

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**“DEGRADACIONES EN LOS PAVIMENTOS REVESTIDOS
CON ASFALTO EN LIMA Y CALLAO. ALTERNATIVAS DE
SOLUCION PARA SU REHABILITACION Y
MANTENIMIENTO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

JUAN ANTONIO VALERIANO INOCENTE

LIMA – PERU

2000

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

Dedicatoria:

Con profundo cariño y la gratitud mas grande a mis padres, Julián y Obdulia, por el gran amor y apoyo que me brindaron en todo momento.

Agradecimiento:

A un maestro, Ing. Samuel Mora Quiñones, que motivó en mí la pasión por esta especialidad tan hermosa como es Transportes, y por guiarme en el presente trabajo.

A el Ing. Justiniano por su ayuda oportuna y valiosas sugerencias. También expreso mi agradecimiento a cada una de las personas que colaboraron en el desarrollo de la presente.

Pensamiento:

“El camino a la felicidad radica en dos simples principios: Averigua que te interesa y puedas hacer bien, y cuando lo encuentres pon en esto toda tu alma, cada migaja de energía, de ambición y de capacidad natural que poseas”.

Jhon Rockefeller

3.2.0.- Parámetros a Evaluar en los Pavimentos.	34
3.3.0.- Antecedentes.	36
3.3.1.- Antecedentes Básicos a Recopilar.	36
3.4.0.- Evaluación de la Condición Superficial.	37
3.4.1.- Evaluación de la Serviciabilidad del Pavimento.	38
3.4.1.a.- Índice de la Serviciabilidad Presente (P.S.I.).	39
3.4.1.b.- Descripción de la Escala I.R.I.	40
3.4.1.c.- Índice Actual de Serviciabilidad.	42
3.4.2.- Evaluación de la Seguridad.	43
3.4.2.a.- Resistencia al Deslizamiento.	43
3.4.3.- Evaluación Visual Superficial.	47
3.4.3.a.- Método de Evaluación Superficial Integral.	48
3.4.3.b.- Método de Evaluación P.C.I.	51
3.5.0.- Evaluación de la Condición Estructural.	54
3.5.1.- Evaluación Estructural por Deflectometría.	55
3.5.1.a.- Mediciones de Deflexiones con Dynaflect.	56
3.5.1.b.- Mediciones de Deflexiones con Viga Benkelman.	56
3.5.1.c.- Determinación del Radio de Curvatura.	59
3.5.1.d.- Deformaciones Tolerables.	60
3.5.1.e.- Variabilidad de la Capacidad Estructural: Deflectograma.	62
3.5.2.- Evaluación Estructural por Componentes.	64
3.5.2.a.- Ejecución de Perforaciones en Pavimentos Existentes.	64
3.5.2.b.- Ensayos de Laboratorio.	65
3.6.0.- Juicio Sobre la Evaluación del Pavimento.	66

CAPITULO IV: ALTERNATIVA DE SOLUCION EN LA REHABILITACION Y CONSERVACION DE LOS PAVIMENTOS REVESTIDOS CON ASFALTO	67
--	-----------

4.1.0.- Tratamientos Preliminares.	71
4.1.1.- Riego de Imprimación.	74
4.1.2.- Riego de Liga.	80
4.2.0.- Reparaciones Localizadas.	76
4.2.1.- Sellado de Fisuras.	76
4.2.2.- Parchado de Areas Falladas Localizadas.	80
4.2.2.a.- Parchado Usando Mezcla en Frío.	80
4.2.2.b.- Parchado con Parche Moldeable Instantáneo.	83
4.3.0.- Tratamiento Superficial Integral.	86
4.3.1.- Sello Negro (Fog Seal).	87
4.3.2.- Tratamiento Superficial con Agregados (Chip Seal).	88
4.3.2.a.- Tratamiento Superficial Simple (Single Coat).	93
4.3.2.b.- Tratamiento Superficial Multiple (Double Coat).	99
4.3.3.- Mortero Asfáltico (Slurry Seal).	104
4.4.0.- Refuerzo de Capa de Concreto Asfáltico.	115
4.5.0.- Reconstrucción.	123
4.5.1.- Método del Instituto de Asfalto.	123
4.5.2.- Uso del Catálogo Peruano.	125
CAPITULO V : PLANEAMIENTO DEL MANTENIMIENTO VIAL	126
5.1.0.- Generalidades.	127
5.2.0.- Definiciones.	128
5.3.0.- Análisis de la Problemática.	129
5.4.0.- Planeamiento del Mantenimiento.	130
5.4.1.- Características de las Acciones para el Mantenimiento Vial.	130
5.4.2.- Planeamiento y Programación del Mantenimiento.	133

CAPITULO VI: EVALUACION VISUAL SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS REVESTIDOS CON ASFALTO DE LAS PRINCIPALES VIAS Y/O VIAS MAS DETERIORADAS EN LIMA Y CALLAO	135
6.1.0.- Generalidades.	136
6.2.0.- Resultados Generales Obtenidos de la Evaluación.	137
6.3.0.- Condición de Estado de los Tramos Evaluados.	156
6.4.0.- Resumen de Resultados de las Inspección de Superficie.	161
CAPITULO VII: APLICACIÓN PRACTICA : REHABILITACION DE LOS PAVIMIENTOS DE LA AV. LAS LOMAS	177
7.1.0.- Rehabilitación de los Pavimentos en la Av. Las Lomas.	178
CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	233
8.1.0.- Conclusiones.	234
8.2.0.- Recomendaciones.	239
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	
A.- Catálogo de Degradaciones.	
B.- El Asfalto.	
C.- Emulsiones Asfálticas.	
D.- Mezcla en Frío.	
E.- Mezcla en Caliente.	
F.- Planos de las Principales Vías en Proceso de Deterioro y Alternativas de Solución.	

CAPITULO I

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El presente trabajo, titulado “Degradaciones de los Pavimentos revestidos con asfalto en Lima y Callao. Alternativas de Soluciones para su Reparación y Mantenimiento”, ha sido elaborado con el objeto de dar a conocer las condiciones de estado superficial en que se encuentran los pavimentos de las avenidas principales y/o más deteriorados en Lima y Callao.

Después de una Inspección Visual a estas vías, se da un juicio de su condición de cada una de éstas, presentando alternativas para su rehabilitación si fuera necesario.

Este trabajo contiene cinco etapas bien definidas, seguido de una aplicación práctica que consiste en la ejecución de alguna alternativa de reparación en alguna vía en Lima. Estas etapas son:

- Conocimiento de los tipos de fallas más comunes, sus causas y consecuencias.
- Como se evalúa el estado de los pavimentos.
- Alternativa(s) de rehabilitación y conservación.
- Importancia del mantenimiento vial.
- Evaluación visual Superficial de algunas vías en Lima y Callao.

Además, todas estas etapas se complementan con anexos para dar un mayor panorama.

Este trabajo es una buena referencia de las “posibles” futuras rehabilitaciones de pavimentos que se deben llevar a cabo en los próximos años, ya que estos lo requieren.

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES

ASPECTOS GENERALES

1.1.0.- OBJETIVO.

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer el estado actual superficial de los pavimentos revestidos con asfalto, en Lima y Callao (de las avenidas más importantes y/o más deterioradas) y los tipos de fallas más comunes que se presentan, determinando para cada tramo evaluado la(s) alternativa(s) de solución para su rehabilitación o conservación, así como un planeamiento del mantenimiento para su conservación satisfactoria en el tiempo de vida previsto en el diseño estructural.

1.2.0.- SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PAVIMENTOS EN LIMA Y CALLAO

A comienzos del siglo, Lima y Callao eran dos pequeñas ciudades distantes 10 kilómetros entre sí, la unía un camino adoquinado y un ferrocarril.

A mediados de siglo, se iba perfilando el área metropolitana Lima-Callao y se iniciaría el impulso al crecimiento urbano, con trazo de nuevas avenidas y la construcción de un sistema vial.

Hoy en día este sistema vial (transformado), como se ha apreciado en las avenidas más importantes tanto en Lima como en el Callao, requiere de soluciones que enfatizen el buen tratamiento generalizado en los temas de mejoramiento vial y un control automatizado e integral del tránsito.

Si analizamos la situación actual de la red vial de Lima Metropolitana, encontramos que sus pavimentos han superado largamente el periodo de vida útil para las cuales fueron diseñados, añadiéndole a esto, que la red vial existente esta siendo sometida a un

incremento considerable del tránsito y que además no existe realmente una política de mantenimiento para ésta.

De lo anteriormente expresado comprendemos porque al transitar por tales avenidas nos encontramos con pavimentos que presentan una gran variedad (tipo y severidad) de fallas que lógicamente causan una serie de incomodidades y pérdidas para los usuarios.

Podemos observar también muy a menudo las calles con constantes "Reparaciones", que han sido realizadas sin un debido análisis de evaluación previo, las cuales generalmente no se escapan de la famosa ley de WARDS (entre los tres meses y tres años después de ejecutado un parchado, empieza a producirse una separación gradual entre el antiguo y nuevo pavimento; lo que no solo provocará la gradual desintegración del área reparada, si no que se extenderá por todo su entorno) y que a simple vista muestran una falta de estética para el usuario común y corriente.

Lamentablemente en nuestro medio se ha podido comprobar en la elaboración de la presente tesis y también de la experiencia profesional obtenida, la irresponsabilidad de algunas instituciones y/o empresas que dejan mucho que desear en cuanto a calidad de trabajo; puede ser por mejorar su utilidad o por motivos varios, pero que a corto tiempo se ven reflejados en nuevas o las mismas imperfecciones y nuevamente se estará frente al mismo problema mucho antes de lo previsto acrecentando el problema.

Las técnicas de rehabilitación tradicionales vienen siendo las mismas desde hace muchos años, y es la de usar mezclas asfálticas en caliente para un refuerzo como alternativa general.

Esta tesis trata de dar a conocer las diferentes alternativas que existen para la rehabilitación de pavimentos, dependiendo de su estado.

CAPITULO III

DEGRADACIONES EN LOS PAVIMENTOS

REVESTIDOS CON ASFALTO

DEGRADACIONES EN LOS PAVIMENTOS

2.1.0.- DEFINICIONES.

PAVIMENTO

El pavimento es un elemento estructural monocapa o multicapa, apoyado en toda su superficie, diseñado para soportar cargas estáticas y/o móviles durante un periodo de tiempo predeterminado, durante el que necesariamente deberá recibir algún tipo de tratamiento tendiente a prolongar su "vida de servicio".

Los pavimentos tienen por función principal proporcionar una superficie resistente al desgaste y suave al deslizamiento.

De un modo bastante arbitrario se ha dividido a los pavimentos en flexibles y rígidos. Sin embargo, la rigidez o flexibilidad que un pavimento exhibe no es fácil de definir tan adecuadamente para permitir una diferenciación precisa entre uno y otro tipo de pavimento; es hasta cierto punto materia de juicio el precisar qué tan rígido puede ser un pavimento flexible o qué tan flexible puede llegar a ser un pavimento rígido. Aún cuando esta diferenciación ha sido tan ampliamente difundido, en el presente trabajo se va a diferenciar a los pavimentos de acuerdo a los materiales de que están constituidos y de cómo se estructuran esos materiales. Por lo tanto dividiremos a los pavimentos en Pavimento Asfáltico y Pavimento de Concreto.

a.- Pavimento Asfáltico

Estructura de pavimento generalmente compuesto por una capa de cimiento, una capa de firme y una capa de rodamiento constituida por una mezcla de agregados y asfalto, extendida en frío o en caliente.

b.- Pavimento de Concreto

Estructura de pavimento generalmente compuesto por una capa de cimiento y una losa de concreto constituida por una mezcla de agregados con cemento Portland y agua.

c.- Pavimento Mixto

Pavimento compuesto por una capa de cimiento y una losa de concreto hidráulico, el cual es revestido con una capa de concreto asfáltico como refuerzo.

COMPONENTES ESTRUCTURALES

Son las capas de materiales seleccionados y específicamente determinados que componen la estructura de un pavimento, y que dependen del tipo de éste.

a.- Terreno de Fundación

Es el terreno conformado por suelo, roca, o una mezcla de ambos, en corte y/o relleno compensados, cuya porción superior nivelada, perfilada y compactada, sirve de soporte al pavimento. De su capacidad de soporte depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea éste de asfalto o concreto.

b.- Cimiento

Es la capa de material seleccionado y de espesor determinado que se coloca sobre el terreno de fundación para soportar el firme. Además controla o elimina en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad que pudiera tener la fundación. También controla la ascensión capilar del agua proveniente de napas freáticas cercanas, o de otras fuentes.

c.- Firme

Es la capa de material seleccionado y de espesor determinado que se coloca sobre el cimiento, siendo el principal elemento estructural en los pavimentos asfálticos y en los pavimentos de concreto puede reemplazar al cimiento.

Su finalidad es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos al cimientto y a la fundación.

d.- Carpeta de Rodadura (Revestimiento)

Es la capa superficial, que estará en contacto con las sollicitaciones y tiene como función principal el proporcionar una superficie suave al deslizamiento y resistente al desgaste. Puede ser de Concreto Asfáltico o de Concreto de Cemento Pórtland. En los pavimentos de concreto, constituye además el principal elemento estructural.

DEGRADACIÓN DEL PAVIMENTO.

Es el deterioro progresivo del pavimento debido a ciertos factores como el tráfico, clima, deficiente método constructivo, etc. Logrando ponerlo fuera de servicio si no se ejecuta adecuados y oportunos trabajos de mantenimiento.

Estas degradaciones se presentan en innumerables formas, dependiendo de las causas que lo originan. A continuación, detallaremos estas formas de degradaciones.

2.2.0.- FORMA DE DEGRADACIONES EN LOS PAVIMENTOS

Las deficiencias observadas en la superficie de los pavimentos tanto asfálticos como de concreto, constituyen manifestaciones de deterioro que pueden ser encuadradas en determinadas modalidades de degradaciones. Por el contrario, el número de mecanismos o causas que originan tales manifestaciones es muy extenso, dependiendo del tipo de pavimento.

En general, las degradaciones en los pavimentos según la literatura existente coinciden en clasificar las fallas en tres grandes modos de rotura o deterioro:

1.- DEFORMACIONES

Las deformaciones de un pavimento es cualquier cambio que presente éste con respecto a su forma original.

Estas deformaciones son causadas generalmente por una insuficiencia de la fundación que afectan a toda la estructura de la calzada.

2.- AGRIETAMIENTOS O FISURAS

Estas fallas, representativas del fenómeno de fatiga y de una debilidad estructural se desarrollan en estructuras que han sufrido un incremento excesivo en la magnitud y/o frecuencia de las cargas más pesadas con respecto al tránsito proyectado o se le ha sometido a un periodo de servicio mayor que el previsto.

3.- DISGREGACIONES

El proceso de degradación de las capas asfálticas que comprende desde peladuras y desintegraciones graduales, que reducen el aporte estructural de la capa de rodamiento hasta desintegraciones totales con la pérdida de fragmentos de la carpeta asfáltica, con la formación de baches por efecto del tránsito.

A estos tres grupos cabe agregar otro de menor importancia en el aspecto estructural pero de significativa influencia en el aspecto superficial o bien en la seguridad de los usuarios que es la exudación.

4.- EXUDACIONES

La exudación es el afloramiento del asfalto, originadas en la carpeta de rodamiento y debido generalmente a un exceso de material bituminoso en la dosificación de la mezcla, tratamiento o sello bituminoso.

Cuando el afloramiento de asfalto es importante y bastante generalizado, transforma el pavimento en momentos de lluvia o exceso de humedad, en una superficie resbaladiza alta-

mente peligrosa para el tránsito.

Estos modos de degradación a su vez se clasifican en diferentes tipo de fallas:

MODO	TIPO	BREVE DESCRIPCION
Deformación	Ahuellamiento	Depresión longitudinal en huellas de llantas.
	Depresión	Hundimiento localizado en la superficie.
	Hinchamiento	Levantamiento localizado en la superficie.
	Ondulaciones	Depresiones transversales en espacios cercanos.
	Corrimientos	Distorsiones por desplazamiento de la mezcla asfáltica
Agrietamiento	Longitudinal	Línea de fisura longitudinal a lo largo del pavimento.
	Transversal	Línea de fisura transversal a lo largo del pavimento.
	Piel de Cocodrilo	Polígonos interconectados de D < 300mm.
	En Bloque	Fisuras interconectadas en forma rectangular, en espacios mayores a 500mm.
Desintegración	Peladuras	Perdida de ligante bituminoso.
	Nido de Gallina	Cavidades abiertas en la superficie. D > 150mm y profundidad > 50mm.
	Desinteg. Superficial	Pérdida de agregados de la superficie.
	Desintegración Total	Pérdida de fragmentos de la carpeta asfáltica.
Exudación	Del Asfalto	Afloramiento del asfalto a la superficie.

2.3.0.- CAUSAS PROBABLES DE LAS DEGRADACIONES

Las causas que originan las degradaciones de los pavimentos son numerosas y variadas, pudiendo ser de orden cuantitativo (tráfico, clima), cualitativo (tipo material constituyente), aleatorias (aniegos, saturación, etc.).

Entre las causas más importantes podemos considerar:

TRÁNSITO

Es uno de los factores más importantes ya que la evolución de las deformaciones y fisuras en el pavimento están ligadas a la magnitud de la carga por eje de rueda, duración de la aplicación y el número de repeticiones.

El tránsito es un factor de difícil ponderación. El parque automotor se compone de una diversidad de modelos de vehículos, caracterizados por distintos números de ejes de diferente configuración, número, tipo y separación de las llantas, etc.

DEFICIENCIA DEL PROYECTO

El empleo de métodos de diseño que resultan inadecuados en la actualidad o para el lugar trae consigo un mal dimensionamiento de la estructura del pavimento, incorrecta valoración de las características de los materiales empleados y del terreno de fundación, inadecuada dosificación de las mezclas, deficiente proyecto de la obra básica, no consideración de factores ambientales, etc.

CALIDAD DE LOS MATERIALES

Comienza con un deficiente o en muchos casos ausente estudio de cantera, una deficiente preparación de los materiales con granulometría inadecuada. No hay un adecuado control de calidad de los materiales (agregado, asfalto, agua).

DEFICIENCIAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Espesores menores que los previstos, elaboración inadecuada de las mezclas y estabilizaciones, deficiencias en el proceso de distribución, compactación o terminación, factores todos que traen como consecuencia una disminución de la calidad de los materiales y un debilitamiento estructural rápido de los pavimentos.

FACTORES CLIMATICOS

Factores importantes tales como las variaciones climáticas, que producen las contracciones de las mezclas; las precipitaciones, que originan los aniegos en zonas ningun o defi-

ciente sistema de evacuación, y/o que se infiltran en las fisuras agravando su condición.

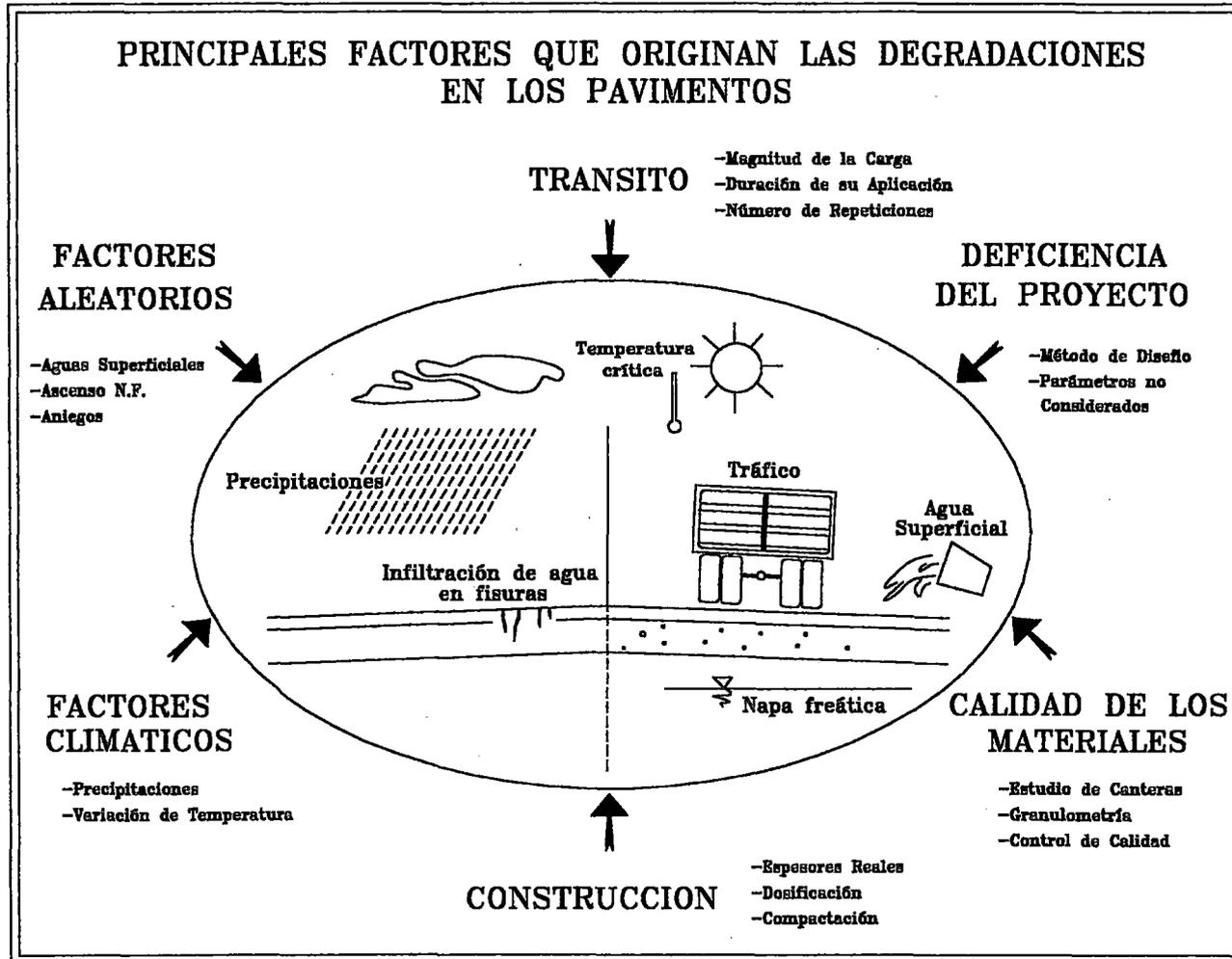
FACTORES ALEATORIOS

Algunos factores que no son manejables cuantitativamente pero que deben de tomarse en cuenta en el diseño son: los aniegos, saturación de la estructura por fugas en las redes de agua y desagüe, y uno muy importante pocas veces considerado como es el aspecto social: aguas negras y desperdicios orgánicos arrojados sobre el pavimento, el cual depende del nivel socio-económico-cultural, predominante en los distritos populares.

DEFICIENTE MANTENIMIENTO

Deficiente mantenimiento por escasez de equipo, fondos o personal capacitado, por empleo de materiales y/o técnicas inadecuadas, o bien, por una falta total de conservación. Trabajos de mantenimiento oportunos evitarán que los pavimentos presenten fallas con alto grado de severidad. Esto es posible si se tiene un sistema de evaluación periódico.

PRINCIPALES FACTORES QUE ORIGINAN LAS DEGRADACIONES EN LOS PAVIMENTOS



2.4.0.- CLASIFICACION DE LAS FALLAS DE ACUERDO A SU ORIGEN

La apreciación de las causas de las fallas debe conducir a la diferenciación de dos casos límites en los que debe identificarse la falla analizada. Por lo tanto de acuerdo al origen de ésta, se puede dividir en:

FALLAS DE SUPERFICIE O FUNCIONALES

Se originan y evolucionan en la capa de rodamiento del pavimento.

Comprenden aquellos defectos de la superficie de rodamiento debidos a fallas de la capa asfáltica superficial que no guardan relación con la estructura de la calzada.

En esta clase de falla se encuentran los **desprendimientos** y las **exudaciones**, como también algunas **fisuramientos** ocasionadas por circunstancias particulares no asociadas al tránsito, como son las fisuras reflejadas, las provocadas por tensiones térmicas derivadas de las bruscas variaciones de la temperatura de la superficie de la calzada.

FALLAS ESTRUCTURALES

Comprenden los defectos observados en la superficie de rodamiento cuyo origen es una falla en la estructura de la calzada, es decir, de una o más de las capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de sollicitaciones que impone el tránsito y el conjunto de factores ambientales.

En esta clase de falla se encuentran las **deformaciones y agrietamientos** (especialmente los del tipo piel de cocodrilo).

2.5.0.- TIPOS DE FALLAS DE ACUERDO A LAS MANIFESTACIONES EN LA SUPERFICIE Y CAUSAS PROBABLES.

2.5.1.- Degradaciones Comunes en los Pavimentos con Revestimiento Asfálticos

A.- DEFORMACIONES.

La capacidad de recuperación elástica de los diferentes materiales viales compactados es imperfecta bajo esfuerzos del mismo orden de los que soportan en servicio. Ello determina que las deformaciones recuperables por elasticidad instantánea y retardada (función del tiempo) puedan ir acompañadas de deformaciones permanentes de pequeña magnitud de acuerdo a la naturaleza del material, tiempo de aplicación de las cargas, y de las temperaturas de las mezclas asfálticas de las mismas.

Las deformaciones permanentes provocadas por los esfuerzos de compresión y corte que actúan sobre las distintas capas de la estructura bajo cargas, se acumulan en función del número de aplicaciones y provocan modificaciones de los perfiles longitudinales y transversales, particularmente en la zona de canalización del tránsito (ahuellamiento).

Las deformaciones acumuladas son decrecientes, si no se ha alcanzado el colapso del material, y este llega paulatinamente a un comportamiento "cuasi-elástico". En el caso contrario las deformaciones son crecientes con fluencia plástica o rotura de la estructura de la calzada.

A continuación se presentan las diferentes manifestaciones en que se presentan las deformaciones en la superficie:

1.- AHUELLAMIENTO (RUTTING)

Manifestaciones

Llamado también roderas, son depresiones longitudinales a lo largo de la huella de canalización del tránsito. Esta deformación permanente se origina en la fundación o en alguna capa del pavimento debido al paso repetido y canalizado del tránsito.

Grados de Severidad

Leve.- Roderas menores a 12 mm (1/2") de profundidad.

Moderado.- Roderas entre 12 – 25 mm (1/2"-1") de profundidad.

Severo.- Roderas mayores a 25 mm de profundidad.

Las roderas aún leves pueden ser observadas bajo lluvia, ya que producen empozamientos de agua.

Causas Principales

Estas fallas son causadas por el efecto combinado de la densificación del material (reducción de volumen e incremento de su densidad) y la deformación por cortante; esta última es la causa principal.

Otras causas son: inestabilidad de la mezcla asfáltica; granulometría carente de árido grueso, etc.

Observaciones

Los asfaltos poco viscosos producen mezclas menos rígidas y por lo mismo más susceptibles a las roderas. En pavimentos robustos en climas cálidos convendrá usar asfaltos más viscosos.

La temperatura tiene un efecto importante en las roderas, por lo que las condiciones de diseño deben tomar como referencia las condiciones reales más desfavorables.

Los cambios de distribución del tránsito, en especial el aumento del porcentaje de camiones pesados, incrementa el efecto de rodera, aun cuando el pavimento original haya sido

bien diseñado y construido.

El efecto de rodera también aumenta al incrementarse la presión de inflado de las llantas de los vehículos pesados.

2.- HUNDIMIENTO/DEPRESIÓN (DEPRESSION)

Manifestaciones

Son depresiones o descensos de la superficie del pavimento en una área localizada, perdiendo su perfil original.

Grados de Severidad

Leve.- De 10 – 25 mm de profundidad.

Moderado.- De 25 – 50 mm de profundidad

Severo.- Mayor de 50 mm de profund. Generalmente con fisuras a su alrededor.

Las pequeñas depresiones son difíciles de observar en los pavimentos secos, pero bajo lluvia se producen empozamientos de agua.

Causas Principales

Los hundimientos son causados principalmente por asentamientos de la fundación (de gran longitud de orden, en este caso), también por deficiencias en la construcción (mas localizados, en este caso).

Otra causa es: Cimiento y firme inestable debido a una presión de poros positiva bajo cargas en puntos cercanos a la saturación.

Observaciones

Las heterogeneidades constructivas pueden provocar desde simples descensos de nivel hasta insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales.

Los hundimientos pueden estar localizados en los bordes del pavimento, facilitados por

un menor confinamiento lateral, o bien internamente (huella, entrehuella)

3.- HINCHAMIENTO (BUMP)

Manifestaciones

Son abultamientos o levantamientos localizados en la superficie del pavimento que distorsionan el perfil de la vía. En muchos casos esta falla puede estar acompañada por el fisuramiento de la superficie.

Grados de Severidad

Leve.- Produce bajo efecto sobre la calidad de rodaje.

Moderado.- Produce moderado efecto sobre la calidad de rodaje. Se aprecian agrietamientos a su alrededor.

Severo.- Produce elevado efecto sobre la calidad de rodaje. Se aprecian agrietamientos a su alrededor.

Causas Principales

Son causados fundamentalmente por expansión de la fracción arcillosa en el terreno de fundación, cimiento o firme.

También son causadas por congelamiento del agua en las capas granulares o en la fundación (Frost Heave).

Observaciones

Por extensión, puede incluirse en esta denominación los levantamientos que resultan de factores exógenos al pavimento, como por ejemplo los movimientos originados por raíces de árboles muy próximos al pavimento.

Otro factores son el movimiento y levantamiento de trozos de losas de concreto debajo de la capa asfáltica (pavimentos mixtos).

4.- CORRUGACIONES/ONDULACIONES (SHOVING)

Manifestaciones

Son deformaciones tipificadas por pliegues transversales espaciados entre sí por cortas distancias, a intervalos aproximadamente regulares, en general menores de 3 m. una de otra, a lo largo del pavimento.

Grados de Severidad

Leve.- No influye en la marcha.

Moderado.- Se aprecia al andar, pero con carácter localizado. Poco molesto.

Severo.- Sumamente molesto. Obliga a graduar la velocidad.

Causas Principales

Este tipo de falla es ocasionado por la acción del tránsito sobre capas superficiales (carpeta o base del pavimento) muy deformables pero bien adheridas a las capas subyacentes.

Otras causas son: Deslizamiento de la carpeta sobre el firme, debido a un exceso o falta de imprimación o riego de liga; compactación insuficiente; pobre calidad de los agregados y/o exceso de agregados finos.

Observaciones

Esta falla se produce generalmente en zonas de frenado y aceleración de los vehículos o en pendientes, ocasiones en que el vehículo a través de sus neumáticos transfiere a la mezcla deformable cargas discontinuas que progresivamente van originando las ondas.

5.- CORRIMIENTOS/DESPLAZAMIENTOS (RIPPLING)

Manifestaciones

Son distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamientos de la mezcla asfálti-

ca, a veces acompañados por levantamientos de material, formando “cordones” principalmente laterales, o bien por deslizamiento de la carpeta asfáltica sobre la superficie subyacente.

Grados de Severidad

Leve.- Deformaciones casi imperceptibles.

Moderado.- Distorsiones notorias en la superficie.

Severo.- Desplazamiento de la superficie muy notorio. Sumamente molesto.

Causas Principales

Los desplazamientos son ocasionados por las cargas del tránsito, actuando sobre mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos o bien, por falta de confinamiento lateral.

Otras causas son el exceso de agregado fino; presencia de agregados redondeados y lisos.

Observaciones

Estas fallas dependiendo del tiempo pueden localizarse en los bordes o bien internamente (huellas, entre-huellas).

B.- AGRIETAMIENTOS O FISURAS.

Las superficies bituminosas tienden a agrietarse en alguna etapa de sus vidas bajo las acciones combinadas del tráfico y el medio ambiente a través de uno o más mecanismos diferentes. El agrietamiento es un defecto en la superficie cual debilita al pavimento y permite al agua penetrar y causar mas daño.

Una vez iniciado, las fisuras usualmente se incrementa en su extensión, severidad, y intensidad, guiando eventualmente a la desintegración de la superficie.

El agrietamiento, como otras formas de deterioros tales como desintegraciones, etc., es

caracterizado por dos fases distintas. La fase de iniciación de la fisura es un evento discreto en el tiempo, cual puede ser definida como la aparición de la fisura en la superficie. En la fase de la progresión, la fisura se extiende progresivamente sobre la superficie y las fisuras individuales se ensanchan.

No existe aún una medida ampliamente aceptada para las fisuras en los pavimentos, sin embargo en los inventarios de la condición del pavimento, muchas diferentes medidas han emergido, algunos de ellos cualitativos mas que cuantitativos, pero correlación internacional o estandarizada han sido todavía logrado.

A continuación se muestran los grados de severidad que fueron clasificados en Brasil-UNDP (GEIPOT-1982), y por Conrevial (1983).

CLASE	CONDICION	DESCRIPCION
1	Insignificante	Fisuras con abertura menor a 1 mm
2	Leve	Fisuras con abertura menor a 3 mm
3	Moderado	Fisuras con abertura alrededor de 6 mm. Sin astillamiento.
4	Severo	Fisuras con abertura mayores de 10 mm. Con astillamiento en el borde. Fragmentos de la superficie adyacente a la fisura son perdidos.

Fuente GEIPOT

SEVERIDAD	DESCRIPCION
Ligero	Fisuras con abertura menores a 5 mm.
Moderado	Fisuras con abertura entre 5-15 mm Puede estar ligeramente astillado.
Severo	Fisuras con abertura mayores a 15 mm. Severo astillamiento en los bordes, perdida de fragmentos de la superficie adyacente a la fisura.

Fuente CONREVIAl

Los tipos de fisuras más comunes encontrados en la superficie de los pavimentos revestidos con asfalto son:

1.- FISURA LONGITUDINAL (LONGITUDINAL CRACKING)

Manifestaciones

Son agrietamientos que se extienden a través de la superficie del pavimento paralelamente al eje de la vía, pudiendo localizarse en las huellas de canalización del tránsito, en el eje (o en correspondencia con los anchos de distribución de las mezclas asfálticas) o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable.

Causas Principales

Entre las diversas causas que pueden originar estas fisuras, las más frecuentes son instancias iniciales del fenómeno de fatiga por debilidad estructural; deficiente proceso constructivo de las juntas longitudinales; contracción de la mezcla asfáltica debido a los cambios de temperatura y/o envejecimiento; y deficiente confinamiento lateral.

Observaciones

Si bien no reducen inicialmente la serviciabilidad, puede ocurrir un aceleramiento del deterioro del pavimento, por infiltración de agua, pérdida de capacidad de transferencia de cargas, etc.

2.- FISURA TRANSVERSAL (TRANSVERSE CRACKING)

Manifestaciones

Son agrietamientos de longitud variable que se extienden a través de la superficie del pavimento formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la vía. Puede afectar todo el ancho del carril como limitarse a los 0.60 m. próximos al borde del pavimento.

Causas Principales

Entre las diversas causas que pueden originar estas fisuras, las más frecuentes son: Insuficiente espesor del pavimento; retracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexi-

bilidad; reflexión de grietas de la capa subyacente; y aperturas de juntas de construcción defectuosas.

Observación

Las fisuras transversales no están generalmente asociadas con el tráfico y/o cargas.

3.- FISURAS TIPO PIEL DE COCÓDRILO (ALLIGATOR CRACKING)

Manifestaciones

Una serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, con dimensión máxima menor de 0.60 m, que después de una repetida carga de tránsito el área con falla desarrolla un patrón de fisuras similares a la piel de cocodrilo.

Causas Principales

Este tipo de fisuras es causado por una falla por fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superiores a las permisibles.

Otras causas son: Envejecimiento del asfalto; fundación resiliente; deficiente compactación; mezcla con exceso de vacíos, etc.

Observaciones

La fisuración comienza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga.

Las primeras fisuras aparecen generalmente en las huellas de canalización del tránsito, usualmente como fisuras longitudinales.

Estas grietas, que ocurren solo en áreas sometidas a tránsito, se consideran una falla estructural severa y generalmente son acompañadas de ahuellamientos.

4.- FISURAS EN BOQUE (BLOCK CRACKING)

Manifestaciones

Son fisuras interconectadas que dividen el pavimento en bloques aproximadamente rectangulares, con lados entre 30 cm a 3 m.

Causas Principales

Estas grietas son causadas principalmente por contracción del asfalto, por efecto de las variaciones cíclicas de temperatura diaria. No están asociadas con cargas de tránsito o fatiga, e indica que el asfalto se ha endurecido considerablemente.

Observaciones

Esta falla ocurre generalmente en grandes áreas del pavimento, algunas veces en áreas sin tránsito. En general difieren de las grietas tipo piel de cocodrilo por el tamaño de los bloques, y en que estas últimas son causadas por carga (fatiga) y ocurren solo en áreas transitadas.

5.- FISURAS REFLEJADAS (REFLECTIVE CRACKING)

Manifestaciones

Estas fallas se presentan solo en pavimentos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto, como solución de continuidad de las losas subyacentes. Como consecuencia, por efecto de la reflexión se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores.

Causas Posibles

Las causas primarias de las grietas reflejadas son los movimientos de las losas de concreto

debajo de la capa asfáltica a causa de cambios termales y de humedad y fallas en las juntas.

Otras causas son: Poco espesor de la capa asfáltica; mezcla asfáltica inadecuada; variaciones diarias y estacionarias de temperatura, etc.

Observaciones

Esta falla no esta asociada con el tránsito, sin embargo, este puede producir disgregaciones de los bordes.

C.- DISGREGACIONES

Este modo de deterioro en los pavimentos se origina casi solamente en la superficie. La disgregación resulta en la actual o potencial pérdida de material y esto afecta ambos la integridad estructural y funcional del pavimento. Esto incluye la pérdida de agregados hasta la pérdida de fragmentos de la carpeta asfáltica.

1.- PELADURAS (STRIPPING)

Manifestaciones

Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida del ligante bituminoso y el desprendimiento del agregado pétreo disgregado, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez mas los agregados a la acción del tránsito y clima.

Grados de Severidad

Leve.- Pérdida del agregado fino en la superficie; pequeñas cavidades pueden ser detectados. No afecta la marcha.

Moderado.- Pérdida de finos. Algunas cavidades son evidentes, peladuras en pequeñas áreas.

Severo.- Cavidades y peladuras muy evidentes que dejan la textura sumamente rugosa.

Gran desgaste en la marcha.

Causas Principales

La causa principal que origina el desprendimiento del agregado es la pérdida de adherencia del ligante con los agregados, ya sea por que éstos son muy lisos, hidrófilo, o se encuentran sucios o húmedos.

Otras causas son: Acción del agua y tránsito pesado; cantidad insuficiente de asfalto en la mezcla; compactación insuficiente.

Observaciones

Esta falla es indicativa de que el asfalto se ha endurecido apreciablemente perdiendo propiedades ligantes, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad.

Las peladuras superficiales son bien manifiestas en las zonas de frenado y aceleramiento, donde los esfuerzos tangenciales son mayores.

