordes. El conocer las dimensiones de la losa de concreto ayuda en la identificación de estas grietas de reflexión.

#### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Grietas sin sellar de ancho inferior a 10 mm. (3/8")</li> <li>(2) Grietas selladas adecuadamente de cualquier ancho.</li> </ul>
<b>MEDIA (M)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Grietas sin sellar de ancho entre 10 y 76 mm. (3/8")</li> <li>(2) Grietas sin sellar hasta 76 mm. (3") con grietas finas adyacentes.</li> <li>(3) Grietas selladas de cualquier ancho con grietas finas adyacentes.</li> </ul>
<b>ALTA (H)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Grietas selladas o sin sellar con grietas adyacentes de media y/o alta severidad.</li> <li>(2) Grietas sin sellar de más de 76 mm. (3") de ancho.</li> <li>(3) Grietas de cualquier ancho en las que varios centímetros del pavimento adyacente están severamente dañados.</li> </ul>

Fuente: MTC

- **Desnivel Calzada-Hombrillo**

Docslide.us (2018) señala que:

Diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo. Normalmente causado por erosión o asentamiento del hombrillo, o elevación de la calzada sin nivelar la altura del hombrillo.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	La diferencia de elevación es de 25 a 51 mm. (1" a 2")
<b>MEDIA (M)</b>	La diferencia de elevación entre 51 a 102 mm (2" a 4")
<b>ALTA (H)</b>	La diferencia de elevación es mayor de 102 mm. (4")

Fuente: MTC.

- **Grietas Longitudinales y Transversales**

Docslide.us (2018) señala que:

(No se encuentran las grietas de reflexión de losas de concreto). Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o eje de construcción. Son generalmente causadas por: (1) Mala construcción de juntas en franja de asfalto. (2) Contracción del asfalto debido a los cambios de temperatura y el envejecimiento. (3) Reflexión de las grietas del pavimento inferior, grietas en el asfalto, o losas de concreto (no de juntas en losas).

Docslide.us (2018) señala que:

Las grietas transversales son aproximadamente perpendiculares al eje del pavimento y pueden ser causadas por las mismas razones indicadas. Estos tipos de grietas no están generalmente asociadas con tráfico y/o cargas.

### **Nivel de Severidad**

<b>BAJA (L)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Grietas sin sellar de ancho inferior a 10 mm. (3/8")</li> <li>(2) Grietas selladas adecuadamente de cualquier ancho</li> </ul>
<b>MEDIA (M)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Grietas sin sellar de ancho entre 10 y 76 mm. (3/8" a 3")</li> <li>(2) Grietas sin sellar hasta 76 mm. (3") con grietas finas adyacentes.</li> <li>(3) Grietas selladas de cualquier ancho con grietas finas adyacentes</li> </ul>
<b>ALTA (H)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) Grietas selladas o sin sellar con grietas adyacentes de media y/o alta severidad.</li> <li>(2) Grietas sin sellar de más de 76 mm (3") de ancho</li> <li>(3) Grietas de cualquier ancho en las que varios centímetros del pavimento adyacente está severamente dañado</li> </ul>

Fuente: MTC.

- **Bacheo y Zanjas Reparadas**

Vdocuments.net (2018)

Un bacheo es un área del pavimento que ha sido reparada mediante el empleo de material nuevo. Un bache es considerado un defecto, independientemente de lo bien que haya sido ejecutado. Generalmente produce algo de rugosidad.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (B)</b>	Bache bien ejecutado y en condición satisfactoria. Tiene bajo efecto sobre la calidad de rodaje.
<b>MEDIA (M)</b>	El bache muestra moderado deterioro, tiene efecto medio sobre la calidad de rodaje.
<b>ALTA (H)</b>	Bache severamente deteriorado que debe ser prontamente reemplazado. Tiene alto efecto sobre la calidad de rodaje.

FueFuente: MTC.

- **Agregados Pulidos**

Docslide.us (2018) señala que:

Esta falla es causada por los pases del tráfico. Cuando el agregado superficial se pule, la adherencia con los neumáticos se reduce considerablemente. El agregado pulido se cuenta cuando un examen detallado revela que la textura del pavimento es inadecuada y la superficie de las partículas de agregado es suave al tacto. Este tipo de falla está relacionado con baja resistencia a la fricción.

Docslide.us (2018) señala que:

**Nivel de Severidad:** No se define el nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulitura debe ser significativo antes de que sea incluido como defecto. **Forma de Medición:** Se mide en M2. de área. Si hay exudación (Falla N° 2), debe contarse y el agregado pulido no se considera.

- **Huecos**

Docslide.us (2018) señala que:

Los huecos son pequeñas fallas de forma cóncava y diámetros generalmente inferiores a 0.90 m. Usualmente tienen bordes angulosos y verticales en las cercanías d la superficie.

Docslide.us (2018) señala que:

Crecen rápidamente por efecto del agua acumulada en el propio hueco. Son producidos por disgregación (debido al tráfico) de pequeñas áreas del pavimento. Este se desintegra debido a defectos de la mezcla, puntos débiles en la base o subrasante o grietas piel de cocodrilo de alta severidad. Los huecos son generalmente causados por una falla estructural y no debe confundirse con disgregación y desintegración (Falla N° 19). Cuando los huecos son consecuencia del deterioro progresivo de fallas del tipo piel de cocodrilo deben considerarse como huecos (Falla N° 13) y no como Falla N° 19.

Docslide.us (2018) señala que:

**Nivel de Severidad:** El nivel de severidad para huecos de diámetro inferior a 76.2 cm. (30") se basa tanto en el diámetro como en la profundidad.

PROFUNDIDAD MÁXIMA (cm)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)		
	10 a 20 (4" a 8")	20 a 45 (8" a 18")	45 a 76 (18" a 30")
1.2 a 2.5 cm (1/2" a 1")	L	L	M
□ 2.5 a 5 cm ( 1" a 2")	L	M	H
□ 5 cm (□ 2")	M	M	H

Fuente: MTC

Docslide.us (2018) señala que:

Si el hueco tiene más de 76 cm. de diámetro (30") el área debe medirse en M<sup>2</sup>. y dividirse entre 0.47 M<sup>2</sup>. para determinar el número equivalente de huecos. Si la profundidad es menor de 2.5 cm. (1") se considera de severidad media (M). Si la profundidad es mayor de 2.5 cm. se considera de alta severidad. **Forma de Medición:** Se cuenta el número de huecos, clasificándolos en cada nivel de severidad por separado (L, M, H).

- **Cruce de Rieles**

## Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	Produce bajo efecto sobre la calidad de rodaje
<b>MEDIA (M)</b>	Produce medio efecto sobre la calidad de rodaje
<b>ALTA (H)</b>	Produce alto efecto sobre la calidad de rodaje

Fuente: MTC

Docslide.us (2018) señala que:

**Forma de Medición:** Se mide el área en M2. Si los rieles (o la junta entre la estructura y el pavimento) no afecta la calidad de rodaje debe ignorarse. NOTA: Esta falla se sugiere que sea reemplazada por acceso a puentes y pontones.

- **Ahuellamiento**

Docslide.us (2018) señala que:

El Ahuellamiento es una depresión longitudinal, bajo las huellas de los neumáticos. El pavimento puede levantarse a lo largo de los bordes de la depresión. Generalmente el Ahuellamiento se observa después de la lluvia, al llenarse de agua las depresiones. El Ahuellamiento es originado por la deformación permanente de la subrasante o alguna capa del pavimento, normalmente causado por consolidación o movimiento lateral de los materiales bajo efecto del

tráfico. El excesivo Ahuellamiento puede producir una falla estructural del pavimento.

**Nivel de Severidad:** Profundidad average del Ahuellamiento.

<b>BAJA (L)</b>	6 A 13 mm. (1/4"- 1/2")
<b>MEDIA (M)</b>	□□13 a 25 mm. (□1/2" – 1")
<b>ALTA (H)</b>	□25 mm. ( □ 1")

Fuente: MTC.

Docslide.us (2018) señala que:

**Forma de Medición:** El Ahuellamiento se mide en M2. de área, y su severidad se determina la profundidad media del Ahuellamiento.

- **Deformación por Empuje**

Docslide.us (2018) señala que:

Es un desplazamiento o deformación permanente producida por el tráfico en un área localizada del pavimento. Cuando el tráfico “empuja” sobre el pavimento produce, una corta y abrupta cresta o deformación. Este tipo de falla se produce mayormente en mezclas con asfaltos líquidos o emulsiones, así como en mezclas de baja estabilidad. Es común donde se une un pavimento rígido con uno asfáltico. En este caso el pavimento rígido empuja, produciendo tal tipo de falla por deformación en el asfalto.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	Produce bajo efecto sobre la calidad del rodaje
<b>MEDIA (M)</b>	Produce medio efecto sobre la calidad del rodaje
<b>ALTA (H)</b>	Produce alto efecto sobre la calidad del rodaje

Fuente: MTC.

- **Grietas de Deslizamiento.**

Docslide.us (2018) señala que:

Son grietas en forma de media luna, con sus puntas en el sentido de la dirección del tráfico. Son causadas por el deslizamiento de la capa asfáltica superficial y ocurren por falta o exceso del riego de adherencia.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	El ancho de la grieta es menor de 10 mm. (3/8")
<b>MEDIA (M)</b>	(1) Ancho de grieta entre 10 y 38 mm. (3/8" – 1.5") (2) El área adyacente a las grietas muestra grietas finas
<b>ALTA (H)</b>	(1) Ancho de grietas mayor de 38 mm. (1.5") (2) El área adyacente a las muestra trozos sueltos

Fuente: MTC.

- **Hinchamientos o Abultamientos**

Dokumen.tips (2018) señala que:

Ondulaciones de la superficie, por lo general perpendiculares al eje de la vía; producida por baja estabilidad de la carpeta asfáltica, la cual ha sido sometida a cargas pesadas. Si se trata de una mezcla en frío, posible falta de curado en la mezcla. Se presentan también en zonas de frenado y estacionamiento por deslizamiento de las carpetas sobre la base, debido a un riego de liga excesivo.

#### **Nivel de Severidad**

<b>BAJA (L)</b>	Los hinchamientos son menores de 1/2" y/o afecta ligeramente la transitabilidad.
<b>MEDIA (M)</b>	Los hinchamientos son de 1/2" a 1" y/o afecta moderadamente la transitabilidad.
<b>ALTA (H)</b>	Los hinchamientos son mayores de 1" y/o afecta altamente la transitabilidad.

Fuente: MTC.

#### **Disgregación y Desintegración**

Son las descomposiciones del aglomerado asfáltico con posible pérdida de la parte estructural; su evolución depende de la estabilidad de la base, pueden localizarse internas o en bordes. Las desintegraciones graduales superficiales de las capas de rodadura, aumentan la textura y exponen cada vez más los agregados, por acción del tráfico y el clima.

### Nivel de Severidad

<b>BAJA (L)</b>	Se extiende sobre menos del 25% del área del pavimento en evaluación
<b>MEDIA (M)</b>	Se extiende sobre más del 25% del área del pavimento en evaluación
<b>ALTA (H)</b>	Más del 50% del área del pavimento en evaluación es afectado y además se prolonga a las áreas adyacentes.

Fuente: MTC.

# EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

VIA: AV DE LA MARINA

UNIDAD N°: 05

FECHA: 13 DE ABRIL DEL 2008

AREA DE LA MUESTRA: 225 M2.

		TIPO DE FALLAS EXISTENTES EN EL PAVIMENTO																																																																								
		VIA DEL CALLAO A LIMA				VIA DE LIMA AL CALLAO																																																																				
		1	0	1	1	1	0	1	1																																																																	
		134.90 H	46 L	65 L	67.50 M	31.95 M	33 L	80	63.00M																																																																	
TOTAL	L		46.00	65.00			33.00	80.00																																																																		
	M				67.50	31.95			63.00																																																																	
	H	135.00																																																																								
CALCULO DEL PCI																																																																										
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION																																																																			
1	60.00	H	84.00	1	14.20	M	51.00																																																																			
8	20.44	L	10.00	8	14.67	L	8.00																																																																			
12	28.88	L	7.00	12	35.55	L	7.00																																																																			
19	30.00	M	39.00	19	28.00	M	24.00																																																																			
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			140.00	VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			90.00																																																																			
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			77.00	VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			49.00																																																																			
$PCI = 100 - VDC$ $23.00$ CONDICION DEL PAVIMENTO MUY POBRE				$PCI = 100 - V$ $51.00$ CONDICION DEL PAVIMENTO REGULAR																																																																						
<table border="0"> <thead> <tr> <th colspan="5">TIPO DE FALLAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>GRIETA PIEL DE COCODRILO</td> <td>M2</td> <td>11</td> <td>BACHES Y ZANJAS SEPARADAS</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>EXUDACION DE ASFALTO</td> <td>M2</td> <td>12</td> <td>AGREGADOS PULIDOS</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>GRIETA DE CONTRACCION</td> <td>M2</td> <td>13</td> <td>HUECOS</td> <td>N°</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>ELEVACIONES-HUNDIMIENTOS</td> <td>M</td> <td>14</td> <td>ACCESO A PUNTES</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>CORRUGACIONES</td> <td>M2</td> <td>15</td> <td>AHUELLAMIENTO</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>DEPRESIONES</td> <td>M</td> <td>16</td> <td>DEFORMACION POR EMPUJE</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>GRIETAS DE BORDES</td> <td>M</td> <td>17</td> <td>GRIETAS DE DESPLAZAMIENTO</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>GRIETAS DE REFLEXION DE JUNTAS</td> <td>M</td> <td>18</td> <td>HINCHAMIENTO</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO</td> <td>M</td> <td>19</td> <td>DISGREGACION Y DESINTEGRACION</td> <td>M2</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										TIPO DE FALLAS					1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS SEPARADAS	M2	2	EXUDACION DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2	3	GRIETA DE CONTRACCION	M2	13	HUECOS	N°	4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTOS	M	14	ACCESO A PUNTES	M2	5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2	6	DEPRESIONES	M	16	DEFORMACION POR EMPUJE	M2	7	GRIETAS DE BORDES	M	17	GRIETAS DE DESPLAZAMIENTO	M2	8	GRIETAS DE REFLEXION DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2	9	DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO	M	19	DISGREGACION Y DESINTEGRACION	M2	10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES				
TIPO DE FALLAS																																																																										
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2	11	BACHES Y ZANJAS SEPARADAS	M2																																																																					
2	EXUDACION DE ASFALTO	M2	12	AGREGADOS PULIDOS	M2																																																																					
3	GRIETA DE CONTRACCION	M2	13	HUECOS	N°																																																																					
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTOS	M	14	ACCESO A PUNTES	M2																																																																					
5	CORRUGACIONES	M2	15	AHUELLAMIENTO	M2																																																																					
6	DEPRESIONES	M	16	DEFORMACION POR EMPUJE	M2																																																																					
7	GRIETAS DE BORDES	M	17	GRIETAS DE DESPLAZAMIENTO	M2																																																																					
8	GRIETAS DE REFLEXION DE JUNTAS	M	18	HINCHAMIENTO	M2																																																																					
9	DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO	M	19	DISGREGACION Y DESINTEGRACION	M2																																																																					
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES																																																																									

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

VIA: AV DE LA MARINA

UNIDAD N°: 12

FECHA: 13 DE ABRIL DEL 2008

AREA DE LA MUESTRA: 225 M2.

		TIPO DE FALLAS EXISTENTES EN EL PAVIMENTO							
		VIA DEL CALLAO A LIMA				VIA DE LIMA AL CALLAO			
		1	2	3	4	5	6	7	8
		27.90L	9.75L	48.19M		27.00L	40.16M		
TOTAL	L	27.90	9.75			27.00			
	M			48.19		79.00	40.16		
	H								
CALCULO DEL PCI									
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		
6	4.33	L	9.00	10	12.00	L	8.00		
10	12.40	L	8.00	10	35.11	M	32.00		
19	21.42	M	22.00	19	17.85	M	21.00		
			39.00				61.00		
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)			39.00	VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN (VDT)			61.00		
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)			18.00	VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)			32.00		
PCI = 100 - VDC 82.00 CONDICION DEL PAVIMENTO MUY BUENO				PCI = 100 - VDC 68.00 CONDICION DEL PAVIMENTO BUENO					
TIPO DE FALLAS									
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2		11	BACHES Y ZANJAS SEPARADAS		M2		
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO	M2		12	AGREGADOS PULIDOS		M2		
3	GRIETA DE CONTRACCIÓN	M		13	HUECOS		N°		
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTOS	M2		14	ACCESO A PUNTES		M2		
5	CORRUGACIONES	M		15	AHUELLAMIENTO		M2		
6	DEPRESIONES	M		16	DEFORMACION POR EMPUJE		M2		
7	GRIETAS DE BORDES	M		17	GRIETAS DE DESPLAZAMIENTO		M2		
8	GRIETAS DE REFLEXION DE JUNTAS	M		18	HINCHAMIENTO		M2		
9	DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO			19	DISGREGACION Y DESINTEGRACIÓN		M2		
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES								

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



# EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

VIA: AV DE LA MARINA

UNIDAD N°: 26

FECHA: 13 DE ABRIL DEL 2008

AREA DE LA MUESTRA: 225 M2.

		TIPO DE FALLAS EXISTENTES EN EL PAVIMENTO							
		VIA DEL CALLAO A LIMA				VIA DE LIMA AL CALLAO			
		0	1	1		0	1	1	
		23.00M	6.00M	79.22L		46.00M	57.50M		
		23.00M							
		47.60L							
TOTAL	L	47.60		79.22				63.00	
	M	46.00	6.00			62.80	57.50		
	H								
CALCULO DEL PCI									
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION	TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCION		
8	21.16	M	26.00	8	27.91	M	30.00		
8	10.22	L	16.00	16	25.50	M	53.00		
13	2.66	M	54.00	19	28.00	L	7.00		
19	35.21	L	10.00						
VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			106.00	VALOR TOTAL DE DEDUCCION (VDT)			90.00		
VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			57.00	VALOR DE DEDUCCION CORREGIDO (VDC)			48.00		
$PCI = 100 - VDC$ $43.00$ CONDICION DEL PAVIMENTO REGULAR				$PCI = 100 - VDC$ $52.00$ CONDICION DEL PAVIMENTO REGULAR					
TIPO DE FALLAS									
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO	M2		1	BACHES Y ZANJAS SEPARADAS	M2			
2	EXUDACION DE ASFALTO	M2		2	AGREGADOS PULIDOS	M2			
3	GRIETA DE CONTRACCION	M2		3	HUECOS	N°			
4	ELEVACIONES- HUNDIMIENTOS	M		4	ACCESO A PUNTES	M2			
5	CORRUGACIONES	M2		5	AHUELLAMIENTO	M2			
6	DEPRESIONES	M2		6	DEFORMACION POR EMPUJE	M2			
7	GRIETAS DE BORDES	M		7	GRIETAS DE DESPLAZAMIENTO	M2			
8	GRIETAS DE REFLEXION DE JUNTAS	M		8	HINCHAMIENTO	M2			
9	DESNIVEL CALZADA- HOMBRILLO	M		9	DISGREGACION Y DESINTEGRACION	M2			
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES								

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## RESULTADO DE LA EVALUACIÓN Y CÁLCULO DEL PCI

UNIDAD Nº	VIA DEL CALLAO A LIMA		VIA DE LIMA AL CALLAO	
	PCI	CONDICION DEL PAVIMENTO	PCI	CONDICION DEL PAVIMENTO
05	23.00	Muy Pobre	51.00	Regular
12	82.00	Muy Bueno	68.00	Bueno
19	85.00	Muy Bueno	79.00	Muy Bueno
26	43.00	Regular	52.00	Regular
33	70.00	Bueno	87.00	Excelente
40	78.00	Muy Bueno	62.00	Bueno
47	26.00	Malo	81.00	Muy Bueno
54	68.00	Bueno	72.00	Muy Bueno
61	73.00	Muy Bueno	72.00	Muy Bueno
68	56.00	Bueno	73.00	Muy Bueno
75	73.00	Muy Bueno	64.00	Bueno
82	32.00	Pobre	80.00	Muy Bueno
89	67.00	Bueno	58.00	Bueno
96	46.00	Regular	39.00	Pobre
103	12.00	Muy Pobre	53.00	Regular
110	72.00	Muy Bueno	52.00	Regular
117	29.00	Pobre	67.00	Bueno
124	70.00	Bueno	48.00	Regular
131	87.00	Bueno	74.00	Muy Bueno
138	58.00	Bueno	69.00	Bueno
145	73.00	Muy Bueno	82.00	Muy Bueno
152	69.00	Bueno	86.00	Excelente
159	50.00	Regular	75.00	Muy Bueno
166	62.00	Bueno	73.00	Muy Bueno
173	63.00	Bueno	80.00	Muy Bueno
180	73.00	Muy Bueno	75.00	Muy Bueno
187	62.00	Bueno	71.00	Muy Bueno
TOTAL	1602.00		1843.00	
	59.33	Regular	68.26	Bueno

SE CONCLUYE QUE EL ESTADO DEL PAVIMENTO ES DE REGULAR EN LA VÍA DEL CALLAO A LIMA Y BUENO EN LA VÍA DE LIMA AL CALLAO. COMO EL PCI ESTÁ ENTRE 55 – 70 EN AMBAS VÍAS ESTO SIGNIFICA QUE TIENEN SIGNO DE DESGASTE, DESINTEGRACIÓN Y AGRIETAMIENTO MODERADO A BAJO. NECESITA UN SELLO ASFALTICO DE POCA EXTENSIÓN. FUENTE: MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA.