Las peladuras se diferencian de las fallas llamadas Ravelling, por que la pérdida de adhesión entre el agregado y el ligante es debido a la presencia del agua.

2.- DESINTEGRACION PARCIAL/DESPRENDIMIENTO (RAVELLING)

Manifestaciones

El desprendimiento es la progresiva pérdida de material o fragmentos de la superficie por intemperismo y/o abrasión del tránsito. Generalmente se despega primero el agregado fino, dejando pequeñas cavidades, al continuar la erosión se van soltando partículas más grandes y el pavimento pronto comienza a presentar una apariencia rugosa y rasgada.

Grados de Severidad

Similares a las de las peladuras (Stripping).

Causas Principales

La causa primaria es por fractura mecánica del ligante alrededor de la partícula de agregado, cual ocurre cuando el ligante asfáltico llega a estar demasiado quebradizo o la película bituminosa es demasiado delgada para soportar el efecto abrasivo como el poder destructivo de las cargas.

Otras causas son: La pobre compactación, especialmente en construcción con tiempo húmedo o muy frío; envejecimiento del asfalto, mezcla con bajo contenido de asfalto; áridos de mala adhesividad, sucios o hidrófilos; espesor insuficiente; oxidación del asfalto, etc.

Observaciones

Al igual que las fisuraciones, este tipo de falla es caracterizado por dos fases definidas: Iniciación del desprendimiento y la progresión de ésta.

Los parchados con mezclas en frío mal graduadas, favorecen la desintegración superficial gradual de las mismas.

Estas fallas se encuentran localizadas mayormente en las huellas de canalización del tránsito, entre-huellas, y en los bordes, donde la debilidad de la estructura es mayor, debido a un menor confinamiento lateral o deficiente compactación de borde.

3.- DESINTEGRACION TOTAL

Manifestaciones

Descomposición total del aglomerado asfáltico con pérdidas de fragmentos de la capa asfáltica. Esta pérdida de fragmentos generalmente se aprecia sobre áreas en las que se desarrollan fisuras tipo piel de cocodrilo con alto grado de severidad.

Causas Principales

Una de las causas principales es la acción del tránsito intenso sobre fallas del tipo estructural.

Otras causas: debilitamiento en bordes de la calzada (EdgeBreak).

Observaciones

Estas fallas pueden localizarse tanto en los bordes como internamente (huellas de canalización del tránsito, entre-huellas).

4.- NIDO DE GALLINA (POT-HOLE)

Manifestaciones

Los pot-holes son las más visibles y severa formas de deterioro en el pavimento. Es la descomposición o desintegración total de la mezcla asfáltica y su remoción en una cierta extensión, formando una cavidad de bordes netos, con diámetro promedio mayor a 150 mm o y 25 mm o mas en profundidad, sin hundimiento de zonas aledañas.

Grados de Severidad

Leve.- Pot-hole con diámetro < 7" y profundidad < 1 ½"

Moderado.- Pot-hole con diámetro < 15" y profundidad entre 1 – 2"

Severo.- Pot-hole con diámetro > 15" y profundidad > 1 ½"

Causas Principales

Esta falla resulta de la desintegración y pérdida del material superficial y subsecuentemente, el firme causado por las la acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad de pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo piel de cocodrilo en proceso de desintegración.

Otras causas son: Bajo contenido de asfalto en la mezcla; exceso de finos, etc.

Observaciones

Estas fallas empeoran rápidamente por efecto del agua acumulada en la propia cavidad.

La velocidad de los vehículos es reducida significativamente para evitar los pot-holes o

minimizar su impacto dinámico. Costos extremos pueden ser incurridos por los usuarios a causa de neumáticos reventados, o daños a la ruedas o sistema de suspensión por la alta fuerza de impacto ocurrida cuando un vehículo pasa sobre un pot-hole.

D.- EXUDACIÓN

Son fallas funcionales, originadas en la carpeta de rodadura.

1.- EXUDACIÓN DEL ASFALTO (BLEEDING)

Manifestaciones

Consiste en el afloramiento del material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento, formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido.

Grados de Severidad

Leve.- Exudación ha ocurrido en un bajo grado y apenas es notable. El asfalto no se pega a los zapatos y neumáticos.

Moderado.- Huellas bien diferenciadas. El asfalto se adhiere a los zapatos y neumáticos en los días mas calurosos.

Severo.- La exudación es severa y extensiva a todo lo ancho de calzada. Una considerable cantidad de asfalto se pega a neumáticos y zapatos al aumentar la temperatura.

Causas Principales

La exudación es causada por un excesivo contenido de asfalto en la mezcla o en la aplicación de material bituminoso en los sellos (exceso de riego de liga, tratamientos asfálticos, etc.), y/o bajo contenido de vacíos. Ocurre cuando el asfalto colma los vacíos de la mezcla durante el clima cálido (verano) y entonces se expande o aflora a la superficie.

Observaciones

Esta falla usualmente comienza en la senda que dejan las ruedas de los vehículos, y cuando se conduce sobre ella, los neumáticos de los vehículos frecuentemente producen un sonido parecido a cuando pasan sobre una superficie mojada.

Se puede observar en el ANEXO A un “Catálogo de Degradaciones” que nos muestra las fallas descritas anteriormente.

2.6.0.- MECANISMOS DEL DETERIORO EN EL PAVIMENTO

Los tipos de deterioro desarrollan un número diferente de mecanismos, como el ilustrado en la figura 2.6.0.

Las cargas de tráfico inducen los niveles de esfuerzo y tensión dentro de las capas de un pavimento cuales son funciones de la rigidez y los espesores de éstas, cual bajo cargas repetidas, causan la iniciación de fisuras a través de la fatiga y la deformación de los materiales a diferentes grados, dependiente de las propiedades de los materiales.

Las agentes atmosféricos causan superficies bituminosas que lleguen a ser quebradizos y de este modo mas susceptible a la fisuración y desintegración (cual incluye desintegraciones parciales y totales). Una vez iniciado, las fisuras progresan en área y severidad hasta el punto donde el astillamiento y finalmente los pot-holes se desarrollan. Las fisuras abiertas sobre la superficie y un pobre sistema de drenaje permiten la penetración del agua al pavimento, acelerando el proceso de desintegración, reduciendo su resistencia al corte y de este modo incrementando el grado de deformación bajo el esfuerzo inducido por las cargas de tráfico.

La deformación cumulativa en todo la profundidad del pavimento es manifestada en las huellas de las ruedas como rodadas y más generalmente en la superficie como una irregularidad o distorsión del perfil definido por la rugosidad.

MECANISMOS E INTERACCIONES DEL DETERIORO EN LOS PAVIMENTOS

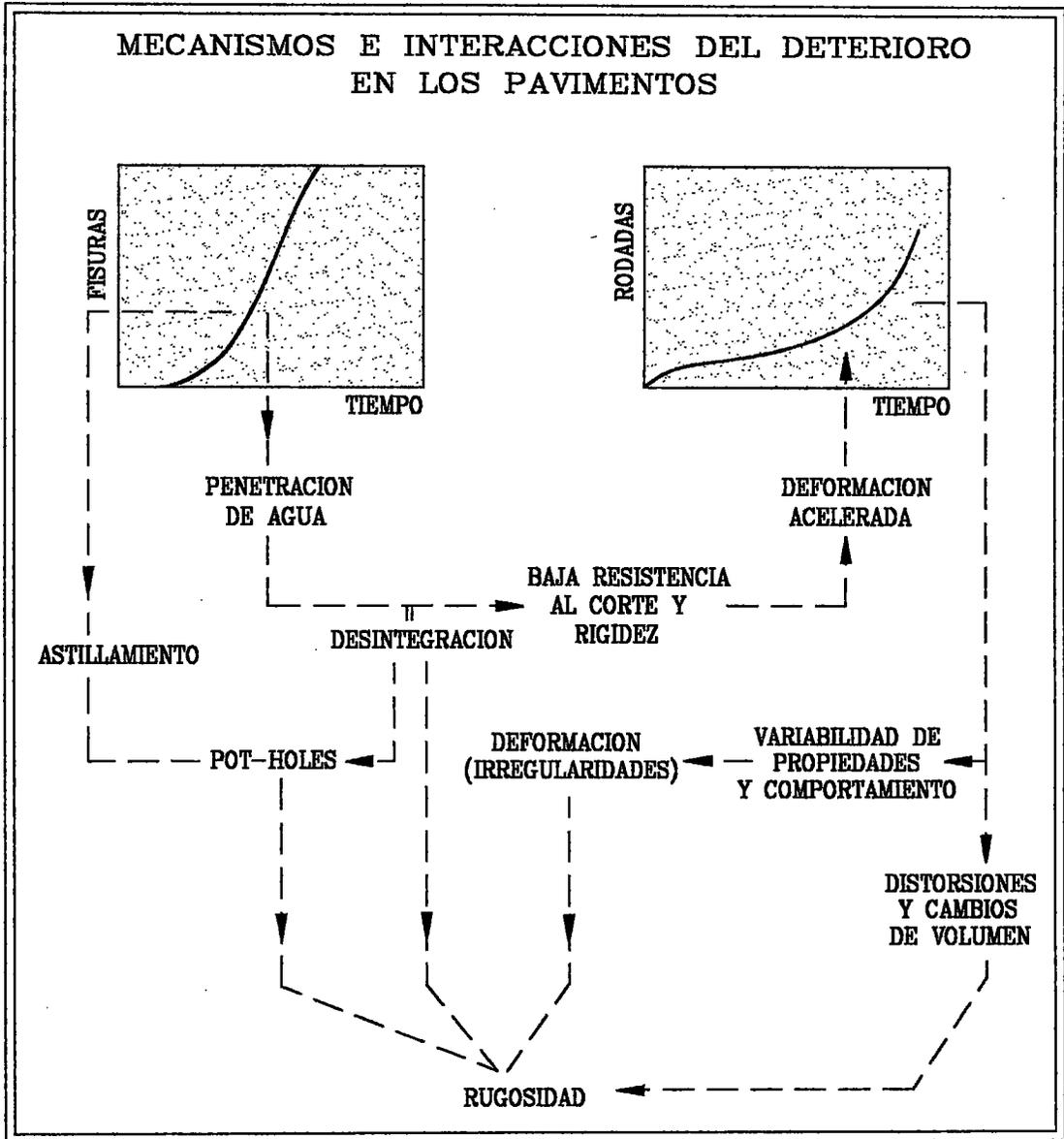


Figura 2.6.0

Efectos ambientales, el tiempo y estación climática influye en la resistencia y comportamiento de los materiales del pavimento bajo tráfico, y puede causar distorsiones y cambios de volumen cuales contribuye a la rugosidad.

La rugosidad en el pavimento es por lo tanto, el resultado de una cadena de mecanismos de deterioros que combina los efectos de varios modos de fallas.

2.7.0.- CONSECUENCIAS DE LAS DEGRADACIONES EN LOS PAVIMENTOS.

Las degradaciones en los pavimentos traen consigo muchas consecuencias no previstas para el usuario, algunas de ellas son:

Costo de Operación de los Vehículos.

Al estar los pavimentos deteriorados originan un mayor costo de operación de los vehículos que transitan sobre ellos. Estos costos son: mayor consumo de combustible, gastos de mantenimiento de vehículo, depreciación del vehículo, etc.

Demora en el Tiempo de Viaje de los Usuarios.

Los pavimentos deteriorados obligan a la disminución de la velocidad de los vehículos, originando una demora en el tiempo para el usuario.

Posibles Accidentes.

Los pavimentos deteriorados pueden causar accidentes, pudiendo ser estos fatales, y estos a la vez causar daños a la propiedad, ya que los conductores tratarán en lo posible de esquivar las fallas. Situación de alto riesgo de producir choques.

Incomodidad de los Usuarios.

Los pavimentos deteriorados causan incomodidad en los usuarios, ya que fuerzan al vehículo a pequeños sobresaltos y demás incomodidades para el usuario.

Falta de Estética y su Efecto en las Reacciones Psicológicas del Conductor.

Las fallas observadas en el pavimento de una vía conllevan al conductor tener una reacción psicológica evitando en lo posible pasar por dicha vía o esquivándolas de alguna manera.

CAPITULO III

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

3.1.0.- GENERALIDADES

Las actividades de rehabilitación implican el conocimiento del estado actual de la carretera, es decir, la necesidad de evaluar su condición tanto superficial como estructural, tendientes a determinar la naturaleza de las alteraciones en la superficie del pavimento, así como seleccionar los tramos candidatos a rehabilitarse y priorizar los tramos seleccionados.

3.1.1.- Objetivo

El objetivo del proceso de evaluación del estado del pavimento es llegar a un juicio sobre la capacidad estructural del pavimento, en el que se sintetiza todos los estudios realizados y en donde se debe establecer la necesidad y medidas de corrección o soluciones para su rehabilitación.

Existe generalmente un inconveniente inevitable en la evaluación integral de los pavimentos que es la imposibilidad de evaluar el comportamiento del pavimento a través del tiempo, al no contar con referencias anteriores, limitándose a su condición actual. Se comprende que más importante que el estado del pavimento en un momento determinado de su vida de servicio es el conocimiento de la evolución del mismo durante ésta (ya que el pavimento se deteriora en forma gradual, progresiva y continua), conocimientos a los que puede llegarse solamente a través de evaluaciones periódicas.

3.2.0.- PARAMETROS A EVALUAR EN LOS PAVIMENTOS

La evaluación de los pavimentos puede realizarse sobre la base de los siguientes paráme-

tros:

- Comodidad de Manejo (Rugosidad).
- Deterioro del Pavimento (Fallas Superficiales).
- Seguridad (Resistencia al Deslizamiento).
- Capacidad Estructural (Deformabilidad).

La variación de estos con el tiempo constituye la función de comportamiento o serviciabilidad del pavimento. Algunos de ellos son de carácter funcional (comodidad de manejo, seguridad) y se relacionan básicamente con la aceptación por parte de los usuarios, y sus costos de operación, mientras que otros son indicadores del estado de la estructura del pavimento y de su probable evolución.

Dichos parámetros fundamentales en la evaluación de los pavimentos, se han representado en forma esquemática en el gráfico 3.2.0, la cual muestra también parámetros adicionales para uso en análisis económicos.

En el gráfico 3.2.1, se muestra un diagrama que permite conocer y diferenciar las distintas alternativas de evaluación (de acuerdo al parámetro) de los pavimentos, pudiendo ser unas de mayor relevancia que otras y/o complementadas con otras.

PRINCIPALES PARAMETROS QUE HACEN A LA SERVICIABILIDAD DE UN PAVIMENTO

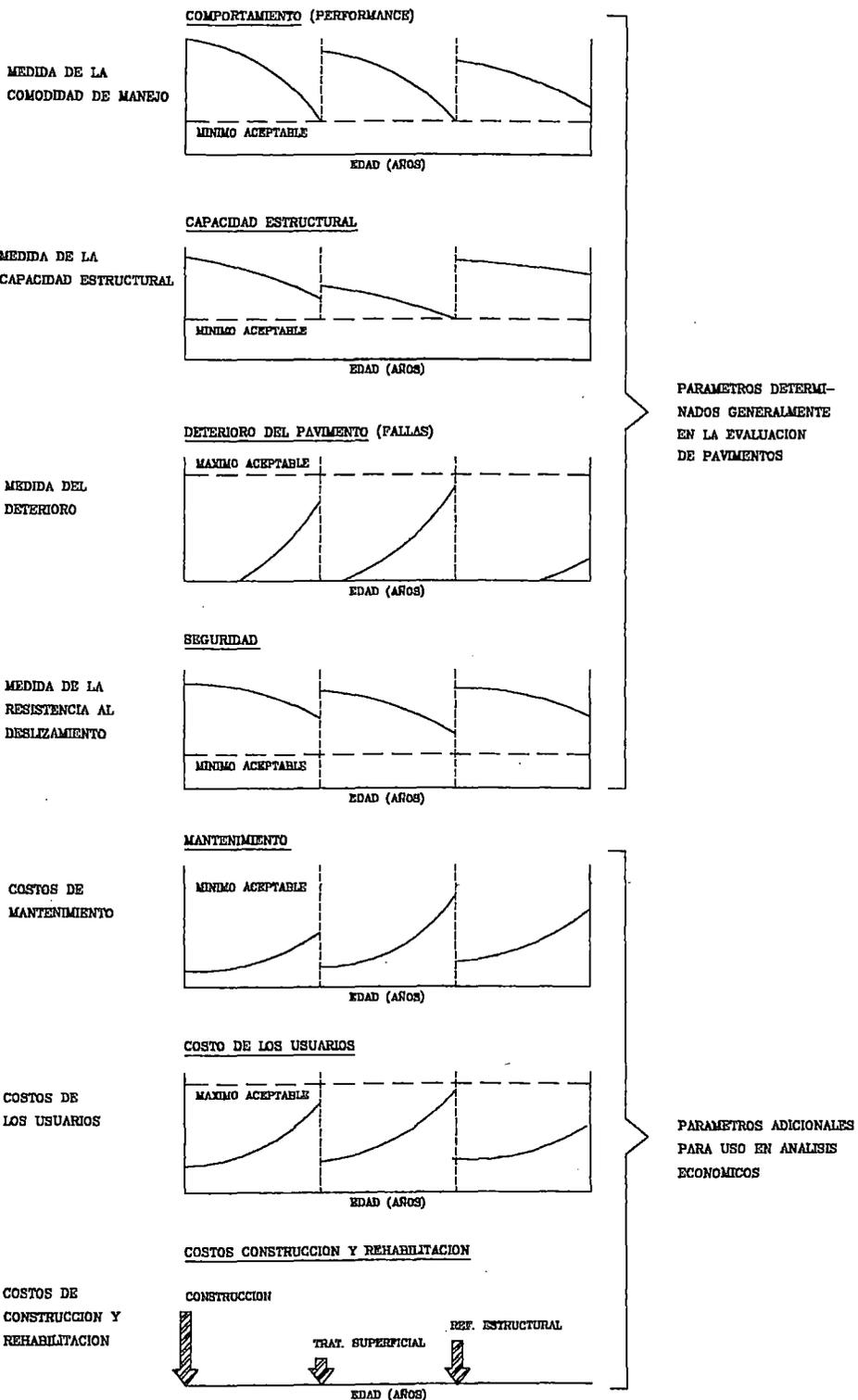


GRAFICO 3.2.0

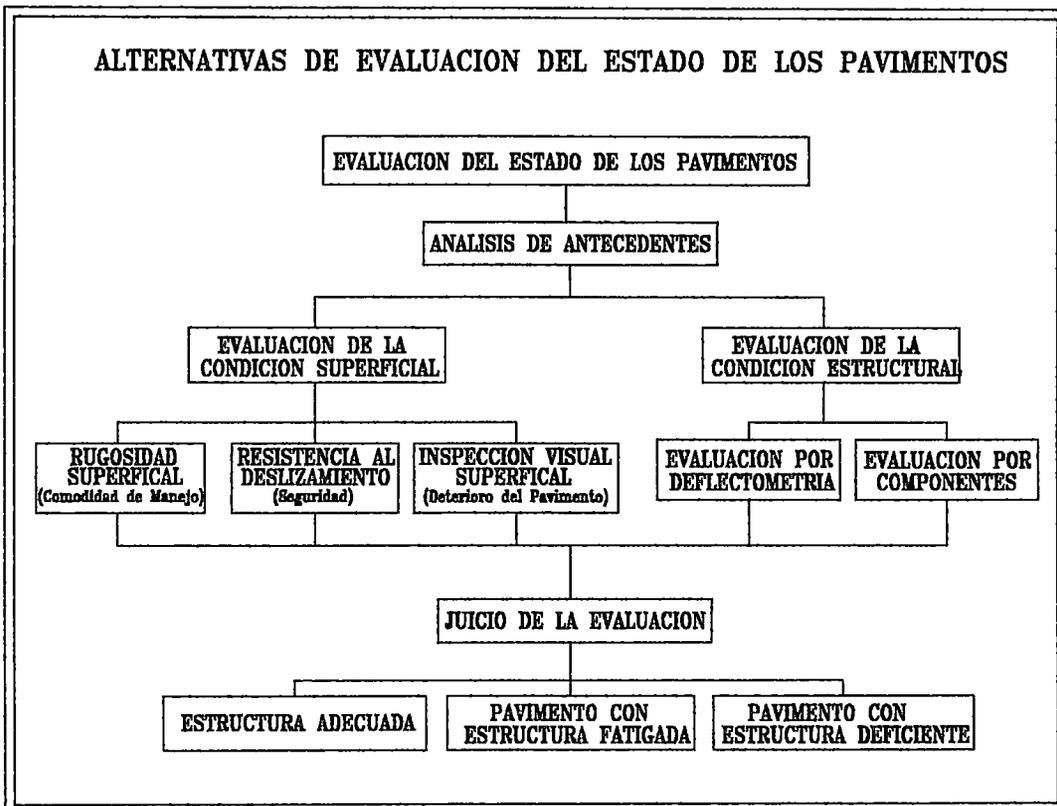


Figura 3.2.1

3.3.0.- ANTECEDENTES

Los antecedentes de construcción de un pavimento están muy relacionados al estudio de espesores y capacidad estructural de las capas del mismo y de la fundación, por lo que constituyen un elemento muy valioso.

Sin embargo, la recopilación de antecedentes no se limita a los datos de construcción o del proyecto que dio origen a ella., si no que contempla también otros factores tales como la existencia de estudios y proyectos elaborados con anterioridad pero que aún no se han ejecutado, particularmente cuando no han perdido validez, referencias al comportamiento de la carretera durante el periodo de servicio, nivel de mantenimiento requerido, etc.

El análisis de tal información en el ámbito de los estudios de rehabilitación reporta ciertas ventajas de gran importancia en el complejo proceso de evaluar un pavimento.

Entre los beneficios de contar con información confiable, se pueden citar.

- Permite optimizar la utilización de la información disponible, principalmente proyectos vigentes que requieren solo una simple actualización.
- Facilita la programación de los estudios de evaluación.
- Permite conocer los espesores reales y capacidad estructural original de las capas del pavimento y del suelo de fundación, con una precisión que resulta difícil alcanzar, en forma práctica y económica, a través de ensayos destructivos.
- Facilita la interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio, justificando a veces lo que resulta inexplicable.

3.3.1.- Antecedentes Básicos a Recopilar:

Los antecedentes a recopilar comprenden las siguientes áreas de información:

- Datos geotécnicos, relativos a los suelos de la sub-rasante.
- Parámetros considerados en el diseño y estructura teórica.

- Datos de construcción, relativos a espesores de las capas, calidad de los materiales, y mezclas, etc.
- Datos relativos a la recepción definitiva de la obra (información final de inspección).
- Eventualmente, referencias de rehabilitaciones ejecutadas.
- Datos relativos al comportamiento del pavimento, mantenimiento requerido, evaluaciones periódicas, etc.
- Análisis de estudios y proyectos elaborados o en vías de elaboración, con el propósito de establecer el grado de adecuación e implementación en el contexto del nuevo programa.

3.4.0.- EVALUACION DE LA CONDICION SUPERFICIAL

En este punto se analizará los aspectos más importantes vinculados con la evaluación de la condición o estado de la superficie del pavimento. Dicha evaluación, orientada hacia un carácter funcional principalmente, no comprende la determinación de la capacidad portante del pavimento (evaluación estructural) si bien se vincula estrechamente con la misma.

Esta etapa comprende tres aspectos:

- La evaluación del comportamiento o serviciabilidad del pavimento, relacionado con la comodidad de manejo o transitabilidad (rugosidad del pavimento).
- La evaluación de la seguridad ofrecida por la superficie del pavimento, principalmente orientada a los riesgos de patinaje (resistencia al deslizamiento).
- La determinación de las fallas observadas en su superficie, mostrando la severidad y extensión del deterioro (inspección visual).

Los objetivos de los tres aspectos mencionados son diferentes, aunque existe una gran interrelación entre los mismos. En efecto, la evaluación del deterioro del pavimento esta

orientada a establecer necesidades de mantenimiento y/o rehabilitación, mientras que la serviciabilidad se relaciona con la comodidad para los usuarios y sus costos de operación. Es decir, que si bien ambos se interrelacionan, desde el momento que el deterioro es la causa de la pérdida de serviciabilidad presente y futura, la “medición” de las fallas del pavimento no constituye en si una representación de la respuesta de los usuarios, evaluada a través de los estudios de serviciabilidad o comportamiento.

Objetivo de la Evaluación Superficial

Si bien el objetivo de la evaluación del estado de la superficie del pavimento es llegar a recomendar soluciones y medidas de corrección, la información proporcionada, a la luz de un sistema que comprenda evaluaciones periódicas, tiene un ámbito de aplicación mucho mas extenso, entre los que se puede citar:

- Determinar signos premonitorios de posibles fallas.
- Establecer las causas probables de las fallas observadas, incluyendo áreas con problemas de patinaje.
- Determinar la necesidad de una evaluación estructural.
- Determinar la necesidad de mantenimiento o rehabilitación, y establecer prioridades para la ejecución de los mismos.
- Indicar la evolución del cambio del pavimento, de manera de estimar el tiempo en que se llegara al nivel mínimo en el que se requerirá una rehabilitación, etc.

3.4.1.- Evaluación de la Serviciabilidad del Pavimento (Rugosidad)

La evaluación del comportamiento o serviciabilidad del pavimento implica llevar a cabo un análisis de la respuesta funcional del mismo a través de su evolución en el tiempo.

Es la historia del deterioro de esta respuesta que define el comportamiento. Por lo tanto

para su apreciación se requiere relevamientos periódicos, asociando las respuestas obtenidas al tráfico soportado durante el lapso transcurrido.

El concepto de serviciabilidad se define en relación para el que fue construido el pavimento: asegurar una circulación suave, confortable y segura; luego su apreciación depende del usuario, de las características propias de su vehículo y velocidad de operación, y de la condición del pavimento.

3.4.1.a.- Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).

Es una estimación de la medida de las calificaciones obtenidas por un panel de observadores, y su relación con los defectos observados en el pavimento.

Para su estimación, la tendencia mas difundida a sido la determinación de la rugosidad o deformación longitudinal del pavimento. Las medidas de rugosidad son empleadas desde dos puntos de vista diferentes:

- Para determinar si el pavimento es lo suficientemente suave para los usuarios (aceptabilidad) y establecer en muchos casos una apreciación de los costos de operación de los vehículos.
- Como un factor de correlación que indica la falla de uno o más de los componentes de los pavimentos.

Este parámetro de medición del comportamiento funcional del pavimento genera algunas discrepancias en las formas de especificarlo y de medir sus resultados, debido a que nos encontramos en la etapa de asimilación de experiencias.

La medición de la rugosidad superficial se hace utilizando dispositivos mecánicos como rugosímetros y perfilómetros, donde el primero da una medida de la rugosidad del pavimento, mientras que el segundo produce además un perfil de la superficie del pavimento. La evaluación promedio obtenida, se utiliza para clasificar el grado de confort.

Algunos de los dispositivos para la medición de la rugosidad del pavimento más utilizados son:

- El Medidor de Caminos de la PCA (PCA Road Meter)
- El Medidor de Caminos May (May Road Meter)
- El Rugosímetro del Bureau Of Public Roads (BPR Roughometer)
- El Perfilómetro CHLOE (CHLOE Profilometer), etc.

Debido a la gran variedad de rugosímetros empleados en la actualidad, es importante mencionar al IRRE (International Road Roughness Experiment), organizado en Brasil en 1982, en el que se compararon varios de los equipos mayormente usados en el mundo, logrando establecer una carta comparativa respecto del IRI (Índice Internacional de Rugosidad).

3.4.1.b.- Descripción de la Escala IRI

Para una determinación específica de la medida de la rugosidad, es primero necesario definir la escala de rugosidad. Con el interés de un uso alentador de una medida de rugosidad común en todo el mundo, se ha seleccionado un Índice de rugosidad internacional (IRI).

El IRI es una medida normalizada de rugosidad relacionada con aquellas obtenidas por el sistema de rugosidad de camino tipo respuesta (RTRRMS), con unidades recomendadas: m./Km. ó mm./m.

El IRI también se relaciona fuertemente a las opiniones subjetivas sobre la rugosidad del camino que puede obtenerse del público, porque los valores IRIs son: medibles por muchos métodos perfilométricos, altamente correlacionado con las medidas desde RTRRMS y altamente correlacionado con la opinión subjetiva.

En el siguiente cuadro se presenta el rango aproximado de rugosidad en diferentes tipos de caminos:

Descripción del Estado de una Carretera en Función del IRI y el PSI.

IRI (m/Km)	PSI (rango)	Descripción
1.0 – 1.5	4.0 – 3.0	Pavimentos asfálticos de muy alta calidad y vías de rodaje de aeropuertos, valores poco comunes en carreteras.
1.5 – 2.5	3.0 – 2.5	Pavimentos asfálticos de buena calidad, tratamientos superficiales muy bueno, no existen baches ni corrugaciones.
2.5 – 5.0	2.5 – 1.0	El pavimentos muestra tramos con los primeros vestigios de deterioro: baches ocasionales, depresiones. Velocidad normal de conducción 100Km/hr.
5.0 – 8.0	1.0 – 0.4	Pavimento esta severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales, baches frecuentes.
8.0 – 15	0.4 – 0.06	En carreteras asfaltadas frecuentes depresiones, profundas corrugaciones, frecuentes baches superficiales. Velocidad de conducción usual 60Km/hr.
15 - 20	0.06 – 0.01	En carreteras asfaltadas, frecuentes depresiones y baches profundos, algunos baches muy profundos. En carreteras no asfaltadas, frecuente erosión transversal (encalaminado) y deformación longitudinal. Velocidad de conducción 50Km/hr.

Cuadro 3.4.1.b

El Índice de Serviciabilidad da una orientación sobre el estado del pavimento desde el punto de vista del usuario, por lo que es necesario que el Ingeniero exprese la rugosidad en términos de serviciabilidad. La calidad del servicio que ofrece una carretera se mide en función del Índice de Serviciabilidad Presente.

Del cuadro mostrado vemos que cuando el PSI es menor a 2, entonces la rugosidad tiene un valor superior a 3 IRI, esto quiere decir que la carretera presenta fallas estructurales.

La AASHTO relaciona el PSI con la rugosidad mediante la siguiente ecuación:

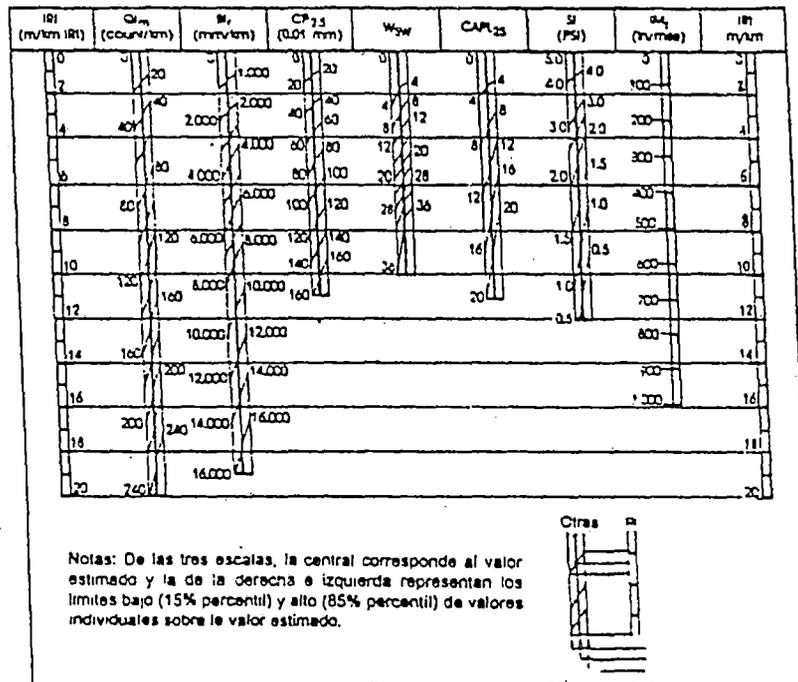
$$\text{IRI} = 5.5 * \text{Ln} (5.0/\text{PSI})$$

$$\text{Para IRIs} < 12.0$$

Según TRRL, la relación entre el IRI con las mediciones obtenidas por el rugosímetro

Bump Integrator Trailer (BI) es:

CARTA DE CONVERSION APROXIMADA ENTRE EL INDICE
INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI) Y LOS METODOS MAS USADOS



Notas:

Conversiones estimadas sobre la base de los datos del International Road Roughness Experiment (Sayers, Gillespie y Queiróz, 1986)

1.- IRI: International Roughness Index (Sayers, Gillespie y Paterson, Technical Paper 46 del Banco Mundial, 1986)

2.- QL_m: Quarter-car Index del Maysmeter calibrado, Brasil-Estudio de Costos de Carreteras-UNDP

$$IRI = QL / 13 \pm 0.37 \sqrt{IRI} \quad IRI < 17$$

3.- BL: Bump Integrator Trailer a 32 km/h, TRRL, UK

$$IRI = 0.0032 BL^{0.88} \pm 0.31 \sqrt{IRI} \quad IRI < 17$$

4.- CP_{2.5}: Coeficiente de Planantía sobre una longitud base de 2.5 m para el Perfilómetro APL72, del Centro de Investigación de Carreteras, Bélgica

$$IRI = CP_{2.5} / 16 \pm 0.2 \sqrt{IRI} \quad IRI < 11$$

5.- W_{sw}: Short Wavelength Energy para el Perfilómetro APL72, LCPC, Francia.

$$IRI = 0.78 W_{sw}^{0.62} \pm 0.69 \sqrt{IRI} \quad IRI < 9$$

6.- CAPL₂₅: Coeficiente del Perfilómetro APL25, LCPC, Francia

$$IRI = 0.45 k CAPL_{25} \pm 16\% \quad IRI < 11$$

donde k=1 para uso general, k=0.74 para superficies de concreto asfáltico, k=1.11 para tratamientos superficiales, tierra o grava.

7.- SI: Serviceability Index, AASHTO

$$IRI = 5.5 \text{ p/g} (5.0/SI) \pm 25\% \quad IRI < 12$$

8.- IMr: Inches/Mile equivalente del IRI de Simulación del Cuarto-carro a 0 millas/hora

$$IRI = IMr / 63.36$$

Figura 3.4.1.b

$$\text{IRI} = 0.0032 * \text{BI}_r^{0.89} \pm 0.31 * \text{IRI}^{1/2} \quad \text{Para IRIs} < 17.0$$

En la figura 3.4.1.b mostramos una carta de conversión aproximada entre el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y los métodos mas usados, estimada sobre la base de los datos del International Road Roughness Experiment (IRRE).

3.4.1.c.- Índice Actual de Serviciabilidad (I.A.S.)

Como sabemos, la serviciabilidad es una consideración primordial para determinar la necesidad de emplear capas para recubrimiento de los pavimentos porque el usuario espera un trayecto razonablemente uniforme.

La AASHTO desarrolló una manera de expresar la uniformidad del trayecto, empleando un índice actual de serviciabilidad (IAS) para los pavimentos como medida de la calidad de rodaje de pavimentos existentes.

Para pavimentos de concreto de cemento Pórtland (CCP), el índice esta basado en mediciones reales de áreas bacheadas o agrietadas, asi como de variaciones de pendiente a lo largo de las rodadas. Para pavimentos de concreto asfáltico como revestimiento (ACP), también se incluye la profundidad de las huellas de las rodadas. Después se utilizar una escala numérica de 1 al 5, para comparar los pavimentos.

El limite de serviciabilidad depende del tipo de camino: para vías principales el I.A.S. debe ser de 2.5 o mas. Para vías secundarias se considera satisfactorio un valor de 2.0 y la falla se define cuando se presenta un valor de 1.5 (ver figura).

**SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO DE ACUERDO
CON EL INDICE AASHTO**

Caminos Existentes	I.A.S.	Construcciones Nuevas
Muy Buena	5	Sobresaliente
		Excelente
Buena	4	Buena
		Adecuada
Adecuada	3	Pobre
	2	↓
Pobre	1	
Deficiente		

Las descripciones de calidad para construcciones nuevas estan basadas en estandares mas elevados que los caminos existentes.

3.4.2.- Evaluación de la Seguridad (Resistencia al Deslizamiento)

La evaluación de los pavimentos con relación a la seguridad para el tránsito, considera generalmente los riesgos de patinaje, en términos de resistencia al deslizamiento, si bien existen otros factores tales como el ahuellamiento, objetos extraños no ligados a su superficie, condiciones de reflectancia, etc.

3.4.2.a.- Resistencia al Deslizamiento

La resistencia al deslizamiento es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento de la rueda de los vehículos, particularmente cuando la superficie esta mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo).

Cuando por cualquier razón la resistencia friccional de la superficie de rodamiento, es decir el coeficiente de rozamiento entre neumáticos y pavimento, desciende a límites críticos, aumenta el riesgo de patinaje y el peligro para la circulación, sobre todo si no se reducen los niveles de velocidad. La textura del pavimento es responsable de dicha resistencia, destacándose dos componentes básicos: la microtextura, o fina, debida al mortero, que provee la componente de adhesión en la resistencia al deslizamiento, y la macrotextura debida al acabado superficial, que provee los canales de escape para el agua, permitiendo que la llanta permanezca en contacto con la superficie del pavimento. Resulta evidente que una adecuada textura debe combinar ambos elementos.

La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad aproximada de 65Km/hr.

Una superficie áspera y rugosa de pavimento tendrá mayor resistencia al deslizamiento que una superficie lisa. La mejor resistencia al deslizamiento se obtiene con agregados de textura áspera, en una mezcla de gradación abierta, y además deben resistir el pulimiento bajo el tránsito.

El cuadro 3.4.2.a1 presenta una lista de las causas y los efectos relacionados con una mala resistencia al deslizamiento.

<u>Poca Resistencia al Deslizamiento</u>	
Causas	Efectos
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento.
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso, posibilidad de hidropilado
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

Cuadro 3.4.2.a1

Según investigaciones (Research Laboratory Ministry of Transport Road) desarrollados bajo condiciones húmedas y secas, determinaron valores de resistencia al deslizamiento que delimitan las condiciones de los pavimentos

Valor de la Resistencia al Deslizamiento	Condición del Pavimento
> 75	Excelente
40 - 74	Satisfactorio
20 - 39	Marginal
< 19	Peligroso

Cuadro 3.4.2.a2

Generalmente se considera que la resistencia al deslizamiento no constituye un criterio mandatorio para la selección de tramos de pavimento a rehabilitar. Sin embargo este parámetro debe ser tenido en cuenta cuando se analiza la rehabilitación de tramos que requieren una mejora superficial, y presentan mejoras desfavorables desde el punto de vista de la seguridad, tanto para la elección de la técnica de rehabilitación más conveniente como para la elección de los materiales agregados pétreos a emplear.

En la figura 3.4.2.a1, se muestra la variación de la resistencia al deslizamiento debido a la textura superficial del pavimento. Observamos que un pavimento con textura rugosa-áspera es mucho más resistente al deslizamiento que un pavimento con textura lisa. Obviamente la mejor alternativa en cuanto a resistencia al deslizamiento y comodidad es la combinación de ambas texturas.