## CAPÍTULO VI

## **MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN-INVENTARIO DE FALLAS**

### **6.1 GENERALIDADES**

Las fisuras, los baches, depresiones y otros tipos de fallas son la evidencia visible del desgaste del pavimento. Detectar a tiempo y reparar los defectos menores, es el trabajo más importante realizado por los equipos de mantenimiento.

Las fisuras y otras fallas superficiales, las cuales en los primeros estados son imperceptibles, pueden convertirse en serios defectos sino son reparados a tiempo.

Después de detectar los daños o las fallas, se debe hacer una investigación detallada para determinar qué clase de reparación necesitan. Estas reparaciones deben ser realizadas en el plazo más breve posible. Una inspección en cada tramo y la limpieza de los sistemas de drenaje son las formas de mantenimiento preventivo y si no los hay, implementarlos elimina algunas de las mayores causas de daño del pavimento.

Para una mejor visualización y representación de los daños existentes en la vía, así como a manera de ilustración se debe inventariar cada falla; ubicándola en la progresiva correspondiente para su ubicación inmediata e indicar el tipo de severidad de la falla para definir las alternativas de solución.

### **6.2 INVENTARIO DE FALLAS**

VIA: AV DE LA MARINA

FECHA: FEBRERO DEL 2007

<b>DIMENSIONES</b>	<b>AREA (m2.)</b>	<b>PROGRESIVA (m.)</b>	<b>VIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
9.75x43.00	419.25	+ 036	AL CALLAO	Puente sobre Av. Brasil
3.25x25.00	81.25	+ 093	A LIMA	Cuadra N° 2
3.25x90.00	92.50	+ 125	A LIMA	Cuadra N° 2
3.25x28.00	91.00	+ 125	AL CALLAO	Cuadra N° 2
1.50x15.00	22.50	+ 145	AL CALLAO	Cuadra N° 2
2.50x21.00	52.50	+ 148	AL CALLAO	Cuadra N° 2
6.50x33.00	214.50	+ 171	A LIMA	Cuadra N° 2
13.00x50.00	650.00	+ 230	A LIMA	Cuadra N° 2
3.25x10.00	32.50	+ 265	AL CALLAO	Cuadra N° 2
13.00x37.00	481.00	+ 276	A LIMA	Cuadra N° 3
3.00x13.00	39.00	+ 437	A LIMA	Cuadra N° 4
4.00x11.00	44.00	+ 460	A LIMA	Cuadra N° 4
3.50x 8.00	28.00	+ 506	A LIMA	Cuadra N° 5
3.00x 5.00	16.00	+ 552	A LIMA	Cuadra N° 5
6.00x21.00	126.00	+ 575	A LIMA	Cuadra N° 5
9.75x14.00	136.50	+ 644	A LIMA	Intersección Av. Sucre
6.50x15.00	97.50	+ 874	A LIMA	Cuadra N° 9
6.00x15.00	74.50	+ 879	AL CALLAO	Cuadra N° 9
7.50x43.00	322.50	+ 891	AL CALLAO	Cuadra N° 9
13.00x25.00	325.00	1 + 070	A LIMA	Cuadra N° 9
5.00x52.00	260.00	1 + 242	A LIMA	Cuadra N° 10
1.50x 9.75	14.63	1 + 518	A LIMA	Cuadra N° 12
13.00x60.00	780.00	1 + 510	Ambas vías	Intersección Av. Cueva
15.00x 6.50	97.50	1 + 548	A LIMA	Cuadra N° 13
13.00x40.00	520.00	1 + 573	A LIMA	Cuadra N° 13
6.50x80.00	520.00	1 + 656	AL CALLAO	Cuadra N° 13
3.50x 4.00	14.00	1 + 650	A LIMA	Cuadra N° 13

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima.

<b>DIMENSIONES</b>	<b>AREA (m2.)</b>	<b>PROGRESIVA (m.)</b>	<b>VIA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
14.00x 6.50	91.00	1 + 669	AL CALLAO	Cuadra N° 14

3.25x 3.25	9.75	1 + 680	AL CALLAO	Cuadra N° 14
23.00x 3.00	69.00	1 + 685	AL CALLAO	Cuadra N° 14
6.50x16.00	104.00	1 + 771	A LIMA	Cuadra N° 14
4.00x21.00	84.00	1 + 804	A LIMA	Cuadra N° 14
4.25x11.00	46.75	1 + 817	AL CALLAO	Cuadra N° 15
1.20x7.20	8.64	1 + 823	A LIMA	Cuadra N° 15
1.60x 7.00	11.20	1 + 840	A LIMA	Cuadra N° 15
5.00x13.00	65.00	1 + 891	A LIMA	Cuadra N° 16
3.55x15.00	53.25	2 + 028	A LIMA	Cuadra N° 16
1.00x 1.50	1.50	2 + 054	A LIMA	Cuadra N° 16
3.00x 8.00	24.00	2 + 093	AL CALLAO	Cuadra N° 16
3.25x15.00	48.75	2 + 131	AL CALLAO	Intersecc.Av. Universit.
3.25x17.00	55.25	2 + 223	AL CALLAO	Cuadra N° 17
3.25x25.00	81.25	2 + 225	AL CALLAO	Cuadra N° 17
3.25x20.00	65.00	2 + 230	AL CALLAO	Cuadra N° 17
3.25x 5.00	16.25	2 + 251	AL CALLAO	Cuadra N° 20
1.50x 3.00	4.50	2 + 254	AL CALLAO	Cuadra N° 20
5.00x20.00	100.00	2 + 268	A LIMA	Cuadra N° 21
1.90x 5.00	4.50	2 + 277	A LIMA	Cuadra N° 21
1.20x 2.20	2.64	2 + 279	A LIMA	Cuadra N° 21
1.20x 7.20	8.64	2 + 286	A LIMA	Cuadra N° 22
1.90x 1.40	1.26	2 + 786	A LIMA	Cuadra N° 25
4.00x22.00	88.00	3 + 852	A LIMA	Cuadra N° 31
13.00x 3.00	39.00	3 + 891	A LIMA	Cuadra N° 31
4.00x13.00	52.00	3 + 917	A LIMA	Cuadra N° 32
3.00x13.00	39.00	3 + 980	A LIMA	Cuadra N° 32
6.25x 3.00	18.75	4 + 180	A LIMA	Cuadra N° 34

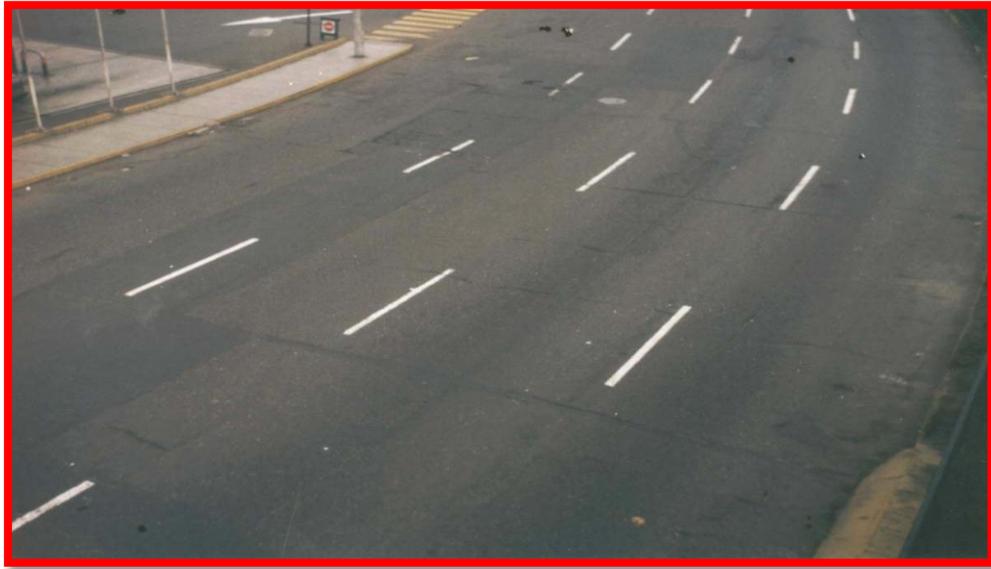
Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



Falla piel de cocodrilo ubicada en la progresiva +093 vías del Callao a Lima. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Hundimiento de la carpeta, se observa resane inadecuado y continúa la falla, con grietas longitudinales marcadas; ubicada en la progresiva +276 en la vía del Callao a Lima. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Grietas de reflexión de juntas, parches efectuados a la vía que han fallado y peladuras que evolucionan a daños mayores. Ubicados en la progresiva +230 de la vía del Callao a Lima (severidad media alta).

Fuente: Propia.



Baches por parches mal ejecutados por telefónica; así como pérdida del ligante, grietas y hundimientos en la progresiva +265 de la vía de Lima al Callao. (Severidad media). Fuente: Propia.



Hundimientos de la carpeta, se observa resane inadecuado y continua la falla con grietas longitudinales marcadas. Ubicada en la progresiva +276 en la vía del Callao a Lima (severidad alta). Fuente: Propia.



Bache ubicado en la progresiva +437 vías del Callao a Lima producido por trabajos inadecuados para conexión telefónica; también se observa reflexión de juntas y grietas longitudinales (severidad alta para el bache y media para las grietas). Fuente: Propia.



Desintegración de la carpeta asfáltica, asociada con grietas transversales y de reflexión de juntas ubicadas en la progresiva +345 de la vía del Callao a Lima. (Severidad media). Fuente: Propia.



Pérdida del ligante con desintegración, presenta tratamiento anterior insuficiente porque ha seguido progresando la falla ubicada en la progresiva +381 de la vía del Callao a Lima (severidad media).  
Fuente: Propia.



Huecos, baches, grietas de reflexión de juntas y parches por conexión telefónica, también se observa pérdida del ligante y la consecuente desintegración del pavimento ubicada en la progresiva +393 en la vía del Callao a Lima (severidad media-alta). Fuente: Propia.



Hundimiento porque cedió la base granular con parche inadecuado; grietas de reflexión de juntas, pérdida del ligante y una progresiva desintegración de la carpeta asfáltica .Falla ubicada en la progresiva +397 en la vía del Callao a Lima. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Hueco, se puede observar la carpeta de concreto que tiene la Av. De La Marina debajo de la carpeta asfáltica, grietas de reflexión de juntas abiertas y pérdida del ligante con una creciente desintegración de la carpeta asfáltica, se puede observar el agregado; falla ubicada en la progresiva +542 de la vía del Callao a Lima. (severidad del alta). Fuente: Propia.



Bache producido por mala ejecución del resane de la carpeta asfáltica después de colocar caja porta llave de Sedapal; falla ubicada en la progresiva +592 en la vía del Callao a Lima (severidad alta). Fuente: Propia.



Grietas piel de cocodrilo, con severidad alta por falla en la capa base con asentamiento de la carpeta asfáltica produciendo hundimiento y grietas de reflexión de juntas ubicada en la progresiva +710 de la vía de Lima al Callao. Fuente: Propia.



Bache por reparación mal ejecutada, grietas longitudinales y transversales, pérdida del ligante, falla ubicada en la progresiva 1+030 de la vía del Callao a Lima (severidad alta). Fuente: Propia.



Bache por reparación mal ejecutada, grietas longitudinales y transversales, pérdida del ligante; falla ubicada en la progresiva 1+030 de la vía del Callao a Lima (severidad alta). Fuente: Propia.



Reflexión de juntas marcadas, pérdida del ligante y desintegración progresiva de la carpeta asfáltica; se puede apreciar todo el agregado grueso, falla ubicada en la progresiva 1+019 de la vía del Callao a Lima (severidad alta). Fuente: Propia.



La típica falla de reflexión de juntas a lo largo de toda la Av. Marina; selladas anteriormente pero de forma inadecuada y la terminación del borde de la calzada sin confinamiento que conllevará con el tiempo al desintegración y deterioro de los bordes, falla ubicada en la progresiva 1+245 m. de la vía del Callao a Lima . (Severidad alta).  
Fuente: Propia.



Pérdida total del carpeta asfáltica y ya empieza a comprometer las losas de concreto de cemento Pórtland. Falla ubicada en la progresiva 1+465 de la vía del Callao a Lima. (Severidad alta).  
Fuente: Propia.



Pérdida total del ligante y desintegración severa de la carpeta asfáltica, se puede apreciar una constante en todas las fallas una tapa de buzón en esta oportunidad de Sedapal, ubicada en la progresiva 1+510 de la vía del Callao a Lima; intersección con la Av. Cueva cuadra. 12 de la Av. La Marina. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Sellado inadecuado con exceso de ligante lo que ha generado el corrimiento de la carpeta ocasionando ondulaciones en la vía; falla ubicada en la progresiva 1+573 de la vía del Callao a Lima; aquí es más notoria la desintegración por pérdida del ligante en la carpeta antigua. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Pérdida total de la carpeta asfáltica y se aprecian dos parches, uno ejecutado adecuadamente evidenciando el escaso conocimiento en la materia, también se aprecia pérdida del ligante y desintegración pronunciada de la carpeta. Falla ubicada en la progresiva 1+432 de la vía del Callao a Lima. (Severidad alta). Fuente: Propia.



El parche que se aprecia al lado izquierdo ha sido ejecutado observando las recomendaciones de compactación y juntas de construcción; pero los otros parches que se observan no han sido hechos con los mismos lineamientos reflexión de juntas y digresión de la carpeta por la pérdida del ligante; se observa también ubicada en la progresiva 1+541 en la vía de Lima al Callao. Fuente: Propia.



Parque defectuoso y a pesar de ser más reciente que el resto de la carpeta , evidencia también pérdida del ligante que puede deberse a la calidad de cemento asfáltico y no necesariamente a exceso de ligante u otro motivo también se ve reflexión de juntas con severidad alta. Falla ubicada en la progresiva 1+575 en la vía de Lima al Callao.  
Fuente: Propia.



Pérdida del ligante y desintegración total de la carpeta asfáltica, juntas de dilatación de las losas de concreto totalmente abiertas; falla ubicada en la progresiva 1+804 m. sobre la vía del Callao a Lima.  
(Severidad alta). Fuente: Propia.



Alta desintegración de la carpeta asfáltica y se pone de manifiesto que la falta de confinamiento lateral permite la destrucción de la carpeta; ubicada en la progresiva 1+839 sobre la vía del Callao a Lima. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Hueco producido por la desintegración avanzada de la carpeta asfáltica y parche mal ejecutado convertido en bache en la progresiva 2 + 093m. Sobre la vía del Callao a Lima (severidad alta). Fuente: Propia.



Desintegración avanzada con pérdida total de material bituminoso, se ven dos huecos; ubicados en la progresiva 2+090 m. sobre la vía de Lima al Callao. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Desintegración progresiva y sellada fallada con huecos de considerables tamaños, posible causa el agua sobre el pavimento proveniente del riego de jardines que existen en el medio de la vía; ubicada en la progresiva 2+300 m. sobre la vía de Lima al Callao. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Bache producido por parches mal ejecutados de conexión de luz para semáforo; asociado a esta falla hay grietas transversales y reflexión de juntas; en la progresiva 4+321 m. sobre la vía del Callao a Lima. (Severidad alta). Fuente: Propia.



Grietas piel de cocodrilo de alta severidad con desintegración de la carpeta asfáltica en la progresiva 4+180 m. sobre la vía de Lima al Callao. (Severidad alta). Fuente: Propia.

### **6.3 OBRAS DE MANTENIMIENTO**

Los procedimientos a emplearse en las obras de mantenimiento, tanto preventivo, como correctivo deberán seguir tecnologías recomendadas por el Instituto del Asfalto y las especificaciones técnicas de la ASTM y de la AASHTO.

#### ***SOLUCIÓN PROPUESTA***

Para la reconstrucción de esta vía se propone utilizar el mismo diseño de la losa existente, colocando posteriormente sobre la losa antigua y la reconstruida una manta de geotextil y una carpeta asfáltica de espesor 4 cm.

En la Av. De La Marina, debido al tráfico y el clima, se observa casi en la totalidad de la vía, al material superficial con signos de abrasión intensa; para lo cual será necesario colocar un sello asfáltico para restablecer la condición original de la vía. Previamente al recapeo asfáltico de la losa antigua, se deberá proceder a efectuar los siguientes trabajos:

- a) Sello de fisuras
- b) Rotura de losas en zonas falladas
- c) Nivelar tapas de buzones
- d) Restituir porciones de losas eliminadas
- e) Colocación de geotextil para evitar el reflejo de fisuras y juntas.
- f) Riego de liga
- g) Colocación de una carpeta asfáltica de 4 cm. de emulsión asfáltica mejorada con aditivo AR RED RADICOTE.

#### **6.3.1 GRIETAS Y FISURAS**

Aparecen por diferentes y variados motivos o causas entre las más conocidas son la temperatura, el contenido de humedad o el tráfico. En función del tipo de asfalto utilizado, pueden iniciarse en la superficie grietas de reflexión debido al envejecimiento del asfalto. En ello influyen considerablemente factores como el procedimiento de destilación del asfalto, aire y espesor de la capa asfáltica en torno a la grava. Para realizar las mejoras adecuadas se debe determinar primero las causas del agrietamiento y el tratamiento puede ir desde un simple llenado de las grietas o fisuras hasta la remoción completa del área afectada.

- **Grietas Piel de Cocodrilo**

Dokumen.tips (2018) señala que:

**Definición.** - Son fisuras interconectadas formando polígonos de tamaño variable semejando una malla de gallinero o una piel de cocodrilo. **Causas.** - Generalmente es causada por una base o subrasante saturada o elástica; por el cumplimiento de la vida útil del pavimento; tránsito muy pesado para el espesor del pavimento existente; asfalto muy duro o en cantidad insuficiente. **Alternativas de Solución.** - Si la causa es el cumplimiento de la vida útil del pavimento, ayuda a solucionar el problema, la colocación de una sobrecapa para prolongar la vida del pavimento.

Dokumen.tips (2018) señala que:

Si se advierten deficiencias de drenaje, la corrección debe incluir la instalación de dispositivos adecuados, la remoción del material húmedo y reemplazarlo por uno adecuado que cumpla con los requerimientos de la ASTM o de la AASHTO.

- **Fisuras de Reflexión**

**Definición.-** Se encuentran frecuentemente en capas superficiales de asfalto sobre bases de cemento Pórtland y/o bases tratadas con cemento.

Ocurren en las capas superficiales de asfalto y reflejan el tipo de fisura de la estructura del pavimento.

**Causas.-** Este tipo de fisuras son causadas por movimientos verticales u horizontales del pavimento por debajo de las capas de asfalto superpuestas, debido a las cargas del tránsito, temperaturas, movimientos propios del terreno y la penetración de la humedad entre las capas de asfalto. El resultado es la pérdida de las propiedades de sellado; lo que produce una disminución adicional de la resistencia a cortadura de los materiales de asiento, así como el desprendimiento de la capa superior de la carpeta asfáltica.

**Alternativas de Solución.-** Es conveniente sellar las grietas con un material adecuado.

### 6.3.2 TRATAMIENTO DE GRIETAS Y FISURAS

El tratamiento de fisuras, está compuesto por la limpieza y relleno de las fisuras y grietas con Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Media, modificada con polímero SBR.

El material de relleno para las grietas; es un mortero compuesto por una mezcla de arena fina, con emulsión Asfáltica de Rotura Media modificada con polímero. El contenido de emulsión varía normalmente entre 6 a 15%; debiéndose humedecer la arena para controlar el tiempo de rotura y que permita obtener un buen revestimiento del agregado fino.

#### **6.3.2.1 Proceso Constructivo o Método de Ejecución**

Previamente se limpiarán las grietas y fisuras existentes en el pavimento ya sea por métodos manuales o mecánicos.

- Para fisuras cuyo espesor de abertura es menor de 3 mm, se roseará la emulsión en la fisura, retirando el exceso; luego se esparcirá arena fina y se rodillará en forma manual.
- Cuando las fisuras son de 3 a 6 mm., se echará en la fisura limpia una ligera cantidad de Emulsión de Rotura Media, empleando un vertedor y escoba de goma en forma de "v"; luego se roseará "Arena Eólica" haciéndola ingresar en las grietas y por ultimo recubrir el área donde se distribuye la emulsión con arena fina y rodillarla manualmente.

El relleno de grietas, se ejecutará introduciendo el mortero de (Arena-Emulsión), lo más profundamente que sea posible en forma manual; se compactará con pisones manuales dejando una superficie ligeramente superior a los bordes y posteriormente se compactará con rodillo neumático retirándose los excedentes; debiendo quedar una superficie plana.

### **6.3.3 DEFORMACIONES**

Es el resultado de la debilidad o del movimiento del suelo de la subrasante donde ha tenido lugar la compactación o donde se ha compactado la base.

Puede o no estar acompañado de grietas, pero en cualquier circunstancia, produce un riesgo para el tráfico y permite la acumulación de agua lo cual eventualmente empeora la situación.

Como cualquier otro tipo de defecto, este tipo de deformación tiene una causa y deberá ser determinada antes de aplicar una solución.

- **Depresiones**

**Definición.-** Son áreas localizadas de tamaño limitado que pueden o no estar acompañadas por fisuras. El agua se encuentra en las depresiones, lo cual llega a ser no solamente una fuente de deterioro para el pavimento, sino también un peligro para los usuarios.