En la figura 3.4.2.a2, se muestra una variación aproximada de la resistencia al deslizamiento (Coeficiente de Fricción) con respecto a la velocidad de manejo sobre superficies asfálticas de mezcla abierta y densa en condiciones húmedas y secas. De la cual podemos reafirmar que en condiciones húmedas, independiente del tipo de mezcla, la resistencia al deslizamiento disminuye, aumentando el riesgo de patinaje de las ruedas de los vehículos, sobre todo si no se reducen los niveles de velocidad.

LA TEXTURA DEL PAVIMENTO EN RELACION
A LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO

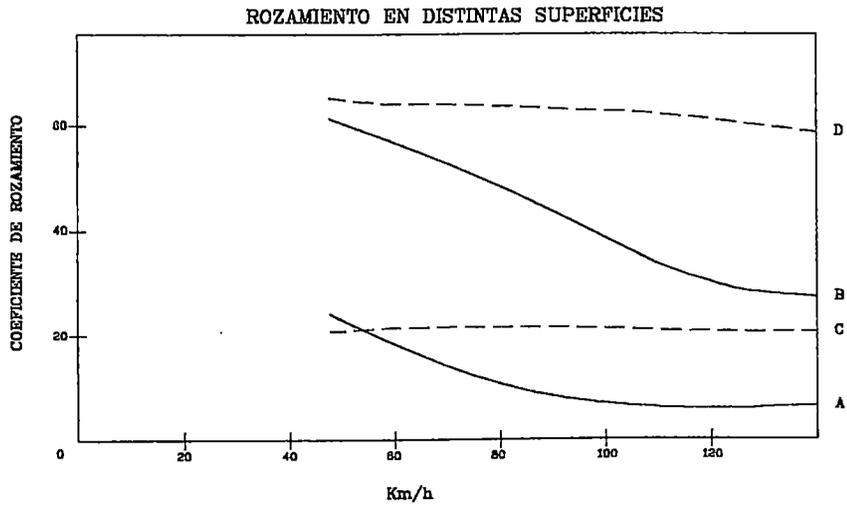
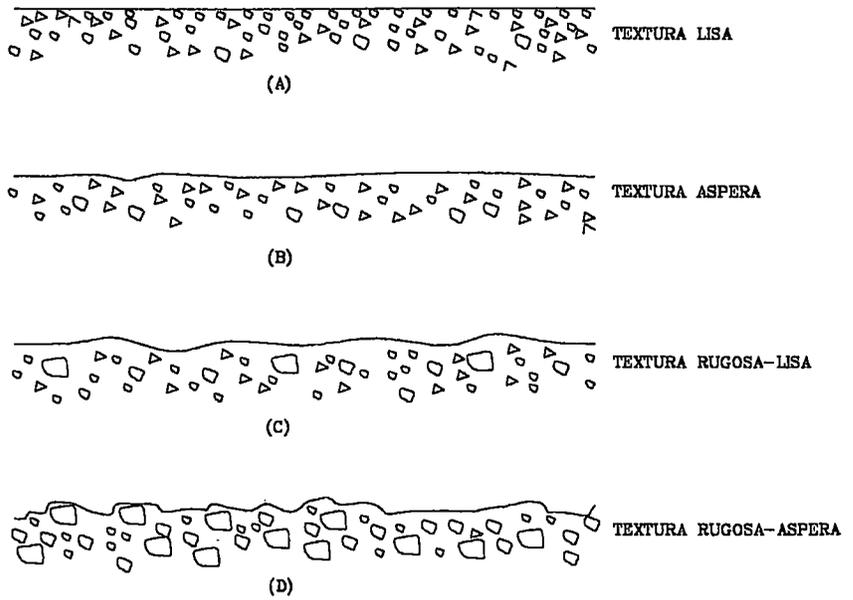


Figura 3.4.2.a1

MEDIDAS DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO SOBRE
VARIAS SUPERFICIES ASFALTICAS (FTE. C.L. MONISMITH)

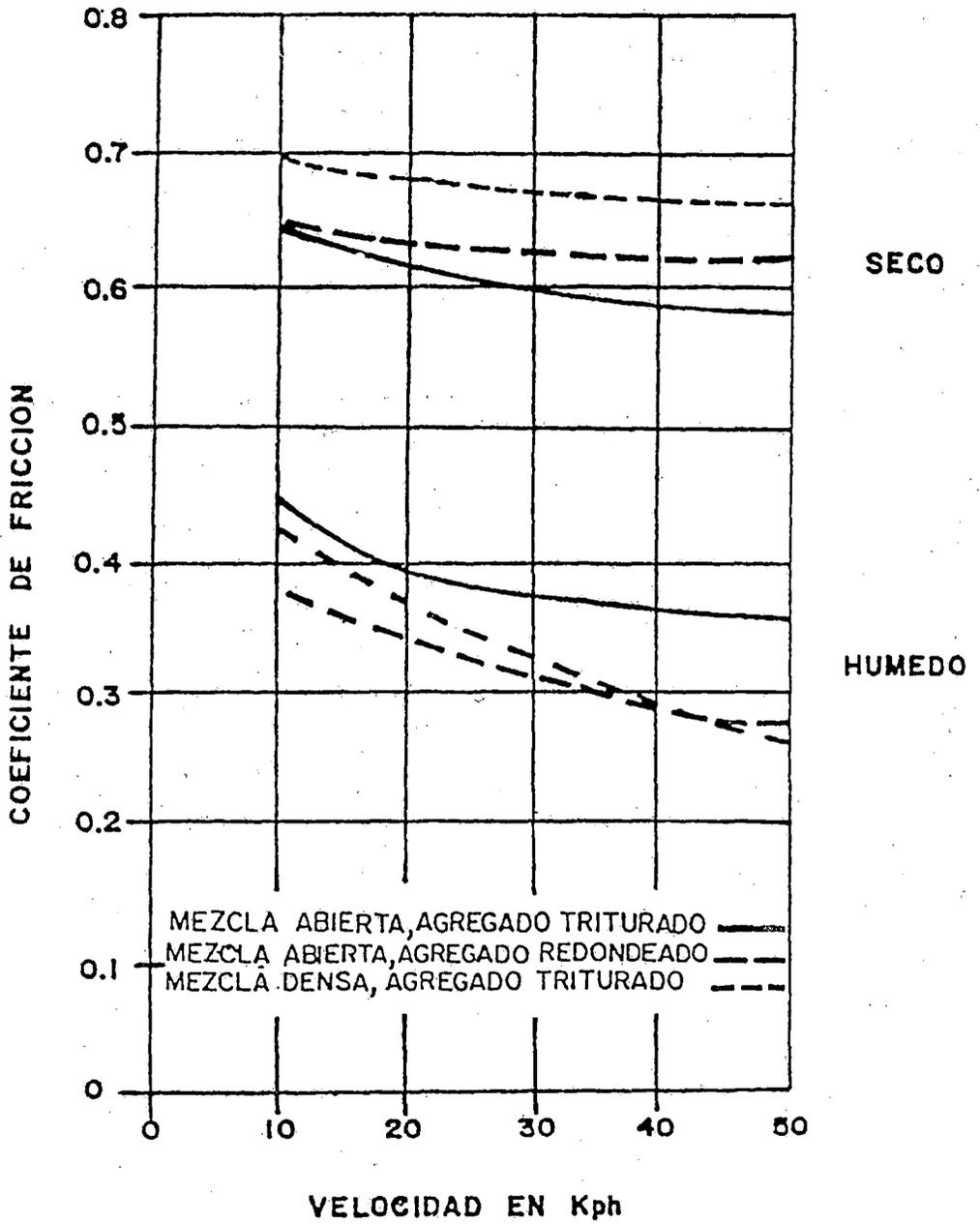


Figura 3.4.2.a2

3.4.3.- Evaluación Visual Superficial

La evaluación visual del estado de un pavimento se efectúa en base a la determinación detallada de todos los deterioros y fallas observables en la superficie transitable y visible del mismo, estableciéndose la ubicación, extensión y grado de magnitud de cada característica adversa.

Las dificultades más grandes en este tipo de tarea son, por un lado la forma de recorrer y procesar en forma conveniente la información, y por otro lado, la falta de uniformidad o acuerdo en la terminología a adoptar para designar un mismo tipo de falla por parte de distintas reparticiones viales, distintas regiones o aun distintos especialistas dentro de una misma región.

El mismo término “falla” en sí mismo puede resultar ambiguo. En pavimentos, dicho término puede emplearse tanto para verdaderos colapsos como para describir simples deterioros que no constituyen mas que un apartamiento de un comportamiento definido como “perfecto”. En este sentido el problema se complica aun más si se tiene en cuenta que el concepto de deterioro o falla esta asociado al del nivel de serviciabilidad, particularmente al de serviciabilidad terminal, concepto que puede considerarse básicamente subjetivos por depender del nivel de exigencia o de la riqueza de quien lo establece; de esta manera, pueden considerarse aceptables en ciertas regiones, donde la única condición exigida al mismo es que resulte simplemente “transitable”.

Existe una gran variedad de métodos y procedimientos para llevar a cabo relevamientos del deterioro de los pavimentos, dependiendo de la Entidad Responsable de la Administración, de las condiciones propias del país o región, etc.

3.4.3.a.- Método de Evaluación Superficial Integral

Este procedimiento de evaluación, desarrollado por CONREVIAL¹, se basa en la inspección detallada de todos los deterioros y fallas observables, que afectan la viabilidad de la calzada, estableciéndose la ubicación, extensión y grado de magnitud de cada manifestación de deterioro.

Fines de los Relevamientos

Este método distingue los diferentes usos que se hacen de la información (mantenimiento, rehabilitación), factores que se traducen en una amplia dispersión de procedimientos para efectuar los relevamientos, registrar, resumir y almacenar la información recabada.

Los relevamientos de condición con fines de mantenimiento emplea los mismos elementos que los relevamientos practicados con el propósito de estudiar la rehabilitación. Sin embargo, dado el diferente objetivo de cada uno, es esencial clarificar, a través del uso de adecuados manuales, el sistema a aplicar en cada caso. En relevamientos con fines de rehabilitación resulta suficiente establecer un valor numérico representativo de la condición, determinando a través de factores de ponderación asignados a ciertos defectos, cuando el propósito es determinar prioridades, mientras que se requieren detalles del tipo de deterioro cuando el propósito es el diseño de la propia rehabilitación. En los relevamientos con fines de mantenimiento es importante que los detalles de cantidad y severidad de una falla específica sean conocidos, para facilitar la elección de las tareas de conservación más efectivas. Tal diferenciación es distinguida como sigue:

- La evaluación de estado; se realiza en forma subjetiva con el propósito de caracterizar la condición de los pavimentos de las vías, basándose en la apreciación subjetiva del estado de

¹ Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el Perú, desarrollado por el Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)

la superficie y estructura de los mismos, a fin de seleccionar los tramos candidatos a rehabilitar.

- La evaluación detallada de los tramos seleccionados, con vistas a complementar su evaluación estructural y asegurar un proyecto preliminar de las obras de rehabilitación mas adecuadas.

Aspectos Generales Considerados en la Evaluación

La caracterización del estado de la superficie de la calzada se debe llevar a cabo considerando tres aspectos:

- El relevamiento de las distintas manifestaciones de deterioro observadas en la superficie (Identificación).
- El análisis del tipo de falla observada, estableciendo las probables causas o mecanismos que la han originado (Interpretación).
- Establecer la condición de servicio del pavimento en base a la magnitud, severidad, tipo de falla y mecanismo de deterioro, orientado hacia el futuro empleo de la información (evaluación).

La utilización de un “Catálogo de Fallas” (ver **Anexo A**) es básico para estas tareas, el cual reportará numerosas ventajas entre las que se pueden mencionar:

- Permite definir en forma precisa las diferentes manifestaciones de deterioro. Asimismo, unifican las distintas denominaciones que pudieran surgir localmente.
- La ilustración a través de fotografías tipo facilitan el entrenamiento del personal responsable de las tareas y la identificación de las fallas.
- Permite un primer análisis de los mecanismos y causas que pueden originar la falla, facilitando la interpretación de la misma.

En el cuadro 3.4.3.a se muestra los rangos aproximados que ayudarán a definir magnitud

de fallas cuales ayudarán a la evaluación del pavimento.

RANGO PARA DEFINIR MAGNITUD O SEVERIDAD DE FALLAS

TIPO	FALLA	MAGNITUD		
		LEVE (L)	MODERADO (M)	SEVERO (H)
DEFORMACIONES	Ahuellamiento	< 12 mm.	12 - 25 mm.	> 25 mm.
	Hundimientos	Pequeñas depresiones. Produce bajo efecto sobre calidad de rodaje. Profundidad < 25 mm.	Depresión con fisuras moderadas. Produce moderado efecto sobre calidad de rodaje.	Con fisuras severas. Produce alto efecto sobre calidad de rodaje Profundidad > 50 mm.
	Levantamiento	Produce bajo efecto sobre calidad de rodaje. (no influye en la marcha)	Produce moderado efecto sobre calidad de rodaje.	Produce alto efecto sobre calidad de rodaje. (obliga a graduar velocidad).
	Corrimientos	Deformaciones casi imperceptibles.	Distorsiones notorias en la superficie.	Desplazamientos de la superficie muy notorio. Obliga a graduar velocidad, molesta.
	Ondulaciones / Corrugaciones	No influyen en la marcha. Localizados en zonas críticas.	Se aprecia al andar pero con carácter localizado. No resulta molesta.	Obliga a graduar velocidad. Sumamente molesta.
FISURACIONES	Longitudinal / Transversal	Muy finas, con abertura < 5 mm.	Mayor ancho de fisura, abertura entre 5 - 15 mm.	Abertura de fisura > 15 mm. Con pérdida de fragmentos
	Bloque	Comienza a formar malla. Bloques grandes, muchos no cerrados.	Malla. Ancho de fisuras reducido.	Mallas bien formadas, Ancho de fisuras mayor.
	Piel de cocodrilo	Grietas finas, ramificadas con tendencia a formar mallas generalizadas.	Mallas angulosas y pequeñas. No hay degradación en bordes. Grietas desarrolladas	Fisuras han progresado más. Comienza la degradación en bordes de estas fisuras.
	Idem con desintegración	Gran degradación en bordes.	Pérdidas de bloques.	Hundimiento, tendencia a bache.
	Otras (Reflejadas)	Imperceptibles. Ver Longitudinal / Transversal	Nítidas. Ver Longitudinal / Transversal.	Ver Longitudinal / Transversal
DESINTEGRACIONES	Peladuras / Desintegración superficial	Visible pero no afecta la marcha. Incipiente.	Marcha ruidosa.	Sensación de gran desgaste en marcha, profunda.
	Desintegración Total / Baches	Solo superficial. Aislado.	Superficiales pero formando equipos. Profundos aislados.	Profundos, agrupados obligan a variar velocidad y eludirlos.

Cuadro 3.4.3a (Fuente Conreval)

3.4.3.b.- Método de Evaluación de Pavimentos PCI (Pavement Condition Index)

Este método de evaluación, desarrollado por M. Shahin y S. Khon y publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los E.U. en el Reporte Técnico M-268 (1978), determina el Índice de Condición del Pavimento (PCI) basándose en información obtenida de una Inspección Visual.

El objetivo de este método fue desarrollar un PCI para proveer al Ingeniero de:

- Un método standard para evaluación de la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección de pavimento.
- Un método para determinar necesidades de mantenimiento y reparación en función de la condición de l pavimento.
- Un método para determinar comportamiento mediante determinación continua del PCI.

Las fallas consideradas en PCI de pavimentos revestidos de asfalto son las mismas que hemos visto detalladamente en el capítulo anterior.

El grado de deterioro de un pavimento es función de:

- El tipo de falla.
- La severidad de la falla.
- La densidad de la falla (% de área afectada).

La ecuación para obtener el PCI es la siguiente:

$$PCI = 100 - [\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} VD (T_i, S_j, D_{ij})] * F$$

Donde:

PCI = Índice de condición del pavimento

VD () = Valor de deducción, en función del tipo de falla (Ti), severidad (Sj), y densidad de las fallas (Dij) observadas en el pavimento.

i = Tipos de falla; j = Grados de severidad.

p = Número de fallas en el pavimento analizado.

M_i = Grados de severidad para la falla "i"

f = Factor de ajuste, F (Sumatoria total, Número de valores de deducción mayores que 5)

Severidad de Falla

En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipo de fallas, se han clasificado como: severas o altas (H), medias o moderadas (M) y leves o bajas (L).

Valor de Deducción (VD)

Estos valores son determinados en función del tipo de falla, su severidad y su densidad en el pavimento.

Valor de Ajuste (F)

Este factor permite ajustar el valor total de deducción cuando más de un tipo de falla afecta sustancialmente la condición del pavimento. ¹

En la figura a.1 se muestra esquemáticamente los pasos necesarios para determinar el PCI, y en la figura a.2 se indica los diferentes niveles de clasificación del pavimento en función del valor PCI.

Procedimiento de Inspección

Para una determinación precisa del PCI debe realizarse una inspección cuidadosa del pavimento a fin de determinar los tipos de falla, su cantidad y severidad.

Hay dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento. En ambos debe dividirse la sección del pavimento en unidades de aproximadamente 225 m² cada una. El primer procedimiento requiere evaluar todas las unidades; el segundo, una muestra escogida aleatoriamente. Cada unidad es cuidadosamente inspeccionada y los datos referentes a cada tipo de falla son anotados en una planilla de observación.

¹ Los gráficos para determinar los Valores de Deducción (VD) para cada tipo de falla y el Valor de Deducción Corregido (VDC) se encuentran en el manual: Pavimentos, Mantenimiento y Reparación ACI-UNI.

DETERMINACION DEL PCI

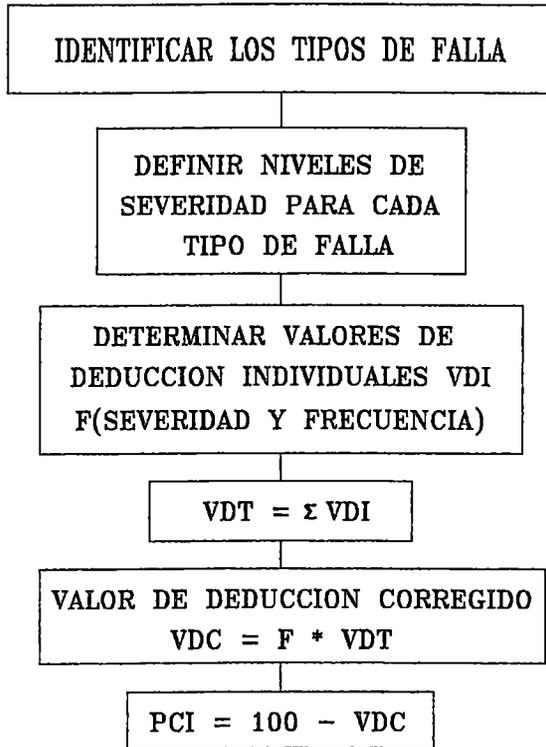


FIGURA a.1

NIVELES DE CLASIFICACION DEL PAVIMENTO EN FUNCION DEL PCI

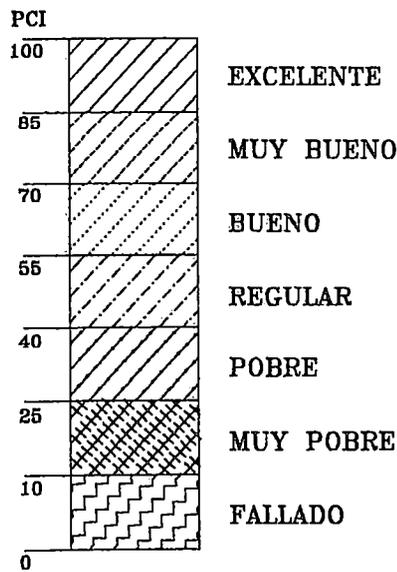


FIGURA a.2

Inspección por Muestreo

La inspección de todas las unidades de una sección puede resultar 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.

Determinación del Número de Muestras

El número mínimo de unidades a ser evaluadas (n) se determina mediante la siguiente ecuación:

$$n = (N * \delta^2) / [(N-1)*(e^2/4) + \delta^2]$$

Donde:

N = Número total de unidades.

e = Error permisible en determinación del PCI

δ = Desviación standard del valor PCI en las unidades de la sección (útese $\delta_1 = 10$).

Esta ecuación provee un 95% de confianza en que el valor PCI estará dentro de (+/-) del valor real, cuando se emplea un número "n" de muestras. El valor mínimo de "n" es de 5 unidades.

Una vez determinado el número de unidades a ser muestreadas, estas deben escogerse empleando uno de los procedimientos sugeridos por el método:

- Dividir el total de unidades en grupos iguales o similares, luego se escogen aleatoriamente un número igual de unidades de cada grupo.
- El segundo procedimiento, denominado "sistemático", consiste en evaluar unidades uniformemente espaciadas, siempre que la primera sea escogida aleatoriamente.

Determinación del PCI

El valor del PCI de la sección del pavimento se obtiene determinando el promedio de los valores de las unidades evaluadas. Los pasos a seguir para determinar el valor del PCI de cada unidad son:

- Determinar los datos correspondientes a cada tipo de falla (severidad y frecuencia).
- Determinar los valores de deducción (VD), para cada falla y severidad.
- Determinar el valor total de deducción ($VTD = \sum VDs$, cual es corregido y se obtiene el valor de deducción corregido VDC).
- Finalmente el $PCI = 100 - VDC$

3.5.0.- EVALUACION DE LA CONDICION ESTRUCTURAL.

Objetivo de la Evaluación Estructural.

La adecuabilidad estructural de un pavimento constituye la capacidad del mismo para soportar las cargas del tráfico actual y futuro, de forma tal que el tránsito, principalmente de las cargas más pesadas, puedan circular sin producir daños estructurales en la calzada. Estos daños estructurales fundamentalmente dependen de la magnitud y frecuencia de las deformaciones recuperables y de la acumulación de las deformaciones permanentes en las estructuras, bajo la acción de las cargas móviles y/o estáticas.

El objetivo de la evaluación estructural es justamente determinar la capacidad estructural del pavimento con miras a su rehabilitación y/o conservación.

La importancia fundamental de la determinación de la capacidad estructural radica en que un pavimento infradiseñado perderá aceleradamente transitabilidad, demandará grandes inversiones en mantenimiento, el que será de reducido efecto sobre el comportamiento del pavimento, pudiendo llegar a la desintegración del mismo, con gran pérdida de la inversión inicial realizada.

Técnicas de Evaluación

La evaluación de la capacidad estructural se lleva a cabo mediante dos técnicas:

- Análisis estructural por deflectometría (evaluación técnica no destructiva).
- Análisis estructural por componentes (evaluación técnica destructiva).

Donde toda técnica de evaluación no destructiva debe contemplar también el análisis por componentes.

En tramos pequeños a evaluar se puede desarrollar únicamente la técnica destructiva, a través de calicatas.

3.5.1.- Evaluación Estructural por Deflectometría

La deflectometría es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de una calzada, a consecuencia de la acción de una determinada carga o sollicitación.

La deflexión es una medida de la respuesta del conjunto “Pavimento-Fundación” frente a una determinada sollicitación, indicando la adecuabilidad del mismo desde el punto de vista estructural. Esta deflexión depende de un conjunto de variables (espesores de las capas, rigidez de la fundación, rigidez relativa de cada capa con respecto a la subyacente, historia previa de la construcción).

La existencia de una correlación entre deflexiones y la presencia o rápido desarrollo de fallas por fatiga y la posibilidad de establecer un orden de valores tolerables con relación al tránsito, constituyen la base de su difundida utilización.

El campo de aplicación de estas mediciones es muy amplio empleándose principalmente para:

- Determinar la vida útil remanente de un pavimento.
- Evaluar estructuralmente pavimentos con miras a su rehabilitación.
- Determinar la condición de un pavimento con miras a su conservación.

Existe una gran variedad de equipos destinados a medir las deflexiones de un pavimento, encontrándose desde los más simples y versátiles como la Viga Benkelman hasta los de-

flectógrafos dinámicos (Dynalect).

3.5.1.a.- Medición de Deflexiones con Dynalect

El Dynalect es un sistema electromecánico que mide la deflexión dinámica de la superficie del pavimento cuando se le aplica una carga oscilatoria. El aparato medidor, viaja en un remolque arrastrado por un vehículo en el que se disponen los controles de la medición (ver figura 3.5.1.a). El medidor trabaja a base de un generador de fuerzas dinámicas ejercidas sobre el pavimento (impactos), cuyos efectos se recogen en un sistema de sismógrafos alineados (geófonos). Una ventaja importante del aparato es no requerir ningún punto de referencia fijo en la superficie en que se realizan las mediciones y otra es la operación automática, libre de errores de operación y susceptible de ser realizada a una velocidad relativamente alta de remolque.

La figura 3.5.1.a muestra un conjunto de curvas de deflexión proporcionado por el Dynalect. Cada curva se refiere a la lectura de los cinco geófonos que tiene el aparato al aplicar la carga de impacto en un punto; los geófonos dan lecturas más bajas según van estando más alejados del impacto. Generalmente se utiliza la lectura del primer geófono como valor de cálculo, pero al dibujar las lecturas de los cinco se obtiene una gráfica cuya inclinación y cambios de pendiente pueden dar a un intérprete experimentado una imagen cualitativa muy clara del estado en que se encuentra el pavimento, en el espesor de influencia del proceso dinámico; desde ese punto de vista el Dynalect realiza una especie de estudio geofísico del espesor influido.

3.5.1.b.- Medición de Deflexiones con Viga Benkelman

La viga Benkelman, es un dispositivo mecánico que mide los desplazamientos de un punto de contacto colocado entre las ruedas duales de un camión, bajo el eje de carga (8.2

Tn., que constituye la de mas amplia difusión y experiencia), con una determinada presión de inflado en los neumáticos (generalmente 80 Lb/plg²) y una carga preestablecida en el eje; es decir, se mide la flecha máxima de la línea de deformación bajo una carga constante.

Esta viga esta constituida por una palanca de gran longitud, que pivota alrededor de un eje de rotación horizontal, situado en un punto fijo, que divide a la palanca en dos brazos desiguales. En uno de los extremos de la palanca, que corresponde al brazo de mayor longitud, se encuentra la punta de prueba, diseñada para situarse entre las llantas de la rueda dual. En el otro extremo se sitúa el palpador de un flexímetro o comparador soportado por un bastidor independiente de la palanca.

Los desplazamientos de los extremos de la palanca son registrados a través del flexímetro, guardando la misma relación que los brazos de la misma (ver figura 3.5.1.b).

Esta viga puede ser modificada de forma tal de contar con dos palancas en un mismo bastidor, la ventaja radica en que permite la determinación simultánea de la deflexión bajo carga y a 25cm. de la misma, de utilidad para una mejor caracterización del pavimento.

La Temperatura y Correcciones por efecto de ésta.

Para medir la temperatura del pavimento se practica un orificio en la línea demarcada, se llena de algún líquido especial el orificio y una vez pasado el tiempo prudencial necesario para permitir que el líquido adquiriera la temperatura del pavimento, se inserta un termómetro.

Como se sabe, la temperatura del pavimento afecta las deflexiones recuperables.

Para un pavimento dado, la magnitud de la deflexión aumenta con un incremento en la temperatura de las capas asfálticas. Esto es atribuido a una disminución de la rigidez de las mezclas asfálticas, por lo que el efecto dependerá del espesor de dichas capas y de la rigidez de las capas subyacentes.

Existen procedimientos para evaluar tal corrección y llevar las determinaciones a una temperatura estándar (20°C.) de referencia.

Para corregir las deflexiones por efecto de la temperatura se aplica la siguiente fórmula:

$$D_{20} = D_t / (10^{-3} * (\text{cm} * ^\circ\text{C})^{-1} * e * (T - 20^\circ\text{C}) + 1)$$

Donde:

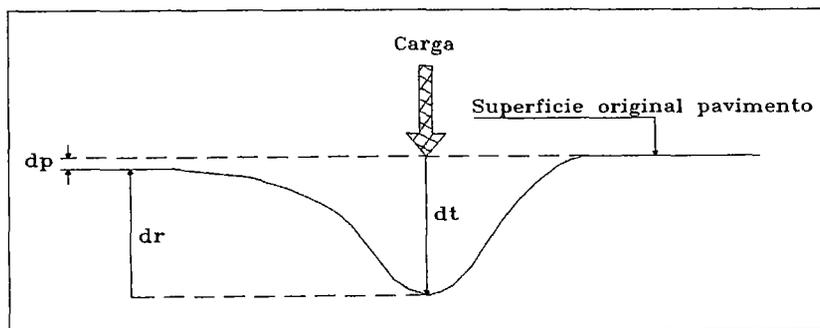
D_t = Deflexión, medida a la temperatura $T^\circ\text{C}$ en centésimas de mm..

D_{20} = Deflexión a la temperatura estandar (20°C)

e = Espesor de la mezcla asfáltica en cm.

La deflexión es parte del carácter elástico, pero también interviene esfuerzos plásticos. Los primeros desaparecen en cuanto se renueve la carga mientras que los segundos son permanentes, y su acumulación a través de las reiteraciones de las cargas producen las distorsiones o ahuellamientos en la superficie del pavimento. Por este motivo, deben distinguirse:

- La deflexión total (dt) (Flecha hacia abajo de la deformación producida por la carga).
- La deflexión recuperable o elástica (dr) (Flecha hacia arriba de la recuperación de la superficie que se produce al retirar la carga).
- La deflexión permanente o residual (dp) (diferencia entre la posición original de la superficie antes de aplicar la carga y después de retirada).



En general, se debe concentrar la atención en la medida de las deflexiones recuperables, ósea en la deformabilidad de las estructuras por elasticidad instantánea y retardada. Ello se debe a la mejor reproductibilidad e interpretación de los resultados.

Se puede adoptar el procedimiento canadiense, coincidente con el del Instituto del Asfalto, para determinar las deflexiones recuperables.

El significado de las medidas de deflexión puede ser ampliado introduciendo junto a ellas la magnitud de la curva de la línea de deflexión en la zona donde ella es mayor, es decir, bajo el eje vertical de la carga. Dicha curvatura se la expresa generalmente por el denominado “Radio de Curvatura”, o bien por el “Índice de Curvatura”.

Se sabe que mientras que el valor de la deflexión máxima depende en gran medida del módulo de elasticidad de los materiales en profundidad, además de los de las capas superiores; el radio de curvatura, depende principalmente de los módulos de elasticidad de las capas superiores y muy poco de las inferiores.

De esta manera, teniendo en cuenta las características y espesores de las capas asfálticas, se podrían diferenciar dos casos límites:

- Si la mayor parte de la deflexión se produce en la subrasante, se obtendrán grandes radios de curvatura (en relación con la magnitud de la falla).
- Si la mayor parte ocurre en las capas superiores, situación indicativa de la deficiente calidad de éstas, se obtendrán pequeños radios de curvatura aún a veces con deflexiones tolerables.

3.5.1.c.- Determinación del Radio de Curvatura

De lo expuesto se concluye que el grado de curvatura de la línea elástica de deflexión es una característica de fundamental importancia, que determina la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas asfálticas al flexionar bajo las cargas, y en consecuencia, en el desarrollo del fisuramiento.

Un análisis de los diversos procedimientos de medición comprobó que uno de los más simples y expeditivos es el basado en la comprobación experimental esquematizada en el gráfico 3.5.1.c; la línea de deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor de 25cm. del eje de carga, para sufrir luego una inflexión y tender asintóticamente hacia la horizontal. La curvatura de la parábola queda definida por su parámetro, que en la zona de máxima curvatura se confunde prácticamente con el radio del círculo osculador en dicho punto.

Por lo tanto, considerando una deflexión auxiliar a 25cm., se puede determinar el Radio de Curvatura con la fórmula siguiente:

$$R = 10 \cdot (25)^2 / 2 \cdot (D_0 - D_{25}) = 6250 / 2 \cdot (D_0 - D_{25})$$

Donde:

R = Radio de curvatura en metros.

D₀ = Deflexión recuperable en el eje vertical de la carga, en centésimas de mm.

D₂₅ = Idem, pero a 25cm. del eje.

10 = Coeficiente por cambio de unidades.

3.5.1.d.- Deformaciones Tolerables

Es importante determinar un rango de deflexiones permisibles o tolerables que garanticen un comportamiento satisfactorio del pavimento, en relación con el tráfico que debe soportar.

En cierta medida tal vinculación no depende solo de la intensidad del tránsito sino de otros factores tales como tipo de estructura, características y espesores de los materiales, condiciones ambientales, y del criterio adoptado para definir la condición de falla o servicio insatisfactorio. Puede ser objetable su utilización como indicador del pavimento, pero la correspondencia entre el estado del pavimento y la evolución de la deflexión al término de la vida útil del mismo, revela la aplicabilidad del criterio de deflexión tolerable.

La relación deflexión-tránsito constituye la base de las metodologías empíricas de gran difusión por su simplicidad, y las observaciones expuestas no alcanzan a desmerecer su aplicación sino que señalan la necesidad de un análisis previo cuando se trata de transponer experiencias propias de otras regiones.

Análisis efectuados indican que la vida de servicio de un pavimento, hasta que alcanza un comportamiento crítico, es inversamente proporcional a la deflexión del mismo, verificándose una relación que pueda definirse a través de la siguiente ecuación (Fuente: Conrevial).

$$N = K1 / D^{K2}$$

Donde:

N = Representa el número de ejes estándar equivalentes.

D = Deflexión del pavimento.

K1 y K2 = Coeficientes que dependen de la fuente considerada en la investigación.

En el gráfico 3.5.1.d se sintetizan los resultados de una investigación en torno a dichas ecuaciones; se incluyen las relaciones propuestas o consideradas en diversos métodos para diseños de refuerzos de más amplia difusión: Instituto del Asfalto (EEUU), Ontario (Canada), TRRL (Gran Bretaña), Ruiz (Argentina).

En el cuadro siguiente se resumen los valores correspondientes al coeficiente K2 que afecta exponencialmente a la deflexión, los cuales son obtenidos por análisis de regresión (Conrevial).

METODO O FUENTE	K2	COEF. CORRELACION (r²)	OBSERVACIONES
RUIZ (ARGENTINA)	4.038	0.9975	-
INSTITUTO DEL ASFALTO (U.S.A)	4.901	0.995	-
TRRL (G.B.)	2.931	0.991	Condición Crítica
ONTARIO (CANADA)	3.26	0.990	Nivel de Serviciabilidad Terminal Deseable

Cuadro 3.5.1.d

r², representa la aproximación gráfica con que se deducen los resultados.

3.5.1.e.- Variabilidad de la Capacidad Estructural: Deflectograma

La introducción y generalización de las medidas de deflexiones ha permitido un aporte de interés en el campo de la mecánica de calzadas al revelar la desuniformidad de su capacidad estructural, aún en aquellas consideradas como correctamente proyectadas y construidas, lo que obliga a su estudio con criterio probabilístico.

Una primera desuniformidad, en el sentido transversal se revela en muchos casos por las mayores deflexiones de la huella externa con respecto a la interna de un mismo carril, atribuidas principalmente a una reducción del confinamiento lateral asociada a la terminación del pavimento, y a condiciones más adversas del suelo. Por este motivo, las determinaciones generalmente se conducen en la huella externa del carril considerando crítico a una distancia del borde variable en función del ancho de la calzada.

Ancho del Carril	Distancia desde el borde del Pavimento
2.70 m.	0.45 m.
3.00 m.	0.60 m.
3.30 m.	0.75 m.
3.60 m. o más	0.90 m.

Cuadro 3.5.1.e

La desuniformidad en el sentido longitudinal se revela en la gran dispersión de valores individuales, aún para determinaciones muy próximas entre sí, debido a la variabilidad de las propiedades de los materiales y del proceso constructivo.

Dado que para interpretar los resultados no se puede considerar los valores individuales, surge la necesidad de establecer una deflexión que represente adecuadamente cada sección o tramo de pavimento, y por ende, de una evaluación estadística.

Con este propósito los resultados obtenidos se vuelcan en un gráfico en función de las progresivas, que se denomina deflectograma (ver gráfico 3.5.1.e), en el que se incluyen todos los datos de interés.

El deflectograma constituye un elemento fundamental para el análisis de la variabilidad de la capacidad estructural. En este sentido cabe destacar que el principal objetivo de la medición de deflexiones radica en poder diferenciar secciones de distinta capacidad estructural en un mismo tramo. Por lo tanto, es sobre la base del deflectograma que se procede a:

- Diferenciar secciones de distinta capacidad estructural y/o comportamiento, considerando deflexiones, fallas observadas y estructura del pavimento, las que son procesadas estadísticamente luego.
- Eliminar valores extremos aislados, no representativos y que distorsionan los resultados.
- Obtenidos los valores estadísticos, ubicar las perforaciones requeridas para interpretar los resultados, en zonas representativas de buen y mal comportamiento.
- Delimitar secciones en los que se requiere intensificar los estudios o realizar estudios especiales.

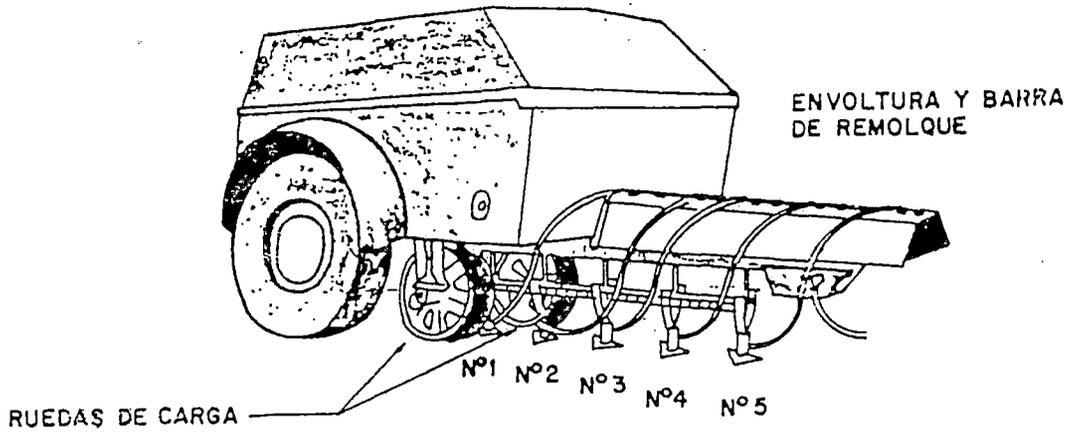
En resumen, el deflectograma es empleado para juzgar la capacidad portante del pavimento, cuando se dispone de los resultados de todos los estudios llevados a cabo.

Por lo que se refiere al equipo a utilizar para la medición de las deflexiones, la selección ha de estar basada en su disponibilidad, costo y necesidades de avance; el costo de una viga Benkelman es considerablemente menor que el de un deflectógrafo dinámico tipo Dynaflect, pero la rapidez y eficiencia en la determinación de las lecturas de deflexión que puede lograrse con este último es mucho mayor que cuando se utiliza una viga Benkelman.