- **Causas.**- Las depresiones son causadas por el tráfico más pesado que aquel para el que fue diseñado el pavimento, o por métodos de construcción pobres o por asentamientos profundos de la subrasante.
- **Alternativas de solución.**- Si las depresiones son tan significativas que ya han afectado la carpeta asfáltica, al punto que se ha iniciado la desintegración, será necesario remover todo el material húmedo, agregar material nuevo y compactar adecuadamente para colocar finalmente una carpeta asfáltica nueva.

Si las depresiones son leves, sólo bastará con colocar mezcla asfáltica compactada para reconstruir el área hasta el mismo que el pavimento circundante.

#### 6.3.4 DESINTEGRACIÓN

Documents.tips (2018) señala que:

La desintegración es la rotura del pavimento en fragmentos pequeños; como consecuencia de una falla específica. Incluye el desprendimiento de las partículas del agregado.

La desintegración si no se detiene en los primeros estados, puede progresar hasta que el pavimento requiera de una reconstrucción completa. Los tipos más comunes de los primeros estados de desintegración son los pozos y los desprendimientos.

- **Pozos**

**Definición.-** Son baches en el pavimento en forma de vasijas de diferentes tamaños como resultado de una desintegración localizada bajo la acción del tráfico, aumentan considerablemente de tamaño en presencia de agua.

**Causas.-** Generalmente se producen por una debilidad en el pavimento como consecuencia de muy poco asfalto, de una película de asfalto muy fina, de exceso de finos o ausencia de finos y el caso más frecuente es cuando existe un drenaje deficiente.

**Alternativas de solución.-** Los arreglos temporales incluyen la limpieza del pozo y el relleno con material de bacheo asfáltico premezclado. La reparación permanente contempla la ejecución de un bacheo profundo donde; el material del área a ser reparada debe ser removido hasta la profundidad en la que se alcance un soporte firme, muchas veces es necesario remover parte de la subrasante.

- **Desprendimientos**

**Definición.-** Es la pérdida sucesiva del material superficial por la abrasión del clima y/o del tráfico.

**Causas.-** una de las causas son los métodos de construcción pobres, agregados de baja calidad o diseño pobre de la mezcla, deficiente adherencia del ligante con los agregados pétreos, la acción del agua y el tránsito intenso.

**Alternativas de solución.-** Colocación de un sello con agregado pétreo de buena adherencia con asfalto o mejorar esta adherencia con un aditivo. Colocación de un tratamiento superficial de protección.

### **6.3.5 TRATAMIENTO DE DEFORMACIONES, DESINTEGRACIONES Y DESPRENDIMIENTOS**

El tratamiento de deformaciones, desintegraciones y desprendimientos, va desde un sello asfáltico hasta un bacheo profundo dependiendo del grado de severidad de la falla.

#### **6.2.5.1 Sello asfáltico con emulsión asfáltica modificada**

Para esta actividad se usará una Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Rápida modificada con polímero SBR, seguido de una ligera cobertura de agregados finos, a una superficie asfáltica previamente preparada con la finalidad de prevenir la intrusión de la humedad y aire que aceleran la destrucción del pavimento.

- **Dosificación de materiales**

La cantidad de materiales por m<sup>2</sup>., serán de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Emulsión Asfáltica	0.69 a 0.90 litros
- Agregado Fino	5.50 a 8.00 kilos

Fuente: MTC.

- **Granulometría de la Arena**

Los agregados finos serán limpios, no contendrán terrones ni partículas adheridas de arcilla; cumplirán con los requisitos de calidad, según las especificaciones de la ASTM o de la AASHTO.

TAMAÑO DE MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
Nº 4	85 - 100
Nº 8	10 - 40
Nº 16	0 - 10
Nº 50	0 - 5

Fuente: MTC

- **Proceso Constructivo**

El procedimiento constructivo y los equipos que se usarán son los mismos utilizados para trabajar con el asfalto líquido RC-250, debiendo realizarse la distribución de los agregados casi inmediatamente cuando se emplea Emulsión Asfáltica como material bituminoso.

La aplicación de la emulsión, no deberá efectuarse cuando la temperatura del pavimento es superior a 25° C recomendándose para estos casos, el humedecido del pavimento antes de la aplicación de la emulsión.

### **6.3.6 GEOTEXTIL**

Es un manto no tejido, punzonado, de filamentos continuos 100% Poliéster. Puede usarse en pavimentos flexibles agrietados antiguos; donde el agrietamiento puede haberse debido por antigüedad de la superficie, condiciones medioambientales, diseño del pavimento (asfalto fatigado), o calidad del material.

También puede usarse en pavimentos de base tratada con cemento, tanto nuevos como antiguos, donde el agrietamiento se debe principalmente a la retracción y fatiga del material de cemento.

#### **▪ Proceso Constructivo**

- 1.- Reparar las fallas estructurales de la vía; si la superficie está altamente deteriorada y con desniveles, estos se renivelarán para obtener una superficie uniforme.
- 2.- Limpiar la superficie con aire comprimido, barrido mecánico o cepillo.
- 3.- Rellenar las fisuras con mezcla asfáltica si la geometría lo permite o con ligante para lograr una superficie uniforme.

Normalmente esta actividad se debe llevar a cabo con anterioridad para asegurar un correcto sellado de fisuras.

- 4.- Coloque uniformemente el imprimante bituminoso, previa una correcta remoción del polvo y arena que se ha depositado sobre la vía.

Las cantidades de imprimante varían entre 0.2 y 2.3 lt./m<sup>2</sup>., dependiendo de la porosidad de la capa a ser cubierta y de la absorción del geotextil. El imprimante recomendado puede ser cemento asfáltico AC-10, AC-20 o emulsión asfáltica con un porcentaje adecuado de asfalto; cuando se utiliza emulsiones, deberá esperarse a que lleguen a su punto de rompimiento para colocar el geotextil.

Se recomienda una emulsión catiónica de curado rápido con agentes adhesivos adicionales que contengan al menos un 65% de ligante activo.

- 5.- Al instalar el geotextil sobre la superficie imprimada. Las arrugas y dobleces deben ser cortadas para dejar la zona completamente plana; los traslapes entre capas de geotextil serán de 10 cm. y se deberá agregar ligante extra, para asegurar la adherencia entre ellas.

Si existe exceso de imprimante sobre la superficie del geotextil, se podrá esparcir arena en forma manual para absorber los excesos.

Con el empleo recomendado de un accesorio instalador, el geotextil se extiende fácilmente sin necesidad ni de pretensado, ni de fijado con clavos, incluso instalando alrededor de curvas.

Para zonas pequeñas o muy restringidas, el extendido manual es muy simple.

- 6.- Aplique mezcla caliente de concreto asfáltico sobre el geotextil directamente cuidando que la temperatura no sobrepase los 150° C

#### ▪ **Tendido Manual**

Las directrices básicas para el tendido manual son las siguientes:

- 1.- Sujetar la barra de soporte y los frenos al rollo de tejido y regular los frenos para una resistencia uniforme.
- 2.- Alzar el rollo y desenrollarlo aproximadamente 4.5 a 9 m. (15 a 30 pies) de tejido, alinearlo con el borde del pavimento o la guía; estirarlo para que no forme arrugas y bajar el tejido hasta la capa ligante.
- 3.- Cepillar el tejido desde el centro hacia afuera, siguiendo la dirección del tendido.
- 4.- Continuar repitiendo el proceso de alzar y desenrollar.

- 5.- El tejido se estirará lo suficiente para acomodarse a las curvas abiertas, pero las curvas más cerradas pueden requerir cortar y traslapar.
- 6.- En caso de formarse arrugas, se cortará y traslapará el tejido en la dirección de la pavimentación.
- 7.- Por razones de seguridad, se recomienda no permitir el tráfico normal (exceptuando los equipos de construcción) antes de pavimentar.

#### **6.3.7 PAVIMENTACIÓN**

Según las practicas correctas de pavimentación, la temperatura del aire debe ser de 10° C (50° F) o superior.

Una vez colocado el geotextil puede comenzar la pavimentación normal. La experiencia demuestra que el espesor mínimo del concreto de asfalto sobre el tejido debe ser de 4 cm. (1.54 pulg.) después de afirmar.

Si es necesario, se aumentará el espesor de la sobrecapa para compensar las irregularidades de la superficie o las deformaciones del pavimento existente.

#### **6.3.8 ADITIVO AR RED "RADICOTE"**

Es un compuesto orgánico derivado de las aminas, creado para ser adicionado a materiales bituminosos líquidos, tales como los Cut-Back (asfaltos líquidos de petróleo).

A los asfaltos semisólidos (cementos asfálticos), destinados a la construcción de pavimentos para mejorar el comportamiento de los mismos frente a las condiciones adversas de clima, en zonas frías y/o cálidas y lluviosas, la presencia de sales en los agregados y en los materiales.

El AR RED "RADICOTE", es un agente activo catiónico de superficie; propiedad que permite cambiar la superficie de los agregados de hidrofílicos a hidrofóbicos.

Los asfaltos tratados con este aditivo adquieren la propiedad de revestir adecuadamente a los agregados, adhiriéndose firmemente a ellos, ya sea que los agregados se encuentren secos, fríos, húmedos y aún mojados (+ 2% de humedad).

#### **Características Físicas**

Aspecto	Pasta
Color Gardner	1.2 - 1.4
Peso Combinado Molecular	360
Propiedad Física a 25° C	Pasta Gruesa
Punto de Fundición	44 – 68
Punto de Inflamación ° C	190
Gravedad Específica	0.94
Referencia Acuosa	0.810 - 0.840
<b>SOLUBILIDADES</b>	
Agua a 25° C	INSOLUBLE
Gasolina a 25° C	SOLUBLE
Alcohol Isopropileno a 25° C	SOLUBLE

▪ **Proceso Constructivo**

El aditivo AR RED "RADICOTE" es estable a las temperaturas de aplicación del asfalto, se mezcla fácilmente y es compatible con los productos bituminosos. La cantidad adecuada que se debe usar dependerá de ensayos de laboratorio, sin embargo la dosificación recomendada para su uso varía entre 0.5% a 1.0% del peso de asfalto, dependiendo del tipo de agregado, condiciones de humedad, naturaleza del asfalto, etc.

La incorporación del AR RED "RADICOTE", se hace directamente a los tanques con agitadores o a los camiones cisterna, provistos de una bomba de recirculación.

El mezclado se efectuará por un periodo de 20 a 30 minutos. La verificación de un buen mezclado se efectúa mediante un ensayo de "Revestimiento" que consiste en: Tomar aproximadamente 100 gramos de grava, humedecerla con dos centímetros cúbicos de agua y adicionarle 6 gramos de asfalto líquido tipo Cut Back (con aditivo), mezclar el conjunto con una espátula durante 2 a 3 minutos. Si el asfalto reviste completamente a los agregados, el aditivo ha sido bien administrado.

**IMPRIMACIÓN**

Asfalto Líquido	0.8 litros / m2.
Dosificación Aditivo	0.5% del peso del asfalto
Cantidad por m2.	4.0 gramos
Costo por m2.	\$ 0.02

### 6.3.9 MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA OBRAS DE MANTENIMIENTO

La preparación de mezclas asfálticas para obras de mantenimiento, empleando Emulsiones Asfálticas de Rotura Media mejoradas con polímeros SBR; es una operación relativamente simple y requiere solamente un mezclador y de un sistema de medidas para dosificar correctamente la cantidad de agregados y de emulsión. Si solamente se necesita de pequeñas cantidades, el mezclado se puede ejecutar en obra. Los agregados empleados en estas mezclas cumplirán con los requerimientos de calidad según las normas Estándares de la ASTM o de la AASHTO. El huso granulométrico es el siguiente:

TAMAÑO DE LA MALLA	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	90 - 100
3/8"	-
Nº 4	44 - 74
Nº 8	28 - 58
Nº 50	5 - 21
Nº 200	2 - 10

Fuente: MTC

La cantidad de Emulsión Asfáltica requerida para la granulometría especificada, normalmente estará en el rango de 5 a 10% del peso total de la mezcla y será utilizada tan pronto como sea posible.

No se colocará con excesiva cantidad de agua de mezcla; producida por el humedecimiento excesivo de los agregados.

### 6.3.10. MEZCLAS DE ARENA-EMULSIÓN

La preparación de mezclas de Arena-Emulsión para obras de mantenimiento, empleando Emulsiones Asfálticas Catiónicas de Rotura Media, modificadas con polímeros SBR; es una operación relativamente simple que requiere únicamente de un mezclador y de un sistema de medidas que permita dosificar correctamente la cantidad de arena y emulsión. Si se requiere de pequeñas cantidades, el mezclado puede efectuarse manualmente en el lugar de la obra.

La arena empleada cumplirá con los requerimientos de calidad, según las normas estándares de la ASTM, de la AASHTO, o del Instituto del Asfalto. Se considerarán los siguientes husos granulométricos.

MALLA (pulgadas)	% TOTAL QUE PASA		
	POBREMENTE GRADUADA	BIEN GRADUADA	ARENA LIMOSA
1/2"	100	100	100
Nº 4	75 – 100	75 – 100	75 - 100
Nº 50	-	15 – 30	-
Nº 100	-	-	15 - 75
Nº 200	0 – 12	5 – 12	12 - 20
EQUIVALENTE DE ARENA %	30 min.	30 min.	30 min.

Fuente: MTC.

La cantidad de Emulsión necesaria varía según la granulometría en el rango de 6 a 10% según dosificación determinada en el laboratorio; así como la cantidad de agua para el humedecimiento de la arena entre 8 y 10% a fin de determinar el tiempo de rotura de la emulsión que permita una colocación adecuada de la mezcla. Toda superficie en las cuales se colocará las mezclas de Arena - Emulsión será imprimada con la emulsión a utilizar diluida con agua potable en un 50%

#### **6.4 TRATAMIENTO DE FALLAS o ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

PROGRESIVA +093.- Falla Piel de Cocodrilo ubicada en la vía del Callao a Lima sobre el puente de la Av. Brasil con un área de 419.25 m<sup>2</sup>. y de severidad alta; en esta zona es necesario realizar un bacheo superficial para reemplazar la capa de superficie asfáltica de 5 cm. Previo tratamiento de fisuras en la capa de base negra; de comprobarse que la falla afecta la capa de base, será necesario también reemplazar todo el material de base deteriorado.

PROGRESIVA +125.- Falla Piel de Cocodrilo ubicada en la vía del Callao a Lima de 292.50 m<sup>2</sup>. de severidad media alta, se tratará reemplazando la capa de superficie asfáltica aplicando el mismo tratamiento anterior.

PROGRESIVA +127.- Falla Piel de Cocodrilo sobre la vía de Lima al Callao en un área de 22.50 m<sup>2</sup>. al que hay que darle el mismo tratamiento que en las anteriores fallas descritas en las progresivas +093 y +125.

PROGRESIVA +145.- Falla Piel de Cocodrilo con desintegración y mal empate de carpeta antigua con resellado; en la vía de Lima al Callao con un área de 52.50 m<sup>2</sup>. en la que se deberá retirar la capa de superficie asfáltica para reemplazarla por una nueva.

PROGRESIVA +148.- Bache mal reparado, ya con desintegración de la carpeta, es necesario recapar para conseguir nivelar la carpeta asfáltica. Se encuentra en la vía de Lima al Callao sobre un área de 52.50 m<sup>2</sup>.

PROGRESIVA +171. - Grieta Piel de Cocodrilo en la vía del Callao a Lima en un área de 214.50 m<sup>2</sup>. de severidad alta; Se recomienda retirar la capa asfáltica y reemplazarla por una nueva para lograr uniformizar la superficie de rodadura.

PROGRESIVA +230. - Baches por parches mal ejecutados, parches efectuados a la vía que han fallado y peladuras que evolucionan a daños mayores sobre un área de 650.00 m<sup>2</sup>. , Es necesario sellar las grietas y rellenar los huecos que se presentan para nivelar la superficie.

PROGRESIVA +265. - Baches por parches mal ejecutados, pérdida del ligante, grietas y hundimientos sobre un área de 32.50 m<sup>2</sup>. En los que hay que efectuar un bacheo superficial para conseguir su reparación, se encuentra ubicada sobre la vía de Lima al Callao.

PROGRESIVA +276. - En la vía del Callao a Lima, bache producido por trabajo mal ejecutado sobre un área de 39.00 m<sup>2</sup>.; hay que agregar mezcla asfáltica hasta conseguir nivelar la carpeta y sellar las grietas de reflexión de juntas y las longitudinales que se aprecian sobre el pavimento.

PROGRESIVA +460. - Ubicada en la vía del Callao a Lima, tiene un área defectuosa de 44.00 m<sup>2</sup>. con una abrasión intensa que necesita recibir sello asfáltico.

PROGRESIVA +506. - En la vía del Callao a Lima, tiene un área de 28.00 m<sup>2</sup>. presenta desintegración severa y es necesario recapar para restituir la uniformidad de la carpeta de rodadura.

PROGRESIVA +552. - Sobre la vía del Callao a Lima, presenta fallas sobre un área de 15.00 m<sup>2</sup>. de huecos y desintegración del pavimento; es necesario retirar la carpeta asfáltica, compactar la razante, imprimir y colocar una nueva carpeta, además de resanar grietas.

PROGRESIVA + 575. - En un área de 126.00 m<sup>2</sup>. de la vía del Callao a Lima se observa huecos, desintegración y grietas de reflexión de juntas; es necesario recapar los huecos, las zonas de desintegración y sellar las grietas de reflexión.

PROGRESIVA +644. - En la intersección con la Av. Sucre, ambas vías presentan grietas de reflexión de juntas, disgregación y desintegración; para lo cual se recomienda colocar un sello asfáltico sobre un área de 645.80 m<sup>2</sup>.

PROGRESIVA +874. - En un área de 97.50 m<sup>2</sup>. de la vía del Callao a Lima, se observa disgregación y desintegración; es necesario poner un sello asfáltico y sellar las grietas de reflexión de juntas.

PROGRESIVA +879. - En la vía de Lima al Callao, la falla tiene un área de 74.40 m<sup>2</sup>. presenta disgregación y desintegración así como grietas de reflexión de juntas; es necesario colocar un sello después de darle tratamiento a las grietas.

PROGRESIVA 1+020. - Un área de 322.50 m<sup>2</sup>. presenta grietas de reflexión de juntas y desintegración; necesita colocarse un sello, previamente se deberá sellar las grietas.

PROGRESIVA 1+070. - Ubicada en la vía del Callao a Lima con un área de 325.00 m<sup>2</sup>. presenta huecos disgregación y desintegración de severidad alta; se recomienda retirar la carpeta fallada y reemplazarla por una nueva.

PROGRESIVA 1+242. - Bache por reparación mal ejecutada, grietas longitudinales y transversales, pérdida del ligante. Falla ubicada sobre la vía del Callao a Lima en un área de 260.00 m<sup>2</sup>. en la que será necesario sellar las grietas y nivelar la carpeta con 1" de material bituminoso.

PROGRESIVA 1+510. - Pérdida total del ligante y desintegración severa de la carpeta asfáltica en un área de 780.00 m<sup>2</sup>. requiere colocar un sello sobre toda el área afectada.

PROGRESIVA 1+518. - Zanjas reparadas cuyo material a fallado en un área de 14.63 m<sup>2</sup>. ; será necesario retirar el material fallado y volver a colocar una carpeta asfáltica, ubicada sobre la vía del callao a Lima.

PROGRESIVA 1+548. - Tiene un área afectada de 97.50 m<sup>2</sup>. con desintegración y grietas de reflexión de juntas; también es necesario sellar las grietas y colocar un sello asfáltico.

PROGRESIVA 1+573. - En la vía del Callao a Lima se observa huecos de tamaños medianos y pequeños sobre un área de 520.00 m<sup>2</sup>.; necesita colocarse una carpeta nivelante de 1"

PROGRESIVA 1+656. - Sobre un área de 14.00 m<sup>2</sup>. se presentan huecos y grietas de reflexión de juntas; se necesita sellar las grietas y colocar una carpeta nivelante de 2" sobre la vía del Callao a Lima.

PROGRESIVA 1+669. - Presenta grietas de reflexión de juntas y pérdida del ligante sobre un área de 98.00 m<sup>2</sup>. en la vía de Lima al Callao; necesita colocarse un sello asfáltico.

PROGRESIVA 1+680. - Pérdida del ligante y huecos medianos en un área de 9.75 m<sup>2</sup>. sobre la vía de Lima al Callao; se deberá colocar una carpeta nivelante de 2"

PROGRESIVA 1+685. - Sobre la vía de Lima al Callao y en un área de 69.00 m<sup>2</sup>. se presenta pérdida del ligante; recomendable colocar un sello asfáltico.

PROGRESIVA 1+771. - En un área de 104.00 m<sup>2</sup>. se aprecia pérdida del ligante y desintegración total de la carpeta asfáltica, ubicada en la vía del Callao a Lima; el trabajo a realizar será colocar una carpeta nivelante de 2"

PROGRESIVA 1+804.- Alta desintegración de la carpeta asfáltica en un área de 84.00 m<sup>2</sup>. sobre la vía del Callao a Lima; deberá colocarse un sello asfáltico.

PROGRESIVA 1+817. – En la vía de Lima al Callao y sobre un área de 46.75 m<sup>2</sup>. se presentan huecos medianos; para la reparación se colocará una carpeta nivelante de 1"

PROGRESIVA 1+823. – Huevo producido por la desintegración avanzada de la carpeta asfáltica y un parche mal ejecutado; tiene un área de 8.64 m<sup>2</sup>. y está ubicado sobre la vía del Callao a Lima . Necesita colocarse una carpeta asfáltica de 2”

PROGRESIVA 1+840.- Bache sobre la vía del Callao a Lima con un área de 11.20 m<sup>2</sup>. requiere tratamiento de bacheo superficial con carpeta nivelante de 2”

PROGRESIVA 1+891.- Ubicada sobre la vía del Callao a Lima, con un área de 65.00 m<sup>2</sup>. presenta huecos de 1” que será necesario rellenar con material asfáltico para conseguir uniformizar la superficie de rodadura.

PROGRESIVA 2+028.- Huecos en un área de 53.25 m<sup>2</sup>. sobre la vía del Callao a Lima, falla de severidad media, profundidad 2””; es necesario tratarlos como bacheo superficial.

PROGRESIVA 2+054.- Huecos aislados de 1.50 m<sup>2</sup>. de superficie con profundidad de 2”, sobre la vía del Callao a Lima los que hay que rellenar con material asfáltico adecuadamente compactado hasta conseguir uniformizar la superficie de rodadura.

PROGRESIVA 2+093.- Desintegración avanzada con pérdida total de material bituminoso, se ven dos huecos con un área de 24.00 m<sup>2</sup>.; ubicada sobre la vía de Lima al Callao, severidad alta, que tendrá que recibir material asfáltico de relleno; compactado adecuadamente.

PROGRESIVA 2+131.- En la vía de Lima al Callao, huecos pequeños con desintegración parcial, necesita carpeta nivelante de 1" sobre un área de 48.75 m<sup>2</sup>.

PROGRESIVA 2+223.- Esta parte de la vía de Lima al Callao presenta huecos medianos en 55.25 m<sup>2</sup>. de superficie a los cuales se les dará tratamiento de bacheo superficial.

PROGRESIVA 2+225.- Sobre un área de 81.25 m<sup>2</sup>. se ven huecos de diferentes tamaños deterioro gradual de la carpeta asfáltica a la que se tendrá que colocar una capa de material de espesor 1".

PROGRESIVA 2+230.- Desgaste del material bituminoso, presenta pérdida progresiva de la carpeta asfáltica en un área de 65.00 m<sup>2</sup>. en la vía de Lima al Callao; necesita colocar una carpeta nivelante de 1"

PROGRESIVA 2+251.- Desintegración avanzada de la carpeta asfáltica sobre la vía de Lima al Callao en un área de 16.25 m<sup>2</sup>.; deberá colocarse una carpeta de 1.5" para nivelar la superficie de rodamiento.

PROGRESIVA 2+254.- Huevo pronunciado con pérdida total del material bituminoso, en la vía de Lima al Callao con un área de 4.50 m<sup>2</sup>. al que hay que darle tratamiento de bacheo superficial, colocando para conseguir uniformizarla superficie una carpeta de 2"

PROGRESIVA 2+268.- Falla ubicada en la vía del Callao a Lima sobre una superficie de 100 m<sup>2</sup>. a la que es necesario retirarle la carpeta existente y colocarle una nueva de espesor 2.5"

PROGRESIVA 2+277.- Hueco en la vía del Callao a Lima, con una superficie de 4.90 m<sup>2</sup>.; necesita cortar la carpeta para conseguirlos bordes rectos del hueco y colocarle una nueva carpeta de 1.5" de espesor.

PROGRESIVA 2+279.- Ubicado en la vía del Callao a Lima un hueco de 2.64 m<sup>2</sup>. de superficie; necesita ejecutar un bacheo superficial con una carpeta de 1" de espesor.

PROGRESIVA 2+286.- Hueco sobre la vía del Callao a Lima de 8.64 m<sup>2</sup>. de área al que hay que aplicarle un bacheo superficial de espesor 1".

PROGRESIVA 2+786.- En la vía del Callao a Lima dos huecos medianos de área 1.26 m<sup>2</sup>. con desintegración total de la carpeta asfáltica; para reparar la falla, hay que ejecutar un bacheo superficial previo sellado de las grietas de reflexión de juntas.

PROGRESIVA 3+652.- Sobre un área de 88.00 m<sup>2</sup>. en la vía del Callao a Lima se encuentran huecos aislados, desintegración y disgregación; necesita recapar los huecos y las zonas de desintegración colocando un sello asfáltico.

PROGRESIVA 3+891.- Bache causado por mal trabajo de reparación de la calzada, bordes deteriorados y desintegración avanzada en la vía del Callao a Lima; se recomienda retirar la carpeta fallada y colocar una nueva carpeta para conseguir uniformizar la superficie de rodadura.

PROGRESIVA 3+917.- Parche mal ejecutado, falla piel de cocodrilo avanzada de 52.00 m2. de superficie en la vía del Callao a Lima; se recomienda retirar la carpeta fallada y colocar una nueva carpeta para conseguir uniformizar la superficie de rodadura.

PROGRESIVA 3+980.- Bache acompañado de falla por contracción de la carpeta asfáltica; se recomienda retirar los 39.00 m2. deteriorados y darle un tratamiento de bacheo superficial en la vía del Callao a Lima.

PROGRESIVA 4+180.- Grietas Piel de Cocodrilo con desintegración parcial y deterioro de los bordes de la pista; retirar los 18.75 m2. sobre la vía de Lima al Callao para luego colocar una carpeta nueva adecuadamente previa protección de los bordes de la pista.

## **CAPÍTULO VII**

### **COSTOS Y PRESUPUESTO**

#### **7.1 GENERALIDADES**

El presupuesto al igual que cualquier noticia o dato dado con antelación, es una de las tareas más arduas y delicadas del trabajo de una construcción.

Por eso el análisis de costos unitarios y el metrado base deben ser lo más precisos posible para que refleje el valor real de la obra y no perjudique ni al contratista ni a la empresa que contrata.

El fin básico del presupuesto es tener el valor de las obrantes de ejecutarla para asegurar su financiación y conseguir su culminación; ya que de empezar la ejecución sin saber el costo corre el riesgo de quedarse sin dinero a mitad de la obra y tener que paralizarla, con el consiguiente sobre costo de la reiniciación.

En todo presupuesto cuanto más profundo es el análisis de las partidas, menor es el porcentaje de error en la estimación del costo total de la obra; de allí que se recomienda especial atención a los costos unitarios para cada partida y subpartida.

## 7.2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

#### Partida P02001 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO

Costo por ES Rendimiento

Elaborado a Mayo del 2015

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
M0002-47	MANO DE OBRA	ES	0.1000	5000.00	500.00	500.00
<b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
E0031-49	EQUIPO IMPORTADO	ES	0.9000	5000.00	500.00	4500.00
						5000.00

#### Partida P02002 CONSTRUCCIONES PROVISIONALES

Costo Por ES Rendimiento

Elaborado a Mayo del 2015

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
M0002-47	MANO DE OBRA	ES	0.2300	4000.00	920.00	920.00
<b>MATERIALES</b>						
M0082-43	MADERA TORNILLO CEPILLADA	ES	0.7700	4000.00	3080.00	3080.00
						4000.00

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

=====  
**Partida P02003 TRAZO Y REPLANTEO**  
**Costo por ES Rendimiento**

**Elaborado a Mayo del 2015**

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>						
M0002-47	MANO DE OBRA	ES	0.6000	3000.00	1800.00	1800.00
<u>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</u>						
E0024-30	EQUIPO DE TOPOGRAFIA	ES	0.4000	3000.00	1200.00	1200.00
						----- 3000.00

**Partida P02004 GASTOS DE OPERACION**  
**Costo Por ES Rendimiento**

**Elaborado a Mayo del 2015**

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>						
M0002-47	MANO DE OBRA	ES	0.4000	2500.00	1000.00	1000.00
<u>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</u>						
E0022-49	EQUIPO DE LABORATORIO	ES	0.6000	2500.00	1500.00	1500.00
						----- 2500.00

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

=====  
 Partida P02005 MANTENIMIENTO DE TRANSITO  
 Costo por ES Rendimiento

Elaborado a Mayo del 2015

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>						
M0002-47	MANO DE OBRA	ES	0.6000	4000.00	2400.00	2400.00
<u>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</u>						
E0024-30	MADERA TORNILLO CEPILLADA	P2	0.4000	4000.00	1600.00	1600.00
						----- 4000.00

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

=====  
**Partida P04004 DEMOLICION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO E = 6"**  
**Costo Por M2 Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015**

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
C0006-47	CAPATAZ	HH	0.0220	10.28	0.21	
O0001-47	OPERARIO	HH	0.1330	8.57	1.14	
P0003-47	PEON	HH	0.1330	6.87	0.91	
						2.26
<b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
C0115-49	COMPR. NEUM 196HP 600-690PCM	HM	0.0670	127.32	8.53	
M0012-49	MART.NEUM 25-29 KG	HM	0.1330	11.02	1.47	
H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	2.26	0.11	
						10.11
						-----
						12.37

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

Partida P06102 ELIMINACION DE DESMONTE DP=5 KM.  
 Costo Por M3 Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015

---

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
------------------	----------	--------	----------	------------	---------	-------

---

### MANO DE OBRA

=====

C0006-47	CAPATAZ	HH	0.0024	10.28	0.02	
C0003-47	OFICIAL	HH	0.0240	7.70	0.18	
						0.28

### MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS

=====

C0040-49	CARG.FRON.SOB.LLANT. 125HP 2.5YD3.	HM	0.0240	134.98	3.24	
H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	0.20	0.01	
V0016-47	VOLQUETE 6x4 10 M3. 330 HP.	HM	0.0480	208.33	9.99	
						13.24
						-----
						13.44

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

Partida P76014 LOSA DE CONCRETO f'c =280 Kg. /cm2. E = 6"  
 Costo por M2 Rendimiento

Elaborado a Mayo del 2015

Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
=====						
C0006-47	CAPATAZ	HH	0.0270	10.28	0.28	
O0001-47	OPERARIO	HH	0.1330	8.57	1.14	
P0003-47	OFICIAL	HH	0.0530	7.70	0.41	
P0003-47	PEON	HH	0.2670	6.87	1.83	
						3.66
<b>MATERIALES</b>						
=====						
C0415-02	CLAVOS	KG	0.2000	2.50	0.50	
CO616-80	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280	M3.	0.1500	265.00	39.75	
M0081-43	MADERA TORNILLO EN BRUTO	P2.	0.6800	2.95	2.01	
						42.26
<b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
=====						
H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	3.66	0.18	
V0010-49	VIBRADOR DE CONCRETO 1.5"	HM	0.0530	5.32	0.28	
						0.46
						-----
						46.38

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

=====  
 Partida P79015 BASE E =0.15 MT  
 Costo por M2 Rendimiento

Elaborado a Mayo del 2015

Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
=====						
C0006-47	CAPATAZ	HH	0.0020	10.28	0.02	
O0003-47	OFICIAL	HH	0.0070	7.70	0.05	
P0003-47	PEON	HH	0.0280	6.87	0.19	
						0.26
<b>MATERIALES</b>						
=====						
A0048-38	AFIRNADO	M3	0.1950	15.70	3.06	
						3.06
<b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
=====						
C0016-48	CAM. CIST. 4x2 (AGUA) 122HP. 2000 GL.	HM	0.0070	87.50	0.61	
H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	0.20	0.01	
M0058-49	MOTONIVELADORA 125HP.	HM	0.0070	93.41	0.65	
R0030-49	ROD.LISVIBR. AUT.12TN 101-135HP	HM	0.0070	82.59	0.58	
						1.85
						-----
						5.17

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

Partida P79021 COLOCACION DE GEOTEXTIL  
 Costo Por M2 Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015

---

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
------------------	----------	--------	----------	------------	---------	-------

---

### MANO DE OBRA

=====

C0006-47	CAPATAZ	HH	0.0067	10.28	0.07	
O0003-47	OFICIAL	HH	0.0067	7.73	0.05	
P0003-47	PEON	HH	0.1068	6.87	0.73	
						0.85

### MATERIALES

=====

G0013-13	GEOTEXTIL	M2	1.0003	7.18	7.18	
						7.18

### MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS

=====

H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	0.86	0.04	
						0.04
						-----
						8.07

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

Partida P79023 CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE E=1 ½"  
 Costo Por M2 Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
=====						
C0006-47	CAPATAZ	HH	0.0050	10.28	0.05	
C0003-47	OFICIAL	HH	0.0100	7.70	0.08	
P0003-47	PEON	HH	0.0240	6.87	0.16	
						0.29
<b>MATERIALES</b>						
=====						
A0245-49	MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE	M3	0.0480	176.00	8.45	
						8.45
<b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
=====						
H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	0.29	0.01	
P0027-49	PAVIMENT. ORUGA 10-16"	HM	0.0050	105.97	0.53	
R0037-49	RODIL NEUM AUT5.5-20TN 81-100HP	HM	0.0050	56.69	0.28	
R0066-49	RODIL TANDEM 8-12TN 94HP	HM	0.0050	61.13	0.31	
T0068-48	TRANSP MEZCLA ASFÁLTICA	M3	0.0480	33.41	1.60	
						2.73
						----- 11.47

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

Partida P92001 PINTURA LINEAL CONTINÚA  
 Costo Por ML Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015

---

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
------------------	----------	--------	----------	------------	---------	-------

---

### MANO DE OBRA

=====

O0001-47	OPERARIO	HH	0.0533	8.57	0.46	
P0003-47	PEON	HH	0.4800	6.87	3.30	
						3.76

### MATERIALES

=====

D0027-53	SOLVENTE XILOL	GL	0.0010	49.63	0.05	
P0027-54	PINTURA TRÁFICO BLANCA	GL	0.0050	59.42	0.30	
						0.35

### MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS

=====

H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	3.76	0.19	
						0.19
						-----
						4.30

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

Partida P92002 PINTURA LINEAL INTERMITENTE  
 Costo Por ML Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015

---

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
------------------	----------	--------	----------	------------	---------	-------

---

### MANO DE OBRA

=====

O0001-47	OPERARIO	HH	0.0667	8.57	0.57	
P0003-47	PEON	HH	0.6000	6.87	4.12	
						4.69

### MATERIALES

=====

D0027-53	SOLVENTE XILOL	GL	0.0013	49.63	0.06	
P0027-54	PINTURA TRÁFICO BLANCA	GL	0.0050	59.42	0.30	
						0.36

### MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS

=====

H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	4.69	0.23	
						0.23
						-----
						5.28

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

=====  
 Partida P96005 NIVELACION DE TAPAS DE BUZON  
 Costo Por UND Rendimiento

Elaborado a Mayo del 2015

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
=====						
C0006-47	CAPATAZ	HH	0.1080	10.28	1.11	
O0001-47	OPERARIO	HH	1.0400	8.57	8.91	
P0003-47	PEON	HH	3.3200	6.87	22.81	
						32.83
<b>MATERIALES</b>						
=====						
A0049-39	AGUA	M3	0.0180	7.00	0.13	
A0223-04	ARENA GRUESA	M3	0.0500	17.00	0.85	
C0330-21	CEMENTO PÓRTLAND TIPO I	BL	0.8660	17.50	15.16	
M0081-43	MADERA TORNILLO EN BRUTO	P2	0.1500	2.12	0.32	
P0127-05	PIEDRA CHANCADA	M3	0.0760	49.15	3.74	
						20.20
<b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
=====						
C0038-49	CARG FRO SOB LLAN 80HP1.75YD3	HM	0.1000	100.08	10.00	
H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	32.83	1.64	
						9.04
						-----
						62.07

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

=====  
 Partida P98005 SELLO DE FISURAS  
 Costo Por ML Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
=====						
O0001-47	OPERARIO	HH	0.0267	8.57	0.23	
P0003-47	PEON	HH	0.1066	6.87	0.73	
						0.96
<b>MATERIALES</b>						
=====						
A0245-13	ASFALTO LIQUIDO RC-250	GL	0.1250	3.29	0.41	
M0114-81	MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE	M3	0.0014	176.00	0.25	
K0001-53	KEROSENE INDUSTRIAL	GL	0.0023	4.04	0.01	
						0.67
<b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
=====						
C0115-49	COMPR. NEUM 196HP 600-690PCM	HM	0.0267	127.32	3.40	
M0012-49	MART.NEUM 25-29 KG	HM	0.0067	11.02	0.07	
						3.47
						-----
						5.10

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

Partida P98009 JUNTAS DE DILATACION  
 Costo Por ML. Rendimiento Elaborado a Mayo del 2015

Recurso – Índice	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	P.Unitario	Parcial	TOTAL
<b>MANO DE OBRA</b>						
<b>=====</b>						
C0006-47	CAPATAZ	HH	0.0100	10.28	0.10	
O0003-47	OFICIAL	HH	0.1000	7.70	0.08	
P0003-47	PEON	HH	0.0400	6.80	0.27	
						0.45
 <b>MATERIALES</b>						
<b>=====</b>						
A0223-04	ARENA GRUESA	M3	0.0500	17.00	0.85	
A0245-13	ASFALTO LIQUIDO RC-250	GL	0.0100	3.29	0.03	
K0001-53	KEROSENE INDUSTRIAL	GL	0.0100	4.04	0.04	
						0.92
 <b>MAQUINARIA EQUIPO/HERRAMIENTAS</b>						
<b>=====</b>						
C0093-48	COCINA ASFALTICA 320 GL.	HM	0.0100	29.72	0.30	
H0001-37	HERRAMIENTAS MANUALES	%5	0.0500	0.45	0.02	
						0.32
						----- 1.69

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## 7.3. PRESUPUESTO BASE

### PRESUPUESTO BASE

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.UNIT.	PARCIAL	TOTAL
<b>GRUPO 02 OBRAS PROVISIONALES</b>						
P02001	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	EST.	1.00	5000.00	5000.00	
P02002	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	EST.	1.00	4000.00	4000.00	
P02003	TRAZO Y REPLANTEO	EST.	1.00	3000.00	3000.00	
P02004	GASTOS DE OPERACIÓN	EST.	1.00	2500.00	2500.00	
P02005	MANTENIMIENTO DE TRANSITO	EST.	1.00	4000.00	4000.00	18500.00
<b>GRUPO 04 DEMOLICIONES</b>						
P04004	DEMOLICION DE PAVIMENTOS	M2.	481.00	12.37	5949.97	
P04005	DEMOLICION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	M2.	2239.34	8.67	19415.08	25365.05
<b>GRUPO 76 LOSAS DE CONCRETO</b>						
P76014	LOSA DE CONCRETO f'c = 280 kg/ cm2. E= 6"	M2	481.00	46.38	22308.78	22308.78
<b>GRUPO 79 PAVIMENTACION</b>						
P79015	BASE E=0.15 m.	M2.	496.00	5.17	2564.32	
P79020	IMPRIMACION ASFÁLTICA	M2.	84150.00	1.97	165775.50	
P79021	COLOCACION DE GEOTEXTIL	M2.	84150.00	8.07	679090.50	
P79023	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=1.5"	M2.	84150.00	11.47	965200.50	1812630.82
<b>GRUPO 96 SEÑALIZACION</b>						
P92001	PINTURA LINEAL CONTINUA	ML.	5400.00	4.30	23220.00	
P92002	PINTURA LINEAL INTERMITENTE	ML.	20806.00	5.28	109855.68	133075.68
<b>GRUPO 96 OBRAS VARIAS</b>						
P96005	NIVELACION DE TAPAS DE BUZONES	UNID.	93.00	62.07	5772.51	5772.51
<b>GRUPO 98 DIVERSOS</b>						
P98005	SELLO DE FISURAS	ML.	144.90	5.10	738.99	
P98009	JUNTAS DE DILATACIÓN	ML.	4446.78	1.69	7515.06	8254.05
SUBTOTAL (1)						2025906.89
GASTOS FIJOS 10.00%						202590.69
G. VARIABLES 5.00%						101295.34
UTILIDADES 10.00%						202590.69
SUBTOTAL (2)						2532383.61
IGV. 18%						455829.05
<b>TOTAL S/.</b>						<b>2988212.66</b>

**SON: DOS MILLONES NOVECIENTOS OCHENTIOCHO MIL DOSCIENTOS DOCE  
 Y 66/100 NUEVOS SOLES.**

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## FÓRMULA POLINÓMICA

---

Obra : MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA AV. DE LA MARINA  
 Provincia : LIMA

---

$$K = 0.096 \frac{MOr}{MOo} + 0.284 \frac{CAr}{CAo} + 0.243 \frac{GEr}{GRo} + 0.046 \frac{RCr}{RCo} + 0.006 \frac{PXr}{PXo} + 0.125 \frac{EyHr}{EyHo} + 0.200 \frac{GUr}{GUo}$$

---

CLAVE	DESCRIPCIÓN	COEFICIENTE
MO	MANO DE OBRA	0.096
CA	CEMENTO Y ASFALTO	0.579
EyH	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	0.125
GE	GEOTEXTIL	0.243
RC	RC-250	0.046
PX	PINTURA DE TRÁFICO Y DISOLVENTE XILOL	0.006
GU	GASTOS GENERALES Y UTILIDAD	0.200

---

**LOS INDICES DE PRECIOS, SON REFERIDOS AL AREA GEOGRAFICA Nº 2**

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima.

## CONCLUSIONES

- La aplicación de un sistema de gestión permitirá mejorar los procesos organizativos permitiendo a las autoridades responsables de las carreteras optimizar los presupuestos destinados.
- El criterio para toma de decisiones basado en el conocimiento y en la experiencia es fundamental al momento de decidir las estrategias y/o políticas de conservación de las vías.
- Actualmente la Av. La Marina viene siendo rehabilitada a través de gestión realizada en coordinación con la Municipalidad Distrital de San Miguel y la Municipalidad de Lima, los niveles de intervención evaluados según los parámetros de gestión en pavimentos dio como resultado un tratamiento superficial.
- Se ordenó para este fin el fresado de la carpeta asfáltica y la colocación de una superficie de rodadura de concreto asfáltico en caliente de 3”.
- La Ingeniería de pavimentos en el Perú ha experimentado un gran avance en la última década con la incorporación de las nuevas técnicas para la evaluación de la rugosidad.