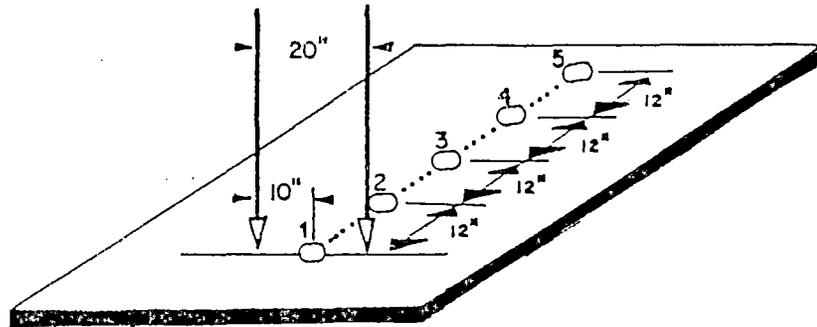
Existen correlaciones que permiten transformar a deflexiones tipo Belkenman las obtenidas mediante el deflectógrafo Dynaflect. En el gráfico 3.5.1.f se muestra una de estas correlaciones efectuadas por el Departamento de Carreteras de California, tras varios años de utilización de ambos equipos.

Estas correlaciones deberán manejarse con reserva, debido las condiciones locales con que han sido desarrolladas.

SISTEMA DYNAFLECT EN POSICION DE OPERACIÓN



POSICION DE LOS SENSORES Y RUEDAS DE CARGA



CURVAS DE DEFLEXION MEDIDAS CON DYNAFLECT

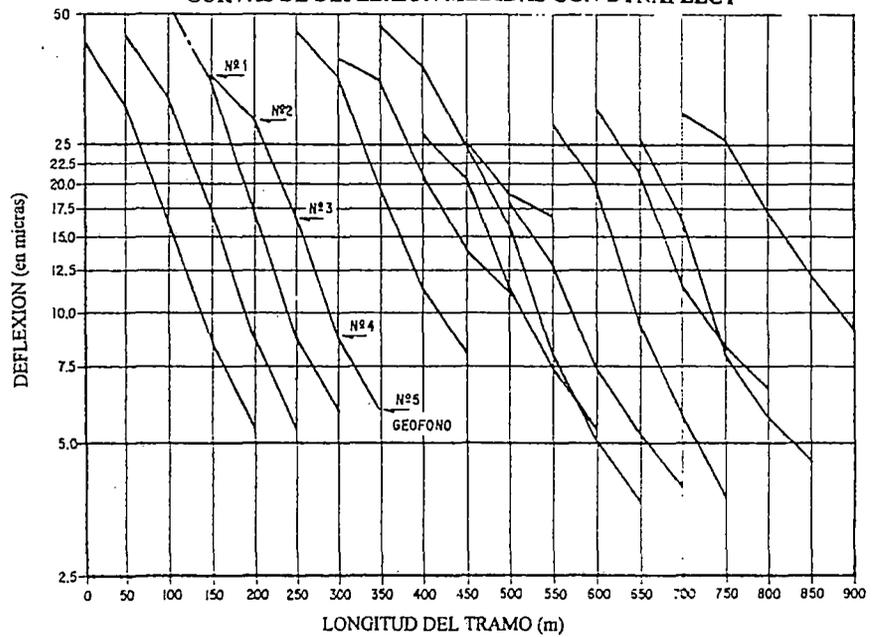


Figura 3.5.1.a

DEFLECTOMETRO BENKELMAN

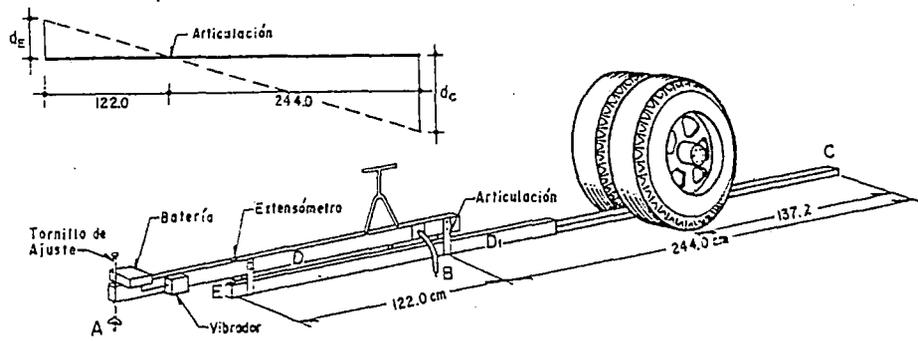


Figura 3.5.1.b

DEFLECTOGRAMA

(TRAMO:)

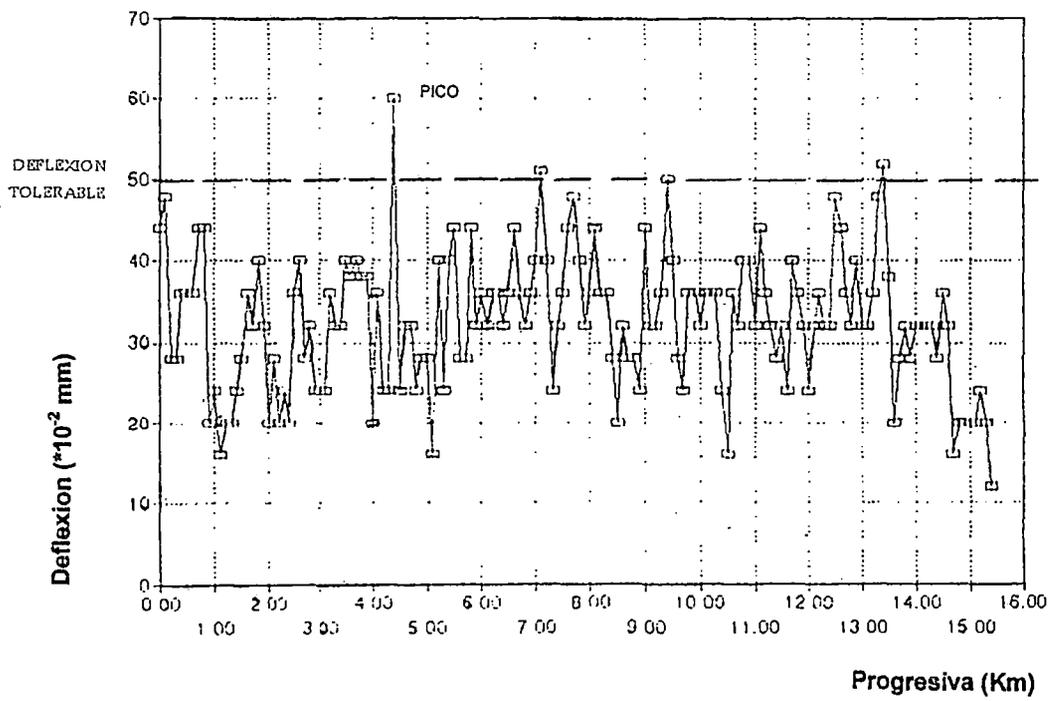
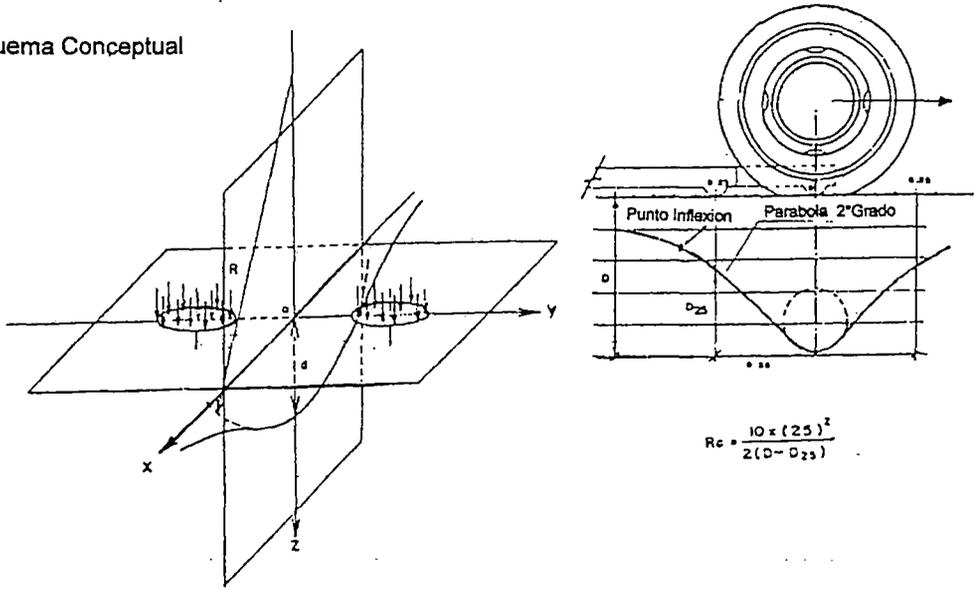


Figura 3.5.1.e

DETERMINACION DEL RADIO DE CURVATURA

METODO DE LA APROXIMACION PARABOLICA

a)- Esquema Conceptual



b)- Ejemplos Aplicación Práctica

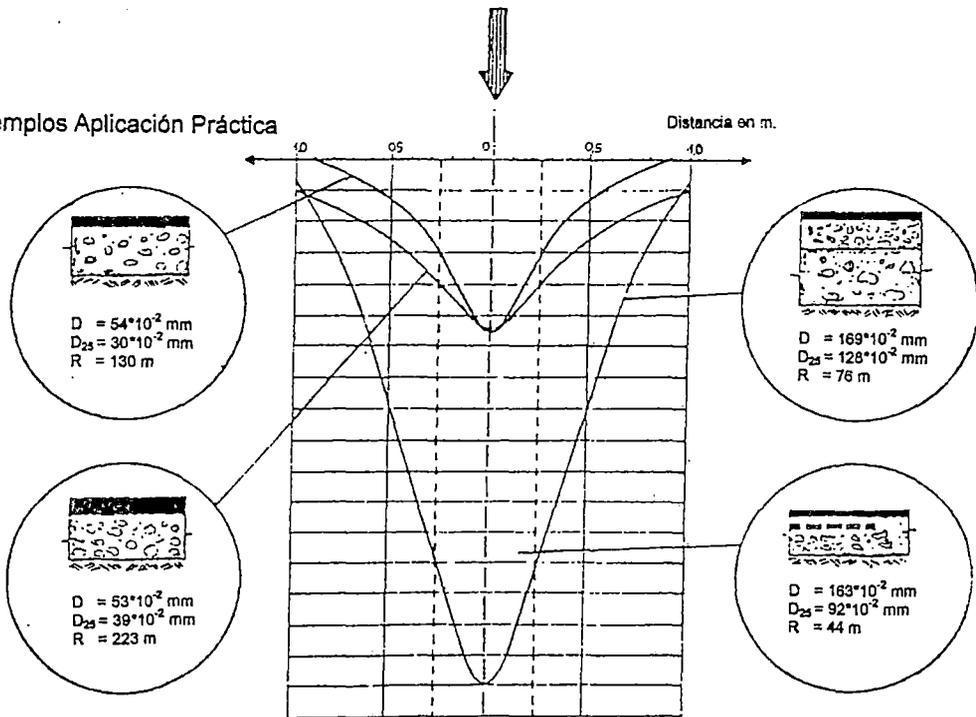


Figura 3.5.1.c

DEFORMACIONES TOLERABLES (FUENTE CONREVIAL)

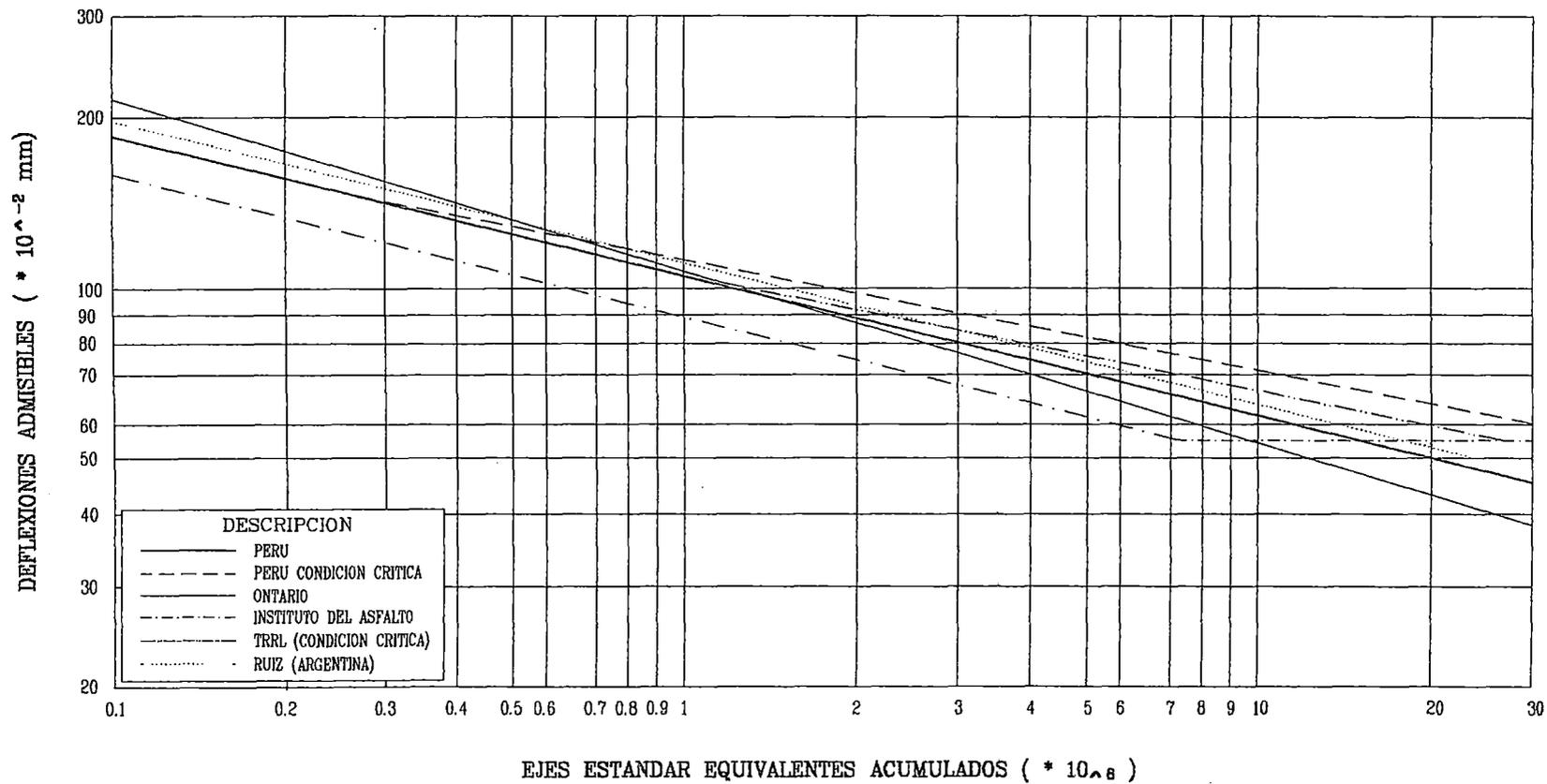


Figura 3.5.1.d

CORRELACION OPERACIONAL ENTRE
LA VIGA BENKELMAN Y EL DISPOSITIVO DYNAFLECT

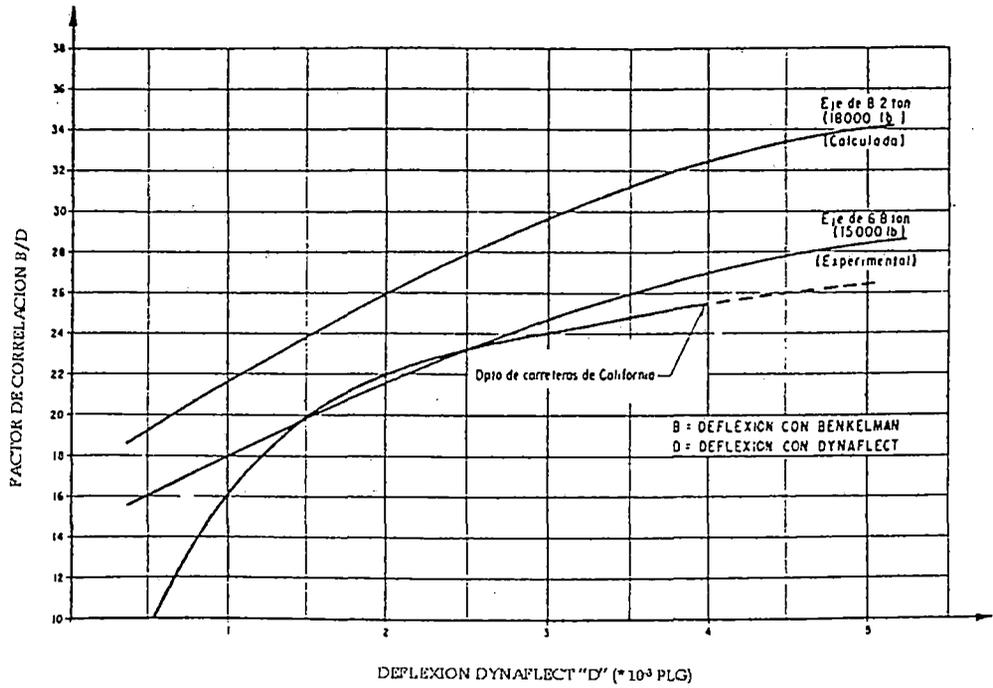


Figura 3.5.1.f

3.5.2.- Análisis Estructural por Componentes

Como lo mencionamos anteriormente, para una mejor interpretación del origen de las fallas estructurales, toda metodología de evaluación basada en pruebas no destructivas debe contemplar también la ejecución de sondeos y ensayos de laboratorio.

Sin embargo, estas perforaciones no deben efectuarse con el esquema clásico de tomar gran cantidad de pequeñas muestras a equidistancias a lo largo de todo el recorrido (ejemplo: cada Km.), sino que su ubicación debe ser seleccionada sobre la base de los resultados del deflectograma del tramo.

De esta manera, en los lugares elegidos basándose en el mencionado deflectograma se realizará perforaciones tipo calicatas, en correspondencia con el punto de ensayo con la Viga Benkelman, para comprobar la condición de la estructura del pavimento y del suelo de fundación, y justificar así las deflexiones obtenidas. Es conveniente realizar dichas perforaciones en zonas de mal y buen comportamiento, a fin de comparar los resultados de ambas, lo que constituye una gran ayuda para establecer las causas de las fallas.

3.5.2.a.- Ejecución de las Perforaciones en Pavimentos Existentes

Las calicatas o fosas de observación se realizarán afectando desde la berma hasta el centro de la huella externa, sobre la que se llevará a cabo los ensayos.

Juntamente con la identificación de las distintas capas y la determinación de sus espesores, se llevará a cabo una evaluación visual del estado de las mismas, indicando aspectos tales como grado de fisuración de las capas asfálticas, defecto o exceso de ligante y desagregación de las mismas, presencia de agua en la superficie de contacto entre capa asfáltica y granular, variación de espesor de las distintas capas a lo ancho de la perforación, consistencia y humedad de las capas granulares, etc.

Como se trata de evaluar la condición en que se encuentran realmente las capas que com-

3.60.- JUICIO SOBRE LA EVALUACION DEL PAVIMENTO

Una vez finalizada las distintas tareas para la evaluación de los pavimentos tanto en campo y en laboratorio y obtenidos los datos necesarios, se debe llevar a cabo un análisis de los mismos que conduzca a establecer la capacidad estructural actual del pavimento en relación con el tránsito que soporta la calzada. Como resultado de este análisis se llega a establecer la necesidad y tipo de rehabilitación requerida.

En el cuadro siguiente nos atrevemos a comparar las diferentes escalas o niveles del estado de los pavimentos que proporcionan algunos métodos de evaluación (tanto estructural como superficial), con el fin de uniformizar la necesidad y el tipo de rehabilitación requerida.

CONDICION DEL PAVIMENTO			TIPO DE REHABILITACION
Según CONREVIAl	Según PCI	Según SP'PMS	
Condición Adecuada	100 – 40	Bueno – Regular	Tratamiento Superficial
Estructura Fatigada	40 – 15	Pobre	Refuerzo Estructural
Estructura Deficiente	15 - 00	Deficiente	Reconstrucción

SP'PMS.- Slurry Paver's Pavement Management System. Slurry Paver es una de las más grandes compañías en el rubro de mantenimiento de vías en E.U.

CAPITULO IV

ALTERNATIVAS DE SOLUCION EN LA REHABILITACION Y CONSERVACION DE LOS PAVIMENTOS REVESTIDOS CON ASFALTO

ALTERNATIVA DE SOLUCION PARA LA REPARACION DE LOS PAVIMENTOS REVESTIDOS CON ASFALTO

GENERALIDADES

Una vez que han sido analizados todos los conceptos anteriores (nivel de servicio, condiciones superficiales del pavimento y capacidad estructural), se debe pasar a la siguiente etapa, quizás la más importante, de tomar una decisión acerca del tipo de rehabilitación más adecuada. Las cuales podrán comprender desde un simple tratamiento superficial hasta por la construcción de carpetas de refuerzo.

Cuando la calzada no evidencia signos de debilidad estructural, la rehabilitación se orienta hacia la corrección de aquellas fallas superficiales o funcionales que afectan la viabilidad de la misma.

Existen numerosas alternativas para la corrección de los defectos superficiales, desde simples reparaciones localizadas hasta la ejecución de tratamientos superficiales integrales para la restitución del gálibo, cuya elección dependerá de cada caso particular.

En el presente trabajo se intenta fomentar la utilización de las Emulsiones Asfálticas como ligante (ver **Anexo C**), por sus innumerables ventajas. Siendo en algunos casos no conveniente su empleo, específicamente en los tratamientos de imprimación.

Algunos de los motivos para usar emulsiones lo mencionamos a continuación:

- La utilización con agregados húmedos limpios, lo cual facilita la adhesividad activa y que generalmente es inadmisibile cuando se emplean otros tipos de ligante (CAPs, alquitranes, etc).
- Se utiliza a temperatura ambiente. No requiere de calentamiento, evitando así pérdidas de energía, dinero, riesgos de incendio, etc.
- Su empleo permite abrir la obra a la circulación vehicular en un mínimo de tiempo.
- Y sobre todo, no contamina el medio ambiente. Recuérdese que solventes de petróleo son usados en CutBack, Asfaltos Rebajados, para fluidificar el asfalto lo suficiente para

ser aplicado o mezclado con otros materiales (agregados). Después de mezclado o aplicado, el solvente se evapora, liberando hidrocarburos a la atmósfera (en muchas áreas de E.U. la venta y el uso de Asfaltos Rebajados CutBack han sido prohibidos).

Todas estas características, y otras más, proporciona un aumento de la rentabilidad en la ejecución del servicio.

Las técnicas para mantener y reparar los pavimentos de las vías universalmente más conocidos y efectuados son:

- **Parchado y Sellado de Fisuras sobre áreas falladas de la superficie del pavimento;** A veces son trabajo de emergencia. Estas reparaciones se comportan de una mejor manera cuando seguido por un tratamiento superficial dentro de dos años después completan las reparaciones.
- **Tratamientos Superficiales;** Aplicaciones de Fog, Slurry o Chip Seal a la superficie entera de los pavimentos para proteger a estos de la oxidación, humedad y otros agentes que lo deterioran tempranamente.
- **Refuerzo Estructural;** Adición de una capa asfáltica de refuerzo sobre los pavimentos existente para reforzarlo y alargar su vida de servicio.
- **Reconstrucción;** Colocación de una nueva estructura, ya que la actual se encuentra colapsada.

La elección de la(s) alternativa(s) de reparación depende de varios factores como son: el estado actual de la condición del pavimento (según evaluaciones), factores económicos (presupuesto que se tiene para el programa de mantenimiento), etc.

Según el Slurry Paver's Pavement Management System, una de las más grandes compañías en el rubro de mantenimiento de vías en E.U., recomienda que en estudios preliminares, la elección de la alternativa de reparación de acuerdo al juicio de evaluaciones puede llevarse de la siguiente manera:

CONDICION PAVIMENTO	DESCRIPCION	ALTERNATIVA CONVENIENTE
Bueno	Pavimento medianamente nuevo, con extensión de fisuras en menos de 10% y requiere poco o ningún trabajo de parchado y sellado de fisuras.	Fog Seal – Slurry Seal
Regular	Pavimento de mediana edad con respecto a su vida útil, extensión de fisuras en menos de 20%, requiere de sellado de fisuras y algunos parchados.	Chip Seal
Pobre	Pavimento envejecido, extensión de fisuras en menos de 40%, baches frecuentes y distorsiones superficiales que afectan su serviciabilidad.	Refuerzo Estructural
Muy Pobre	Pavimento casi o completamente colapsado, extensión de fisuras en mas del 40%, frecuentes baches y distorsiones superficiales que afectan su serviciabilidad, con un historial de frecuentes reparaciones.	Reconstrucción

A continuación explicaremos detalladamente cada uno de las alternativas de reparación mencionadas para los diferentes tipos de fallas en los pavimentos. Cabe recalcar que estas alternativas de reparaciones se deben efectuar según los resultados de evaluaciones ejecutadas y las prioridades que se tengan.

4.1.0.- TRATAMIENTOS PRELIMINARES

Los tratamientos o riegos de imprimación y los riegos de liga son aplicaciones de asfalto líquido o emulsiones asfálticas sobre el firme terminado o sobre otras capas inferiores del pavimento.

4.1.1.- RIEGO DE IMPRIMACIÓN

Se define como riego de imprimación la aplicación de un asfalto líquido de baja viscosidad o de asfalto emulsificado sobre una superficie con capacidad de absorción. Se suele utilizar para preparar el firme no tratado que va a ser cubierto con un revestimiento asfáltico.

Un riego de imprimación sirve tres propósitos:

- Ayuda a prevenir la posibilidad que se desarrolle un plano de deslizamiento entre la capa de firme y la capa superficial (ayuda a adherirla a la carpeta superior).
- Evita que el material de firme se desplace bajo las cargas de tránsito, durante la construcción, antes de que la primera capa sea colocada (endurece la superficie).
- Protege las capas de firme de la intemperie.

COMPONENTE

Ligante Bituminoso

Los ligantes a emplear deberán cumplir, entre otros, los siguientes requisitos:

- Fluidez
- Curado medio.

Serán de baja viscosidad con el objeto que puedan aplicarse fácilmente, penetren por capilaridad e impregnen la superficie.

Deberán ser de curado medio para favorecer el proceso de penetración. Al ser de curado

rápido el ligante quedaría en la superficie, la penetración sería escasa o nula, obteniéndose una superficie de alfombra bastando el paso de un vehículo para que el ligante se adhiriera a los neumáticos y se levante.

Para este tipo de tratamiento, se recomienda la utilización de los siguientes ligantes:

Condición	Según Norma Internacional	En el Perú
Firme de textura abierta	MC-70	RC-250+15% Keros. Indust.
Firme de textura cerrada	MC-30	RC-250+25% Keros. Indust.

Sobre bases granulares, con cierto grado de porosidad, es posible el empleo de emulsiones de rompimiento lento del tipo CSS-1, o CSS-1h diluida con agua hasta una concentración de ligante de 30 – 40%. Para mejorar la penetración de las emulsiones es conveniente el previo mojado del firme mediante riego ligero con agua, a fin de obtener un humedecimiento de la superficie, pero sin llegar a la saturación.

En el caso que la capa a tratar sea muy cerrada, no es conveniente el empleo de emulsiones, pues no se obtiene penetración siendo más aconsejable la utilización de asfaltos líquidos tipo MC-30, que por el elevado contenido y tipo de fluidificante penetrará por capilaridad en la base estabilizada.

PROCEDIMIENTO

- Antes del riego es necesaria la limpieza y eliminación previa de toda suciedad o material que puede ser perjudicial para una adecuada penetración del ligante (puede usarse una barredora mecánica o soplador, según sea necesario).
- Aplicación del ligante mediante un distribuidor de asfalto.

Cuando se trate de un material poroso, la superficie deberá estar seca o ligeramente hú-
da, el cual se logrará por el rociado de agua en la superficie.

- Curado (periodo normal 24 horas).

DOSIFICACIÓN

Las cantidades de aplicación para riegos de imprimación varían con el tipo de asfalto utilizado.

Para un asfalto líquido de curado medio, MC-30 o MC-70, la cantidad de aplicación varia entre 0.9 y 2.1 lt/m²; cuando se usa un asfalto emulsificado, CSS-1 o CSS-1h, varia entre 0.5 a 1.4 lt/m² por cada 25 mm. de profundidad. Los valores exactos de aplicación serán determinados por el Ingeniero.

RECOMENDACIONES

- Las temperaturas de rociado recomendadas para los tipos y grados de asfalto comunmente usados en riego de imprimación son:

Tipo y Grado de Asfalto	Margen de Temperaturas	
	°F	°C
CSS-1	70 – 160	20 – 70
CSS-1h	70 – 160	20 – 70
MC-30	85 +	30 +
MC-70	120 +	50 +

- En ocasiones, se aplica demasiado asfalto diluido a la capa de firme. En estos casos, no todo el asfalto es absorbido por el material de base, aun después de un periodo normal de curado (24 horas). Este exceso de asfalto deberá secarse con arena limpia, para evitar que el riego de imprimación presente exudación a través del concreto asfáltico, o que produzca un plano de deslizamiento. El proceso de secamiento consiste en rociar arena limpia sobre la superficie que ha sido imprimada, y luego apisonar la superficie con una compactadora de neumáticos.

Sin embargo, el exceso de arena deberá removerse de la superficie antes de colocar la mezcla asfáltica sobre el firme. Cualquier exceso de arena evitará que se btenga una buena liga entre la capa de firme y las capas asfálticas.

- El riego de imprimación debe inspeccionarse antes de la pavimentación, para asegurar que se encuentra en buena condición.

4.1.2.- RIEGO DE LIGA

Se define como riego de liga la aplicación de un ligante bituminoso (usualmente emulsiones) sobre la superficie de un pavimento asfáltico existente, previamente a la colocación de una capa asfáltica de refuerzo. Su objetivo de este tratamiento es obtener una buena ligazón entre la nueva capa y la capa existente. La falta de adherencia entre capas se manifiesta generalmente por desplazamiento de la superior (nueva) sobre la inferior, debido a los esfuerzos tangenciales de aceleración y frenada, y tiene lugar mas particularmente si la capa de mezcla es de poco espesor y el trazado presenta pendientes longitudinales o transversales importantes.

Los riegos de liga también son usados en lugares donde la mezcla en caliente entra en contacto con la cara vertical de las aceras, las cunetas, y las estructuras y juntas de pavimento frío.

COMPONENTE

Ligante Bituminoso

Los ligantes deberán ser fluidos, para permitir una aplicación exacta, fácil y uniforme. El exceso de ligante producirá posibles exudaciones e, incluso, inestabilidades de las capas superiores.

El uso de ligantes con solventes, asfaltos líquidos, podría contaminar las capas bituminosas con disminución o perdida de sus características mecánicas. Por lo tanto los tipos de ligantes recomendables para el riego de liga son las emulsiones asfálticas de tipos CRS (ideales), CMS o CSS.

PROCEDIMIENTO

- Limpieza y eliminación previa de toda suciedad, o material que pueda ser perjudicial para la adecuada adherencia entre las capas (puede usarse una barredora mecánica).
- Aplicación del ligante mediante un distribuidor de asfalto.
En caso de ser necesario, se recomienda humectar la superficie previo al riego de liga, cuando la superficie se encuentra muy caliente o es muy porosa.
- Curado del ligante.

DOSIFICACION

La cantidad de aplicación para riegos de liga es normalmente de 0.35 a 0.90 lt/m² de emulsión diluida en agua en proporción 1:1. Si la aplicación es muy poca, no habrá ligazón donde se necesita. Si la aplicación es muy alta, puede haber un desprendimiento entre la capa existente y la capa nueva. Además, demasiada emulsión puede causar exudación hacia la capa de refuerzo y pérdida de estabilidad de la mezcla. La dosificación a emplear dependerá de la textura y grado de porosidad de la superficie a tratar.

RECOMENDACIONES

- Los riegos de liga no deberán aplicarse en periodos de clima frío o húmedo.
Los mejores resultados se obtienen si la superficie a regar esta seca. Normalmente los riegos de liga se aplican el mismo día en que se va colocar la capa de refuerzo.
- Las temperaturas sugeridas de rociado del ligante son las mismas que para el riego de imprimación.
- Mantener el tránsito fuera del riego de liga para que no presente una condición peligrosa. La superficie de un riego de liga aparece resbaladiza antes de romper se la emulsión (el agua en el asfalto emulsionado empieza a evaporarse y el asfalto comienza a ligarse con la superficie del pavimento existente).

4.2.0.- REPARACIONES LOCALIZADAS (LOCALIZED REPAIRS)

GENERALIDADES

Una falla localizada es aquella falla que afecta una zona específica en el tramo de una vía, cual debe ser tratada, pudiendo ser una falla de origen estructural (fatiga o deficiencia estructural) o de tipo superficial.

El objetivo del tratamiento de una falla localizada es evitar que esta se generalice, comprometiendo las capas inferiores y expandiendo el daño, y mejorar la comodidad de manejo en la vía.

Los tratamientos más comunes ejecutados en zonas reducidas son: el sellado de fisuras, los bacheos (tapado de baches, pot-holes), y los famosos parchados o reparaciones localizadas de fallas que afectan la transitabilidad vehicular.

A continuación detallaremos las diferentes alternativas para la reparación de estas fallas localizadas.

4.2.1.- SELLADO DE FISURAS (CRACK SEALING)

GENERALIDADES

Cada superficie de asfalto desarrolla grietas sobre el tiempo. Pero si estas no se tratan, estas fisuras pueden conducir a serios deterioros en la vía.

Por lo tanto, el sellado de fisuras se debe considerar una alta prioridad, además que es relativamente de menor costo frente a las reparaciones de los posibles daños que pudiera ocasionar el no sellarlas (parchados de potholes y eventuales reconstrucciones).

Existen dos razones importantes para sellar las fisuras:

- Prevenir la intrusión de materiales incompresibles dentro de las fisuras.
- Prevenir la intrusión del agua dentro de las capas inferiores (firme, cimiento).

Muchos fallas pueden ser causados por la infiltración del agua. Si esto es prevenido, hay menos oportunidad para el desarrollo de estas fallas.

Las fallas reparadas sellando fisuras individuales son las del tipo longitudinales, transversales, diagonales, en juntas de construcción, etc.

PRODUCTOS SELLADORES

Hoy en día hay una amplia variedad de tratamiento de fisuras, como son el tratamiento con emulsión pura, con arena-emulsión, con slurry seal, etc.

A continuación detallaremos algunos tratamientos usados frecuentemente.

a.- TRATAMIENTO DE FISURAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA PURA

Este tratamiento es efectuado cuando las fisuras son de abertura de poca dimensión (cuando las aberturas son menores de 3mm., es difícil realizar un sellado efectivo).

La emulsiones recomendables son las de rotura lenta (CSS-1, CSS-1h).

b.- TRATAMIENTO DE FISURAS CON ARENA-EMULSIÓN

El tratamiento con arena-emulsión es uno de los más efectuados. A continuación detallaremos su dosificación:

Para un diseño preliminar se toma como referencia el siguiente cuadro:

Tipo de Mezcla	% Emulsión Asfáltica por Peso de Agregado (Aprox.)
Mezclas Cerradas	5.0 – 10.
Arenas, Arenas limosas	4.5 – 8.0
Mezclas Abiertas	6.0 – 8.0

Ahora, para el diseño definitivo existen varios métodos los cuales nos dan el % de cemento asfáltico y emulsión asfáltica, sin embargo estos valores son solo tentativos pues la dosificación adecuada se obtiene en el laboratorio.

A continuación, a manera de ilustración se detalla el método del I.A.

$$P = 0.32^a + 0.045^b + c^d + K$$

Donde:

P = % Cemento Asfáltico con respecto al peso total de la mezcla.

a = % Retenido en la malla N°10

b = % Pasa la malla N10 y es retenido en la malla N200

c = % Pasa la malla N°200.

d = 0.20 (11-15% pasa la malla N°200)

0.18 (6-10% pasa la malla N°200)

0.19 (Menos de 5% pasa la malla N°200).

K = Según el tipo de material y el % de absorción.

Tipo de Material	K
Grava o Arena de río o material redondeado de baja absorción	0.55
Grava angulosa, triturada de baja absorción	0.60
Rocas trituradas de alta absorción	0.80

Luego:

$$\% \text{ C.A.} = (100 * P) / (100 - P)$$

C.A. = % Cemento Asfáltico con respecto al peso del agregado.

Entonces:

$$\% \text{ E.A.} = (100 * \text{C.A.}) / \% \text{ Residuo Asfáltico}$$

c.- TRATAMIENTOS DE FISURAS CON SLURRY SEAL

El tipo de Slurry a utilizar dependerá de el tamaño de la abertura. Así, para aberturas de poca dimensión se utilizará un Slurry tipo I, y si estas aberturas son más grandes, se usarán Slurrys tipo II o III si es necesario. (ver Slurry Seal más adelante).

PROCEDIMIENTO

- Limpiar las fisuras con ayuda de escobillas y de una compresora de aire. Luego esperar que la grietas se encuentren secas.
- Llenar las fisuras con el sellador, empleando enrasador.
- Cuando haya curado, es recomendable sellar con un sello simple (de emulsión asfáltica), luego rociar a la zona sellada con arena para prevenir que el tráfico levante el llenado.

RECOMENDACIONES

- El tratamiento de sellado de grietas debe ser efectuado durante las épocas más frías del año cuando las grietas están más abiertas.
- Cuando las grietas son demasiado grandes o toda una zona esta agrietada, ya no será factible el sellado de la grieta, sino que habrá que remover todo el material agrietado y reemplazado con un parche asfáltico (Patching).

VENTAJA

Evita el desarrollo y formación de otras fallas mas complejas como potholes, desintegraciones, etc.

DESVENTAJA

El tratamiento de fisuras puede ser solo una solución provisional o una solución definitiva, todo depende del origen que tenga la falla.

4.2.2.- PARCHADO DE AREAS FALLADAS LOCALIZADAS (PATCHING)

GENERALIDADES

El parchado es definido como alguna área de la superficie de un pavimento existente que indica algún tipo de reparación de mantenimiento que ha tenido lugar. Esta área parchada puede ser un parche profundo (full depth patch) cual es considerado como una reparación permanente, o un parche superficial (skin patch) cual proveerá temporalmente una reparación de las fallas.

Estos pueden estar en lugares localizados, a lo largo de una o ambas bordes, en las huellas de canalización del tráfico, en todo lo ancho de la vía por distancias cortas, o una combinación de alguna de éstas.

El parchar una área deteriorada trae consigo beneficios, los cuales señalamos:

- Restaura la manejabilidad (capacidad, habilidad de manejo) en la vía.
- Reduce el riesgo de daños y perjuicios que pudiera ocasionar.
- Detiene los daños que pudieran extenderse.

La carpeta de revestimiento en el área afectada (parchado) debería ser con una mezcla asfáltica en caliente (como fue originalmente), pero ya que este tipo de mezclas nos están disponibles en el momento o no hay una demanda suficiente en las reparaciones que pudiera justificar el costo de su producción, las mezclas en frío son usados. Existen también en el mercado un número disponible de materiales mezclados en frío con propiedades iguales o mejores que las mezclados en caliente.

A continuación detallaremos algunas alternativas para un adecuado parchado:

4.2.2.a.- PARCHADO USANDO MEZCLAS EN FRÍO (COLD MIX)

Las mezclas en frío son utilizadas como alternativa de carpeta de rodadura en áreas falla-

das localizadas generalmente debilitadas estructuralmente tales como: zonas de depresiones, de levantamientos, con potholes, con fisuras tipo piel de cocodrilo, con fisuras en bloque, desintegraciones, etc.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Una vez clasificado el tipo y evaluado la magnitud de la falla (en área y profundidad), se procede a cuadricular y remover la(s) capa(s) dañada(s).
- Si la falla es profunda, se compactará la capa que se encuentre en óptimas condiciones y se colocará material adecuado (de mayor calidad que la anterior), controlando su densidad. Si la falla es superficial (solamente remover la carpeta existente), se compactará el firme.
- Una vez preparada la superficie, se procede al riego de ligante (emulsión asfáltica de curado rápido o medio).
- Cuando el riego de liga este curado se procede a colocar y esparcir la mezcla en frío, extendiéndola con pavimentadora, motoniveladora o rastrillo, según la magnitud del trabajo.
- Acto seguido se compacta la mezcla colocada al nivel del pavimento existente, pudiendo hacerse con compactadora manual o equipo pesado. Generalmente la compactación se realiza después del esparcido. Sin embargo, existen casos en que necesitamos dar un tiempo de fragua a la mezcla, para que ella acepte mejor la compactación.
- Terminada la operación de compactación, el tránsito puede ser abierto inmediatamente o al cabo de unas horas, dependiendo del tipo de emulsión usada en la mezcla en frío.

VENTAJAS DE LAS MEZCLAS EN FRÍO

Las mezclas de este tipo tienen la enorme ventaja de poder usarse inmediatamente, ser transportadas a largas distancias, o bien, pueden ser almacenadas para usarse posteriormente. Estas facilidades de empleo, hacen que mezclas frías (mezcladas en planta) sean una

buena alternativa para las reparaciones de pavimentos.

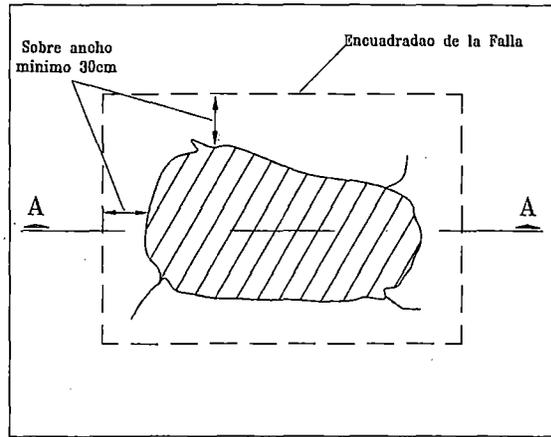
DESVENTAJAS

Existen ciertas desventajas en las mezclas en frío, dependiendo del tipo de falla, que lo hacen perder puntos en comparación con otras alternativas. Estas son algunas:

- Paralización larga del tránsito (necesario desvío).
- Preparación del terreno (remoción y compactación).
- Requerimiento de liga asfáltica.
- Duración efectiva de la reparación, aproximadamente 3 años.

En las siguientes figuras se muestran los procedimientos para la reparación de las diferentes fallas:

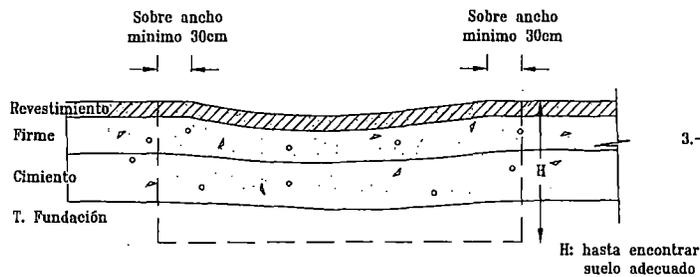
FALLA : DEPRESION



1.- Determinación de tipo
magnitud de la falla

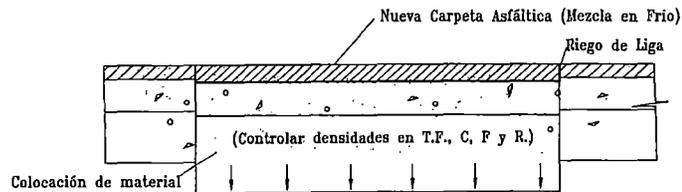
2.- Encuadrado de la
zona de trabajo

DEMARCAACION DE ZONA DE TRABAJO



3.- Retiro de las capas
componentes falladas

CORTE A-A



4.- Colocación de material
para cimiento y firme

5.- Compactación del material

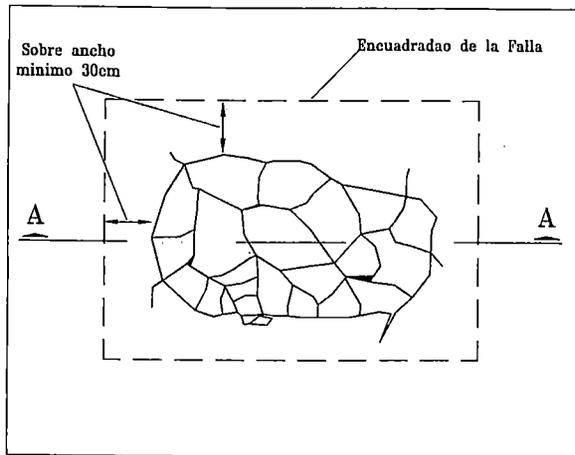
6.- Riego de Liga

7.- Colocación y compactación
de la nueva carpeta asfáltica

ZONA REPARADA

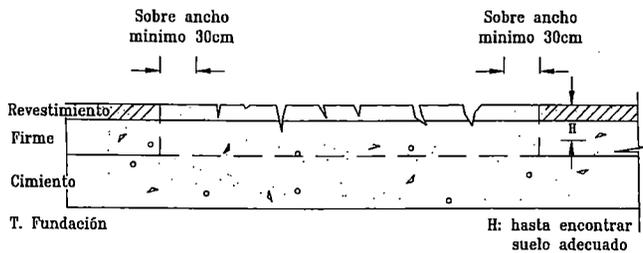
Figura 4.2.2.a1

FALLA : FISURA EN BLOQUE SEVERO



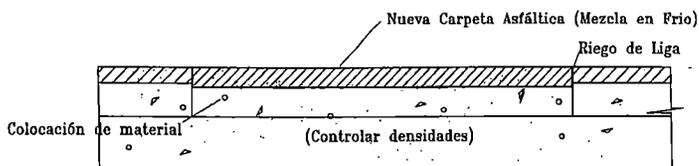
DEMARCAION DE ZONA DE TRABAJO

- 1.- Determinación de tipo magnitud de la falla
- 2.- Encuadrado de la zona de trabajo



CORTE A-A

- 3.- Retiro de las capas hasta el cimiento



ZONA REPARADA

- 4.- Colocación de material para firme
- 5.- Compactación del material
- 6.- Riego de Liga
- 7.- Colocación y compactación de la nueva carpeta asfáltica

Figura 4.2.2.a2

4.2.2.b.- PARCHE MOLDEABLE INSTANTÁNEO (PERMA PATCH)

GENERALIDADES

Este producto, es un tipo de asfalto instantáneo en frío desarrollado para satisfacer la necesidad de reparar fallas tales como potholes, descascarados, acabados de zanjas, etc., en forma rápida con solo una aplicación.

Este producto fue considerado uno de las mejores alternativas que se dispone en los Estados Unidos para reparar especialmente baches en el estudio realizado por el National Research Council de Washington D.C., bajo el título de Strategic Highway Research Program (SHRP) bajo el proyecto H-106.

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

- Capacidad de adherencia, pegado o fijación.

Por su concentrado químico se fija igualmente bien en superficies secas, mojadas o húmedas. Su capacidad de pegado es tal que pega fuertemente en roca, madera, acero, asfalto y concreto.

- Durabilidad.

Sus características de plasticidad, adherencia e impermeabilidad no producen las tradicionales fisuras de separación, fisuras de separación entre el parche y el antiguo pavimento, evitando filtraciones de agua y resquebrajamiento.

- Es ecológico y antideslizante

Por tratarse de una mezcla en frío que no requiere mezclarse en revolvedora ni calentarse, se evita el desprendimiento de polvo y gases contaminantes. Su particular textura lo hace antideslizante aumentando la seguridad de los conductores.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Densidad Real : 1.6 Kg/m³

Absorción:	0.7%
Presentación:	Sacos de aprox. 30 Kilos (importado de Chile al Perú)
Rendimiento aprox.:	1 m ² a 3 cm. - 1.5 sacos Compactado. 1 m ² a 5 cm. - 2.0 sacos Compactado.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

El procedimiento de tirar y compactar con vehículo consiste de los siguientes pasos:

- Hacer los señalamientos pertinentes para desviar el tráfico.
- Remoción del bache, únicamente las piedras grandes o materiales ajenos (latas, papel, ramas, etc.).
- Vaciar el Asfalto Moldeable directamente del bulto (saco) en el área afectada (que puede estar o no lleno de agua o restos de partículas finas), y se esparce hacia los bordes con un rastrillo plano. No requiere de un riego de liga.
- Compactar el bache utilizando un pisón o bien las llantas de un vehículo (el normal flujo de los vehículos se encarga de hacer el trabajo). No se adhiere a los neumáticos.
- Verificar que el bache compactado tenga una "copete" de aproximado ½ cm.
- Inmediatamente después abrir al tráfico una vez que se hayan tomado medidas de seguridad.
- Cambiarse al siguiente bache y repetir el procedimiento.

En caso de contar con un compactador mecánico los resultados son excelentes.

VENTAJAS EN SU USO

- No requiere el uso de equipos costosos, ni la actuación de un numerosos grupo de personas, ni transportes especiales.
- No requiere preparación inicial, tal como remover agua, sacar o remover restos de agregados menores sueltos, no se requiere aplicar ninguna capa de recubrimiento especial.

Salvo en casos que el bache tenga mas de 5 cm. de profundidad en cuyo caso se puede

lograr ahorro relleno con gravilla.

- Breve tiempo de frague o endurecimiento.

Después de la aplicación del Parche Moldeable, el tránsito puede ser abierto inmediatamente sobre el área reparada, ya que por ser un producto sensible a la presión fragua mejor mientras mayor sea el volumen de tráfico que circula sobre él.

- No requiere uso de equipo pesado de compactación, el trabajo se puede ejecutar con compactadoras manuales.

DESVENTAJAS

Algunas de las desventajas que se han encontrado en este producto son:

- Alto costo inicial en comparación con las reparaciones con mezclas en frío tradicional.
- Si no se compacta después de colocado el producto, las cargas de los vehículos lo harán, pero en forma desigual, quedando la superficie con pequeños desniveles.
- Este tipo de tratamiento no es recomendable en reparaciones de áreas falladas localizadas profundas, debido a su elevado costo.

4.3.0.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL INTEGRAL (SURFACE TREATMENT)

GENERALIDADES

Años atrás, los tratamientos asfálticos superficiales se constituyeron en una solución imprescindible, tanto en la construcción como en la conservación de los pavimentos asfálticos en servicio.

Esta técnica permite disminuir en forma sustancial los costos de mantención y transporte, proporcionando a la carretera una superficie de rodadura impermeable, segura y adecuada para el tránsito de los vehículos durante todo el año.

Sin embargo, debido al avance tecnológico los tratamientos superficiales tradicionales fueron de alguna manera desplazados del mercado mundial por los sistemas Slurry Bituminosos utilizando Emulsiones Asfálticas, gracias a su mejor comportamiento frente a la acción del tráfico, y lluvias, reportando mejor textura, impermeabilidad y durabilidad. Cabe destacar que los tratamientos superficiales constituyen capas de protección que no aportan resistencia estructural al pavimento.

El concepto de tratamiento superficial comprende diversas aplicaciones de ligante o ligante-agregado, generalmente de espesores menores de 1plg., aplicados sobre cualquier clase de superficie de calzada.

Cada tipo de tratamiento superficial implica un objetivo específico, debiendo evaluarse cada situación, para asegurar que la alternativa elegida sea la más adecuada de acuerdo a la solución requerida.

A continuación detallaremos los tratamientos superficiales más conocidos y usados.

4.3.1.- SELLO NEGRO (FOG SEAL)

DEFINICIÓN

Puede definirse a los Sellos Negros como el proceso de aplicar un ligante bituminoso, diluido con agua, sobre una superficie asfáltica existente. Donde esta superficie asfáltica existente muestra signos de envejecimiento, pérdida de agregados (revelling), etc.

Para que esta técnica se aplique, el pavimento existente debe estar estructuralmente en buenas condiciones.

UTILIZACIÓN

Estos sellos son tratamientos superficiales utilizados para mejorar e impermeabilizar la textura superficial del pavimento asfáltico.

Se destacan además otros objetivos de este tipo de sellos.

- Fijar los áridos superficiales impidiendo su desprendimiento bajo los efectos del tránsito (desgaste).
- Proteger del envejecimiento el ligante de las capas inferiores.
- Sellar pequeñas grietas y vacíos en la superficie.
- En algunos casos, los sellos negros se utilizan como tratamiento final en la sujeción y fijación de áridos superficiales, y, en otros, con emulsiones diluidas muy fluidas, para uniformar tonalidades.

COMPONENTE

Ligante Bituminoso

Como en la mayoría de los riegos sin agregado de cubierta, los ligantes a emplearse deben ser fluidos y de baja concentración, resultando especialmente adecuado para este efecto el uso de las emulsiones asfálticas de tipo quiebre lento en dilución. Por lo tanto, las emulsiones típicamente usadas son: CSS-1 y CSS-1h; también puede ser usado el CMS.

DOSIFICACIÓN

La emulsión deberá ser diluida con agua limpia.

La proporción a la cual se diluirá es variada, siendo en la mayoría de los casos de una parte de emulsión con una parte de agua (1:1). Pero ésta puede variar hasta en 1:5, dependiendo en el pavimento y la condición en la que se encuentre.

El rango normal de aplicación varia desde 0.40 Lt/m² a 0.90 Lt/m² de material diluido, lo cual dependerá de la textura y sequedad del pavimento envejecido.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

- Se limpia la superficie a ser tratada.
- Se aplica el riego de ligante, usando un distribuidor de asfalto convencional.
- Finalmente, se espera a que el curado del ligante utilizado se haya producido para abrir el tránsito.

VENTAJA

Mejora e impermeabiliza la textura superficial del pavimento, regenerándolo.

DESVENTAJA

Debe tomarse precaución, debido a que esta técnica puede reducir la Resistencia al deslizamiento (Skid Number) del pavimento.

4.3.2.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON AGREGADOS (CHIP SEAL)

DEFINICIÓN

Este tratamiento superficial consiste en el riego de ligante seguido de la aplicación de una capa delgada de agregado que se compacta en forma inmediata, estos puede repetirse según el tipo de tratamiento (Single Coat o Double Coat).

En estos tratamientos, mientras que el ligante desempeña una doble función, impermeabilizar el pavimento, por un lado y fijar gravillas por otro, la capa de gravilla aporta las características antideslizantes y resistencia a la circulación de los vehículos.

Es decir, con un tratamiento superficial, se pretende conseguir dos objetivos fundamentales que son impermeabilizar la superficie y obtener una rugosidad superficial que impida el deslizamiento de los vehículos.

COMPONENTES

Agregados

Los agregados a utilizar en tratamientos superficiales deberán proceder de la trituración de piedras de cantera o grava natural.

El tamaño del agregado colocado en una capa debe ser en lo posible uniforme, es decir, el material pasa por un tamiz y queda retenido en el tamiz siguiente.

Si la diferencia entre el tamaño de las partículas más grandes y el de las más pequeñas es considerable, la película de asfalto puede llegar a cubrir completamente las partículas más pequeñas, no permitiendo el embebimiento adecuado de las más grandes. Si sucede esto, las partículas de mayor tamaño pueden ser fácilmente desprendidas por el tránsito de alta velocidad.

Generalmente, el tamaño más grande del agregado para un tratamiento superficial no deberá ser más de dos veces el tamaño de la partícula más pequeña, con una tolerancia razonable de tamaños gruesos y finos que permitan una producción económica.

En el cuadro 4.3.2., se muestra diferentes Husos Granulométricos a los cuales deberán ajustarse las granulometrías antes descritas:

	TIPOS			
	A 20/9	A 13/4	A 10/2	A 5/1
Tamaño max. (mm)	20	13	10	5
Tamaño min. (mm)	9	4	2	1
Tamaño medio (mm)	15	9	6	3
TAMIZ ASTM	PORCENTAJE QUE PASA			
3/4 (19.0mm)	90-100	100	100	100
1/2 (12.7mm)	10-40	90-100	100	100
3/8 (9.50mm)	0-20	20-55	90-100	100
1/4 (6.35mm)		0-15	10-40	90-100
N4 (4.75mm)		0-5	0-15	20-55
N8 (2.36mm)			0-5	0-5
N16 (1.18mm)				0-5

Cuadro 4.3.2

La elección del tamaño máximo determinará la suavidad de la superficie de rodado; para tamaño máximo 1/2", se obtendrá una superficie de rodado más suave que para tamaño máximo 3/4". Como concepto se debe utilizar husos granulométricos que permitan obtener texturas más cerradas cuando el objetivo sea la impermeabilización superficial.

Un exceso de humedad presente en el agregado puede afectar la adherencia ligante-árido, por este motivo debe controlarse y limitarse este % de humedad.

Ligante Bituminoso

En un tratamiento superficial, el papel del ligante es fundamental, ya que es el único vínculo de unión, no solo de los áridos entre sí, sino también de estos al soporte.

La primera condición que se debe exigir a un ligante es que posea una buena adherencia, tanto activa como pasiva, frente al agregado, deberá poseer además una fluidez inicial que permita un fácil mojado del agregado así como el poder desarrollar su cohesión en el menor tiempo posible.

Para este tipo de tratamiento los ligantes más adecuados son las emulsiones asfálticas de rompimiento rápido y elevada concentración (CRS-1, CRS-2), no siendo recomendable, el

uso de emulsiones con un residuo asfáltico inferior a 60%. Por el contrario es aconsejable el empleo de emulsiones de elevada concentración (65%), con lo que al ser de alta viscosidad, disminuye los riegos de escurrimiento en zonas de mucha pendiente, permitiendo además el empleo de agregados con mayor tamaño máximo.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL

La correcta ejecución de un tratamiento superficial depende de un conjunto de factores relacionados con la condición de la superficie, la aplicación del ligante, el extendido del agregado pétreo, la compactación, etc.

- Preparación de la Superficie de la Calzada.

Deben verificarse las zonas con baches, áreas fisuradas, depresiones, áreas con exudación de asfalto, y otros defectos superficiales. Se realizarán las correcciones y reparaciones debidas, tales como bacheo, sellado de fisuras, etc., resultando conveniente su ejecución con la debida anticipación al tratamiento superficial, con el objeto de asegurar la consolidación de las zonas reparadas bajo la acción del tránsito.

- Barrido.

El barrido es indispensable para asegurar una buena adherencia del tratamiento el soporte. Es necesario evitar que una película de polvo se interponga entre la superficie de la calzada y el tratamiento.

- Riego de liga o imprimación según se aplique sobre pavimento existente o base granular

- Aplicación del Ligante

Una vez efectuado todas las aplicaciones previas, y si las condiciones climáticas son las adecuadas, se procede a aplicar el ligante que, en conjunto con el agregado constituirá el tratamiento superficial.

El ligante debe pulverizarse correctamente, para lo cual la viscosidad será la adecuada para los sistemas de bombeo y de pulverización del distribuidor de asfalto o del aplicador manual.

- **Distribución del Agregado Pétreo.**

El agregado debe extenderse uniformemente en forma inmediata a la aplicación del ligante. Resulta esencial que el ligante sea cubierto con el agregado antes de transcurrido un minuto desde su aplicación. En caso contrario, el aumento de viscosidad del ligante después de ese tiempo, ya sea por enfriamiento o por comienzo del quiebre en las emulsiones, impedirá que se produzca un adecuado mojado y adherencia del agregado.

De acuerdo con lo anterior, el esparcidor de agregado debe ubicarse muy cerca del distribuidor de ligante, a una distancia que no sobrepase los 30 – 40m.

COMPACTACIÓN

La compactación debe ser una operación inmediata a la extensión del agregado pétreo, con el objeto que el árido sea presionado sobre la película del ligante aprovechando su baja viscosidad inicial. La oportuna y adecuada compactación permitirá que el agregado se asiente en el asfalto produciéndose una fuerte adherencia.

En la actualidad se prefiere que la compactación fundamental sea efectuada por compactadores de neumáticos que tienen la ventaja de presionar el agregado sin fracturarlo, proporcionando una presión uniforme sobre toda el área de contacto.

CONTROL DEL TRÁNSITO

El momento de apertura al tránsito y la velocidad del mismo durante las primeras horas, son fundamentales para obtener un tratamiento superficial de calidad.

Cuando el trabajo ha finalizado, se permitirá el tránsito con velocidad controlada, no sobrepasando los 20–30 Km/hr durante las primeras 24 hrs. El tiempo que debe transcurrir para el endurecimiento final depende de las condiciones climáticas.

4.3.2.a.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE (SINGLE COAT)

Este tratamiento consiste en una sola aplicación uniformemente distribuida de ligante bituminoso, seguido de una aplicación de árido de tamaño tan uniforme como sea posible. Esta se realiza sobre una superficie acondicionada y con una superficie apropiada a las condiciones de solicitación a que van a estar expuestas.

Este tipo de tratamiento puede ser usado para corregir superficies deterioradas de pavimentos antiguos, para proporcionar un recubrimiento impermeabilizante sobre la estructura de un pavimento existente o para corregir un desgaste ocasionado por un tránsito excesivo, superior al considerado en el diseño original.

Un tratamiento superficial simple es especialmente adecuado como un procedimiento de mantenimiento. También puede ser utilizado a continuación de una operación de sellado de fisuras. El tratamiento superficial simple se aplica para resistir el efecto abrasivo originado por el tráfico.

OPERACIONES DE EJECUCIÓN

Las operaciones que comprende la ejecución de un tratamiento superficial simple son las siguientes:

- Preparación de la superficie, mejoramiento, bacheo, sellado de fisuras.
- Limpieza, barrido.
- Riego del ligante sobre la superficie del pavimento existente (utilizando un distribuidor de asfalto convencional)
- El agregado limpio es colocado y extendido uniformemente
- El agregado es compactado usando una compactadora de ruedas neumáticas.
- Algún exceso de agregado es barrido.
- Apertura del tránsito con velocidad reducida.

DOSIFICACIÓN

Existen diversos métodos empíricos para la determinación de las cantidades óptimas de ligante y árido necesario para realizar un tratamiento superficial. Para simplificar el problema, lo primero es definir el tamaño y la cantidad del agregado a utilizar, ya que, en función de éste se determinarán las cantidades óptimas de ligante, el cual, para que adhiera perfectamente las gravillas, deberá quedar a una altura comprendida entre el 60 - 70% del tamaño de éstas; si se aplica menos ligante, la gravilla no quedará bien adherida y se producirán desprendimientos. Si el ligante se aplica en exceso se producirán exudaciones.

a.- MÉTODO PLANTEADO POR EL INSTITUTO DEL ASFALTO (USA)

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Se requiere dosificar el ligante y el agregado, de acuerdo a las características del agregado. Se debe analizar la superficie a tratar y los efectos que el tránsito produce en la misma. También se considerará el propósito del tratamiento.

Para tratamientos superficiales sobre pavimentos existentes, la textura de estos incide en la cantidad de ligante a utilizar.

DISEÑO

Para definir las cantidades de ligante y árido en este tratamiento, se debe determinar previamente lo siguiente:

1.- Índice Laminar

Para determinar este índice se realiza el análisis granulométrico con calibradores especiales. El cedazo es el British Standard (B.S).

PASA - RETENIDO	DIMENSIÓN	
	ANCHO (PLG)*	largo (plg)**
1" - 3/4"	0.525	1.57

3/4" - 1/2"	0.375	1.12
3/8" - 1/4"	0.263	0.79
1/4" - N°4"	0.188	0.56

* Esta dimensión es igual a 3/5 de la dimensión media.

** Esta dimensión es igual a 9/5 de la dimensión media.

Se determina el peso de material que pasa por los tamices de las distintas dimensiones que contiene el material a ensayar y luego se suma el total de ellos. Se determina el porcentaje de este peso en relación al peso total de la muestra ensayada.

2.- Tamaño Medio del Material

Para determinar el tamaño medio del material se gráfica el tamizado del material (Cedazo Standard) en un formato para granulometría (escala logarítmica). Se entra con la ordenada que pasa el 50% del material, interceptando la curva granulométrica, se proyecta sobre la abscisa determinando el Tamaño medio del material que corresponde a este 50%.

3.- Determinación del Promedio de la Menor Dimensión

Para obtener el promedio de la menor dimensión se usa el gráfico 1.a1. Una vez que ha sido determinado el tamaño medio del material a usar y su índice laminar, se determina el promedio de la menor dimensión del agregado, que es el espesor final del tratamiento.

Cálculo del Agregado.

Varias consideraciones, junto con experiencias prácticas han conducido al desarrollo de la siguiente ecuación:

$$C = M * [(1 - 0.4*V) * H * G * E]$$

Donde:

C = Agregado (Kg/m²)

V = Porcentaje de vacíos (expresado en forma decimal) V = W/G

W = Densidad aparente suelta del agregado.

G = Densidad real del agregado.

H = Promedio de menor dimensión del agregado, en mm.

E = Factor de pérdida del agregado, tabla 1.a1.

M = Factor de evaluación, que debe ser determinado a través de la experiencia, las condiciones del clima, tránsito y tipo de agregado; que puede tener un valor mayor o menor de 1.0, que es su valor normal.

FACTOR DE PERDIDA "E" EN EL AGREGADO	
% Pérdida Admitido*	E
1	1.01
5	1.05
10	1.10
15	1.15

Tabla 1.a1 / * Debido a descarga rápida y manipuleo.

Cálculo del Ligante

La cantidad de ligante a ser aplicado se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$B = K * (0.40 * H * T * V + S + A)$$

Donde:

B = Ligante (L/m²)

H = Promedio de la menor dimensión, mm.

T = Factor de tránsito/Tabla 1.a2.

V = Porcentaje de vacíos en el agregado, expresado en forma decimal.

S = Factor de corrección por textura superficial del pavimento/Tabla 1.a3.

A = Factor de corrección por absorción de los agregados (despreciable, salvo para áridos absorbentes o porosos)

R = Residuo asfáltico, expresado en decimal/Tabla 1.a4.

K = Factor de evaluación que debe ser establecido de acuerdo a experiencia, clima, tránsito y agregado; puede ser mayor o menor que 1.0, que es su valor normal.

GRAFICO PARA DETERMINAR LA MENOR DIMENSION

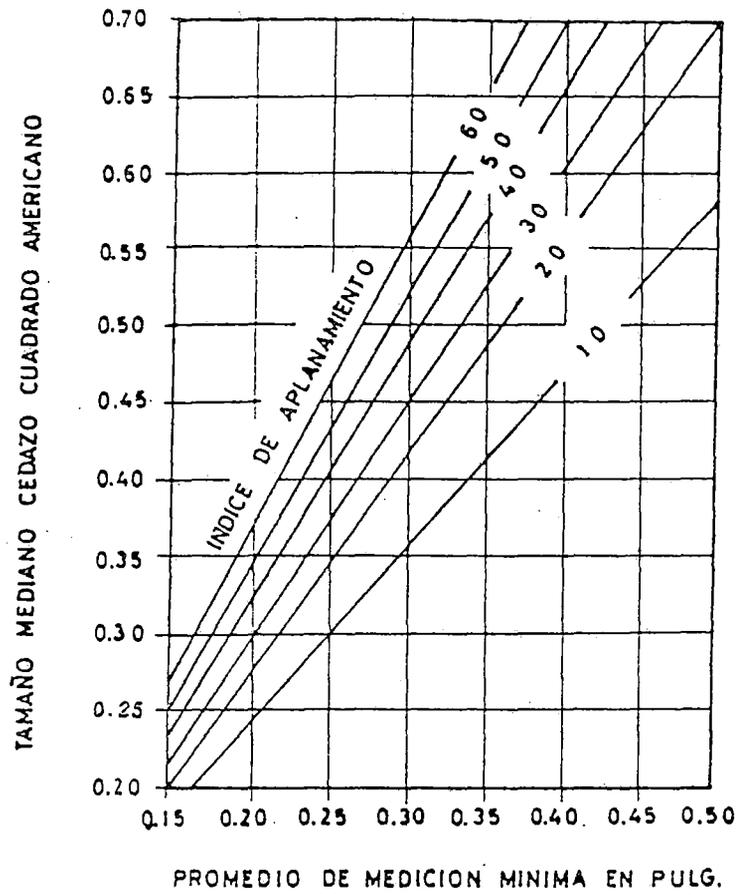


FIGURA 1.a1

FACTOR DE TRÁNSITO T	
Vehículos/día	T
0 - 100	0.85
200 - 500	0.75
500 - 1000	0.70
1000 - 2000	0.65
> 2000	0.60

Tabla 1.a2

FACTOR DE CORRECCIÓN S	
Textura	S (L/m²)
Superficie asfáltica exudada	-0.04 - 0.27
Lisa, no porosa	0
Levemente porosa, superf. oxidada	+0.14
Levemente disgregada, superf. oxidada	+0.27
Muy disgregada, superf. oxidada	+0.40

Tabla 1.a3

RESIDUO ASFÁLTICO R	
Emulsión asfáltica	R (min.)%
CRR (catiónica de rotura rápida)	62.0

Tabla 1.a4

b.- MÉTODO DE LINCKENHEYL (Regla del Décimo)

Este método, plantea lo siguiente:

El volumen de árido a extender (Q) será:

$$Q = 0.9 * M$$

Donde:

Q = Cantidad de árido en Lt/m².

M = Tamaño medio de la gravilla, en mm. $M = (D+d) / 2$

D = Tamaño máximo de la gravilla.

d = Tamaño mínimo de la gravilla.

La dosificación del ligante viene dada por la expresión:

$$L = 0.10 * Q$$

Donde:

$$L = \text{Cantidad de ligante en Lt/m}^2$$

RECOMENDACIONES ESPAÑOLAS

Las recomendaciones españolas, basadas en la anterior regla del décimo, suponen que la cantidad de árido necesario, incluido pérdidas, es:

$$Q = 1.01 * M$$

La dosificación de ligante se obtiene aceptando que 1Kg/m² de cemento asfáltico es capaz de retener entre 10-12 Lt/m² de árido. Sin embargo, ese Kg de ligante transformado en emulsión es capaz de retener entre 12 y 14 Lt/m² de gravilla.

A continuación, mostramos los rangos aprox. en los cuales puede variar la dosificación de agregado y ligante de acuerdo al tamaño de los agregados.

Línea	Tamaño del Agregado	Agregado (Kg/m ²)	Emulsión (Gal/m ²)	Emulsión recomendable
1	3/4" a 3/8"	22-27	0.48-0.61	CRS-2
2	1/2" a N°4	14-16	0.37-0.53	CRS-1; CRS-2
3	3/8" a N°8	11-14	0.24-0.42	CRR-1
4	N°4 a N°16	8-11	0.18-0.24	CRS-1; CRS-2
5	Arena	5-8	0.13-0.18	CRR-1

Las cantidades y tipos de materiales pueden variar de acuerdo a las condiciones locales y a la experiencia.

4.3.2.b.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE (DOUBLE COAT)

Consiste en dos riegos alternados y uniformemente distribuidos de ligante bituminoso y árido sobre una superficie acondicionada previamente. El tamaño medio de árido de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. El espesor total es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del árido de la primera aplicación.

En un tratamiento superficial doble, el agregado de mayor tamaño se ubica en la primera aplicación, determinando el espesor del tratamiento. La segunda aplicación sirve para llenar los vacíos de la capa de la primera aplicación. El grado en que estos vacíos son llenados, determina la textura y la cantidad de anclaje o traba entre el ligante y los agregados del tratamiento superficial.

Un tratamiento superficial puede ser utilizado como un tratamiento de conservación sobre un pavimento asfáltico existente. Adecuadamente diseñado y construido proporciona un considerable incremento, en durabilidad y resistencia, en comparación con un tratamiento simple, obteniéndose además, una mayor impermeabilidad.

En general los tratamientos superficiales dobles pueden ser utilizados para las mismas aplicaciones en que se especifican los tratamientos simples. Sin embargo, La mayor resistencia y durabilidad que proporcionan los tratamientos dobles, los hacen especialmente adecuados para condiciones de mayor sollicitación del tránsito, pendientes más profundas y climas más severos.

OPERACIONES DE EJECUCIÓN

Las operaciones que comprende la ejecución de un tratamiento superficial doble son las siguientes:

- Preparación de la superficie, mejoramiento, bacheo, sellado de fisuras.
- Limpieza, barrido.

- Riego del ligante sobre la superficie del pavimento existente (utilizando un distribuidor de asfalto convencional).
- La primera capa de agregados es esparcido uniformemente (con esparcidor de agregados).
- El agregado es compactado usando una compactadora de ruedas neumáticas.
- Algún exceso de agregado es barrido y eliminado.
- El segundo riego del ligante sobre la superficie es aplicado.
- La segunda capa de agregados se esparce uniformemente.
- Se compacta la segunda capa de agregados usando una compactadora de ruedas neumáticas.
- Apertura del tránsito con velocidad reducida.

DOSIFICACIÓN

a.- MÉTODO AMERICANO DE DISEÑO

Este método se basa en el propuesto por “The Asphalt Institute” de USA, al que se le ha efectuado algunas modificaciones.

CONSIDERACIONES

Se considera, que en un doble tratamiento, la primera aplicación de agregado determina normalmente el espesor. La segunda aplicación sirve sólo para llenar parcialmente los vacíos superficiales de la primera capa. La forma en que estos vacíos se llenen determinará la textura superficial. El tamaño del agregado de la segunda aplicación corresponde a la mitad del tamaño del agregado de la primera aplicación.

Para determinar la cantidad de ligante requerida en cada aplicación, se emplea la teoría de volúmenes absolutos. Esta teoría supone arbitrariamente que:

- Las partículas del agregado fino llenan los vacíos superiores dejados por el agregado Grueso.

- El espesor final es aproximadamente igual al tamaño máx. del agregado grueso.
- Los vacíos tienen un volumen absoluto final de 5 a 7%.

ENSAYOS

Para efectuar el diseño se deben realizar necesariamente los siguientes ensayos:

- Ensayo Granulométrico (para determinar el espesor medio de las partículas de agregado de la primera y segunda aplicación: M_1 y M_2).
- Densidad Aparente Suelta (para la primera y segunda aplicación de agregado: Pa_1 y Pa_2).
- Densidad Real Seca (para la primera y segunda aplicación de agregado: PRS_1 y PRS_2).

DISEÑO

1.- Cálculo del Espesor Medio de la Partículas de Agregado.

El espesor medio se calcula de acuerdo a los coeficientes y procedimientos dados en la tabla siguiente:

Tamiz(mm)	Tamiz	% Pasa	% Retenido	Coefficiente	Espesor
25	1"	-	-		(mm)
20	3/4"	-	-	22	-
12.5	1/2"	-	-	15.8	-
10	3/8"	-	-	11	-
5	Nº4	-	-	7.1	-
2.5	Nº8	-	-	3.6	-

El espesor medio (M) es la resultante de la suma de los productos: material retenido (en decimal) * respectivo coeficiente.

2.- Cálculo de Volúmenes Absolutos (Lt/m^2)

Volumen total en $1m^2$ de tratamiento doble: M_1 (mm.)

Volumen de vacíos: $V_v = v * V/100$; ver Tabla 2.a1.

Volumen de asfalto: $V_b = P_b * V/100$; ver Tabla 2.a1.

- Volumen de agregado 2da. aplicación: $V_2 = M_2 * P_{a2}/PRS_2$
- Volumen de agregado 1ra. aplicación: $V_1 = M_1 - (V_2+V_v+V_b)$
- Ligante en peso (Kg/m²) $L = (V_b * P_b / k) * (1/1000)$; ver Tabla 2.a2.

DISEÑO RECOMENDADO

Agregado 1ra. Aplicación (Kg/m²) $S_1 = 1.05 * PRS_1 * V_1 * (1/1000)$... (1)

Agregado 2da. aplicación (Kg/m²) $S_2 = 1.05 * PRS_2 * V_2 * (1/1000)$... (2)

Ligante 1ra. aplicación (Kg/m²) $L_1 = 0.45 * L$... (3)

Ligante 2da. aplicación (Kg/m²) $L_2 = 0.55 * L$... (4)

Las ecuaciones (1) y (2) consideran un 5% de pérdida de agregado por pérdidas en bordes y traslapes.

Las ecuaciones (3) y (4) consideran la aplicación de un 45% de ligante en la primera aplicación, un 55% de ligante en la segunda. Estos valores podrán variar de acuerdo al ligante, geometría, tránsito, clima.

Tránsito	(Veh./día)	% Volumen de Asfalto (Pb)	% Volumen de Vacíos (v)
Estacionamiento		22	5
Liviano	5	20	5
Medio	25	19	6
Pesado	250	18	7
Muy pesado	Sin límite	17	7

Tabla 2.a.1

Densidad y Factor de Corrección K del Ligante		
Ligante	Densidad (Kg/m ³)	K
CRR	1010	0.85
CR-250	960	0.90

Tabla 2.a.2

b.- MÉTODO DE DISEÑO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

El método que propone el Instituto del Asfalto para el diseño de un tratamiento superficial doble, es de diseñar cada capa como si fuera un tratamiento superficial simple. En cada capa sucesiva, el tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor que la mitad del tamaño de la capa previamente ejecutada. No se admiten pérdidas. Además, después de la primera capa, no se permite corrección por textura superficial de la capa subyacente.

En tratamientos superficiales dobles, se usa aproximadamente el 40% del total de emulsión para la primera aplicación y 60% para la segunda.

La cantidad de ligante y agregado determinadas en base a los conceptos anteriores satisfacen la mayoría de las condiciones de aplicación.

Para el método de Linckenheyl (Regla del décimo), se considera la dosificación total de asfalto como la suma de las cantidades de ligante necesario para cada uno de los tratamientos, suponiendo que fueran simples.