- El criterio y desarrollo efectuado para la determinación del índice de la coordinación del pavimento de acuerdo a la escala de clasificación, permitirá programar los distintos tipos de tareas de mantenimiento así como una adecuada frecuencia.
- El deterioro de los caminos se acelera con el tiempo, debido a este fenómeno se le debe dar la mayor importancia; reconoce la necesidad del mantenimiento preventivo antes que el deterioro se torne obvio y se necesite una rehabilitación o reconstrucción que son más caras.
- La señalización vial es un problema de primera magnitud, en el contexto de la infraestructura vial, al estar en juego la vida de los usuarios que circulan por los caminos, por lo tanto debemos tratarlo, considerarlo y divulgarlo con mucha importancia dentro de las políticas de conservación vial.

## RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de administración y gerencia para la conservación de la red vial de Lima y Callao.
- Estricto control de pesos de vehículos.
- Creación de un sistema de aseguramiento de la calidad para estudio, diseño, construcción y rehabilitación de pavimentos asfálticos.
- Establecimiento de normas de diseño de construcción por regiones.
- Creación de un programa de capacitación y divulgación sobre el uso adecuado de la red vial de Lima y Callao.
- Implementar sistemas de monitoreo, mediante una adecuada asignación de recursos.
- Exigir a las empresas consultoras a presentar proyectos modernos con tecnología de punta, no las tradicionales que se vienen usando desde hace más de 50 años.

- Evaluar la relación costo-beneficio y no decidir por las soluciones más baratas pero de menor duración.
- Poner a disposición de todas las entidades relacionadas con la Gestión de Pavimentos; el Manual para Identificación de Fallas (DIM) del programa SHRP, desarrollado por la FHWA de los EE. UU. Que está siendo actualmente usada en más de 15 países para el relevamiento de fallas en pavimentos.
- Elaborar un manual para la reconstrucción y reparación de pavimentos que contemple los últimos avances para las empresas contratistas de Sedapal, Empresas Eléctricas y Telefónica que son las compañías que constantemente están rompiendo los pavimentos para reparar averías o extender sus servicios.
- Efectuar una clasificación de la condición de los pavimentos que permita una comparación relativa de la condición de todos los pavimentos de Lima y Callao.
- Hacer un inventario de fallas; para conocer las condiciones cambiantes del pavimento y hacer una historia del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

AASHTO (1993). *Diseño de estructuras de Pavimentos*. Washington DC., USA: Primera Edición.

Asociación Peruana de Caminos (1999). *Tercer Congreso Nacional del Asfalto*. Lima, Perú.

Carrillo, A. (1979). *Comportamiento de los pavimentos: Fallas Típicas en la ciudad de Lima*. Lima, Perú: Editorial UNI, Primera Edición.

Docslide.us. (2018). *Capítulo IV - Fallas en Pavimentos (Separata)*. [online] Recuperado de: <https://docslide.us/documents/capitulo-iv-fallas-en-pavimentos-separata.html>

Documents.tips. (2018). *Evaluación Superficial Pavimento*. [online] Recuperado de: <https://documents.tips/documents/evaluacion-superficial-pavimento.html>

Dokumen.tips. (2018). *Alfonso montejo fonseca ingenieria de pavimentos*. [online] Recuperado de: <https://dokumen.tips/education/alfonso-montejo-fonseca-ingenieria-de-pavimentos.html>

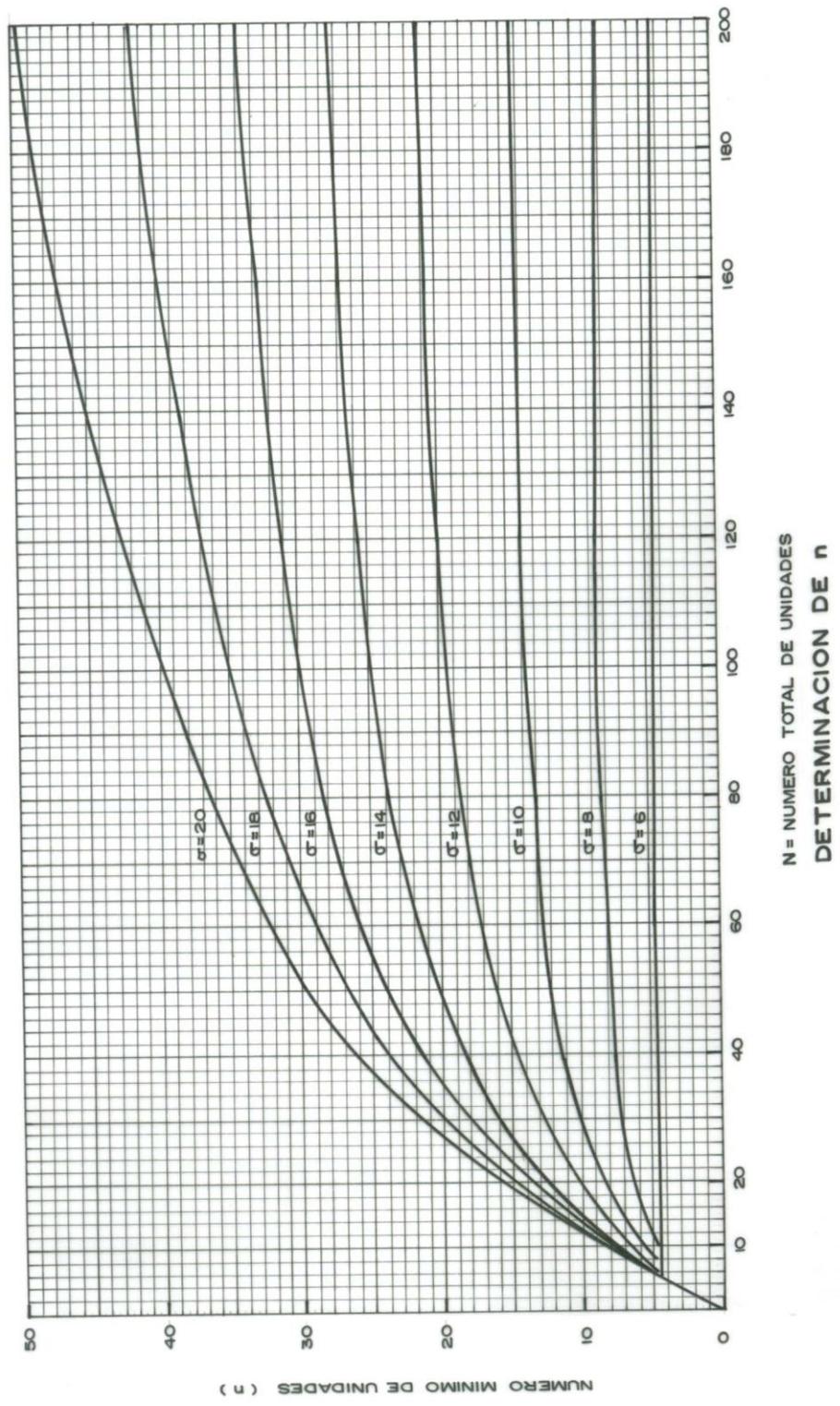
Federal Highway Administration (1995). *Antecedentes del Diseño y Análisis de Mezclas Asfálticas de Superpave*. Washington DC., USA: Editorial Technology Applications, Publication N° FHWA-SA-95-003.

- Mayor Reyes, R. & Cárdenas, J. (1998). *Ingeniería de Transito: Fundamentos y aplicaciones*. México DF, México: Editorial Alfaomega, Séptima Edición.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones & Ministerio de Vivienda y Construcción (2000). *Proyecto: Sistema de Gestión de Carreteras*. Lima, Perú: Volumen 1.
- Montejo, A. (2001). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones, Segunda Edición.
- Prezi.com. (2018). *Pavimento Flexible*. [online] Recuperado de: <https://prezi.com/vadyxkyykgvz/pavimento-flexible/>
- Rivera, G. (1998). *Emulsiones Asfálticas*. México DF, México: Editorial Alfaomega, Cuarta Edición.
- Vdocuments.net. (2018). proyecto pavimento - [PDF Document]. [online] Recuperado de: <https://vdocuments.net/proyecto-pavimento.html>
- Vivar, G. & Gutiérrez, W. (1996). *Pavimentos de Concreto y Asfalto: Mantenimiento y Rehabilitación*. Lima: Perú: WH Editores S.R.Ltda., Primera Edición.
- Yamunaque, J. (1998). *El Asfalto y su Aplicación en la Ingeniería Vial*. Lima, Perú: Editorial Miano: Asesores y Consultores en Recursos Humanos, Primera Edición.