A continuación, mostramos los rangos aprox. en los cuales puede variar la dosificación de agregado y ligante de acuerdo al tamaño de los agregados.

Espesor	Tamaño Nominal del Agregado	Agregado (Kg/m²)	Emulsión (Gal/m²)
1/2" (12.5mm)			
Primera aplicación	3/8" a N°8	14 - 19	0.24 - 0.37
Segunda aplicación	N°4 a N°16	5 - 8	0.37 - 0.48
5/8" (15.9mm)			
Primera aplicación	1/2" a N°4	16 - 22	0.37 - 0.48
Segunda aplicación	N°4 a N°16	8 - 11	0.48 - 0.61
3/4" (19mm)			
Primera aplicación	3/4" a 3/8"	22 - 27	0.42 - 0.61
Segunda aplicación	3/8" a N°8	11 - 14	0.61 - 0.71

Las cantidades y tipos de materiales pueden variar de acuerdo a las condiciones locales y a la experiencia.

DESVENTAJAS

Los principales defectos o fallas apreciables en los tratamientos suelen ser los siguientes:

- Desprendimiento inmediato de gravillas.

Esto, producido las pocas horas siguientes a la ejecución de un tratamiento, puede ser debido a una mala formulación del mismo (error en el tipo elegido, en la elección de los componentes, en la dosificaciones, etc) o a fallas de ejecución (ejecución de obras bajo desfavorables condiciones climáticas, exceso de agregado, fallas de compactación, etc).

- Exudaciones.

En condiciones de clima cálido y bajo los efectos de la circulación, principalmente tráfico pesado, si el pavimento presenta un exceso de ligante, se producirá su reblandecimiento.

En esta condición los áridos del tratamiento, tenderán a penetrar en el pavimento originando el ascenso del ligante. Esta exudación puede provenir de un exceso de ligante originado quizás en una reparación anterior a la ejecución del tratamiento; o un ligante excesivamente fluido o aplicado en exceso.

4.3.3.- MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL)

DEFINICIÓN

Slurry seal o llamada también “lechada asfáltica” puede ser definida como una mezcla de emulsión asfáltica, agregados pétreos finos bien graduado con pequeña proporción de un agregado mineral tipo “filler” (cemento Portland o cal hidratada), y agua en cantidad para obtener en esta mezcla una fluidez adecuada que permita extenderla convenientemente.

Esta mezcla se utiliza para el mantenimiento correctivo y preventivo de pavimentos existentes y también como nueva carpeta de rodadura para tráfico liviano.

Este tipo de tratamiento superficial no se debe considerar como parte estructural del pavimento.

COMPONENTES DE LOS MORTEROS ASFÁLTICOS

Estos morteros están principalmente constituidas por los agregados graduados, emulsión asfáltica, agua, y en caso necesario filler (cemento Portland o cal hidratada). Lógicamente, los materiales seleccionados deben ser evaluados previamente en laboratorio, para determinar la adecuada proporción de los mismos.

Agregado Pétreo

Puede utilizarse áridos provenientes de yacimientos naturales de arenas y/o material producto de la trituración de rocas sanas (gravilla).

Filler mineral

Estos agregados minerales pueden ser cenizas volcánicas, amianto, cal hidratada o cemento Portland (el más utilizado). Se utilizan en las lechadas con tres propósitos:

- Mejora la granulometría de los materiales, corrigiendo lógicamente las mismas en los tamices mas finos (N50, N100, N200).
- Ayuda a realizar el proceso de mezcla de los materiales de la lechada, tratando de lograr en ella una mayor estabilidad.
- Acelerar o retardar el tiempo de rotura de la emulsión utilizada en la lechada.

El filler generalmente se encuentra en la mezcla en una proporción de 0.5% a 3.0% en peso del agregado seco.

Emulsión Asfáltica

Las emulsiones para lechadas asfálticas son esencialmente de tipo Fraguado lento, CSS (ver Anexo C).

Agua

El agua constituye una parte importante de una lechada estable, y su concentración es un factor principal en la determinación de la consistencia del Slurry.

Aditivos(en algunos casos)

Los aditivos disminuyen la tensión superficial agregado-emulsión, permitiendo un mojado perfecto y homogéneo de la arena, a la vez que proporciona una mejora de la adhesividad agregado-ligante.

El principal propósito de estos tratamientos es sellar la superficie de los pavimentos en los que el agregado es del tipo abierto, retrasando así la entrada de agua y aire en las capas superiores. Otras razones para su aplicación son proporcionar una superficie de mejores características antideslizantes, mejorar la contextura superficial para conseguir un pavimento de circulación mas confortable, dar nueva vida a revestimientos bituminosos con cierto grado de deterioro superficial, llenando grietas, fisuras, peladuras y oquedades, en pavimentos estructuralmente sanos y que conservan adecuadamente sus perfiles longitudinales y transversales.

Constituyen también una solución adecuada para pavimentos que presentan afloramiento de asfalto en su superficie, produciendo una superficie más segura para la circulación del tránsito.

La textura de estas mezclas es de rugosidad fina, y la resistencia de la misma se la da, por un lado, el esqueleto del agregado fino y, por otro, la cohesión del sistema filler-betún, que queda envolviendo las partículas.

TIPOS DE SLURRY SEAL

Cuando se prepara la colocación de una lechada asfáltica se deben tener en cuenta diversos factores. El primero y muy importante, es la naturaleza y condición del pavimento existente. Segundo, debe conocerse el tipo y volumen de tránsito, y tercero, las condiciones climáticas en el área. El área a ser tratada y los fondos disponibles pueden a veces influenciar la elección del tipo de Slurry.

Es después de la consideración de estos elementos que puede llevarse a cabo la elección del tipo de lechada mas adecuada.

Originalmente las lechadas asfálticas fueron concebidas para el sellado de fisuras. Pero con la introducción de las máquinas mezcladoras continuas para Slurry, y el mejor conocimiento de las mismas, su campo de aplicación se ha ampliado.

Los tipos de Slurry se distinguen principalmente por su gradación, en función del propósito conseguido con su aplicación, estos son básicamente tres:

TIPO I (Superficie Fina)

Es un Slurry de granulado fino, este tipo tiene la mayor capacidad para penetrar en las fisuras. Haciéndolos ricos en asfalto, se mejora la adhesión y su capacidad para contraer y expandir. También se los emplea como riego de imprimación sobre bases granulares preparadas; penetra y protege la base durante la construcción, y subsecuentemente es cubierta por un Slurry adicional de otra capa. Este tipo de Slurry puede ser empleado como capa de rodamiento solo cuando son aplicados sobre una base bien drenada y de poca textura.

TIPO II (Superficie General)

Es un Slurry de granulado medio, Este tipo son los de mayor utilización. Poseen suficientes finos como para permitir una adecuada penetración en las fisuras, y suficiente material grueso como para constituir un soporte directo entre la base o antiguo pavimento y las cargas del tránsito. Aunque en una amplia variedad de casos, este tipo de Slurry no es recomendable como única capa sobre una vía principal en áreas donde pueda experimentarse un amplio rango de temperaturas de servicio.

TIPO III (Superficie Gruesa)

Es un Slurry de granulado grueso y son recomendados para su utilización sobre pavimentos para tráfico pesado y en áreas donde se esperen grandes variaciones térmicas. Son usadas en capas múltiples sobre bases granulares, y resultan particularmente efectivas cuando son cubiertas, como segunda capa, con un Slurry tipo II o general.

A continuación se indica las gradaciones recomendadas por la International Slurry Seal Association (ISSA).

SLURRY SEAL	TIPO I	TIPO II	TIPO III
Tamiz	(% Pasa)	(% Pasa)	(% Pasa)
3/8"	100	100	100
N4	100	85 – 100	70 – 90
N8	100	65 – 90	45 – 70
N16	65 – 90	45 – 70	30 – 50
N30	40 – 60	30 – 50	19 – 34
N50	25 – 42	18 – 30	15 – 25
N100	15 – 30	10 – 21	7 – 18
N200	10 - 20	5 - 15	5 - 15
Contenido residual de asfalto (%) en peso del agregado seco	10 - 16	7.5 – 13.5	6.5 - 12
Agregado seco (Kg/m ²)	2.2 – 5.4	5.4 – 8.1	8.1 – 13.6
Espesor máximo de Slurry curado	3.2 mm.	6.4 – 8 mm.	9.5 – 11mm.

La utilización de los distintos tipos indicados depende indudablemente del estado de desgaste de la superficie del pavimento existente a tratar, y debido a ésta, del espesor que se desee sobre la misma.

DOSIFICACIÓN

La dosificación de estas mezclas contempla dos aspectos fundamentales: el primero consiste en la determinación del porcentaje óptimo de emulsión asfáltica para la granulometría del agregado a utilizar y el segundo la determinación del porcentaje óptimo de agua, que permita lograr una consistencia adecuada para su elaboración y distribución.

Porcentaje Óptimo de Emulsión

Existen varios métodos para la determinación del porcentaje óptimo de emulsión. Varios

de ellos se basan en el área superficial de las partículas y su valor de absorción; consideran que la cantidad de asfalto a incorporar depende tanto de la superficie de las partículas y el espesor de la películas asfáltica, como de la absorción de asfalto por dichas partículas, fundamentalmente si tiene un cierto grado de porosidad.

Con la granulometría adoptada para la mezcla de áridos, incluido el filler, si es necesario, se calcula el área superficial en función de los porcentajes que pasan por cada tamiz y un coeficiente numérico o factor de conversión específico para cada tamiz, y que ha sido establecido en base a la experiencia. A partir de esta área se calcula el volumen y peso de asfalto requerido para cubrir la unidad de peso de agregado con una película de 8 o 9 micrones de espesor.

Es evidente que cuanto más fino es el agregado, mayor será el porcentaje de asfalto requerido.

A continuación detallaremos algunos métodos de dosificación para el contenido asfáltico residual.

a.- MÉTODO DEL DR. JIMÉNEZ

La fórmula de Jiménez es una de las mencionadas expresiones que relaciona los parámetros explicados anteriormente, y es la siguiente:

$$R.A = 0.0002047 * P_{e_{ra}} * T * A.S._{corr} + E.C.K./100$$

Donde:

- R.A. = Residuo asfáltico de Lbs/Lbs.
- $P_{e_{ra}}$ = Peso específico del residuo asfáltico.
- T = Espesor de la película en micrones (8 o 9).
- $A.S._{corr}$ = Área Superficial corregida = $A.S.*2.65/P_e$.
- P_e = Peso específico aparente del agregado.
- E.C.K. = Equivalente centrífugo en kerosene.

Cálculo del Area Superficial (AS)

Se determina el área superficial de sumando el producto de los % que pasa de agregado en cada tamiz con las sus factores respectivos.

% Que Pasa el Tamiz ASTM	Factor de Tamiz
> N°4	0.41(m ² /Kg)
N°4	0.41
N°8	0.82
N°16	1.64
N°30	2.87
N°50	6.14
N°100	12.29
N°200	32.77

Entonces:

$$AS \text{ (m}^2\text{/Kg)} = S \text{ (%Que Pasa * Factor)}$$

b.- MÉTODO FRANCÉS

Este método francés utiliza la siguiente relación:

$$\%L = K * (S*A)^{1/5}$$

Donde:

%L = Contenido de asfalto residual sobre peso de agregados.

K = Módulo de riqueza (valor fijado por experiencia) / Tabla 1

S = Superficie específica (m²/Kg)

A = Factor de corrección por densidad de agregado / Tabla 2

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE ESPECÍFICA (S)

$$FSE = 2.5 / (D*d)^{1/2}$$

Donde:

FSE = Factor de superficie específica

D = Abertura del tamiz mayor (mm)

d = Abertura del tamiz menor (mm)

Dando lugar a los siguientes resultados:

% RETENIDO EN TAMIZ ASTM	FSE
3/4"	0.11
1/2"	0.16
3/8"	0.23
N°4	0.37
N°8	0.74
N°30	2.11
N°200	11.96
Para N°200	130 (Filler síliceo)
	180 (Filler calizo)

Entonces:

$$S \text{ (m}^2\text{/Kg)} = S \text{ (%Retenido * FSE) / 100}$$

MODULO K	
Gradación: Huso I	4.4 – 4.5
Gradación: Huso II	4.4 – 4.8
Gradación: Huso III	4.9 – 5.1

Tabla 1

FACTOR DE CORRECCIÓN DE DENSIDAD DEL AGREGADO	
Peso Específico	A
2.35	1.13
2.45	1.08
2.55	1.02
2.65	1.00
2.75	0.97
2.85	0.93
2.95	0.90

Tabla 2

c.- **MÉTODO RECOMENDADO POR LA ISSA (International Slurry Seal Association)**

Este método determina el contenido de asfalto residual con la siguiente relación:

$$\%L = STA * T * 0.2047 * DB$$

Donde:

%L = Contenido de asfalto residual sobre peso de agregado.

STA = Superficie teórica del agregado.

T = Espesor de película de asfalto (usualmente 8 micrones).

DB = Peso específico del asfalto.

CÁLCULO DE LA SUPERFICIE TEÓRICA (STA)

La superficie teórica se calcula multiplicando el % de agregado que pasa un tamiz dado por el factor de dicho tamiz.

% Que Pasa el Tamiz ASTM	Factor de Tamiz
3/8"	0.02
N°4	0.02
N°8	0.04
N°16	0.08
N°30	0.14
N°50	0.30
N°100	0.60
N°200	1.60

Entonces:

$$STA (Ft^2/Lb) = S (\%Que Pasa * Factor)$$

PORCENTAJE DE AGUA EN LA MEZCLA

Puesto que las emulsiones asfálticas tienen un 35 a 40% de agua, el contenido total de ésta en una lechada esta comprendido normalmente entre 10 y 20% en peso del agregado seco.

El contenido de agua , y la adición de “fillers”, permiten regular y fijar el tiempo de rotura de la emulsión, que debe ser suficientemente amplio para realizar la adecuada mezcla de los áridos, su humectación, aplicación de la emulsión y operación de mezclado con ella, como así también su desparramado sobre el pavimento a tratar.

PRODUCCIÓN Y MANEJO DEL SLURRY SEAL

La producción del Slurry Seal se realiza a temperatura ambiente siendo su consistencia semi-líquida. El Slurry puede prepararse en boggie, trompo mezclador o en camión mezclador-esparcidor, dependiendo de la envergadura de la obra, su uso es inmediato. Su colocación es manual y se realiza en pequeñas áreas como si se estuviera vaciando un piso de concreto.

Para trabajos de envergadura se utiliza un camión mezclador-esparcidor (con rendimiento promedio de 2500m³/día en carreteras). Para lograr el acabado rugoso que necesita toda superficie de rodadura, se deberá pasar longitudinalmente un yute humedecido con agua (no requiere compactación).

ALMACENAMIENTO Y ACOPIOS

Almacenamiento de Emulsiones

Se debe contar con suficientes tanques o depósitos para el almacenamiento de la emulsión, las cuales serán impermeables y con posibilidades de calentamiento.

En general, se deberá tomar las precauciones y cuidados que se han mencionado para las emulsiones asfálticas.

Acopio de Agregados

Los agregados serán acopiados en áreas que cuenten con facilidad de drenaje, tomando toda clase de precauciones para evitar la contaminación del acopio, con agregados de mayor tamaño, tierra, vegetación, etc.

DESVENTAJAS DE LOS SLURRYS

La técnica del Slurry es bastante compleja, lo que pudiera llevarlo a presentar ciertos defectos, ya sea por un inapropiado diseño (dosificación) o por la propia ejecución de esta técnica.

A continuación mencionamos algunos defectos encontrados:

- Prematura rotura de la mezcla.
- Desprendimiento de partículas.
- Desintegración de la lechada.
- Zonas levantadas en lechada bituminosa curada.
- Diferencias de coloración.
- Lenta rotura, tardía apertura al tráfico.
- Excesivo consumo de aditivos.
- Baja consistencia de la lechada.
- Exudación del ligante.

POSIBILIDADES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SLURRY SEAL

Para establecer una comparación entre los Slurrys descritos y los sellos con emulsiones asfálticas empleados en la actualidad en relación a la conveniencia y posibilidades de implementación de estas técnicas, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones, de variada índole.

- En el aspecto económico, las lechadas asfálticas resultan mas costosas inicialmente, pero su vida útil es mayor que las de los sellos, pudiendo estimarse en 7 años frente a 4 – 5 años de éstos, en el mejor de los casos.
- En el campo de aplicación es mayor, obteniéndose resultados superiores a los de los sellos, aún cuando estos son ejecutados teniendo en cuenta las precauciones debidas con respecto a la calidad final.

- Sin embargo, en razón de los equipos requeridos y del necesario entrenamiento del personal para una adecuada ejecución de las lechadas asfálticas, estas deben contemplarse en el contexto de la rehabilitación del pavimento, donde se requiere de consideraciones especiales de ingeniería, y donde su realización es programada y coordinada.

Como conclusión, se sugiere la consideración de empleo del Slurry Seal, como una alternativa ventajosa en el campo de rehabilitación de los pavimentos que requieran una mejora superficial.

4.4.0.- REFUERZO DE CAPA DE CONCRETO ASFALTICO (ASPHALT CONCRET OVERLAY)

OBJETIVO

Una capa de concreto asfáltico colocada sobre un pavimento existente se denomina refuerzo de capa. Un refuerzo esta diseñado para rehabilitar y reforzar un pavimento que presente su estructura fatigada, extendiendo a la vez su vida útil y corrigiendo irregularidades superficiales.

Los refuerzos están constituidos por mezclas asfálticas en caliente, de variado espesor, según la condición del tramo y el tránsito anticipado (ver **anexo E**).

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Primero, el pavimento existente debe prepararse correctamente para asegurar un buen refuerzo. Se deben reparar los baches y las secciones inestables, así como emparejar las juntas desniveladas y sellar las grietas existentes. También se deben limpiar las pequeñas depresiones, si existen, rellenándolos adecuadamente.

Una vez ejecutada las actividades de mantenimiento, se debe aplicar un riego de liga (usualmente emulsiones) que ayudará a mejorar la ligazón entre las capas viejas y nuevas del pavimento.

Finalmente, cuando el riego de liga este curado hasta el punto donde se sienta pegajosa, se colocará el refuerzo de concreto asfáltico.

DISEÑO DE LA CAPA DE REFUERZO

Los refuerzos están constituidos por mezclas asfálticas tipo concreto asfáltico, de variado espesor, según la condición del tramo y el tránsito anticipado.

Una vez determinado que el refuerzo del pavimento es la medida de rehabilitación más adecuada, se requiere cuantificar la magnitud de dicho refuerzo.

Es práctica común diseñar el refuerzo para las condiciones estructurales más críticas; sin embargo, no puede decirse que este criterio sea el más adecuado, sobre todo si se toma en cuenta la disponibilidad de fondos para efectuar las obras de rehabilitación; por otra parte, una variación frecuente en los espesores de refuerzo utilizados en pequeños tramos, considerando sus diferentes condiciones de capacidad estructural, puede conducir a procedimientos constructivos poco prácticos, que podrían repercutir desfavorablemente en los costos. Un balance razonado de las dos ideas señaladas puede conducir al establecimiento de un proyecto que, satisfaciendo las necesidades de refuerzo, implique el máximo posible de economía y condiciones prácticas de construcción.

Los métodos de diseño de refuerzo a presentar, que se encuadran dentro de la metodología de evaluación presentada, son de base empírica y utilizan las deflexiones medidas en la superficie del pavimento, utilizando la viga Benkelman bajo la acción de la carga correspondiente a un eje simple dual.

a.- MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO (EEUU)

Este método se basa en el establecimiento de un límite de deflexión a la estructura del pavimento, el cual es función del número e intensidad de aplicaciones de carga a que estará sujeto el pavimento estudiado.

El primer paso para la aplicación del método del I.A. consiste en determinar el número de tránsito para diseño el cual es valorizado a través del DTN que se define como el número promedio diario de ejes simples de 18000Lb. anticipado para el carril de diseño, durante el periodo de diseño. Dado que los ábacos se prepararon para una vida útil de 20 años, deben ser corregidos para el caso de periodos diferentes, corrección que se introduce a través del DTN calculado (ver gráfico 4.4.a1)

La siguiente etapa es obtener las deflexiones del pavimento, se especifica que el número de puntos no debe ser menor de 15 por Km, los cuales deben distribuirse aleatoriamente sobre el tramo escogido. La deflexión se obtiene bajo una carga por eje de 18000lb.

Se define el concepto deflexión característica, por medio de la ecuación:

$$\delta_c = (\chi + 2s) * f * c$$

Donde:

χ = Media aritmética de los valores obtenidos de la deflexión en el tramo considerado.

s = Desviación estándar de los mismos valores en el mismo tramo.

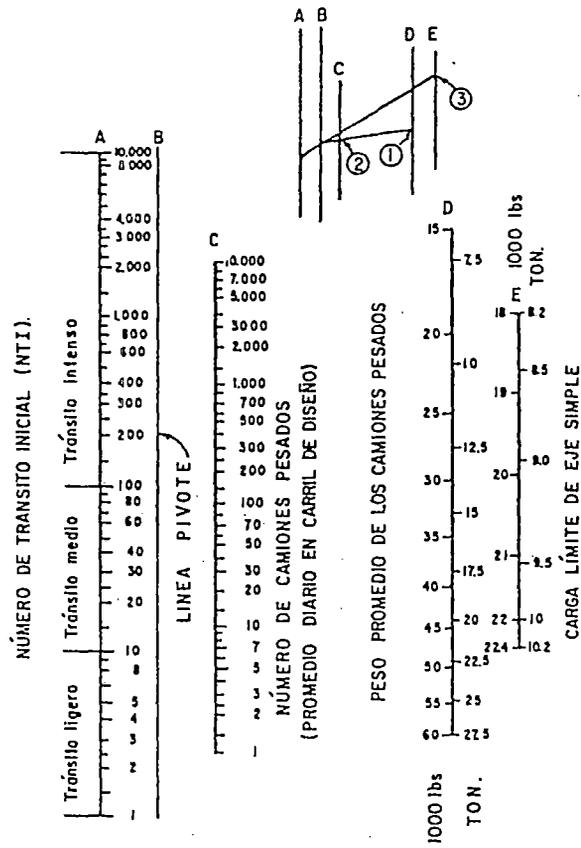
f = Factor de ajuste por temperatura de la carpeta.

c = Factor de ajuste por periodo crítico ($c=1$ para el periodo que represente las condiciones más críticas del pavimento).

La figura 4.4.a2 proporciona una gráfica que permite calcular el valor del coeficiente de ajuste por la temperatura de la carpeta.

La deflexión característica y el número de tránsito para diseño son los datos con los que puede entrarse en la gráfica 4.4.a3, en la que puede calcularse el espesor de la capa de refuerzo que el pavimento necesita.

DETERMINACION DEL NUMERO DE TRANSITO PARA DISEÑO (DTN)



Factores de corrección del NTI, para obtener el NTD (Ref. 50)

Período de diseño Años	Tasa de crecimiento anual del tránsito					
	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1.00	1.21	1.49	1.84	2.29	2.86
25	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.50	2.05	2.80	3.95	5.66	8.22
35	1.75	2.50	3.68	5.57	8.62	13.55

Figura 4.4.a1

FACTORES DE CORECCION POR TEMPERATURA EN LAS DEFLEXIONES DE VIGA BENKELMAN (ASPHALT INSTITUTE)

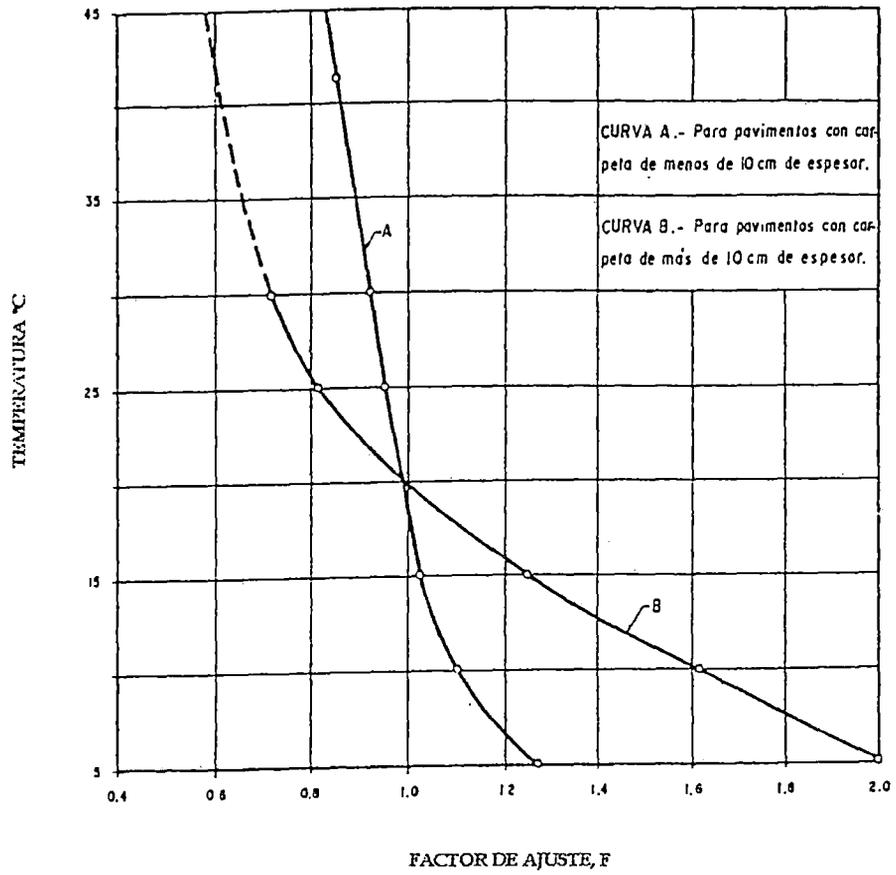


Figura 4.4.a2

ESPEORES DE SOBRECARPETA DE REFUERZO, EN FUNCION DE LA DEFLEXION CARACTERISTICA DEL PAVIMENTO (SEGUN I.A.)

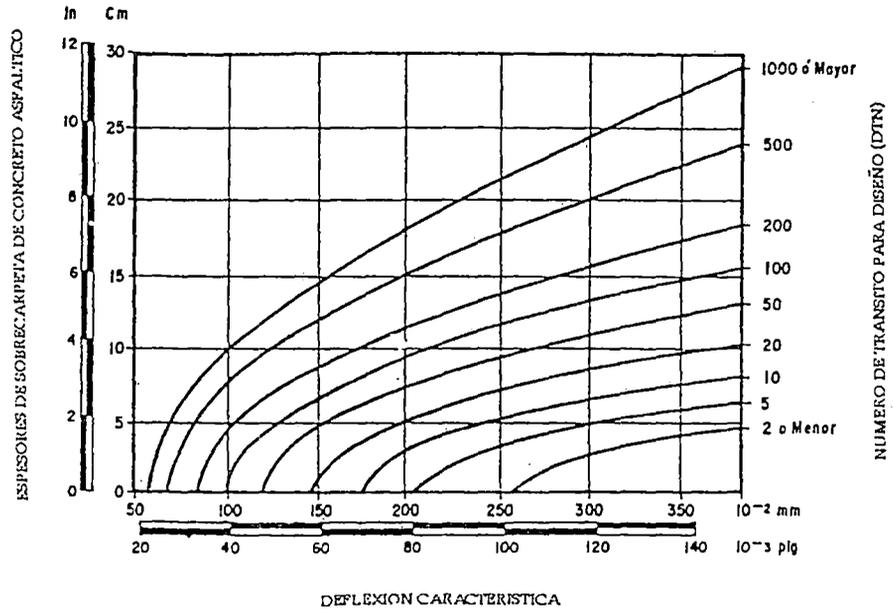


Figura 4.4.a3

Los principios en los que se basa el método se resumen en:

- Cuanto mayor el nivel de deflexión menor el tiempo transcurrido hasta que el pavimento requiere un refuerzo.
- La deflexión tolerable es función del tránsito.
- Los espesores adicionales de refuerzo reducen la deflexión existente a niveles aceptables.

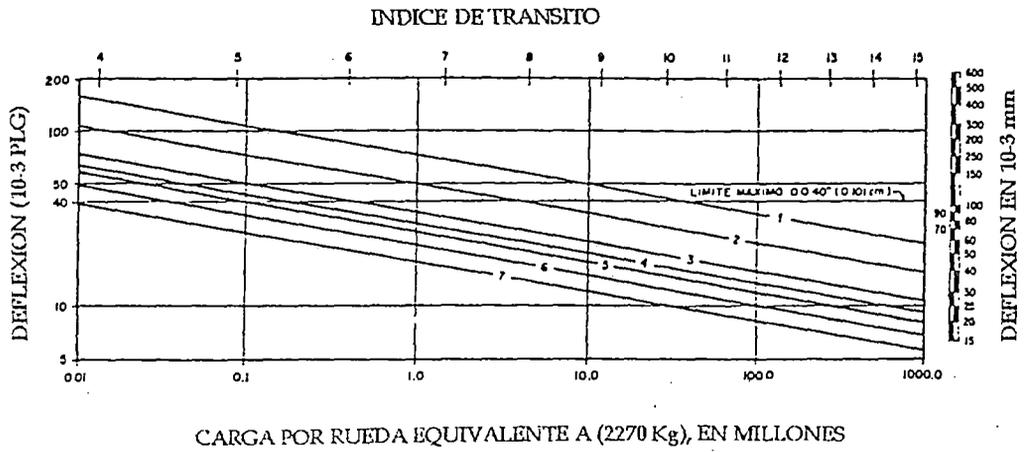
b.- MÉTODO DE CALIFORNIA (EEUU)

La División de Carreteras de California ha desarrollado un método para diseño de refuerzos de pavimentos asfálticos, con base en la observación del comportamiento de pavimentos reforzados y su premisa fundamental consiste en establecer un límite máximo de deflexión que puede permitirse a la estructura del pavimento, como una medida de capacidad estructural; dicho límite es una función del espesor de la carpeta asfáltica de rodamiento y del número de una carga por rueda de 5000Lbs. que el pavimento ha de soportar.

Para valuar un pavimento siguiendo el método de California se seguirán las siguientes etapas:

- Con la ayuda de la gráfica de la figura 4.4.b1 y después de haber hecho el análisis de y tránsito, hasta llegar al número de ruedas de carga equivalente de 5000Lbs., podrá calcularse la deflexión tolerable, del tipo Benkelman.
- A continuación, deberán medirse las deflexiones que realmente tiene el pavimento en estudio. Para tal fin se utilizará una viga Benkelman (Si se utiliza el deflectógrafo Dynaflect se hará uso de la correlación mostrada en el capítulo III) y de un camión lastrado de 15000Lbs. en su eje dual trasero. El intervalo de medición esta aproximadamente en el orden de 8 - 10m.
- Con las deflexiones del pavimento debe determinarse el valor tal que el 20% de las obtenidas sea mayor y el 80% restante, correspondientemente, menor (percentil 80).

GRAFICA PARA DETERMINAR EL NIVEL TOLERABLE
DE DEFLEXION (METODO DE CALIFORNIA)



TIPOS DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO	ESPAISOR (CM)
1.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL	1.2
2.- CONCRETO ASFALTICO	3.0
3.- CONCRETO ASFALTICO	6.0
4.- CONCRETO ASFALTICO	7.5
5.- CONCRETO ASFALTICO	9.0
6.- CONCRETO ASFALTICO	10
7.- CONCRETO ASFALTICO	15

Figura 4.4.b1

REDUCCION EN LA DEFLEXION
(METODO DE CALIFORNIA)

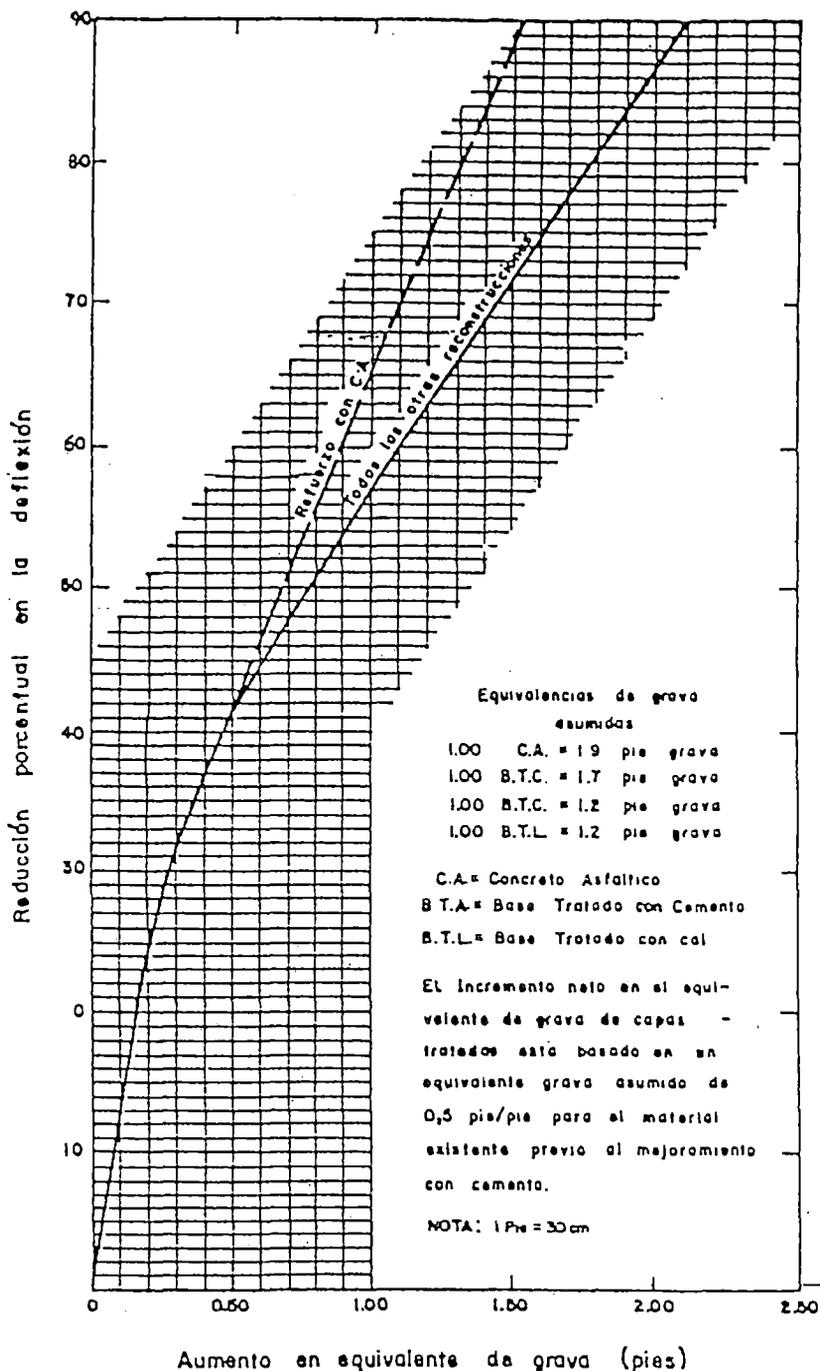


Figura 4.4.b2

Esta es la deflexión estadística y se representa por δ_{80} .

- El valor del δ_{80} deberá compararse con la deflexión tolerable obtenida en el paso 1. Al hacer la comparación téngase presente que la máxima deflexión tolerable será 0.04plg. Si δ_{80} es menor que la deflexión tolerable, se considera en este método que aún no se requiere ningún refuerzo en el pavimento en estudio como no sea un riego de sello o un riego de rejuvenecimiento, pero si δ_{80} resulta mayor que la deflexión tolerable deberá determinarse un porcentaje de reducción en la deflexión medida, según la siguiente expresión:

$$R_{\delta} = 100 * (\delta_{80} - \delta_{tol.}) / \delta_{80}$$

- Con el valor de R_{δ} deberá entrarse a la gráfica 4.4.b2, para obtener el espesor de refuerzo en "Equivalente en Grava". Los valores obtenidos se convierten en espesores de distintos materiales considerando los factores de conversión que se incluyen en el gráfico. Se pueden diseñar alternativas que son analizadas luego para definir el diseño más conveniente, incluyendo la ejecución de una base granular entre capas asfálticas (reconstrucción).

c.- MÉTODO DEL DR. C. RUIZ (Argentina)

El Dr. Ruiz propone una metodología racional para el diseño de espesores de refuerzo, diferenciando cuatro casos típicos. Solamente en los dos primeros casos, la deflexión gobierna la determinación del espesor de refuerzo, mientras que en los dos restantes debe recurrirse a métodos para diseño de pavimentos nuevos racionales.

Los primeros casos se apoyan fundamentalmente en que las deflexiones no deben superar valores críticos propios de la condición de trabajo y del método de evaluación, como concepto de fatiga de los revestimientos asfálticos, y que el "aporte estructural" de los refuerzos disminuye a medida que aumenta la rigidez del pavimento a recubrir, es decir,

con su menor deflexión. La ecuación propuesta para el cálculo de espesores es:

$$H = (R / 0.434) * \text{Log}(D_o/D_h)$$

Donde:

H = Espesor del refuerzo, en cm.

R = Coeficiente con dimensiones de un espesor, que expresa la cantidad de un material de refuerzo para reducir la deflexión del pavimento subyacente.

D_o= Deflexión recuperable Benkelman, característica del pavimento antes del refuerzo, en centésimas de mm.

D_h= Deflexión Benkelman del refuerzo, correspondiente a la deflexión tolerable para diseño, en centésimas de mm..

El valor de R depende fundamentalmente del material empleado en el refuerzo, y en menor grado, de la deflexión inicial del pavimento y del espesor de refuerzo.

Considerando el empleo de mezclas asfálticas de tipo superior (concretos asfálticos), se indica en el cuadro c.1 los valores recomendados para R, en función de la deflexión característica del pavimento existente y del espesor de refuerzo. De esta manera el procedimiento obliga a iteraciones sucesivas, a fin de ajustar progresivamente el resultado.

Sin embargo, la mayoría de los casos que se presentan en la práctica, limitan el rango de valores de R, generalmente entre 17 y 20.

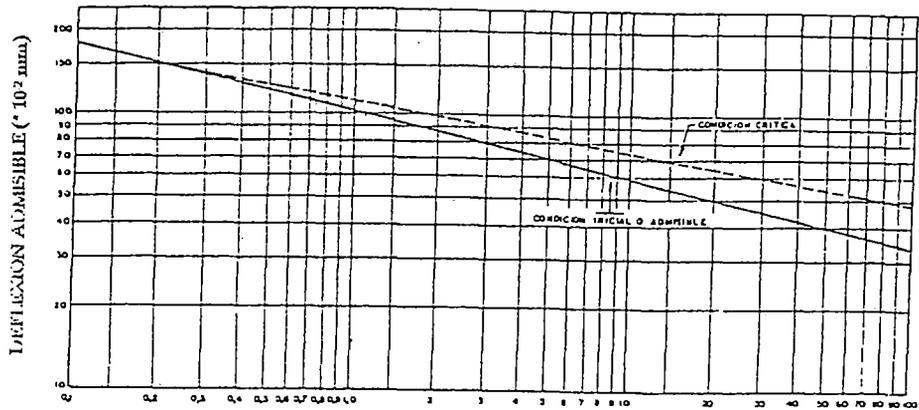
Valores recomendados para el Coeficiente R (Formula Ruiz)

Coeficiente R		Espesores de refuerzo "H" (cm)			
		5	10	15	20
Deflexión característica del pavimento (*10 ⁻² mm)	50	20.0	21.5	23.0	24.5
	70	18.0	19.5	21.0	22.5
	90	17.0	18.0	19.5	21.0
	120	15.0	16.5	18.0	19.5
	150	13.5	15.0	16.5	18.0
	170	13.0	14.5	16.0	17.5
	200	12.0	13.5	15.0	16.5

Cuadro c.1

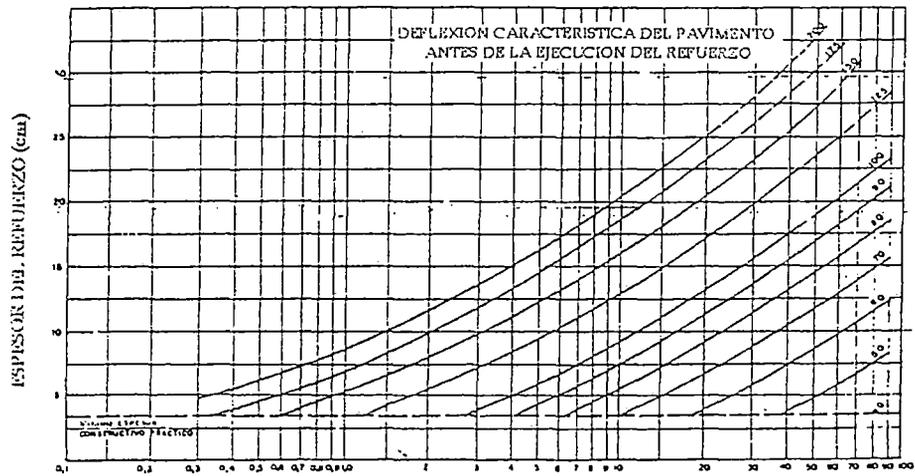
DETERMINACION DEL ESPESOR DE REFUERZO EN FUNCION DE LA CARGA EQUIVALENTE Y LA DEFLEXION CARACTERISTICA

GRAFICO DE DEFLEXIONES ADMISIBLES



EJES STANDARD EQUIVALENTES ACUMULADOS (* 10⁶)

ABACO PARA EL CALCULO DE ESPESORES DE REFUERZO



EJES STANDARD EQUIVALENTES ACUMULADOS (* 10⁶)

Figura 4.4.c1

Los espesores de refuerzo pueden ser calculados también con ayuda del ábaco del gráfico 4.4.c1, en función del tránsito anticipado (en ejes estándar) y la deflexión característica del pavimento existente.

d.- DETERMINACIÓN DE CAPAS DE REFUERZO A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE MÉTODOS CONVENCIONALES DE DISEÑO

En la línea de acción a que se refiere el anterior encabezado, el criterio es simplemente aplicar a un pavimento existente deteriorado un método de diseño de pavimentos, considerando las condiciones de tránsito actuales, más la usual previsión a futuro y las características de los materiales existentes. Así se obtendrá el espesor que el pavimento requeriría en las condiciones actuales y con la normal consideración que es posible hacer de las futuras. Como quiera que, con base en el estudio de exploración que se haya efectuado, también se conocerá el estado presente del pavimento en cuestión, se podrá obtener, al comparar ambos espesores de la estructura, un criterio para el refuerzo del pavimento deteriorado

OPERACIÓN DE COLOCACIÓN

La operación de colocación del refuerzo será la misma que cuando se coloca una capa reciente de concreto asfáltico.

Las operaciones de colocación incluyen al transporte de la mezcla asfáltica al lugar de obra, la colocación de la mezcla sobre la carretera, y la compactación de la mezcla hasta la densidad de referencia.

Luego de haber fraguado el riego de liga se procederá a transportar la mezcla de la planta a la obra por medio de camiones volquetes, este se enganchará en frente de la tolva de la pavimentadora para descargar la mezcla en caliente. La pavimentadora colocará la mezcla asfáltica con un espesor determinado, y proporcionará una compactación inicial a la carpeta. Finalmente por medio de los compactadores, se comprimirá la mezcla con el fin de

aumentar la resistencia y estabilidad de la mezcla, y de cerrar los espacios por donde pueda entrar el agua y el aire.

REQUISITOS DE APROBACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD

La calidad de la carpeta asfáltica terminada depende de que tanto éxito se logre en el proceso de compactación. Generalmente se usan tres criterios para juzgar la aprobación de una carpeta terminada. Estos son: textura superficial, tolerancia de la superficie, y densidad.

Textura Superficial.

Los defectos en la textura superficial pueden ser causados por errores en el mezclado, en el manejo, en la pavimentación o en la compactación.

Tolerancia de la Superficie.

Las variaciones en la lisura de la carpeta no deberán exceder 6mm. bajo una regla recta de 3m. colocada perpendicularmente a la línea central, y 3mm. Cuando está sea colocada paralelamente a la línea central.

Densidad

La densidad del refuerzo se considera aceptable, o no, cuando se compara con la densidad de referencia establecida en el laboratorio usando una muestra de campo.

4.5.0.- RECONSTRUCCIÓN (RECONSTRUCTION PAVEMENT)

GENERALIDADES

La reconstrucción parcial o total de un pavimento implica la existencia de un pavimento sumamente deteriorado, que lo hace casi intransitable, y en el que la rehabilitación ya no se justifica.

Una reconstrucción es necesaria cuando el pavimento ha colapsado estructuralmente, presentando deformaciones severas a lo largo del tramo, causado generalmente por excesivas cargas de tránsito y una mala respuesta o falta de estabilidad de la estructura y fundación del pavimento.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

Primero, el pavimento existente debe removerse totalmente, con una profundidad que asegure una fundación adecuada. Luego el procedimiento es el mismo que cuando se construye un nuevo pavimento, pero esta vez teniendo más cuidado en el análisis de tráfico. Como capa de revestimiento es mejor la utilización de concreto asfáltico mezclado en caliente.

DISEÑO DE LA NUEVA ESTRUCTURA

Los métodos de diseño son los mismos que para un nuevo diseño estructural. A continuación se presentan el método del Instituto de Asfalto, cual es uno de los más usados, y el propuesto por el Ing. Samuel Mora, asesor de la presente, que consiste de un catálogo de diseño para el Perú.

4.5.1.- MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

El método se basa en un tránsito probable durante un “periodo de 20 años, referido a una carga por “eje sencillo” de 18000Lb, que es la carga por eje, además, el valor portante del

terreno de fundación, la calidad de los materiales para el cimiento, firme y capa de rodamiento que se empleen y los procedimientos de construcción a seguirse.

ANÁLISIS DE TRÁNSITO

El tránsito probable, basado en 20 años y referido a una carga por eje sencillo de 18000Lb., se denomina Número de Tránsito para Diseño (NTD), y es determinado en función del Número de Tránsito Diario Inicial (NTI), que es el promedio, en ambas direcciones, estimado para el primer año de servicio.

En la figura 4.5.1.a1, se indican los gráficos para la obtención del NTD en función del NTI, tanto para las principales carreteras interurbanas como para las rurales, las urbanas principales y las calles.

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR

Una vez determinado el “Número de Tránsito para Diseño”, y conocida la capacidad portante del terreno de fundación (CBR), el espesor de la estructura del pavimento se determina utilizando el gráfico 4.5.1.a2.

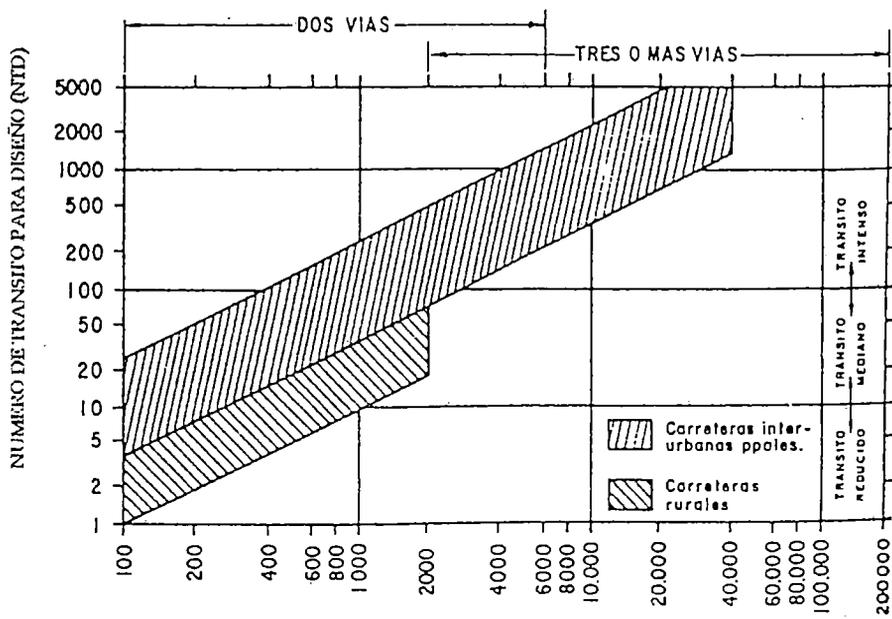
El espesor de un pavimento asfáltico puede estar compuesto íntegramente de mezclas asfálticas “Full Depth”, o de capas con materiales de diferentes características. El Instituto de Asfalto de los E.U., sugiere al respecto las siguientes relaciones:

- Relación de 2:1, entre el firme o base granular y la base de concreto asfáltico.
- Relación de 2.7:1, entre el cimiento granular y la base de concreto asfáltico.
- Relación de 1.35:1, entre el cimiento y el firme granular.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PARA EL CIMIENTO Y FIRME.

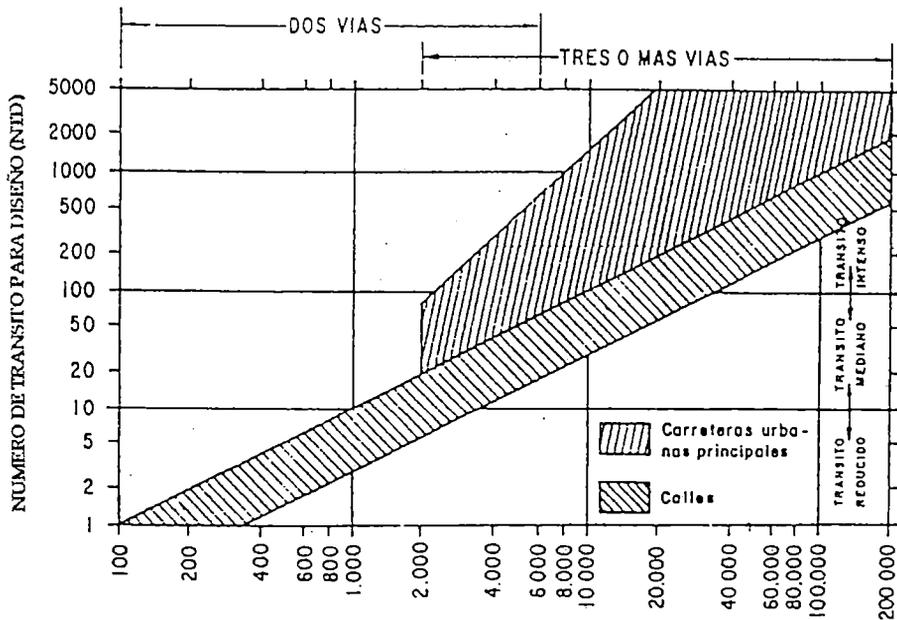
En los cuadros que se indican a continuación, se señalan los requisitos que han de reunir los materiales empleados para las capas de cimiento y firme.

GRAFICO PARA DETERMINAR EL NTD, EN FUNCION DEL NTL, PARA CARRETERAS INTERURBANAS Y RURALES



TRANSITO DIARIO INICIAL (NTI) EN DOS DIRECCIONES (NUMERO DE VEHICULOS)

GRAFICO PARA DETERMINAR EL NTD, EN FUNCION DEL NTL, PARA CARRETERAS URBANAS Y CALLES

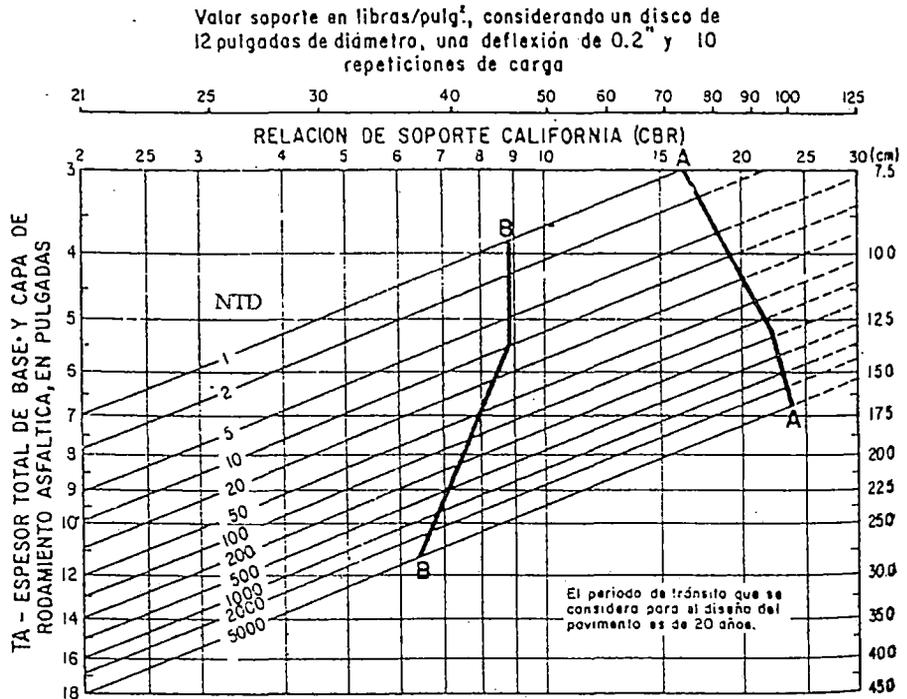


TRANSITO DIARIO INICIAL (NTI) EN DOS DIRECCIONES (NUMERO DE VEHICULOS)

TRANSITO REDUCIDO NTD < 10
 TRANSITO MEDIANO NTD [10 - 100]
 TRANSITO INTENSO NTD > 100

Figura 4.5.1.a1

GRAFICO PARA LA DETERMINACION DEL ESPESOR DE LA BASE Y CAPA DE RODAMIENTO ASFALTICAS



La Curva AA se emplea para determinar el espesor mínimo de la mezcla de concreto asfáltico, correspondiente tanto a la capa de rodamiento como a la del firme.
 La Curva BB indica si es necesario colocar una capa de cemento.

Porción de TA, que pueden ser reemplazadas por Cimiento y Firme Granular.

Si el punto de intersección entre la línea vertical, representativa del CBR, y la que representa el NTD, cae a la izquierda de la línea BB, el pavimento puede ser construido con cemento y firme granular y una capa de rodamiento de concreto asfáltico.

- Del punto de intersección entre la línea vertical que indica la capacidad portante de la subrasante y la que señala el NTD, se dibuja una línea horizontal al eje de ordenadas y se obtiene el valor TA correspondiente, el cual representa el espesor total del pavimento de concreto asfáltico a colocarse encima de la fundación.
- Del punto de intersección entre la línea que representa el NTD y la curva AA se dibuja una horizontal al eje de ordenadas. El valor TA que se lea indicará el espesor mínimo de concreto asfáltico a aplicarse, si se contempla la colocación de un firme granular.
- Del punto de intersección entre la línea representativa del NTD y la curva BB se traza una horizontal al eje de ordenadas. El valor TA que se lea, señalará el espesor mínimo de concreto asfáltico que se colocará, si se contempla el empleo de un cimiento granular.
- El valor TA obtenido según b), se resta del que se alcanzó en c). La diferencia indica el espesor mínimo de concreto asfáltico que puede ser reemplazado por firme granular si el espesor mínimo de concreto asfáltico indicado en b) es usado. Como la relación entre la base granular y el concreto asfáltico es de 2:1, este espesor multiplicado por 2 nos dará el espesor total de la base granular a colocarse.
- El espesor TA conseguido según c) se resta del obtenido en a). Esta diferencia representará el espesor máximo del concreto asfáltico que puede ser sustituido por un cimiento granular. Para determinar el espesor máximo del cimiento, se multiplicará por 2.7 la diferencia lograda, pues, como ya se ha señalado, la relación entre la capacidad portante de un cimiento granular y una capa de concreto asfáltico es de 2.7:1.
- El espesor total del pavimento asfáltico estará formado por los espesores de cimiento, firme y revestimiento asfáltico determinado según e), d) y b).

Figura 4.5.1.a2

REQUISITOS PARA MATERIALES DE FIRME		
Ensayo	Tránsito Reducido	Tránsito Regular e Intenso
CBR, mínimo	80	100
Límite Líquido	25	25
Índice Plasticidad. máximo	6	3
Equivalente de arena, mínimo	30	50

REQUISITOS PARA MATERIALES DE CIMIENTO	
Ensayo	Requisito
CBR, mínimo	20
Límite Líquido	25
Índice Plasticidad. máximo	6
Equivalente de arena, mínimo	25

4.5.2.- CATÁLOGO PERUANO

Este catálogo es un resumen de las diferentes tendencias (análisis estadístico de los resultados de los métodos más usados), el cual permite efectuar un diseño estructural confiable dentro de ciertos rangos que deberán tenerse en consideración de acuerdo a la zona.

Este “método” considera dos parámetros fundamentales:

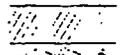
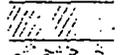
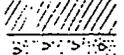
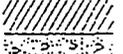
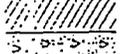
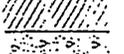
Valores característicos de Capacidad Portante (CBR) de los terrenos de fundación y tránsito.

OBSERVACIÓN

Este catálogo no es aplicable para Terrenos de Fundación con valores de C.B.R. menores de 3, éstos deberán tratarse con diseños específicos, y para valores mayores de 21, el Terreno de Fundación servirá como cimiento de la estructura, es decir no requiere cimiento, solo se colocará el firme y revestimiento.

En la figura 4.5.2.a1 se muestra dicho catálogo.

PROPUESTA DE UN CATALOGO PERUANO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO ASFALTICO

Valores de C.B.R.	TIPO DE TRAFICO		
	Liviano	Mediano	Pesado
≤ 3	DISEÑO ESPECIFICO DE LA ZONA		
4 - 7			
	5 cm.	5.0	6.25
	12.5	15.0	17.5
	37.5	40.0	42.5
8 - 12			
	5.0	5.0	6.25
	12.5	15.5	17.5
	22.5	25.0	27.5
13 - 17			
	5.0	5.0	6.25
	10.0	12.5	15
	17.5	20.0	22.5
18 - 21			
	5.0	5.0	6.25
	10.0	10.0	10
	15.0	17.5	20

EQUIVALENCIAS ADOPTADAS:

2.5 de M. asfáltica \approx 5.0 cm. de M. firme

2.5 de M. firme \approx 5.0 cm. de M. cemento

Figura 4.5.2.a1

CAPITULO V

PLANEAMIENTO DEL MANTENIMIENTO VIAL

PLANEAMIENTO DEL MANTENIMIENTO VIAL

5.1.0.- GENERALIDADES

El estado de las vías existentes en una ciudad son el fiel reflejo del mantenimiento a las que son sometidas, y esencialmente de la responsabilidad o irresponsabilidad de las entidades que están a cargo de esta delicada labor.

Un buen programa de mantenimiento es sinónimo de desarrollo, de planificación, de responsabilidad y fundamentalmente de integración para un país. En la medida que el mantenimiento de la red vial exista, existirán también vías en buenas condiciones las cuales repercutirán en beneficio del usuario así como de la ciudad.

Actualmente el sistema vial de Lima carece de un programa de mantenimiento. La política de Mantenimiento Vial que esta aplicando el actual gobierno a través del Ministerio de Transporte, solo involucra la red vial nacional. De esta manera se esta descuidando las redes vecinales y regionales, siendo éstas las que actualmente están acusando el mayor deterioro y en algunos casos próximas a su total colapso.

En Lima existen algunas entidades tales como EMAPE que se encargan del control y mantenimiento de algunas vías importantes como La Panamericana al sur hasta Pucusana y al norte hasta Ancón, de la Avenida Universitaria, del Circuito de Playas y de la Vía Expresa; la Dirección Municipal de Transporte Urbano, que se encarga de trabajos de emergencia en las vías de Lima sin una adecuada evaluación del pavimento; los propios Municipios pocas veces se encargan del mantenimiento de sus vías debido a que “no cuentan” con mucho presupuesto, esperando que alguna entidad relacionada lo haga.

En resumen, no existe realmente una entidad encargada de la administración de los pavimentos del sistema vial de Lima, lo que nos lleva a decir que no existe una programación de mantenimiento de los pavimentos en Lima Metropolitana.

5.2.0.- DEFINICIONES

A continuación, daremos algunas definiciones que nos ayudarán a comprender mejor la importancia de este capítulo.

MANTENIMIENTO VIAL

Son todos aquellos procesos, tanto preventivos como correctivos, que tienden a preservar la integridad de la infraestructura vial o conservarla en un nivel aceptable.

El mantenimiento puede ser Preventivo o Correctivo, según que se tomen acciones antes que se produzca una reducción en la funcionalidad del pavimento o después que se han producidos fallas puntuales que se manifiestan como reducción del nivel de servicio del pavimento.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Rutinario)

El mantenimiento rutinario es aquel que comprende los trabajos de reparación que es necesario efectuar una o más veces al año para preservar la red vial y mantener niveles de servicio adecuados, bajo este contexto el mantenimiento rutinario es un mantenimiento preventivo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Rehabilitación)

En la rehabilitación en cambio, se consideran los trabajos que tiene como objetivo poner a la vía en condiciones de poder ser conservada con mantenimiento rutinario. La rehabilitación viene a ser entonces un mantenimiento correctivo.

RECONSTRUCCIÓN

Los trabajos de reconstrucción implican la existencia de un pavimento sumamente deteriorado, en el que la rehabilitación ya no se justifica.

Las acciones a corto plazo implican en primer término, la priorización de los tramos críti-

cos en base a la importancia de la obra, al volumen de tránsito y otros indicadores como la frecuencia de accidentes de tránsito, o el tiempo de interrupción en un lapso predeterminado.

5.3.0.- ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA.

Este análisis servirá como base para elaboración de una estrategia de mantenimiento, el cual de alguna manera impedirá que los pavimentos lleguen al colapso.

Tres hechos son puntos fundamentales para el mantenimiento de los pavimentos, que servirán de base al desarrollo de este capítulo:

- Debido a que los costos de reconstrucción son de tres a cinco veces los de rehabilitación, no debe permitirse que ningún pavimento decline hasta tener que quedar en malas condiciones.
- Los pavimentos en medianas condiciones tienen la oportunidad a partir del quinto año de vida de rehabilitarse.
- El costo de operación de los vehículos aumenta a medida que se deterioran los pavimentos.

Un pavimento nuevo, si no es adecuadamente mantenido se deteriora lenta e imperceptiblemente durante los primeros seis a diez años de su vida, dependiendo del tránsito, normas de diseño, condiciones climáticas, métodos constructivos, etc. Después de este “periodo de gracia” se deterioran mucho mas rápidamente y sin un mantenimiento oportuno se desintegran, pudiendo llegar al colapso.

Al estar los pavimentos deteriorados originan un mayor costo de operación de los vehículos que transitan sobre ellos, siendo algunos: mayor consumo de combustible, gastos de mantenimiento del vehículo, depreciación del vehículo, etc.

La falta de mantenimiento continúa porque las autoridades están a salvo de presiones directas y porque los usuarios de las vías tardan en darse cuenta; y peor aún, está fuera de su alcance el hacer algo para remediar la situación.

5.4.0.- PLANEAMIENTO DEL MANTENIMIENTO VIAL

5.4.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS ACCIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS

1.- MANTENIMIENTO RUTINARIO

- Naturaleza y Tipo de Trabajo

Principalmente preventivo, pero incluyen también acciones correctivas de poca extensión.

- Finalidad

Evitar el progreso de las fallas incipientes y conservar un nivel de seguridad, economía y comodidad para los usuarios.

- Efecto en la Capacidad Funcional del Pavimento

En general, solo mantiene el nivel de funcionalidad del pavimento. En algunos casos se produce mejora relativa de la condición superficial.

- Efecto en la Capacidad Estructural del Pavimento.

Ninguna.

- Incremento de Vida Útil del Pavimento.

Ninguna.

- Frecuencia de Ejecución.

Deberá realizarse una a dos veces por año.

2.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Rehabilitación)

a.- SIN MANTENIMIENTO MAYOR

- Naturaleza y Tipo de Trabajo.

Acciones correctivas previas de menor cuantía, eventual colocación de capas nivelantes y colocación de capas de mejora superficial y/o refuerzo estructural.

- Finalidad.

Reducir los costos de operación vehicular, dotar al pavimento de una mayor capacidad para soportar las solicitudes de tránsito previsto, así como dar mayor comodidad al usuario.

- Efecto en la Capacidad Funcional del Pavimento.

Devuelve la capacidad funcional a una condición similar a la de un pavimento nuevo.

- Efecto en la Capacidad Estructural del Pavimento.

Eleva la capacidad estructural de todo el pavimento en proporción al aporte de las capas adicionales que se coloquen sobre el pavimento existente.

- Incremento de Vida Útil del Pavimento.

Proporcional a la naturaleza de los materiales y espesores de las nuevas capas colocadas sobre el pavimento existente.

- Frecuencia de Ejecución.

Ejecución condicionada, de acuerdo a la evaluación y estudios de detalles realizados.

b.- CON MANTENIMIENTO MAYOR

- Naturaleza y Tipo de Trabajo.

Acciones correctivas previas consideradas como mantenimiento mayor y colocación de mejora superficial y/o refuerzo estructural.

- Finalidad.

Idem

- Efecto en la Capacidad Funcional del Pavimento.

- Devuelve la capacidad funcional a una condición similar a la de un pavimento nuevo.
- **Efecto en la Capacidad Estructural del Pavimento.**
Eleva la capacidad estructural de todo el pavimento en proporción al aporte de las capas adicionales que se coloquen sobre el pavimento existente.
 - **Incremento de Vida Útil del Pavimento.**
Proporcional a la naturaleza de los materiales y espesores de las nuevas capas colocadas sobre el pavimento existente.
 - **Frecuencia de Ejecución.**
Ejecución condicionada, de acuerdo a la evaluación y estudios de detalles realizados.

3.- RECONSTRUCCIÓN

- **Naturaleza y Tipo de Trabajo**
Remoción total del pavimento existente y sustitución por un nuevo diseño.
- **Finalidad.**
Devolver sus condiciones óptimas de operatividad a la vía, colocando una estructura de pavimento acorde con las solicitudes del tránsito previsto, reducir los costos de operación de los vehículos, eliminar gastos excesivos e ineficaces de mantenimiento.
- **Efecto en la Capacidad Funcional del Pavimento.**
La condición superficial del nuevo pavimento debe producir una capacidad funcional óptima.
- **Efecto en la Capacidad Estructural del Pavimento.**
La capacidad estructural del nuevo pavimento dependerá del diseño adoptado.
- **Incremento de Vida Útil del Pavimento.**
La vida útil estará dada por el diseño del nuevo pavimento.
- **Frecuencia de Ejecución.**
Ejecución condicionada a la evaluación y elaboración de estudios de detalles requeridos.

5.4.2.- PLANEAMIENTO Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN.

Considerando los criterios de rehabilitación claramente definidos, y el análisis previo, se puede optimizar la estrategia de Mantenimiento y Rehabilitación siguiendo el proceso que se muestra en la Figura 5.4.2 y que consta de las siguientes fases:

Fase 1 : Selección Preliminar de Tramos.

Fase 2 : Determinación de Prioridades Definitivas y Soluciones Óptimas.

Fase 3 : Optimización Económica.

Fase 4 : Proyecto Definitivo y Ejecución de Obra.

El proceso de Planeamiento propuesto es un proceso cíclico que implica que las diferentes fases deberán ser alimentadas con datos que deben ser generados de la aplicación del proceso mismo.

Así por ejemplo, la información obtenida a través de las evaluaciones periódicas permitirá determinar las tendencias del deterioro de los pavimentos y permitirá medir la eficacia de las soluciones implantadas.

A continuación se describe con más detalle las diferentes fases propuestas.

SELECCIÓN PRELIMINAR DE TRAMOS

El aspecto crítico de esta etapa consiste en la selección adecuada de estos tramos.

El proceso para la selección preliminar de tramos en que se deberá llevar a cabo estudios mas detallados se muestra en la gráfica A.

DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES DEFINITIVAS Y SOLUCIONES OPTIMAS

Una vez seleccionados los tramos en la priorización inicial, estos deberán ser sometidos a

análisis mas detallados e intensivos, en los que se determinará con mayor exactitud:

- Las condiciones reales de las distintas capas del pavimento (hasta el nivel de la sub-rasante).
- El tráfico que afecta al tramo, estimando tasas de crecimiento mas ajustadas para cada tipo de vehículo.

Con la ejecución de estos estudios, podemos determinar las soluciones óptimas de rehabilitación y determinando también la factibilidad económica de las inversiones que representan la ejecución de las soluciones de rehabilitación propuestas. (ver gráfico B)

OPTIMIZACION ECONOMICA.

Cuando no hay limitaciones de tipo presupuestal, la lista priorizada de tramos provenientes de la etapa anterior, constituye, de hecho, la mejor combinación de proyectos, o sea la óptima desde el punto de vista económico.

Sin embargo, y como sucede con frecuencia, cuando no hay recursos suficientes para ejecutar las soluciones óptimas de rehabilitación de cada tramo, es necesario elaborar una serie de alternativas de rehabilitación que representen soluciones de menor costo aunque se sacrifique en cierto grado los resultados de la rehabilitación, diseñando para vidas útiles más cortas.

PROYECTO DEFINITIVO Y EJECUCIÓN DE OBRA.

En la elaboración del proyecto definitivo de rehabilitación, es crucial que se adopten los mismos criterios y la misma metodología de análisis y diseño utilizado en la etapa de planificación, además que se debe diseñar para la alternativa de rehabilitación adoptada en la fase 3 (que no necesariamente es la optimo para el tramo).

Una vez rehabilitado el tramo, este debe someterse al control periódico o seguimiento de su condición.

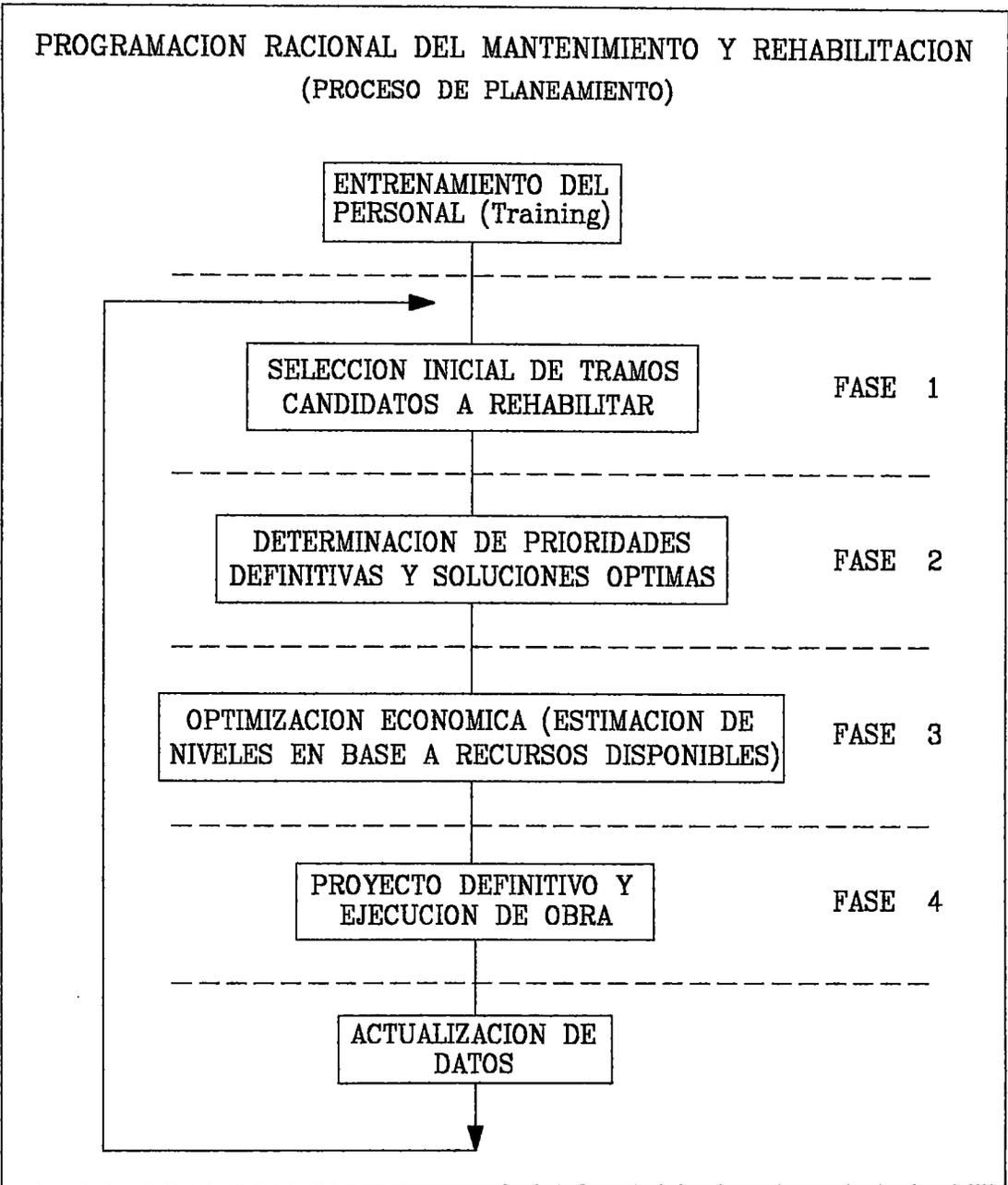


Figura 5.4.2

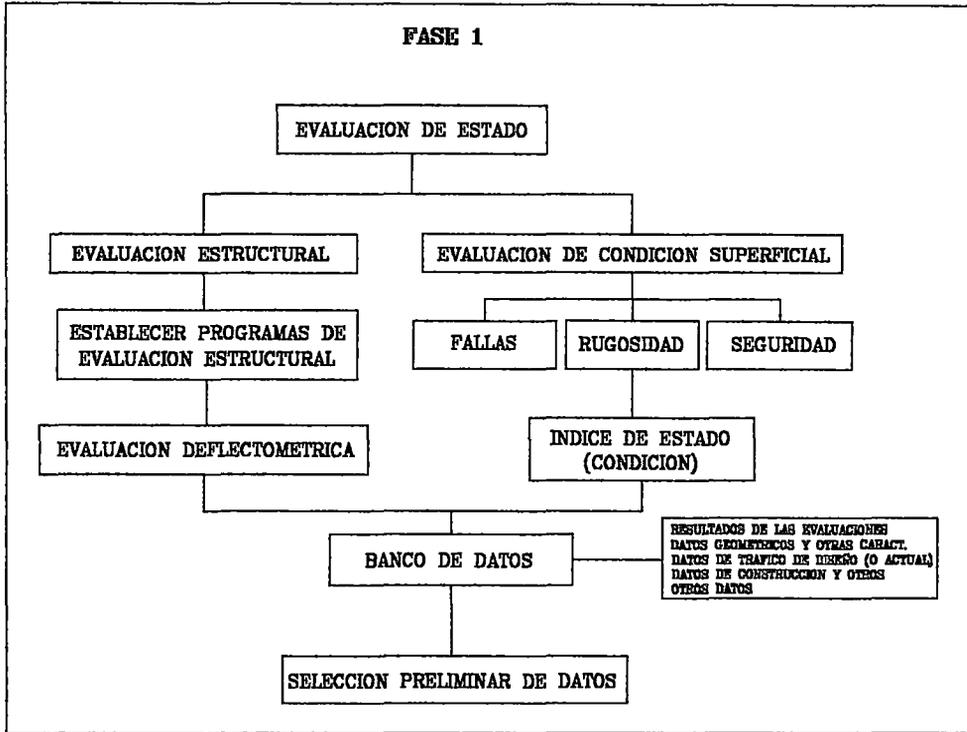


GRAFICO A

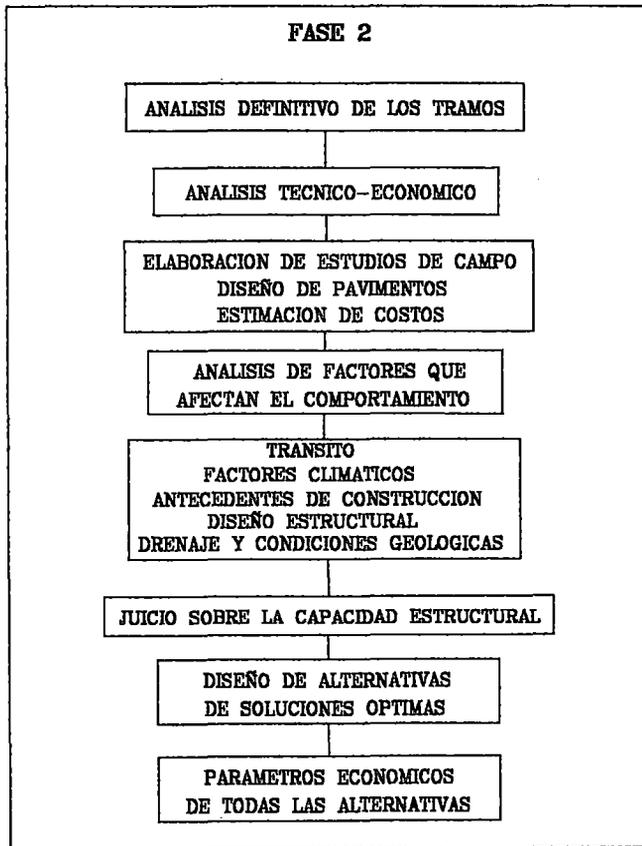


GRAFICO B

CAPITULO VI

*EVALUACION VISUAL SUPERFICIAL DE LOS PAVI-
MENTOS REVESTIDOS CON ASFALTO DE LAS
PRINCIPALES VIAS EN LIMA Y CALLAO*

EVALUACIÓN VISUAL SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS REVESTIDOS CON ASFALTO DE LAS PRINCIPALES AVENIDAS Y/O AVENIDAS MAS DETERIORADAS EN LIMA Y CALLAO

6.1.0.- GENERALIDADES

En el análisis del comportamiento de los pavimentos urbanos debe considerarse que, durante su vida de servicio, están sometidos a un conjunto de sollicitaciones ya sea debidas al tránsito que circula sobre ellos, como el medio ambiente predominante en la zona que han sido construidos.