# **ANEXOS**

**ANEXO 01:**

**GRÁFICOS DE  
ENSAYOS**



Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

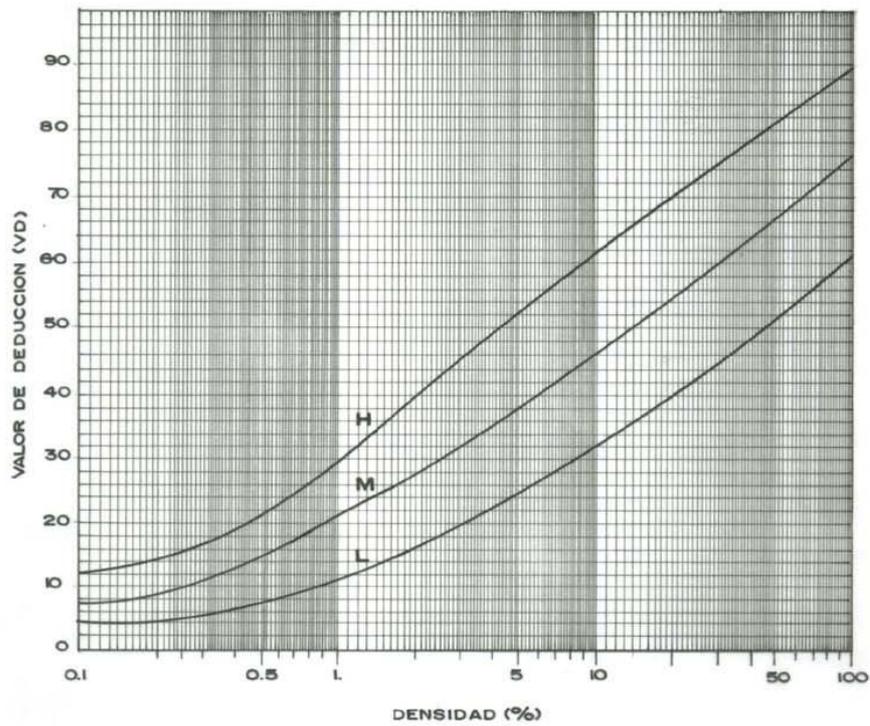


Figura A1. GRIETA PIEL DE COCODRILO

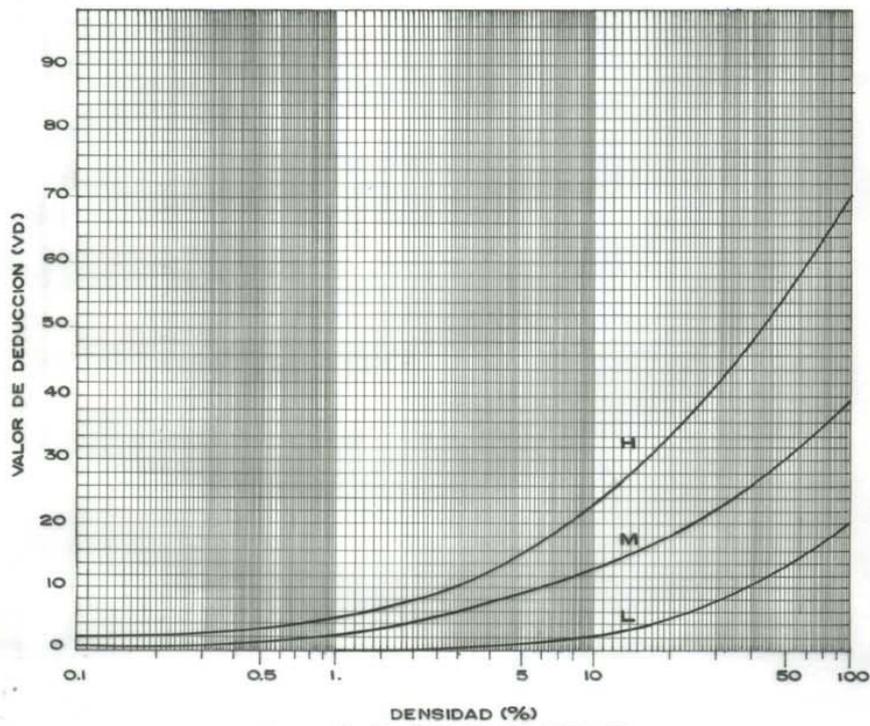


Figura A2. EXUDACION DE ASFALTO

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

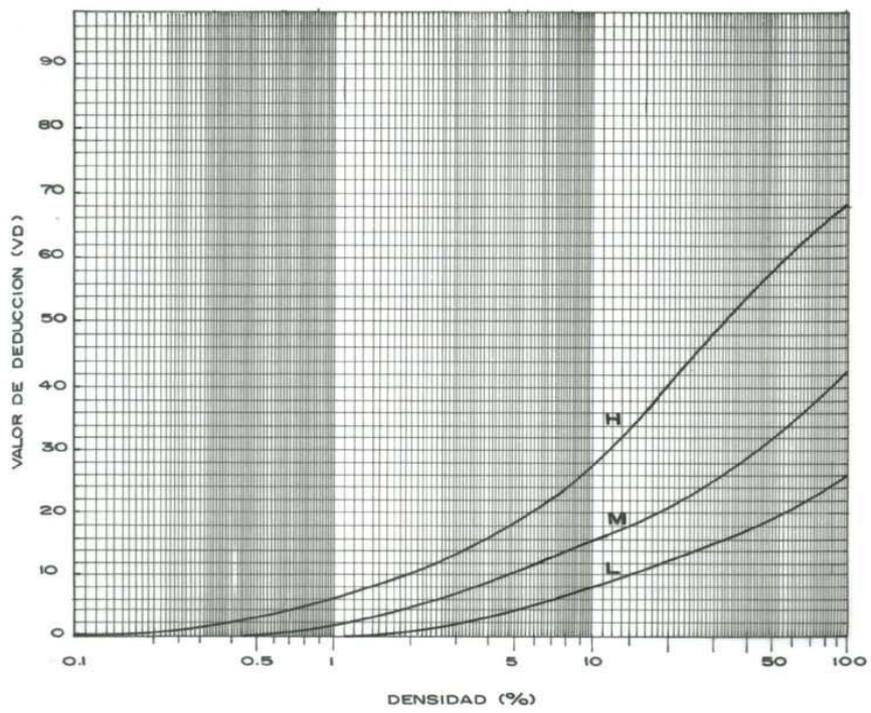


Figura A3. GRIETA DE CONTRACCION

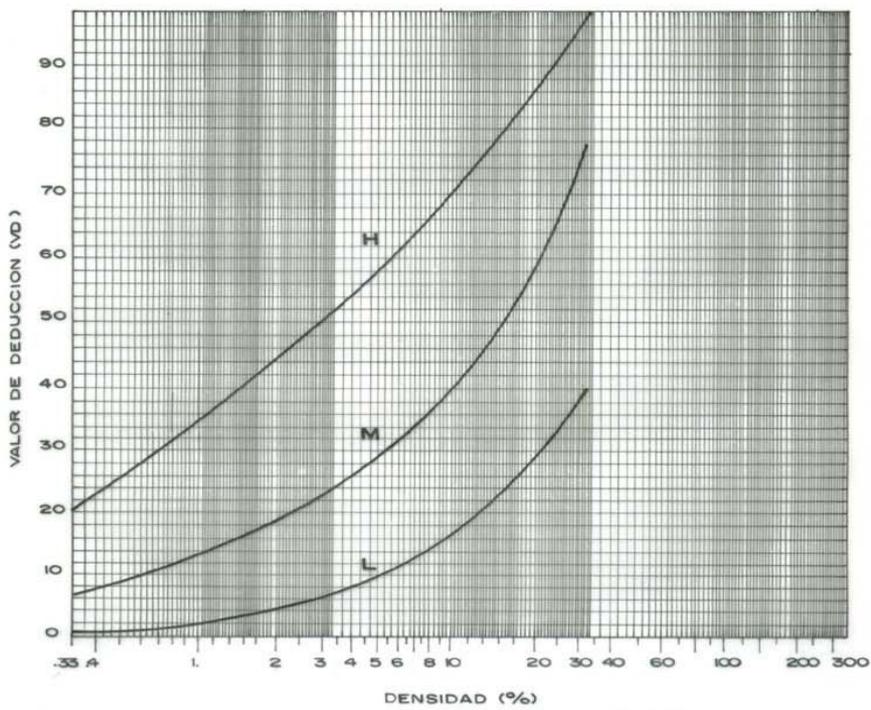


Figura A4. ELEVACIONES - HUNDIMIENTOS

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

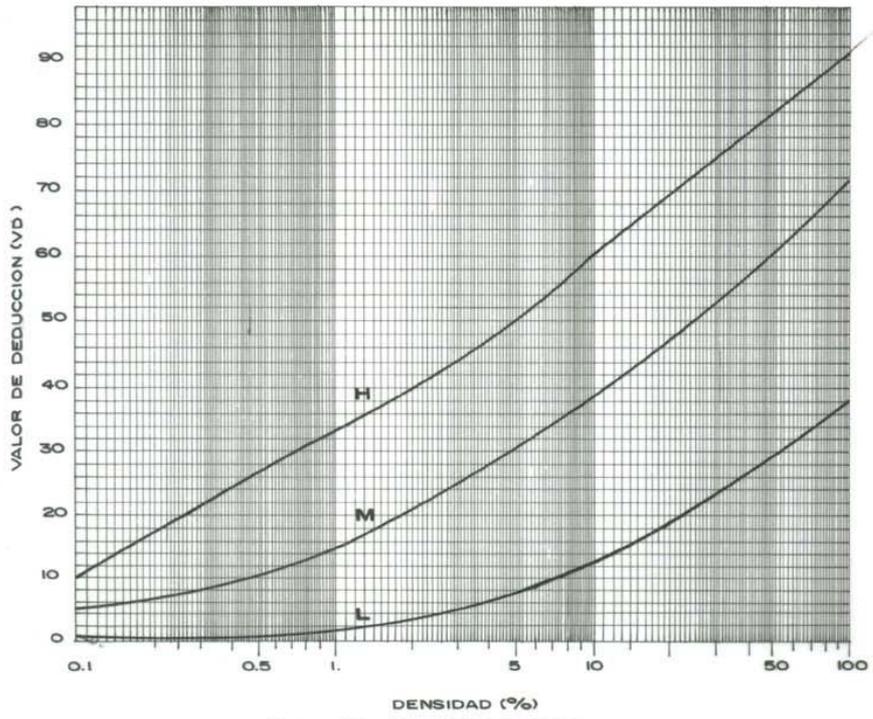


Figura A5. CORRUGACIONES

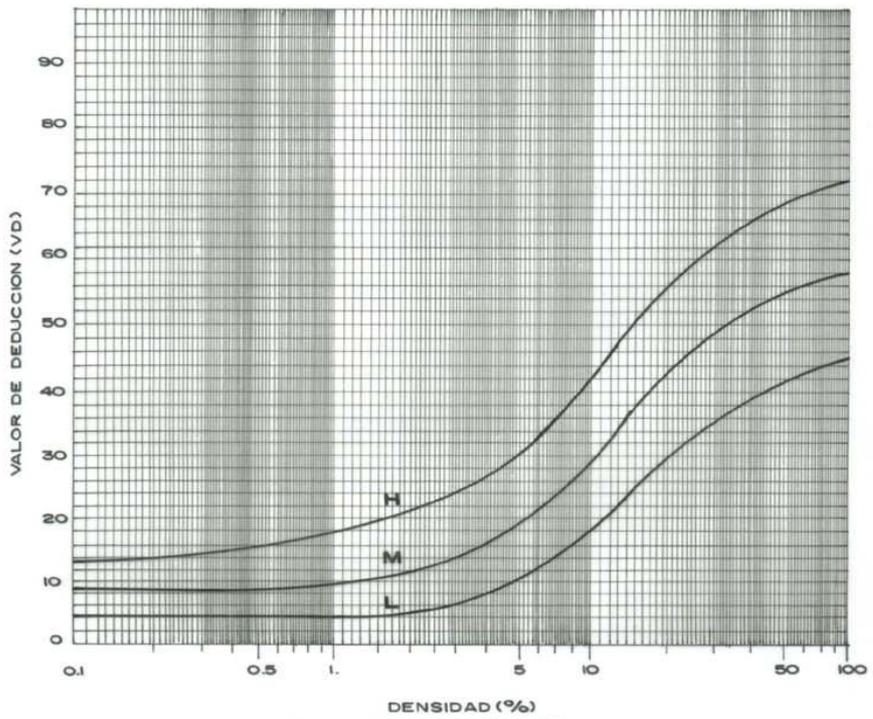


Figura A6. DEPRESIONES

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

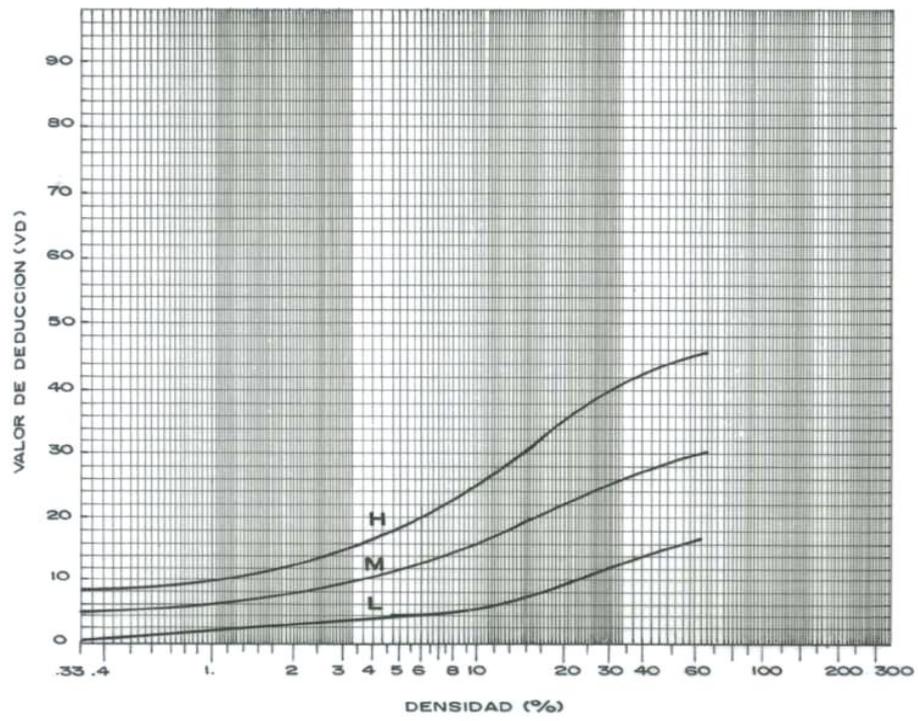


Figura A7. GRIETAS DE BORDE

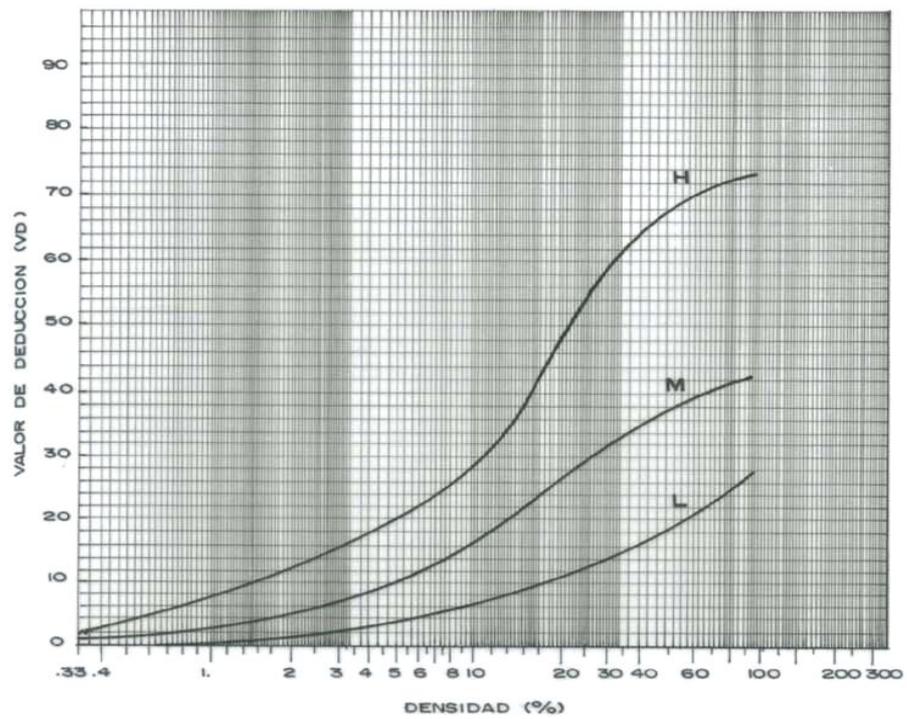


Figura A8. GRIETAS DE REFLEXION DE JUNTAS

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

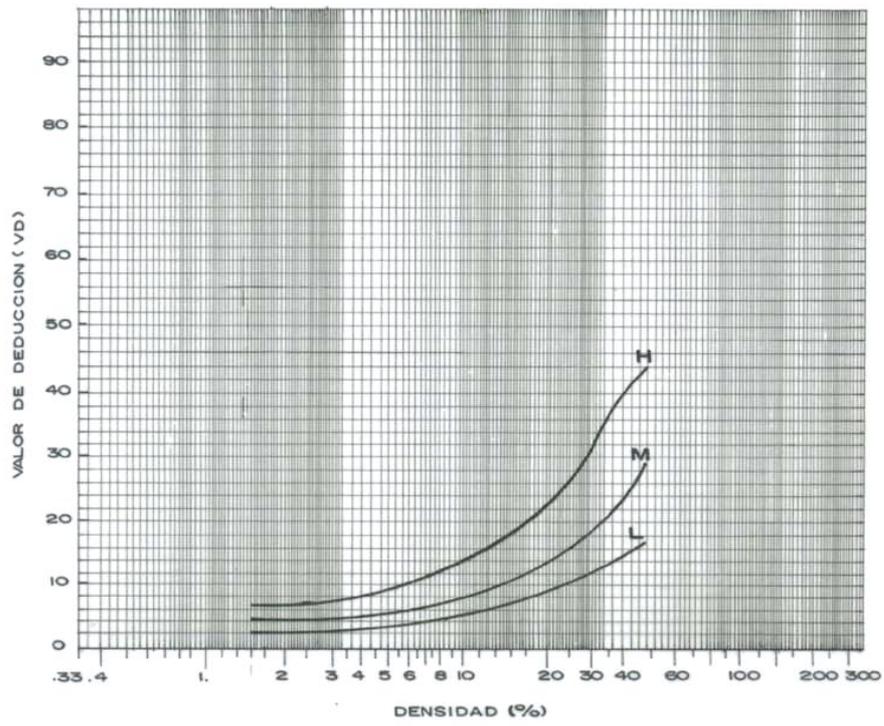


Figura A9. DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO

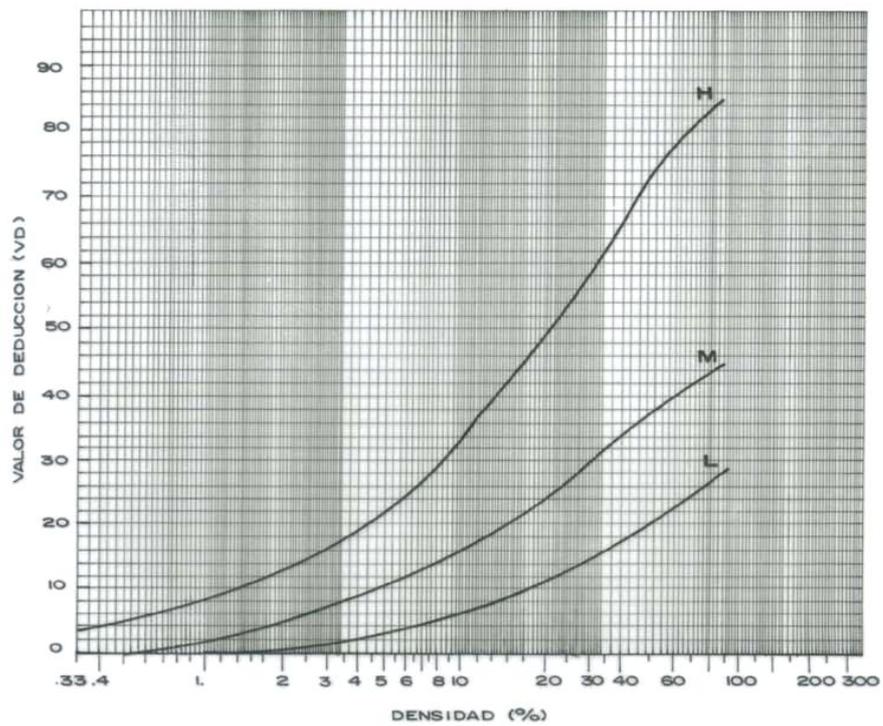


Figura A10. ALIGRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

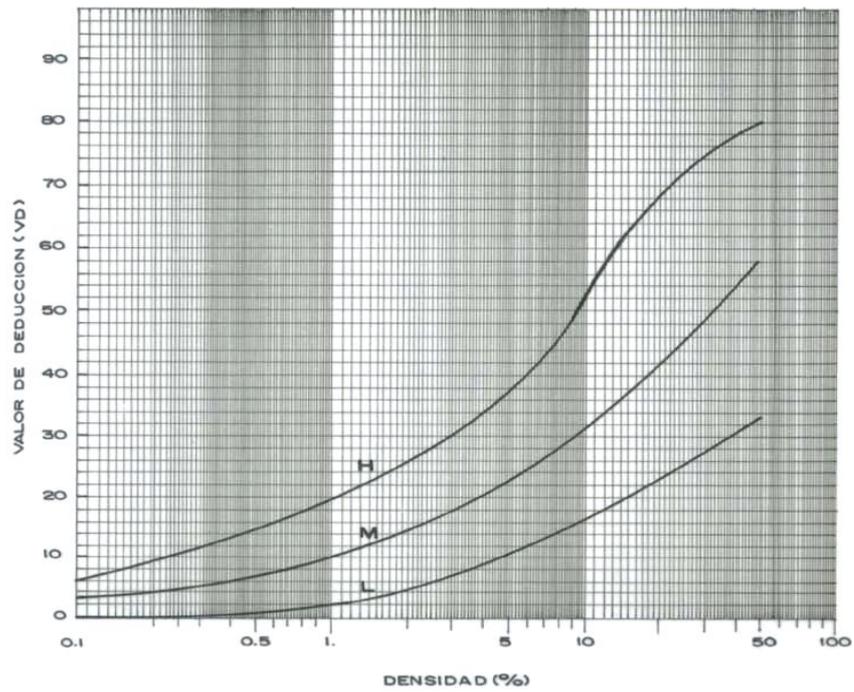


Figura A11 BACHES Y ZANJAS REPARADAS

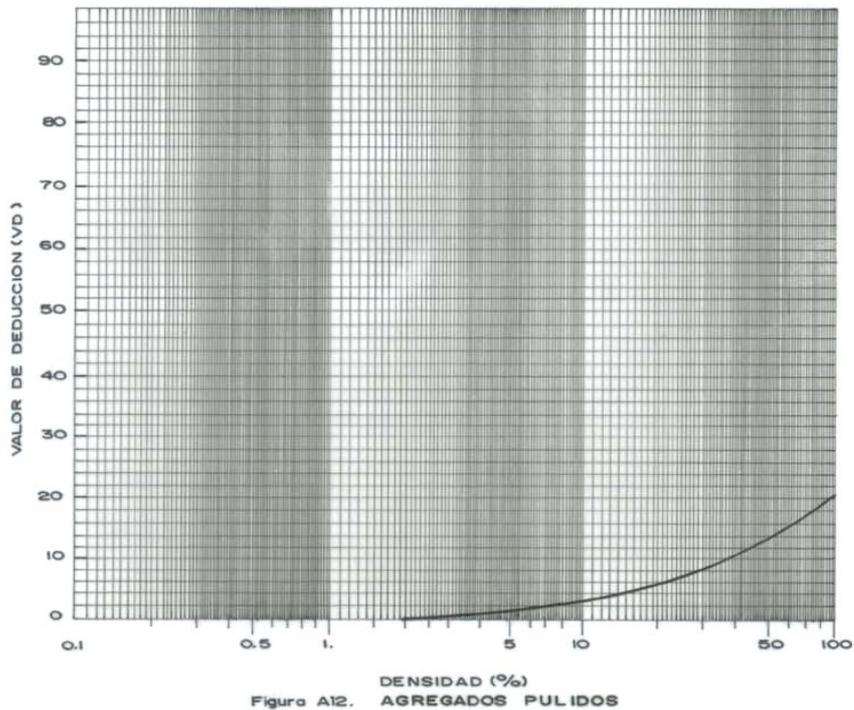


Figura A12. AGREGADOS PULIDOS

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

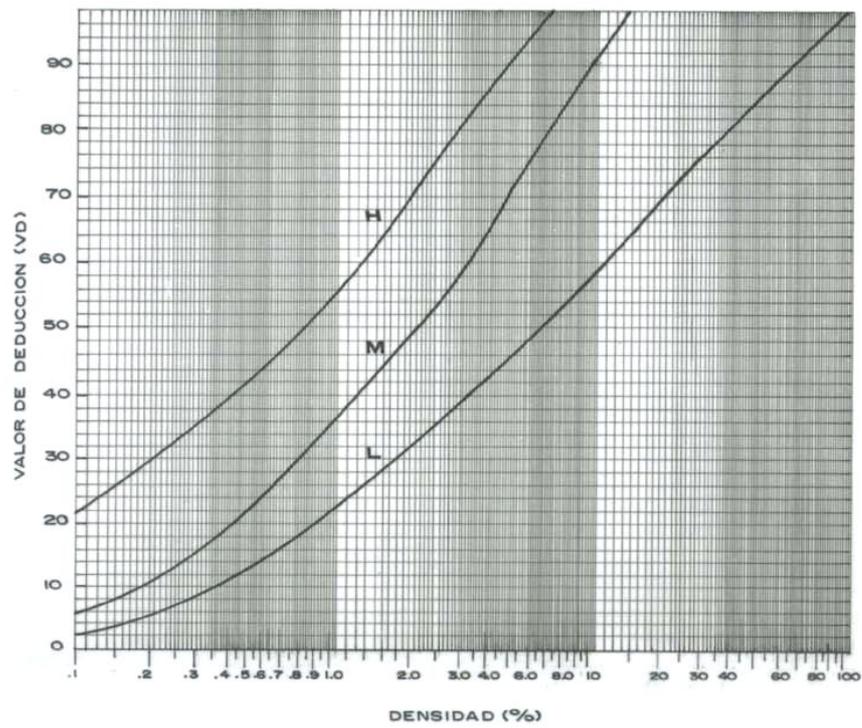


Figura A13 HUECOS

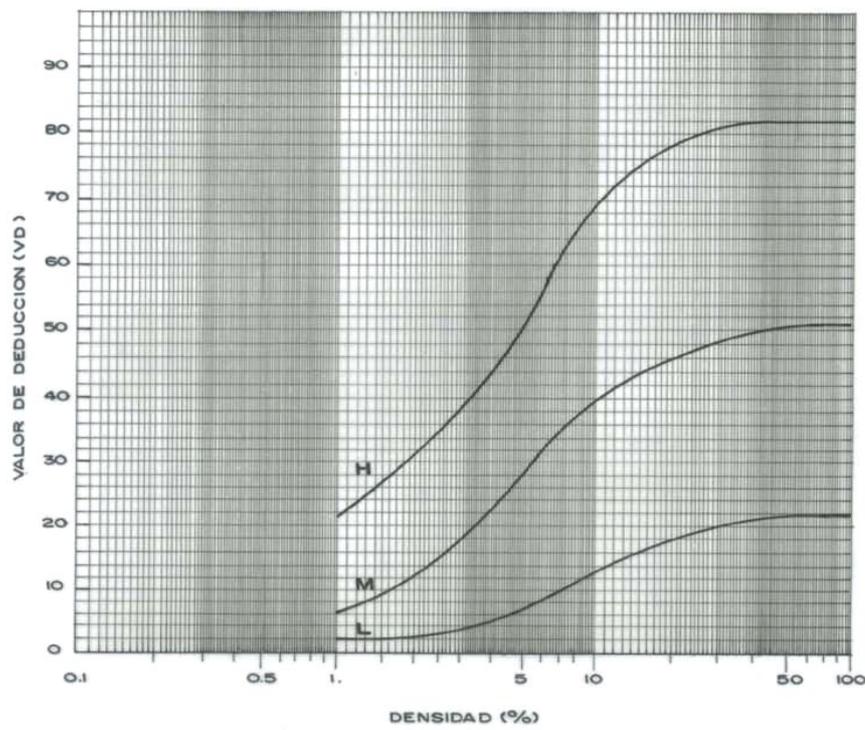


Figura A14 CRUCE DE RIELES

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

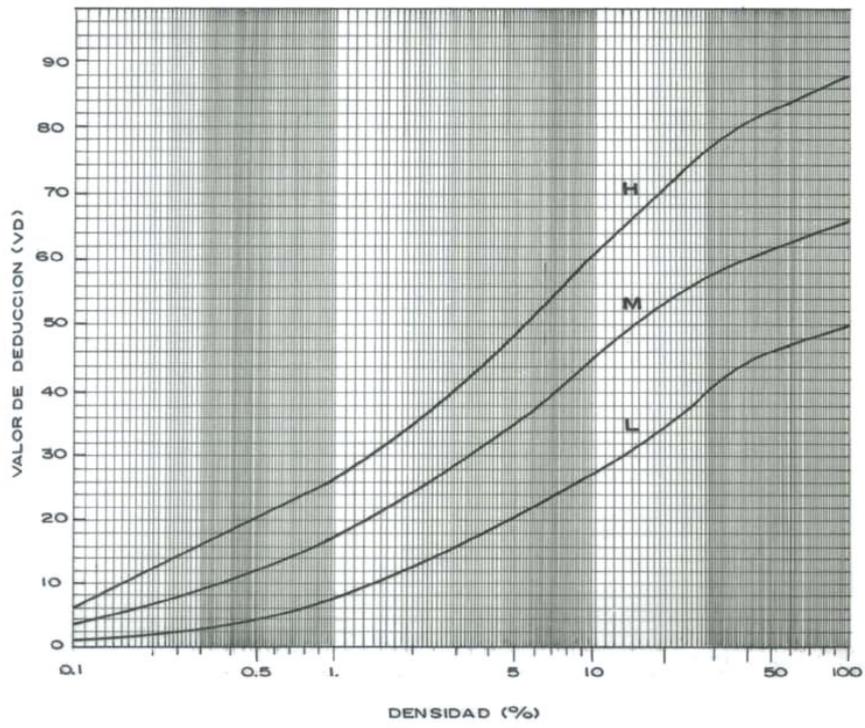


Figura A15 AHUELLAMIENTO

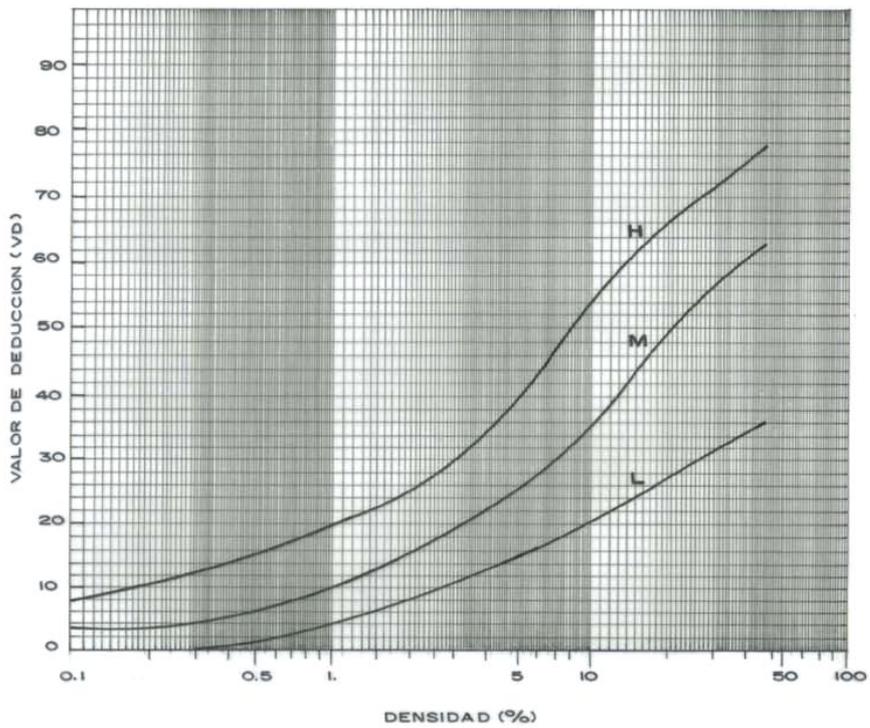


Figura A16 DEFORMACION POR EMPUJE

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

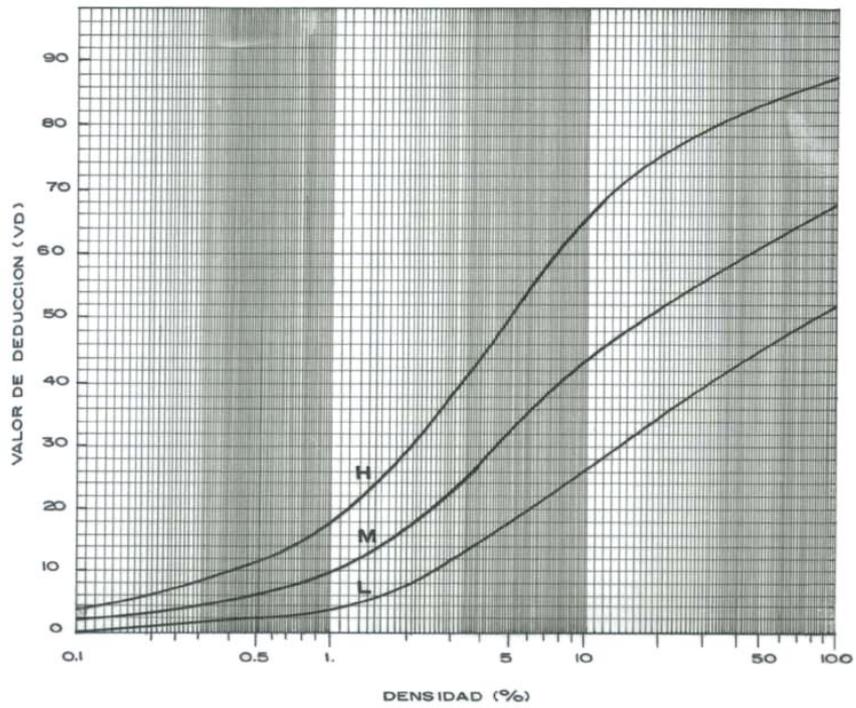


Figura A17 GRIETAS DE DESLIZAMIENTO

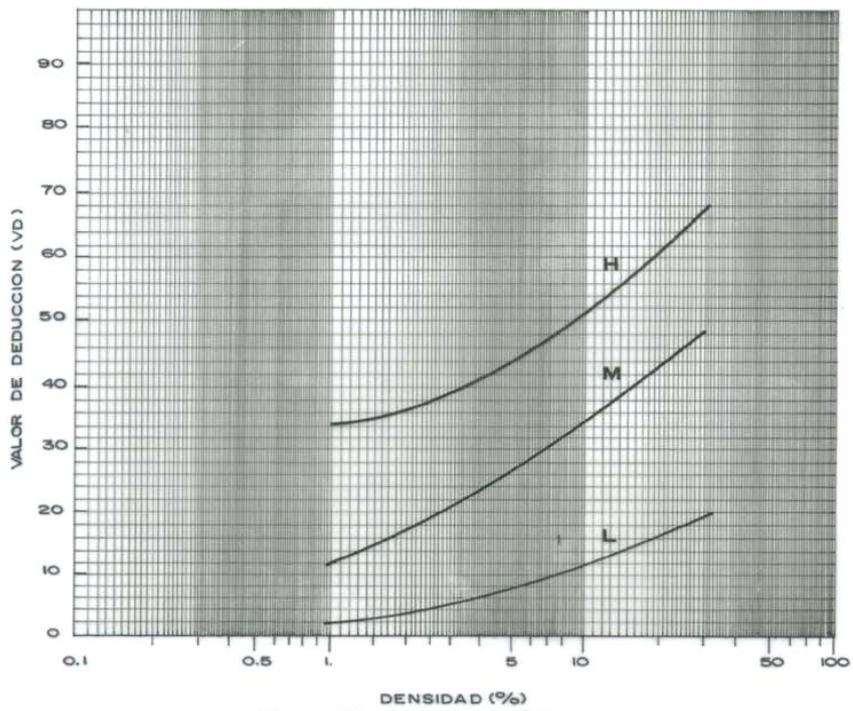


Figura A18 HINCHAMIENTO

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

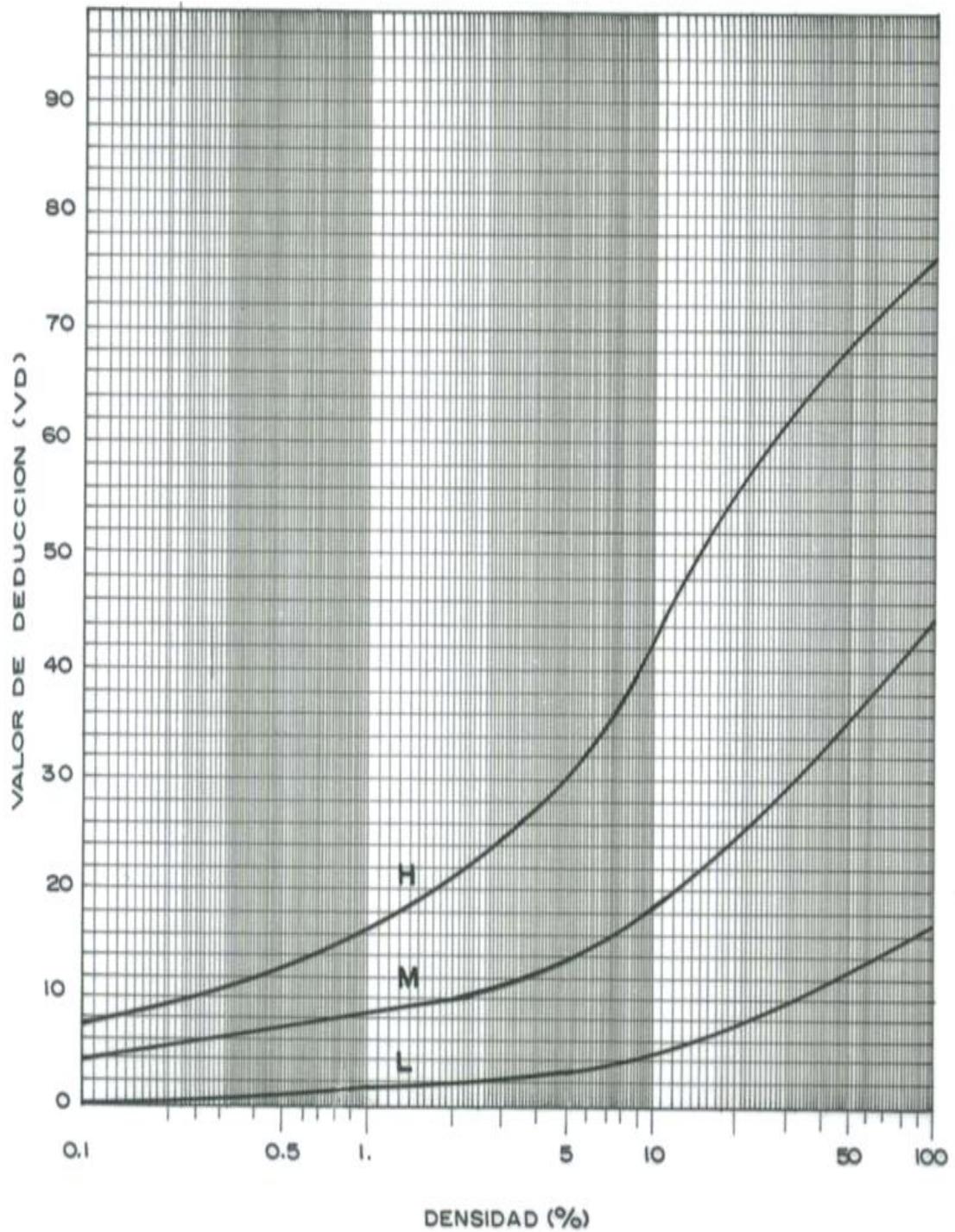


Figura A19 DISGREGACION Y DESINTEGRACION

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

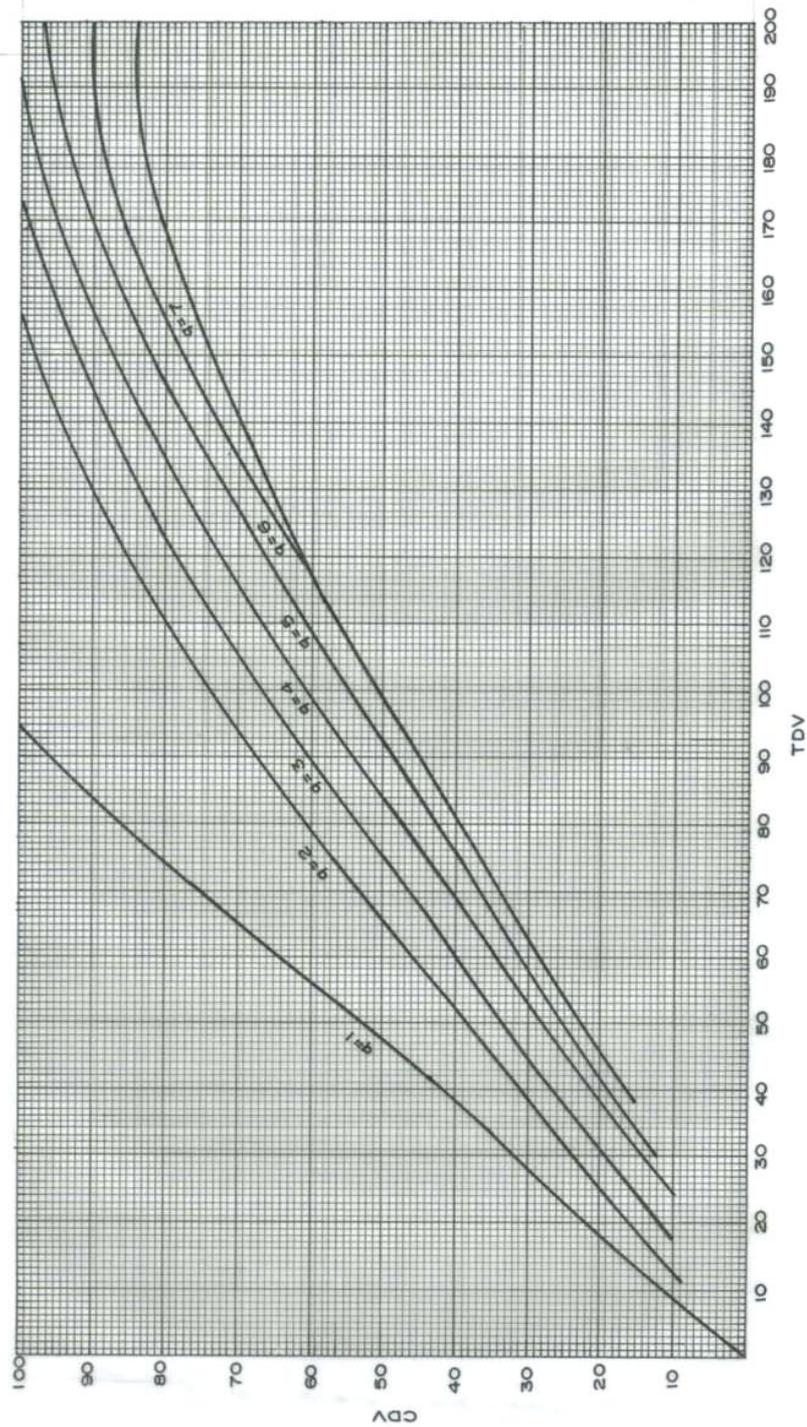


Figura A.20 CURVAS DE DEDUCCION PARA SUPERFICIE ASFALTICA

Fuente: Municipalidad Distrital de Lima Metropolitana.

**ANEXO 02**  
**ESPECIFICACIONES**  
**TÉCNICAS**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **1.0 SELLO DE FISURAS**

Esta partida se empleará para reparar las fallas de tipo longitudinal y transversal en el pavimento, principalmente en las uniones de losas antiguas.

Se limpiará las zonas afectadas con aire comprimido y cepillo, librándola de partículas sueltas y rebabas de manera tal que se garantice existe una superficie exenta de materias extrañas que hagan que no se logre un buen sello de fisuras.

Imprimir la zona a sellar mediante la aplicación de un asfalto diluido, cuidando de no hacerlo con excesiva cantidad, el sello de fisuras en pavimentos rígidos más que nada se presenta en las uniones de losas contiguas y en lugares donde ha fallado el sello impermeabilizante, por lo que básicamente el sello de fisuras se ha de convertir en un sellado de juntas.

Sellar grietas con material flexible, del mismo que se emplea para el recapado, sin embargo cabe mencionar que el material a utilizar en esta tarea ha de contener material más fino, pues ésta será función del tamaño de las grietas a sellar; en la generalidad de los casos se ha de sellar con una mezcla de cemento asfáltico más arena.

## **2.0 NIVELACION DE TAPAS DE BUZÓN**

Se refiere al aumento o disminución de la altura de las tapas que se encuentren en las secciones de la vía materia de trabajo, que incluyen la albañilería y obras complementarias necesarias para obtener la nivelación con las rasantes.

El procedimiento constructivo a seguir será tal, que garantice la impermeabilidad de las estructuras afectadas y permita alcanzar el nivel final de las tapas mediante trabajos de picado, llenado, encofrados, adecuaciones y cualquier otra labor tendiente al mismo fin.

## **3.0 CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

Este trabajo consistirá en una capa de mezcla asfáltica construida sobre superficie debidamente preparada, de acuerdo con las presentes especificaciones:

El contratista, antes de la colocación de la mezcla asfáltica de la carpeta de rodadura, deberá proceder a una operación topográfica de nivelación longitudinal y transversal sobre la base granular, de modo de obtener una rasante adecuada.

Las siguientes previsiones, a menos que se estipule de otra manera en la presente sección, formaran parte de estas especificaciones.

- **Composición general de las mezclas**

Las mezclas bituminosas se compondrán básicamente de agregados minerales gruesos, finos, filler mineral y material bituminoso. Los distintos constituyentes minerales se separaran por tamaño, serán graduados uniformemente y combinados en proporciones tales que la mezcla resultante llene las exigencias de graduación para el tipo específico contratado. A los agregados mezclados y así compuestos, considerados por peso en un 100% se le deberá agregar bitumen dentro de los límites porcentuales fijados en las especificaciones para el tipo específico de material.

- **Materiales**

**Agregados minerales gruesos**

La porción de los agregados, retenida en la malla\_Nº 4, se designara agregado grueso y se compondrá de piedra triturada, grava triturada o escoria tritura. Dichos materiales serán limpios, compactos y durables, no estarán recubiertos de arcilla, limo, u otras sustancias perjudiciales, no contendrán arcillas en terrones.

Los acopios deberán estar cubiertos para prevenir una posible contaminación. Por lo menos un 50%, en peso, de las partículas de grava triturada retenidas en el tamiz Nº 4, deberá tener por lo menos una cara fracturada. No se utilizara en la fabricación de las mezclas asfálticas agregados con tendencia a pulimentarse por acción del tráfico.

Cuando la granulometría de los agregados tienda a la segregación durante el acopio o manipulación, deberá suministrarse el material en dos o más tamaños separados.

De ser necesario la mezcla de dos o más agregados gruesos, el mezclado deberá hacerse a través de tolvas separadas y en los alimentadores en frío y no en el acopio.

Los agregados gruesos, deberán cumplir además con los siguientes requerimientos:

#### ENSAYO

Durabilidad (ASTM C-88)	Máx. 12%
Abrasión (ASTM C-131)	Máx. 40%
Partículas chatas y alargadas (ASTM D-693)	Máx. 15%
Absorción de agua (ASTM C-127)	Máx. 1%

#### **Agregados minerales finos**

La proporción de los agregados que pasan la malla N° 4, se designara agregado fino y se compondrán de arena natural y/ o material obtenido de la trituración de piedra, grava o escoria de una combinación de los minerales.

Dichos materiales se compondrán de partículas limpias, compactas de superficie rugosa y moderadamente angulares, carentes de grumos de arcilla u otros aglomerados de material fino. Los acopios deberán estar cubiertos para prevenir una posible contaminación.

No se utilizaran en la fabricación de la mezcla asfáltica agregados con tendencia a pulimentarse por el tráfico.

Cuando sea necesario mezclar dos o más agregados finos, el mezclado deberá hacerse a través de tolvas separadas y en los alimentadores en frío y no en el acopio.

El agregado fino al ser ensayado según el método ASTM C-88 durabilidad con sulfato de sodio, la pérdida deberá ser menor a 12%; así mismo, la absorción de agua será menor de 1% (ASTM D-128). El equivalente de arena (ASTM 2419), del agregado fino o de la mezcla de agregados finos, será como mínimo de 50%. El índice de plasticidad del material que pase la malla N° 200 será menor de 4

Si el agregado fino tiene una variación mayor de  $\pm 0.25\%$  del módulo de fineza del material representativo será rechazado.

### **Relleno mineral**

El material de relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia del binomio agregado-asfalto, se compondrá de polvo calcáreo, polvo de roca, polvo de escoria, cemento Pórtland cal hidratada u otra sustancia aprobada no plástica.

Estos materiales deberán carecer de materias extrañas y objetables, estarán perfectamente secos para poder fluir libremente y no contendrán grumos. Su granulometría cumplirá con las siguientes exigencias:

<b>Nº DE MALLA</b>	<b>% QUE PASA</b>
30	100
50	95 – 100
200 201	70 –100

Fuente: MTC

- **Cemento asfáltico**

El cemento asfáltico será del grado de penetración 60-70, preparado por refinación del petróleo crudo por métodos apropiados. El cemento asfáltico será homogéneo, carecerá de agua y no formara espuma, cuando sea calentado a 160° C. Se deberá tener en cuenta las temperaturas máximas de calentamiento recomendadas por Petro-Perú no debiendo ser calentado a más de 160° C.

El cemento asfáltico deberá satisfacer los siguientes requerimientos:

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MÍNIMA</b>	<b>MÁXIMA</b>
Penetración a 25° C, 100 gr., 5 seg.	60	70 (1/10mm)
Punto de inflamación, Cleveland vaso abierto	230° C	-
Ductibilidad a 25° C, 5 cm./min.	100 cm.	-
Solubilidad en tricloroetileno	99%	-
Ensayo de oliensis	Negativo	-
Índice de penetración	- 1.0	+ 1.0
<b>ENSAYO DE PELÍCULA DELGADA</b>		
Perdida por calentamiento a 163° C, 5 hrs.	-	0.8
Penetración del residuo, % del original	54 (1/10 mm.)	-
Ductilidad del residuo a 25° C, 5 cm/ min.	50	-

Fuente: MTC.

Se deberá obtener del ingeniero inspector la aprobación de las fuentes del origen de los agregados, relleno mineral de aporte

y cemento asfáltico, antes de procederse a la entrega de dichos materiales.

Las muestras de cada uno de estos se remitirán en la forma que se ordene y aprobados antes de la fabricación de la mezcla asfáltica.

La composición general y los límites de temperatura establecidas en las especificaciones para cada uno de los tipos especificados, constituyen regímenes máximos de tolerancia, que no deberán ser excedidas no obstante lo que pueda indicar cualquier fórmula de mezclado en obra que se aplique.

Antes de iniciar la obra, el contratista someterá al ingeniero supervisor, por escrito una fórmula de mezcla en obra que utilizara para la obra a ejecutarse. Esta fórmula se presentara estipulando un porcentaje definido y único, de agregados que pasen por cada uno de los tamices especificados; una temperatura definida y única con la que la mezcla debe salir de la mezcladora y una temperatura definida y única con la cual la mezcla será colocada en el camino; debiendo todos estos detalles encontrarse dentro de los requerimientos fijados para la composición general de los agregados y los límites de temperatura. El ingeniero supervisor aprobará dicha mezcla, y a su criterio podrá usar la fórmula propuesta por el contratista, en su totalidad o en parte.

En cualquier caso, la fórmula de trabajo para fabricación de la mezcla asfáltica, deberá fijar unos porcentajes definidos y únicos de agregados que pase por cada tamiz requerido un porcentaje definido y único de bitumen ha adicionarse a los

agregados, una temperatura definida y única para la mezcla, con la cual ha de colocarse en el camino.

Todas las mezclas provistas, deberán concordar con la fórmula de mezcla en obra aprobada por el ingeniero supervisor, dentro de las tolerancias establecidas.

Cada día el ingeniero supervisor extraerá tantas muestras de los materiales y de la mezcla, como considere conveniente, para verificar la uniformidad requerida en dicha mezcla. Cuando resultados desfavorables o una variación de sus condiciones lo hagan necesario, el ingeniero supervisor podrá fijar una nueva fórmula para ejecutar la mezcla para la obra.

Cuando se compruebe la existencia de un cambio en el material o cuando se deba cambiar el lugar de su procedencia, se deberá preparar una nueva fórmula para la mezcla en obra, que será presentada y aprobada antes de que se emplee la mezcla que contenga el nuevo material. Los materiales para la obra, serán rechazados cuando se compruebe que tengan porosidades u otras características que requieran, para obtener una mezcla equilibrada, un régimen mayor o menor del contenido de bitumen que el que se ha fijado a través de la especificación.

La mezcla de agregados se compondrá básicamente de agregados minerales gruesos, finos y relleno mineral (separados por tamaños), en proporciones tales que la mezcla resultante produzca una curva continua aproximadamente paralela y centrada al uso granulométrico especificado elegido. La fórmula de la mezcla de obra será determinada para las condiciones de operación regular de la planta asfáltica.

La mezcla de agregados deberá cumplir con la siguiente gradación:

TAMIZ ASTM	% QUE PASA	TOLERANCIA
¾"	100	+ - 8
½"	80-100	+ - 8
3/8"	70-90	+ - 7
Nº 4	50-70	+ - 7
Nº 8	35-50	+ - 6
Nº 30	18-29	+ - 5
Nº 50	13-23	+ - 5
Nº 100	8-16	+ - 4
Nº 200	4-10	+ - 4
Equivalente de arena		Mínimo 50%
Índice de plasticidad (pasante malla Nº 200)		Máximo 4%

Fuente: MTC.

La fórmula de la mezcla de obra con las tolerancias admisibles producirán el huso granulométrico de control de obra, debiéndose producir una mezcla de agregados que no escape de dicho huso, cualquier variación deberá ser investigada y las causas deberán ser corregidas.

Las características físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para tráfico pesado empleando el método ASTM D-1559, resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas usando el aparato MARSHALL serán las señaladas a continuación.

Numero de golpes en cada lado del espécimen	75
Estabilidad ( kilos)	Mínimo 820
Flujo (mm.)	2 a 4
Porcentaje de vacíos de aire	3 a 5
Estabilidad /flujo (Kg./cm2.)	1700 a 3000
Índice de compactibilidad (*)	Mínimo 5
Estabilidad retenida, 24 h. a 60° C en Agua	Mínimo 75%

(\*) El índice de compactibilidad se define como: GEB50, GEB5 son las gravedades específicas Bulk de las briquetas a 50 y 5 golpe. Fuente: MTC.

Al ser ensayados los agregados gruesos por el método de ensayo ASTM D-1664, revestimiento y desprendimiento en mezclas de agregados-asfalto, deberá obtener un porcentaje de partículas revestidas mayor a 95%. Así mismo, el agregado fino al ser ensayado por el método de RIEDEL-WEBER deberá tener un índice de adhesividad mayor de 4. de cumplirse con estos requerimientos deberá mejorarse la afinidad del agregado-asfalto. El contenido óptimo (técnico-económico) del cemento asfáltico será determinado basándose en el estudio de las curvas de compactación constante Vs. Contenido de cemento asfáltico.

Además, se deberá proporcionar las curvas de energía de compactación variable vs. Optimo contenido de cemento asfáltico.

Los métodos de construcción deberán estar de acuerdo con las exigencias fijadas por los siguientes artículos:

- Las mezclas se colocarán únicamente cuando la base a asfaltar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea

superior a 10° C, cuando el tiempo no estuviera nublado ni lluvioso y cuando la base preparada tenga condiciones satisfactorias.

- Ningún trabajo podrá realizarse cuando se carece de suficientes medios de transporte, de distribución de mezcla, equipo de terminación o mano de obra para asegurar una marcha de las obras a un régimen no inferior al 60% de la capacidad productiva de la planta de asfalto.
- Todas las plantas utilizadas por el contratista para la preparación de mezcla asfáltica deberán concordar con los requerimientos establecidos a continuación en (a), excepto, que las exigencias con respecto a las balanzas se aplicarán únicamente cuando se hagan las proporciones de peso; y, además todas plantas de operación continua deberán cumplir con las exigencias fijadas en (b) mientras que las plantas mezcladoras de tipo continuo cumplirán con las exigencias establecidas en (c).

Los camiones para el transporte de mezcla bituminosas deberán contar con tolvas herméticas, limpias y lisas de metal, que hayan sido cubiertas con una pequeña cantidad de agua jabonosa, solución de lechada de cal, para evitar que la mezcla se adhiera a las tolvas. Cada carga de mezcla se cubrirá con lonas y otro material adecuado de tamaño suficiente para proteger la mezcla contra las inclemencias del tiempo. Todo camión que produzca una segregación excesiva de material debido a su suspensión elástica u otros factores que contribuyan a ella, que acuse pérdida de bitumen en cantidades o perjudiciales o que produzcan demoras indebidas, será retirado del trabajo cuando el ingeniero supervisor lo ordene, hasta que haya sido corregido el defecto señalado. Cuando así fuera necesario para lograr que los camiones

entreguen la mezcla con la temperatura especificada, las tolvas de los camiones serán aisladas para poder obtener temperaturas de trabajo de las mezclas y todas sus tapas deberán asegurarse firmemente.

El equipo para distribución y terminación, se compondrá de pavimentadoras mecánicas automáticas aprobadas, capaces de distribuir y terminar la mezcla de acuerdo con los alineamientos, pendientes y perfil de tipo de obra exigidas.

Las pavimentadoras estarán provistas de embudos y tornillos de distribución de tipo reversible, para poder colocar la mezcla en forma pareja delante de las enrazadoras ajustables. Las pavimentadoras estarán equipadas también con dispositivos de manejo rápido y eficiente y dispondrán de velocidades en marcha atrás y adelante.

Las pavimentadoras emplearan dispositivos mecánicos como enrazadoras de regla metálicas, brazos de emparejamiento u otros dispositivos compensatorios, para mantener la exactitud de las pendientes y confinar los bordes del pavimento dentro de sus líneas sin uso de moldes laterales fijos.

También se incluirá entre el equipo, dispositivos para emparejamiento y ajuste de las juntas longitudinales, entre carriles. El conjunto será ajustable para permitir la obtención de la forma del perfil fijo de obra fijado, y será diseñado y operado de tal modo que se pueda colocar la capa de mejoramiento requerido. Las pavimentadoras estarán equipadas con emparejadoras móviles y dispositivos para calentarlas a la temperatura requerida para la colocación de la mezcla.

El término “EMPAREJAMIENTO”, incluye cualquier operación de corte, avance u otra acción efectiva para producir un pavimento con la uniformidad y textura especificada, sin raspones, saltos ni grietas.

Si comprueba, durante la construcción que el equipo de distribución y terminación usado, deja en el pavimento fisuras, zonas dentadas, zonas “carachosas” u otras irregularidades objetables que no puedan ser corregidas satisfactoriamente por las operaciones programadas, el uso de dicho equipo será suspendido debiendo el contratista sustituirlo por otro que efectúe en forma satisfactoria los trabajos de distribución y terminación del pavimento. No se permitirá en ningún caso el rastrilleo manual para corregir deficiencias permanentes de las pavimentadoras.

El equipo de compactación comprenderá como mínimo un rodillo o tambor en tándem y una del tipo neumático del tipo autopropulsado. También podrán utilizarse de tres ruedas lisas, vibradoras y compactadoras, otro equipo similar que resulte satisfactorio para el ingeniero supervisor.

El equipo en funcionamiento deberá ser suficiente para compactar la mezcla rápidamente mientras se encuentra aún en condiciones de ser trabajada. No se permitirá el uso de un equipo que produzca la trituración de los agregados.

El contratista deberá proveer medios para todas las herramientas menores, limpias y libres de acumulaciones del material bituminoso. En todo momento deberá tener preparados y listos la suficiente cantidad de lienzos encerados o cobertores para poder ser utilizados por orden del ingeniero supervisor, en emergencias

tales como lluvias, vientos helados o demoras inevitables para cubrir o proteger todo material que haya sido descargado sin ser distribuido.

Cuando la capa de base presenta irregularidades baches, deformaciones, etc. la superficie afectada será llevada a una conformación uniforme parchándola con concreto asfáltico, apisonado intenso o cilindrado, hasta que concuerde con la superficie adyacente. La mezcla usada para estas operaciones será la misma que se haya especificado para la ejecución de la carpeta. La superficie sobre la cual se ha de colocar la mezcla será barrida perfectamente, limpiándola de toda suciedad u otros materiales inconvenientes, inmediatamente antes de distribuirse la mezcla.

El material bituminoso será calentado a la temperatura especificada, en calderas o tanques designados de tal manera que se evite un calentamiento local excesivo y se obtenga un aprovisionamiento continuo del material bituminoso para la mezcladora, a temperatura uniforme en todo momento.

El cemento asfáltico será calentado a una temperatura de modo que se obtenga una viscosidad comprendida entre 75 y 155 SSF. (según carta viscosidad-temperatura), método ASTM D-2493, a fin de obtener un aprovisionamiento continuo del material asfáltico que sea aplicable uniformemente a los agregados debiéndose obtener un recubrimiento de 95% como mínimo al ser ensayado por el método de la ASTM D-2489.

La mezcla será transportada desde la planta mezcladora hasta el lugar de uso, por medio de vehículos que llenen las exigencias fijadas. No se podrá despachar carga alguna a una hora muy

avanzada del turno laboral, pueda impedir la colocación y compactación de la mezcla con suficiente luz diurna, excepto cuando se haya provisto de medios satisfactorios de iluminación.

Al llegar al llegar de uso; la mezcla será distribuida en el espesor acotado, conforme al perfil tipo de obra que se quiera lograr, haciéndolo ya sea sobre el ancho total de la calzada o a un ancho particular practicable. Para estos fines se usaran las especificaciones del artículo “EQUIPO PARA TRANSPORTE Y COLOCACIÓN”. La mezcla se colocara sobre una base aprobada solamente cuando las condiciones del tiempo sean adecuadas y de acuerdo con el artículo.

#### **Limitaciones Climáticas.**

La junta longitudinal se deberá encontrar en el eje del pavimento. En superficies cuya irregularidad o donde obstáculos insalvables imposibiliten el uso de equipos distribuidores y de terminación mecánica, la mezcla será repartida, rastrillada y emparejada a mano. En tales superficies de mezclas será vertida desde toboganes de acero, distribuida y cribada para conservar el espesor correspondiente del material requerido. El rastrillado y emparejado a mano será evitado en lo posible.

Inmediatamente después que la mezcla haya sido repartida, emparejada, la superficie será verificada nivelando todas las irregularidades comprobadas en la misma y compactada intensa y uniformemente por medio de un rodillo.

El trabajo de compactación se podrá ejecutar cuando la mezcla este en las condiciones requeridas y no produzca, en opinión del ingeniero supervisor, desplazamientos indebidos o agrietamientos en la mezcla. El trabajo inicial de compactación, será efectuado en

el caso de un recubrimiento completo, con rodillo en tándem o a tres ruedas que trabaje siguiendo al distribuidor del material y cuyo peso será tal que no produzca hundimientos o desplazamientos de la mezcla, debiendo ser entre 8 y 10 Tn.

El rodillo será accionado con un cilindro de mano ubicado lo más cerca posible al distribuidor de material a manos que el ingeniero supervisor indique otra cosa.

Inmediatamente después del cilindrado inicial, la mezcla será compactada íntegramente mediante el uso de un rodillo neumático autopropulsado. Las pasadas finales de compactación se harán con una aplanadora tándem de un peso de por lo menos 10 Tn. De dos o tres ejes.

Las operaciones de compactación comenzaran por los costados y progresaran gradualmente hacia el centro, excepto en curvas sobreelevadas donde el proceso se iniciara en el borde inferior y avanzaran hacia el superior siempre en sentido longitudinal. Dicho proceso se hará cubriendo uniformemente cada huella anterior de la pasada del rodillo según ordenes que debe impartir el ingeniero supervisor y hasta que toda la superficie haya quedado compactada. Las distintas pasadas de rodillo terminarán en puntos de parada distantes 3 pies por lo menos de los puntos de parada anteriores. Procedimientos de compactación que difieran de las indicadas preferentemente podrán ser dispuestas por el ingeniero supervisor cuando las circunstancias así lo requieran.

La mejor temperatura para iniciar la compactación, es la máxima temperatura en la que la mezcla soporte el rodillo sin originar excesivos movimientos horizontales, esta temperatura deberá definirse en obra. El proceso de compactación debe culminar antes que la temperatura de la mezcla asfáltica sea menor de 85° C.

Cualquier desplazamiento que se produzca a consecuencia del cambio de la distribución del rodillo, por alguna otra causa, será corregida en seguida mediante el uso de rastrillos y la adición de mezcla fresca cuando sea necesario.

Se deberá prestar atención para evitar durante la compactación un desplazamiento del alineamiento y las pendientes de los bordes de la calzada.

Para evitar la adhesión de la mezcla a las ruedas del rodillo, éstas serán mantenidas húmedas pero no se permitirá el exceso de agua, no deberá permitirse el uso de solventes de ningún tipo para recubrir las rolas o neumáticos de los rodillos.

A lo largo de sardineles, rebordes y muros u otros sitios inaccesibles para el rodillo, la mezcla será compactada con pisones o manos calientes, o con apisonadores mecánicos que tengan una compresión equivalente. Cada pisón de mano pesará no menos de 25 libras (11.35 Kg) y tendrá una superficie de apisonado no mayor de 50 pulgadas cuadradas.

La compactación proseguirá en forma continuada para lograr un resultado uniforme, mientras la mezcla está en condiciones adecuadas de trabajabilidad y hasta que se hayan eliminado todas las huellas de la máquina de compactación. La superficie de la mezcla después de compactada será lisa y deberá concordar con el perfil tipo de la obra y las pendientes, dentro de las tolerancias especificadas. Todas las mezclas que hayan resultado con roturas, estuvieran sueltas, mezcladas con suciedad o defectuosas en otro modo, serán retiradas y sustituidas con mezcla caliente fresca que será compactada de inmediato para quedar en iguales condiciones que la superficie circundante. Toda superficie de un pie o más que

acuse un exceso o diferencia de material bituminoso será retirado y reemplazado por material nuevo. Todos los puntos o juntas elevadas, depresiones o abolladuras serán corregidos.

La distribución se hará lo más continua posible y el rodillo pasará sobre los bordes de terminación no protegidos de la vía de colocación reciente, sólo cuando así lo autorice el ingeniero supervisor. En tales casos, incluyendo la formación de juntas como se expresa anteriormente, se tomarán las medidas necesarias para que exista una adecuada ligazón con la nueva superficie en todo el espesor de la capa.

No se colocará sobre material compactado 24 horas antes, a menos que el borde sea vertical o haya sido cortado formando una cara vertical y aplicando una capa ligera de cemento asfáltico una hora antes de la colocación.

Cuando los planos y las especificaciones especiales indiquen el espesor de un pavimento, la obra terminada no podrá variar del espesor indicado en más de  $\frac{1}{4}$ " para superficies asfálticas. Se hará mediciones del espesor en suficiente número antes y después de compactar, para establecer la relación de los espesores del material sin compactar y compactado, luego el espesor será controlado mediante el material sin compactar que se encuentra inmediatamente detrás de la pavimentadora.

Cuando las mediciones efectuadas, indiquen que una sección no se encuentra dentro de los límites de tolerancia fijados para la obra terminada, la zona aún no compactada será corregida mientras el material se encuentra todavía en buenas condiciones de trabajabilidad.

La superficie del pavimento será verificado mediante una plantilla de coronamiento que tenga la forma del perfil tipo de obra, mediante una regla de 3 m. De longitud, aplicados en ángulos rectos y paralelos respectivamente, respecto del eje de la calzada. El contratista destinará personal para aplicar la citada plantilla y la regla, bajo las órdenes del ingeniero supervisor, con el fin de controlar todas las superficies.

La variación de la superficie entre dos contactos de la plantilla o de la regla se podrá exceder de 1/8". De ser mayores las deformaciones, se evitará colocando mezcla fina e inmediatamente compactada, toda vez que no deteriore el aspecto estético de la vía.

Los ensayos para comprobar la coincidencia con el coronamiento y la pendiente especificada, se hará inmediatamente después de la compactación inicial, y las variaciones establecidas serán corregidas por medio de la adición o remoción de material según fuese el caso. Después de ello, la compactación continuará en la forma especificada.

Finalizada la compactación final, la lisura de la superficie terminada será controlada nuevamente, y se procederá a eliminar toda irregularidad comprobada en la misma que exceda de los límites arriba indicados.

También se eliminarán zonas con textura, compresión y composición defectuosos y se corregirán dichos defectos conforme a las disposiciones del ingeniero supervisor, que pueden incluir una remoción y sustitución por cuenta del contratista en las zonas expresadas. Los bordes del pavimento serán rectilíneos y coincidentes con el trazado. Todo exceso de material será

recortado después de la compactación final y depositado por el contratista fuera de derecho de vía y lejos de la vista, debiendo ser eliminado considerando los aspectos de protección ambiental:

a) **Transporte y entrega de la mezcla.** - La mezcla deberá entregarse a temperatura adecuada, manteniendo siempre un límite de tolerancia dentro de los 20° F establecidos para formula de mezclado.

b) **Distribución y terminación.** - El espesor máximo de cualquier capa compactada no deberá exceder de 8 cm.

c) **Compactación.** - La compactación será aprobada por el ingeniero supervisor, empleando cualquiera de los siguientes métodos descritos a continuación:

- Empleando equipos nucleares o testigos extraídos de la mezcla compactada, se debe cumplir:

$$D_c \quad \square\square\square\square = 98 \% \square DM$$

$$D_i \quad \square\square\square\square\square 97\% DM$$

- Obteniéndose la máxima gravedad específica (ASTM D-2041), en cada punto donde se obtendrá el peso unitario de la mezcla asfáltica compactada, se debe cumplir en cada estación:

$$3 \square\square (MDT - D_i) / MDT \square\square\square 5$$

- Los testigos del pavimento para control de compactación, deberán extraerse mediante métodos mecánicos.

<b>Di :</b>	Pesos unitarios individuales obtenidos en el área compactada de la producción diaria.
<b>Dc :</b>	Promedio de cinco (5) valores de Di.
<b>DM :</b>	Promedio de los pesos unitarios obtenidos del control de producción de planta según método MARSHALL.
<b>MDT</b>	Máxima gravedad específica teórica (ASTM D-2041)

Fuente: MTC

#### 4.0 DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS DE CONCRETO Y ASFALTO

Serán removidos todos los tramos señalados y los que juzgue conveniente el supervisor.

Para la ejecución de los trabajos, se exigirá al contratista el uso de equipos adecuados (compresoras, rompe pavimentos, etc.) previamente aprobados por el supervisor.

De ninguna manera se aceptará el uso de combas para la rotura inicial del pavimento, pues lo que se busca es no afectar la resistencia del pavimento vecino o adyacente que será rehabilitado.

La rotura de las áreas a rehabilitar seguirá formas Geométricas regulares, con bordes perpendiculares a la superficie. Cuando los

tramos a demoler signifiquen tramos largos podrá hacerse uso de cargador frontal, siempre y cuando no afecte a las losas vecinas u otro tipo de estructuras adyacentes.

En zonas de especial cuidado (aledañas a cámaras especiales o estructuras), a fin de no dañar instalaciones de servicio público, deberá usarse maquinaria o equipo de mediana potencia, en el mejor de los casos se ha de efectuar la rotura en forma manual.

## **5.0 PERFILADO Y COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE**

Esta labor consiste en la preparación, acondicionamiento y compactación de la plataforma existente, cuando vaya a recibir un relleno encima, o del fondo del fondo de la excavación en casos de corte. Toda la superficie del terreno será escarificada hasta una profundidad no menor de 30 cm.; eliminando todos los residuos grandes que queden en la superficie.

Las irregularidades que puedan quedar después de esta operación serán eliminadas mediante equipo de nivelación, de manera de conformar las superficies con desniveles de 5 cm. En cualquier tramo de 10 m. Se procederá al perfilado hasta alcanzar la sección transversal indicada en los planos, para luego proceder a regar y compactar la superficie.

La compactación no será menor de 95% de la máxima densidad seca proporcionada por el ensayo de próctor Modificado. Finalizada la compactación, la sección será debidamente perfilada.

## **6.0 ELIMINACIÓN DE EXCEDENTES DE CORTE**

Consiste en retiro de todo el material proveniente de la excavación que fuera excedente y de todo material inservible, incluyendo las piedras grandes que salgan por escarificación o por cualquier otro motivo, así como los materiales provenientes de las demoliciones.

Incluye el material proveniente de reparaciones, limpieza final de obra y toda eliminación que sea necesario efectuar.

El material será transportado a diferentes lugares que indique el inspector y que previamente han sido establecidos.

## **7.0 GEOTEXTIL**

La ejecución de la partida comprende el suministro, tendido y colocación del geotextil, sobre la superficie del pavimento antiguo imprimado con cemento asfáltico AC-10 o AC-20, básicamente el trabajo corresponde a la operación de cubrir la superficie existente del pavimento, las juntas de construcción, de rehabilitación y las de dilatación, para que estas no se reflejen en la capa de pavimento asfáltico que se colocará como superficie final de rodadura.

Es de cuidado el tener que garantizar que existe el traslape necesario mínimo cuando existan zonas en las cuales se tenga que sobreponer o empatar el geotextil. Así también se ha de poner

especial cuidado que la colocación del geotextil cubra adecuadamente el total de las juntas existentes en el pavimento.

El geotextil debe cumplir con los siguientes requerimientos

### **1. - Características Físicas y Químicas**

Las fibras utilizadas en la fabricación de los geotextiles y los hilos utilizados en la unión de geotextiles por costura, deben ser polímeros sintéticos de cadena larga, poliésteres o poliomidas. Deben estar formados por una red tal, que los filamentos mantengan estabilidad dimensional entre sí. Estos materiales deben poseer los requerimientos de la tabla N° 1 adjunta.

### **2. - Control de Calidad**

El contratista es responsable de suministrar el geotextil adecuado, para lo cual, deberá efectuar las pruebas indicadas en la tabla N° 1 a muestras obtenidas de acuerdo a la norma ASTM D4354 y ensayados en un laboratorio de reconocido prestigio, debiendo presentar los certificados de los resultados obtenidos.

### **3. - Transporte y Almacenamiento**

Durante el periodo de transporte y almacenamiento, el geotextil debe estar permanentemente protegido de la exposición a la luz solar, los rayos ultravioletas, temperaturas mayores de 60° C, polvo y suciedad.

### REQUERIMIENTOS FÍSICOS

PROPIEDAD	UNID.	NORMA ASTM	REPAVIMENTACION
RESISTENCIA GRAB.	N	ASTM D4632	356
ELONGACION %	%	ASTM D4632	50% a ROTURA
RETENCION DE ASFALTO	Lt / m2	APÉNDICE XI	0.9
PUNTO DE FUSION	° C	ASTM D276	149

Fuente: Internet.

Estas especificaciones son aplicables al geotextil usado para una total cobertura del pavimento, o en bandas sobre las juntas transversales y longitudinales del pavimento. No se pretende describir sistemas específicamente diseñados para las juntas de pavimentos o reparaciones localizadas.

# **ANEXO 03:**

# **PLAN DE TESIS**