Al estar en servicio los pavimentos se van deteriorando, presentando diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros que se van presentando pueden al principio ser pequeños, pudiendo ser en el tiempo la causa de problemas serios que aceleran la falla del pavimento.

Por ello, para que un pavimento proporcione continuamente un servicio adecuado, requiere de una evaluación y un mantenimiento permanente a fin de garantizar la vida útil del proyecto.

El empleo del procedimiento visual en la evaluación de los pavimentos, es importante en la medida que permite hacer un inventario de daños y de posibles causas de los mismos dando a conocer la condición superficial (operacional) del pavimento y la necesidad de mantenimiento en función de ésta.

La evaluación visual superficial de los pavimentos en el presente trabajo se efectuó siguiendo las recomendaciones tanto de Conreval como la del PCI.

Se realizaron también trabajos complementarios como son la toma de medidas y búsqueda de datos que nos ayuden a interpretar de una mejor manera las causas del origen de las fallas. Estos datos se obtuvieron de algunas entidades como las municipalidades

implicadas, Invermet, Emape, y de la propia evaluación.

En el ANEXO F, se presentan las vías mencionadas en planos respectivamente, mostrando las fallas más severas encontradas y su localización en vistas, sugiriendo alternativa(s) de solución para su reparación.

A continuación vamos a proporcionar los resultados obtenidos de la evaluación realizada en las principales avenidas y/o avenidas más deterioradas de Lima y Callao, seguido de un resumen de la condición de estado de cada tramo evaluado.

6.2.0.- RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL.

1.- AVENIDA PROCERES DE LA INDEPENDENCIA

Tramo Evaluado

Desde el Ovalo Naciones Unidas hasta la Av. El Sol.

Este tramo se localiza en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Información Adicional

La Av. Próceres de la Independencia es de doble vía con sentidos opuestos, con dos carriles por vía. Sus pavimentos son del tipo asfáltico.

Este tramo tiene una longitud aproximada de 5.58 Km. y un ancho de vía variable con 7m. en los primeros kilómetros hasta 8 m. en los últimos kilómetros evaluados.

En esta avenida transitan un total de vehículos estimado por día IMD (2 carriles en c/lado) 14750 vehículos (Munic. S. J. Lurigancho - 1996).

Se ha apreciado que hubo reparaciones localizadas efectuadas en épocas pasadas, y que algunos de estas se encuentran en pleno proceso de deterioro.

Evaluación

El tramo comprendido desde el Ovalo Naciones Unidas hasta la Av. Los Tusilagos, presenta una superficie en regular estado, con leves fisuras longitudinales en el eje central y fisuras interconectadas de niveles de severidad moderados, frecuentemente en las zonas de parada (intersecciones con un jirón o avenida), deformaciones leves, y un desgaste leve de la superficie. Se aprecia desprendimientos de la capa asfáltica especialmente en los bordes tanto de la berma central como en los sardineles. A partir de la intersección con Av. Los Tusilagos hasta la Av. Los Postes, en las dos vías, la superficie de los pavimentos de esta avenida presenta fallas localizadas de todo tipo como son las fisuras del tipo piel de cocodrilo moderados a severos, cavidades (nidos de gallina), fisuras longitudinales en el eje central moderadas, también algunos parches efectuados en épocas anteriores totalmente deteriorados. En el tramo comprendido desde la Av. Los Postes a la Av. El Sol, las fallas mucho más severas y más extensas, se aprecian desprendimientos de la carpeta asfáltica tanto en los bordes como en las zonas interiores, debido a fisuraciones severas, especialmente en zonas de Intersección, fisuras longitudinales y transversales, baches profundos y hundimientos en los bordes, que lo hacen un tramo intransitable.

Juicio de Evaluación

En general, la estructura se encuentra sumamente deteriorada y fatigada, se concluye por los tipos de fallas que se observan, especialmente en el tramo Av. Los Postes – Av. El sol, donde es necesario una reconstrucción de los pavimentos. El tramo Av. Los Postes – Av. Los Tusilagos, su condición de transitabilidad aún es pobre pero no presenta fallas severas extensas. El primer tramo Av. Los Tusilagos – Ovalo Naciones Unidas, la superficie se muestra desgastada, con algunas fallas leves localizadas que no afectan mucho su nivel de serviciabilidad, por lo que se considera un tramo en regulares condiciones.

2.- AVENIDA UNIVERSITARIA

Tramo Evaluado

Desde la Av. Perú hasta la Av. Alfredo Mendiola.

Este tramo se ubicada entre los distritos San Martín de Porres y los Olivos.

Información Adicional

El tramo evaluado de esta avenida tiene dos vías de sentidos apuestos, con dos carriles por lado, cuyos pavimentos existentes están conformados por un estructura compuesta por una losa de concreto hidráulico, revestida con una capa de concreto asfáltico como refuerzo.

Este tramo tiene una longitud aproximada de 7.64 Kms. y un ancho de vía de 7.0 m. En esta avenida transitan un total de vehículos estimado por día IMD (2 carriles en c/lado) 10260 vehículos (Emape - 1995).

Se aprecia algunas pequeños parchados en la zona de San Martín de Porres.

Evaluación

Entre la Av. Perú y la Av. José Granda, los pavimentos presentan una superficie de regular a pobre estado de servicio, con fallas localizadas como hundimientos notorios, fisuras tipo piel de cocodrilo de gran extensión especialmente en el primer kilómetro y en el lado este, fisuras long. y transversales, baches pequeños en el lado este. Entre las Avs. José Granda y Tomás Valle, las fallas localizadas se hacen más frecuentes y más extensas. Se aprecian fisuras moderadas, hundimientos pronunciados en medio de la vía, algunos parchados artesanalmente, desintegraciones leves en los bordes.

Entre la Av. Tomás Valle a la Av. Alfredo Mendiola, se aprecia en general una superficie en buen regular, pero se observa especialmente en las zonas de Intersecciones (zonas de parada), peladuras y desintegraciones superficiales en proceso, ahuellamientos y fisuras leves.

Juicio de Evaluación

En general, las zonas de intersecciones especialmente en el tramo Av. Tomas Valle – Av. Alfredo Mendiola, la superficie de los pavimentos se muestra rugosa debido a las peladuras y en algunos casos comienza a desintegrarse. Mantiene un nivel de transitabilidad todavía aceptable.

En el tramo Av. Perú – Av. Tomas Valle, se requieren de trabajos de rehabilitación de fallas localizadas, parchados, siendo un momento adecuado para evitar su evolución. Su condición de estado es pobre.

3.- AVENIDA TUPAC AMARU

Tramo Evaluado

Desde la Av. Naranjal hasta la Av. Chimpu Oclo.

Este tramo se encuentra ubicado en el distrito de Comas.

Información Adicional

El tramo evaluado de esta avenida tiene dos vías de sentidos opuestos, con dos carriles por lado y sus pavimentos son del tipo asfáltico.

Este tramo tiene una longitud aprox. de 8.14 Kms. y un ancho de vía de 7.10 m.

Se están realizando trabajos de parchado en estos momentos.

Evaluación

Entre las Avs. Naranjal y El Parral, se aprecia a los pavimentos con superficie en buenas condiciones, con fallas localizadas generalmente en los bordes como: fisuras en bloque, desprendimientos del material asfáltico. Más adelante hasta la Av. Belaunde, podemos apreciar fisuras piel de cocodrilo moderadas, peladuras en zonas de parada, pequeños baches, ondulaciones en las huellas de canalización del tránsito. Entre la Av. Belaunde

hasta la Av. Chimpu Ocllo, se aprecia una superficie en buen estado, pero siempre con fallas localizadas pero leves como fisuras en bloque, peladuras, desintegraciones superficiales y pequeños baches.

Juicio de Evaluación

En general, se observa una superficie en buen estado, requiriéndose de trabajos de rehabilitación en fallas localizadas para mejorar su nivel de comodidad de manejo.

4.- AVENIDA NICOLAS AYLLON

Tramo Evaluado

Desde la Av. Grau hasta la Av. La Molina.

Esta avenida es límite entre los distritos de La Victoria y El Agustino, y más adelante se ubica en el distrito de Ate.

Información Adicional

El tramo evaluado de esta avenida tiene dos vías de sentidos opuestos, con dos carriles por lado. A partir de la intersección con la Av. Nicolás Arriola la avenida presenta tres carriles por lado. Sus pavimentos están compuestos por una estructura mixta, conformado por una losa de concreto hidráulico y revestida con una capa de concreto asfáltico.

El tramo evaluado tiene una longitud de 4.28 Kms., el cual soporta un alto porcentaje de tránsito pesado, ya que es pase de Lima a la Carretera Central.

Evaluación

Las primeras cuadras de la Av. Nicolás Ayllón, desde la Av. Grau hasta la Av. México, presentan desintegraciones severas de la carpeta asfáltica, con fisuras de todo tipo severas, baches frecuentes y totalmente desaseada (especialmente entre la Av. Rivaguero y Av. Nicolás Arriola). En las siguientes cuadras su aspecto es más ordenado, los pavimentos

presentan fisuras longitudinales y en bloque moderados, deformaciones notorias y localizadas, En general la superficie se encuentra en mucho mejor condición de servicio. En el tramo comprendido entre la Av. Franklin y la Av. La Molina, la superficie del pavimento se encuentra en perfecto estado, con leves fisuras longitudinales.

Juicio de Evaluación

En general, el tramo comprendido entre las primeras cuadras de la avenida evaluada, tramo Av. Grau – Av. Nicolás Arriola, se encuentra en una condición de transitabilidad pobre. El siguientes tramo se muestra en mejores condiciones pero con necesidad de trabajo de rehabilitación en aquellas fallas localizadas, para evitar su expansión.

5.- CORREDOR VIAL AV. TACNA – GARCILAZO DE LA VEGA.

Tramo Evaluado

Desde el Pte. Santa Rosa hasta la Av. 28 de Julio.

Se ubica en el Cercado de Lima.

Información Adicional.

La Av. Tacna es de doble vía de sentidos opuestos y con cuatro carriles por lado, de igual manera la Av. Garcilazo de la Vega es de doble vía de sentidos opuestos y también de cuatro carriles por lado.

Los pavimentos existentes de la Av. Tacna y Garcilazo de la Vega tienen actualmente una estructura mixta conformada por losas de concreto simple, sobre las cuales se ha colocado a manera de refuerzo una carpeta asfáltica.

La longitud total del corredor vial es 2.60 Kms. con un ancho de vía promedio de 12.5 m. donde la Av. Tacna soporta el tránsito de 17436 veh/día y la Av. Garcilazo tiene un I.M.D. de 18246 vehículos (Invermet – 1996).

Evaluación

Superficialmente la Av. Tacna se aprecia en regular estado de conservación, con fisuras longitudinales leves a lo largo de la avenida y fisuras transversales especialmente en las zonas de parada. Entre el Jr. Huancavelica y la Av. Emancipación (lado este) se aprecia fisuras en bloque (piel de cocodrilo) medio, que esta expandiéndose.

En la Av. Garcilazo de la Vega se aprecia fisuras longitudinales en todo lo largo a 1.5 m. de los bordes y en el eje. Las tres primeras cuadras se encuentran en buen estado, con fisuras leves. Entre los Jrs. Quilca y Davalo se aprecia fisuras en bloque (piel de cocodrilo). En la intersección con la Av. 9 de Diciembre (lado oeste) específicamente en la zona de parada se puede ver un hundimiento severo en forma transversal con fisuras. Entre la Av. 9 de Diciembre y la Av. España (lado oeste) se aprecia el inicio del desprendimiento del material asfáltico en un radio de 4 m. También se aprecia fisuras transversales leves entre la Av. 28 de Julio y la Av. 9 de Diciembre, en ambos lados y hundimientos localizados a 1m. del borde de la berma central (lado este).

Juicio de la Evaluación

En general, la Av. Tacna muestra una superficie con un regular nivel de transitabilidad, de igual forma la Av. Gracilazo de la Vega.

6.- CORREDOR VIAL AV. ABANCAY – AV. MANCO CAPAC.

Tramo Evaluado

Desde el Puente Ricardo Palma hasta la Av. México.

Se encuentra ubicado en el Cercado de Lima.

Información Adicional

La Avenida Abancay es de doble vía de sentidos opuestos, con cuatro carriles por lado, de igual manera la Avenida Manco Capac, pero de tres carriles por lado. Sus pavimentos son

de estructura mixta conformada por losas de concreto simple, sobre las cuales se ha colocado a manera de refuerzo una carpeta asfáltica.

Este corredor vial tiene 3.29 Km. de longitud, donde la Av. Abancay tiene un ancho de vía promedio de 11.30 m. y la Av. Manco Capac tiene un ancho de vía promedio de 7.50 m.

La Av. Abancay soporta un tránsito de un total de vehículos estimado por día IMD (4 carriles en c/lado) de 20404 vehículos y las Av. Manco Capac (3 carriles en c/lado) soporta un total de 16283 vehículos/día.

Evaluación

Superficialmente la mayor parte del pavimento de la Avenida Abancay se aprecia en buen estado de conservación, lo cual se debe al reforzamiento del pavimento llevado a cabo hace algunos años. Esta situación no significa que el pavimento tendrá un buen comportamiento durante los años venideros.

En la evaluación se registraron ahuellamientos moderados en los carriles para buses y fisuras tanto longitudinales como transversales en las primeras cuadras de la Av. Abancay (de mayor severidad en las zonas de parada y arranque). En el lado este comprendido entre la Av. Nicolás de Piérola y el Jr. Puno se aprecia un hundimiento pronunciado con fisuramientos del pavimento.

En la Av. Manco Capac también se ha llevado a cabo obras de mejoramiento, consistentes de parchados de concreto con capas adicionales de asfalto de diferentes espesores. Con excepción de algunas cuadras, en general el pavimento de la Av. Manco Capac se aprecia desnivelado, observándose parches con diferentes tratamientos efectuados, probablemente en diferentes épocas y algunos huecos entre los Jrs. Sebastián Barranca y Hipolito Unanue (lado este) y entre las Avenidas 28 de Julio y Grau (a ambos lados). En algunos sectores de esta avenida la superficie muestra un ligero desprendimiento de la carpeta asfáltica.

Juicio de la Evaluación

En general, La Av. Abancay presenta algunos sectores en el cual la superficie asfáltica

muestra una ligera degradación, que no amerita una acción inmediata, por lo tanto podemos decir que se encuentra en regulares condiciones. En la Av. Manco Capac se sugiere el retiro de sus pavimentos, los cuales se encuentran desnivelados, y le dan un pobre nivel de transitabilidad.

7.- AVENIDA MIGUEL GRAU

Tramo Evaluado

Desde la Plaza Miguel Grau hasta la Av. Nicolás Ayllón.

El tramo se ubica entre el Cercado de Lima y La Victoria, extendiéndose hasta El Agustino.

Información Adicional

La Avenida Grau es de doble vía de sentidos opuestos, con 2 carriles por lado.

Sus pavimentos tienen actualmente una estructura mixta conformada por losas de concreto simple, sobre las cuales se ha colocado una carpeta asfáltica.

El tramo evaluado tiene una longitud de aprox. de 2.42 Km. y tiene un I.M.D. de 14940 veh/día (Invermet – 1992).

Se aprecian algunos parches que actualmente se encuentran deteriorados.

Evaluación

Las primeras cuadras de la Av. Grau, entre la Av. José Gálvez hasta la Av. Manco Capac muestran todo tipo de fisuraciones, con mayor frecuencia las del tipo piel de cocodrilo muy severas, con desprendimiento del material asfáltico, formando cavidades en las huellas y entrehuellas como en los bordes, en general una superficie en pobre estado, con un pobre nivel de transitabilidad. Las siguientes cuadras comprendidas entre la Av. Manco Capac y el Jr. Abtao se presentan en regular estado superficial con fisuras longitudinales leves a moderadas como falla característica, localizadas en el eje.

El tramo comprendido entre el Jr. Abato y el Jr. La Mar presenta fallas de todo tipo en

ambos lados de la vía, desde fisuras interconectadas, deformaciones, peladuras, que si no se toman medidas inmediatas pueden llevarlas al colapso. Entre el Jr. La Mar y la Av. Nicolás Ayllón el estado de la superficie del pavimento es calamitoso, fisuras severas de todo tipo con desintegraciones en todo lo ancho de la vía, desprendimientos severos, levantamientos, hundimientos, que lo hacen un tramo intransitable.

Juicio de la Evaluación

Esta avenida presenta tramos en condiciones muy pobres en cuanto a nivel de transitabilidad, estos son: Av. José Gálvez - Av. Manco Capac y Jr. Abato - Av. N. Ayllón. Los tramos restantes se encuentran en regulares condiciones de transitabilidad, cuales deberán someterse a tratamientos como manutención preventiva.

8.- AVENIDA ARICA

Tramo Evaluado

Desde la Av. Naciones Unidas hasta la Plaza Bolognesi.

Esta avenida se ubica en Breña, extendiéndose hasta el Cercado de Lima.

Información Adicional

La Avenida Arica es de una sola vía con dos carriles desde su inicio hasta la Av. Venezuela donde a partir de ésta hasta la Plaza Bolognesi es de doble vía con tres carriles en cada lado, donde sus pavimentos tiene una estructura mixta conformada por losas de concreto simple, sobre las cuales se ha colocado a una carpeta asfáltica.

El tramo total evaluado tiene 2.64 Km, con un ancho de vía promedio de 9.00 m.

Evaluación

En las primeras cuadras de la Av. Arica, se aprecian fisuras de toda clase y de severidad y magnitud leves a moderadas, localizados generalmente en las huellas de canalización del

transito y en los bordes de la vía, y en algunas. La superficie se muestra fatigada y envejecida.

Entre la Av. Venezuela y el Jr. Varela se pueden apreciar fisuras reflejadas, del tipo piel de cocodrilo con desintegraciones de la carpeta asfáltica leves a severos que dejan al descubierto la losa de concreto (con mayor frecuencia en el lado oeste), En esta tramo también se aprecian fisuras interconectadas en expansion de niveles moderados.

A partir del Jr. Varela hasta la Plaza Bolognesi, estos deterioros se manifiestan en menor extensión pero con igual severidad .

Juicio de la Evaluación

El tramo Av. Braille - Av. Venezuela se encuentra en regulares condiciones, mientras que el siguiente tramo su cuadro es más severo, por lo que se encuentra en un nivel de condición pobre.

9.- AVENIDA 28 DE JULIO

Tramo Evaluado

Desde la Av. Brasil hasta la Av. Aviación.

Esta avenida se localiza en los distritos del Cercado de Lima y La Victoria.

Información Adicional

La Avenida 28 de Julio es de una sola vía de un solo sentido, con tres carriles desde la Av. Nicolás Ayllón hasta la Av. José Gálvez. A partir de la Av. José Gálvez hasta la Av. Brasil, la Av. 28 de Julio se convierte en doble vía con tres carriles en ambos lados.

Los pavimentos existentes en esta avenida están compuestos por una estructura mixta conformada por losas de concreto simple, sobre las cuales se ha colocado a manera de refuerzo una carpeta asfáltica.

El tramo evaluado tiene un longitud de 3.93 Km.

Evaluación

La Av. 28 de Julio, entre la Av. Aviación hasta la Prolongación Parinacochas, se encuentra en un estado de deterioro total, con desintegraciones del revestimiento asfáltico, deformaciones muy notorias, fisuración en bloque severo. Este tramo requiere trabajos de reconstrucción.

Desde el Jr. Prolongación Parinacochas hasta la intersección con la Av. Manco Capac, la Av. 28 de Julio presenta fallas localizadas como desprendimientos, fisuras interconectadas, hundimientos, etc. desde leves a severas y con mayor frecuencia en las zonas de parada. A partir de la Av. Iquitos hasta la Av. Garcilazo de la Vega se aprecia solo fallas de agrietamiento tanto longitudinales, transversales como interconectados de niveles de severidad medios, y desprendimientos de la carpeta asfáltica muy notoria en toda la intersección con la Av. José Gálvez.

Las primeras cuadras, entre la Av. Brasil hasta la Av. Guzmán Blanco presentan fisuraciones longitudinales y transversales leves y desintegraciones superficiales de niveles medios en zonas localizadas, todo esto en ambos lados.

En resumen, esta avenida luce una superficie desgastada en algunos tramos, con fisuramiento continuo, y con un deterioro total en sus últimas cuadras.

Juicio de la Evaluación

Esta avenida en el tramo comprendido entre Av. Aviación hasta la Av. Manco Capac se encuentra en condición muy pobre, lo cual amerita una reconstrucción total, debido al deterioro total que presenta.

En el último tramo, se deberá realizar trabajos de rehabilitación inmediatos para evitar la gravedad de las fallas que presentan.

10.- AVENIDA BRASIL

Tramo Evaluado

Desde la Plaza Bolognesi hasta el Ovalo Grau.

Esta avenida es límite entre los distritos de Breña y Pueblo Libre con el distrito de Jesús María, y sus últimas cuadras se ubica en el distrito de Magdalena.

Información Adicional

La Avenida Brasil es un corredor de doble vía de doble sentido, con dos carriles por lado, cuyos pavimentos están compuestos por una estructura mixta conformada por losas de concreto, sobre las cuales se ha colocado a manera de refuerzo una carpeta asfáltica.

Esta Avenida tiene una longitud de 4.64 Kms. y un ancho de vía promedio 6.70 m.

Cuenta con un IMD de 18245 veh/día (Invermet – 1994).

Evaluación

La Av. Brasil en general, necesita de trabajos de rehabilitación inmediatos, tanto en zonas localizadas como en zonas continuas. A continuación lo describiremos:

A todo lo largo de esta avenida se aprecian fisuras longitudinales de niveles moderados a severos en las zonas de rodadas, hacia el sardinel, y de menor severidad en el eje central.

En las primeras cuadras vemos también fisuras transversales de leves a severos, especialmente en las zonas de parada y en las zonas de rodadas. En la intersección con la Av. 28 de Julio, en las dos vías, se aprecia una desintegración severa con fisuras interconectadas, y con una área involucrada de aproximadamente 8 m². A partir de esta intersección se acrecienta las fallas en la superficie, tanto en cantidad como en severidad. En las siguientes cuadras se aprecian fallas múltiples y continuas en las zonas de rodadas, a 1 m. del sardinel, también se aprecian la desintegración del pavimento, entre la Av. Santa Cruz y la Av. Mello Franco, lado sur.

Entre la Av. Tizón y la Av. Cayetano Heredia, lado sur, se aprecia una zona reparada de 5 m² el cual presenta un levantamiento pronunciado, y en la cuadra siguiente, desintegraciones totales de la carpeta asfáltica, de aprox. 1 m², también se aprecia fisuras interconectadas (piel de cocodrilo) de niveles medios, y hundimientos medios en zonas de parada.

Una cuadra antes del cruce con la Av. Sánchez Carrión, se aprecia la superficie en un deterioro total, en ambos lados, con un fisuramiento en bloque severo y generalizado, desprendimiento del material asfáltico, deformaciones, esto se prolonga hasta poco después de cruzar el puente. En las últimas cuadras de esta avenida, se aprecian fisuras en bloque de regular magnitud y nivel de severidad, en todo lo ancho de la vía. Entre el Jr. Muñiz y el Jr. Ransey se puede ver dos baches pronunciados en el centro de una fisuración en bloque severo. También se aprecia hundi-mientos en zonas de parada y fisuras longitudinales en las huellas de canalización del tránsito hasta el Ovalo Grau.

Juicio de la Evaluación

La carpeta de revestimiento se encuentra sumamente fatigada, con fallas de todo tipo, de lo que concluimos que esta avenida cuenta actualmente con pavimentos en pobre condición, por lo tanto, pobre nivel de transitabilidad.

11.- AVENIDA AREQUIPA

Tramo Evaluado

Desde la Av. 28 de Julio hasta la Av. Aramburú.

Esta avenida se ubica en la jurisdicciones de los distritos de Cercado de Lima, Lince, San Isidro y las últimas cuadras en Miraflores.

Información Adicional

La Avenida Arequipa es de doble vía de doble sentido, con dos carriles por lado.

Sus pavimentos están compuestos por una estructura mixta conformada por losas de concreto, sobre las cuales se ha colocado a manera de refuerzo una carpeta asfáltica.

La longitud de este tramo es 5.26 Km. con un ancho promedio de vía de 6.70 m.

Esta avenida (dos carriles en c/lado) soporta el tránsito de 13250 veh/día (Munc. San Isidro – 1995).

Evaluación

En la Av. Arequipa se aprecian fallas localizadas de variada magnitud y severidad, las primeras cuadras muestran una superficie en regular estado con agrietamientos leves localizados en ambas vías, y fisuramientos interconectados severos y deformaciones leves en zonas de parada. Entre los Jrs. Natalio Sánchez y Mariano Carranza, se aprecia una superficie algo desgastada, con desprendimientos del revestimiento en zonas localizadas, baches leves, y fisuras en bloque, con mayor frecuencia en el lado este de la vía que en el oeste. Entre la Av. Manuel Segura y la Av. Javier Prado, podemos apreciar baches localizados, pequeñas ondulaciones en la superficie y desintegraciones, etc. Todo estas fallas mencionadas se aprecian hasta la Av. Aramburú, Donde a partir de ésta, se nota que se ejecutado algún tratamiento superficial recientemente, por lo cual la superficie se encuentra en perfecto estado.

Juicio de la Evaluación

En General, esta avenida presenta una superficie muy desgastada por tramos, donde se requiere de trabajos inmediatos. El tramo Av. 28 de Julio – Av . Aramburu presenta pavimentos con una estructura fatigada. El siguiente tramo Av. Aramburu – Ovalo José Pardo se encuentra en muy buenas condiciones, excelente nivel de serviciabilidad (tratamiento ejecutado recientemente).

12.- AVENIDA LA MARINA

Tramo Evaluado

Desde la Av. Brasil hasta el Ovalo Juan Pablo II.

Esta Avenida se extiende por los distritos de Pueblo Libre, San Miguel y La Perla.

Información Adicional

La Avenida La Marina es de doble vía de sentidos opuestos, con tres carriles por lado. Sus

pavimentos están compuestos por una estructura mixta conformada por losas de concreto, sobre las cuales se ha colocado a manera de refuerzo una carpeta asfáltica.

Esta avenida tiene una longitud de 6.25 Km., con un ancho de vía prom. de 12 m.

Evaluación

En la Av. La Marina se puede apreciar una superficie realmente desgastada y desnivelada, especialmente en los primeros kilómetros, tramo Av. Brasil – Av. Universitaria, con fallas localizadas y generalizadas de variada magnitud y severidad, con mayor frecuencia las peladuras y desintegraciones superficiales que ocasiona cavidades, así como también las fisuras longitudinales y las piel de cocodrilo en menor extensión. Por todo esto se considera que el tramo presenta una pobre condición de serviciabilidad.

El siguiente tramo: Av. Universitaria - Av. Faucett presenta las mismas fallas pero menos severos, peladuras, ahuellamientos cerca a las zonas de parada, se aprecian fisuras longitudinales moderadas a largo de este tramo localizadas en las huellas de canalización del tránsito pegados a la berma central las cuales se están agravando debido al riego por aspersion de las áreas verdes en la berma que alcanza y penetran en estas fisuras. El último tramo se encuentra en perfectas condiciones, ya que ha sido sometido a trabajos de rehabilitación (reforzamiento de la carpeta asfáltica).

Juicio de la Evaluación

Concluimos que esta avenida cuenta con tramos en diferentes condiciones de serviciabilidad. El primer tramo: Av. Brasil – Av. Universitaria en pobre condición, el segundo tramo: Av. Universitaria – Av. Faucett en regulares condiciones y el tramo Av. Faucett – Ovalo Juan Pablo II se encuentra en perfecto estado producto de trabajos de rehabilitación recientes.

Los dos primeros tramos requieren de trabajos de rehabilitación que eleven su nivel de transitabilidad, seguridad y comodidad.

13.- AVENIDA ARGENTINA

Tramo Evaluado

Desde la Plaza Garibaldi hasta la Plaza Tupac Amaru.

El tramo evaluado se localiza en el distrito del Callao.

Información Adicional

El tramo evaluado es de doble vía de sentidos opuestos, con dos carriles por lado.

Los pavimentos del tramo evaluado son del tipo asfáltico.

La longitud del tramo es de 1.23 Km. y tiene un ancho de vía promedio de 6.5 m.

Evaluación

En el tramo evaluado de la Av. Argentina, se aprecian todo tipo de fallas, de niveles de moderados a severos. En el primer tramo comprendido entre la Plaza Garibaldi y la Plaza Fanning, se aprecian deformaciones leves, con desintegración del material asfáltico, fisuras en bloque leves a moderados en todo lo ancho de la vía, superficie desnivelada debido a los buzones.

En el segundo tramo evaluado, entre la Plaza Fanning y la Plaza Tupac Amaru, el pavimento superficialmente y podríamos decir también estructuralmente se encuentra sumamente deteriorado, con hundimientos severos en el medio de la vía, y en los bordes, fisuras tipo piel de cocodrilo de gran severidad, levantamientos y baches por doquier.

Juicio de la Evaluación

El primer tramo se encuentra en regular estado manteniendo su regular nivel de serviciabilidad. El segundo tramo presenta pavimentos en un total estado de deterioro, por lo tanto un muy pobre nivel de serviciabilidad.

14.- AV. REP. DE PANAMA – AV. CONTRALMIRANTE MORA

Tramo Evaluado

El primer tramo (Av. Contralmirante Mora) es desde la Plaza Fanning (Obelisco) hasta la intersección con la Av. Germán Astete, mientras que el segundo tramo (Av. Panamá) es desde la Plaza Fanning hasta la intersección con la Av. Sáenz Peña. Estas avenidas evaluadas se localizan en el Callao

Información Adicional

Los dos tramos evaluados son de doble vía de sentidos opuestos, pero el primero es de dos carriles por lado, mientras que el segundo, Av. Panamá, es de tres carriles por lado. Sus pavimentos están compuestos por una estructura mixta, conformados por una losa de concreto simple, y encima una capa de concreto asfáltico como refuerzo.

Evaluación

El primer tramo evaluado, Av. Contralmirante Mora, presenta una superficie en regulares condiciones de servicio, con fallas localizadas como: hundimientos de regulares magnitudes, fisuramientos en bloque de leves a moderados, fisuras longitudinales de niveles moderados, en el eje central, desprendimientos del material asfáltico en intersecciones y baches en los borde, cerca de la berma central como en la parte exterior.

En el segundo tramo evaluado, Av. Panamá, sus primeras cuadras hasta la altura de la Av. Guardia Chalaca presenta una superficie en buen estado (tratamiento ejecutado). A partir de la intersección con la Av. Guardia Chalaca, la Av. Panamá presenta una superficie desgastada, con desintegración de la superficie asfáltica, baches, fisuras longitudinales y transversales, también en bloque.

Juicio de la Evaluación

Los dos tramos evaluados por la densidad, tipo y severidad de fallas que presentan se puede

concluir que se encuentran en regulares condiciones y en un regular nivel de servicialidad.

15.- AVENIDA BUENOS AIRES (GRAU).

Tramo Evaluado

Desde la Plaza José Gálvez hasta la Av. Guardia Chalaca.

Esta avenida esta localizado en el distrito del Callao.

Información adicional

El tramo evaluado es de doble vía de sentidos opuestos, con dos carriles por lado.

Sus pavimentos están compuestos por una estructura mixta, conformados por una losa de concreto simple, y colocado sobre ésta una capa de concreto asfáltico.

La longitud del tramo evaluado es de 3.04 Km, con ancho de vía en las primeras cuadras de 6.50 m., y más adelante se ensancha hasta 7.20 m..

Evaluación

Desde la Plaza Gálvez hasta la intersección con el Jr. Pedro Ruiz Gallo el pavimento presenta una superficie desgastada, debido al tránsito intenso, con desprendimientos del material asfáltico desde niveles severos, fisuras longitudinales y del tipo piel de cocodrilo moderados, huecos (nido de gallina). Estas fallas decrecen en cuanto a severidad hasta llegar a la intersección con la Av. Marco Polo. Desde la Av. Marco Polo hasta la Av. Guardia Chalaca la superficie no presenta mayores tipos de fallas, solo fisuras longitudinales leves, tanto en el eje central como en las huellas de canalización del tránsito.

Juicio de la Evaluación

En las primeras cuadras de esta avenida, específicamente en el tramo comprendido entre la Pza. José Gálvez - Av. Marco Polo, se observa un pavimento en pobre estado.

En las siguientes cuadras se aprecia un pavimento en mucho mejor estado con un buen nivel de transitabilidad.

6.3.0.- CONDICION DE ESTADO DE CADA TRAMO EVALUADO.

1.- AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA (5.88 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Superficie desgastada, con fisuras leves	Regular	Regular
0+500 – 1+000	Superficie desgastada, con fisuras leves	Regular	Regular
1+000 – 1+500	Se aprecia fisuras y peladuras leves	Regular	Regular
1+500 – 2+000	Desintegración en bordes leves, fisuras	Regular	Regular
2+000 – 2+500	Superficie con signos de fatiga estructural	Regular	Pobre
2+500 – 3+000	Capa asfáltica fatigada, fisuras, baches, etc	Pobre	Pobre
3+000 – 3+500	Capa asfáltica fatigada, fisuras, baches, etc	Pobre	Pobre
3+500 – 4+000	Capa asfáltica fatigada, fisuras, baches, etc	Pobre	Pobre
4+000 – 4+500	Estructura muy fatigada, fisuras, pot-holes	Deficiente	Deficiente
4+500 – 5+000	Tramo con bajo nivel de transitabilidad	Deficiente	Deficiente
5+000 – 5+880	Estructura muy fatigada, fisuras, pot-holes	Deficiente	Deficiente

2.- AV. UNIVERSITARIA (7.64 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Capa asfált. fatigada, fisuras severas rodadas	Regular	Pobre
0+500 – 1+000	Hundimientos severos, fisuras moderadas	Pobre	Regular
1+000 – 1+500	Fallas localizadas severas, fisuras en rodadas	Pobre	Pobre
1+500 – 2+000	Fallas localizadas severas, fisuras en rodadas	Pobre	Pobre
2+000 – 2+500	Fallas localizadas severas, fisuras en rodadas	Pobre	Pobre
2+500 – 3+000	Peladuras en zonas de frenado y aceleración	Regular	Regular
3+000 – 3+500	Peladuras en zonas de frenado y aceleración	Regular	Regular
3+500 – 4+000	Peladuras en zonas de frenado y aceleración	Regular	Regular
4+000 – 4+500	Peladuras extensas, ahuellamientos	Regular	Regular
4+500 – 5+000	Peladuras extensas, ahuellamientos	Regular	Regular

5+000 – 5+500	Peladuras extensas, desintegraciones leves	Regular	Regular
5+500 – 6+000	Peladuras extensas, fisuras leves	Regular	Regular
6+000 – 6+500	Peladuras extensas, fisuras leves	Regular	Regular
6+500 – 7+000	Peladuras extensas, desintegraciones localizadas	Regular	Regular
7+000 – 7+640	Peladuras extensas, fisuras leves	Regular	Regular

3.- AV. TUPAC AMARU (8.14 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Desintegraciones superficiales localizados	Regular	Regular
0+500 – 1+000	Desintegraciones localizadas, fisuras leves	Regular	Regular
1+000 – 1+500	Desintegraciones localizadas, fisuras leves	Regular	Regular
1+500 – 2+000	Desintegraciones localizadas	Regular	Regular
2+000 – 2+500	Capa asfáltica fatigada, fisuras moderadas	Pobre	Regular
2+500 – 3+000	Superficie desgastada, fisuras leves	Regular	Regular
3+000 – 3+500	Superficie desgastada, deformaciones leves	Regular	Regular
3+500 – 4+000	Fisuras leves, desintegraciones en bordes	Regular	Regular
4+000 – 4+500	Fisuras moderadas, desintegración en bordes	Regular	Pobre
4+500 – 5+000	Trabajos de rehabilitación en ejecución	Regular	Regular
5+000 – 5+500	Trabajos de rehabilitación en ejecución	Regular	Regular
5+500 – 6+000	Peladuras, desintegraciones localizadas	Regular	Regular
6+000 – 6+500	Peladuras en mayor extensión	Regular	Regular
6+500 – 7+000	Peladuras, desintegraciones localizadas	Regular	Regular
7+000 – 7+500	Peladuras en mayor extensión	Regular	Regular
7+500 – 8+140	Peladuras en mayor extensión	Regular	Regular

4.- AV. NICOLAS AYLLON (4.28 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Desintegración total de la carpeta asfáltica	Deficiente	Deficiente
0+500 – 1+000	Desintegración superficial, fisuras severas	Pobre	Pobre
1+000 – 1+500	Desintegración superficial, fisuras severas	Pobre	Pobre
1+500 – 2+000	Desintegración superficial, fisuras severas	Pobre	Pobre
2+000 – 2+500	Desintegración total, fisuras severas	Pobre	Deficiente
2+500 – 3+000	Fisuras moderadas, desintegración en bordes	Regular	Regular

3+000 – 3+500	Superficie desgastada, fisuras	Regular	Regular
3+500 – 4+000	Superficie desgastada, fisuras	Regular	Regular
4+000 – 4+280	Superficie desgastada, fisuras, peladuras leves	Regular	Pobre

5.- AV. TACNA – AV. GRACILAZO DE LA VEGA (2.60 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Fisuras, desprendimientos leves	Regular	Regular
0+500 – 0+840	Fatiga estructural en zonas localizadas, deformaciones.	Pobre	Pobre
0+840 – 1+500	Fallas moderadas especialmente en zonas de parada	Regular	Regular
1+500 – 2+000	Fisuras, desintegración superficial localizado	Regular	Regular
2+000 – 2+600	Hundimiento y fisuras localizadas	Regular	Regular

6.- AV. ABANCAY – AV. MANCO CAPAC (3.29 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Superficie con fisuras leves	Regular	Regular
0+500 – 1+150	Superficie con fallas leves y moderadas	Regular	Pobre
1+150 – 1+500	Superficie con fallas muy severas, fisuras, deformaciones, desprendimientos	Deficiente	Deficiente
1+500 – 2+000	Fallas severas que disminuyen el nivel de serviciabilidad del tramo	Pobre	Pobre
2+000 – 2+500	Tramo desnivelado, con bajo nivel de transitabilidad	Pobre	Pobre
2+500 – 3+000	Fallas severas que disminuyen el nivel de serviciabilidad del tramo	Pobre	Regular
3+000 – 3+290	Superficie con fisuras y desprendimientos leves	Regular	Regular

7.- AV. M. GRAU (2.42 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO N	LADO S
0+000 – 0+500	Superficie sumamente deteriorada	Deficiente	Deficiente
0+500 – 1+000	Superficie con fisuras leves a moderadas	Regular	Regular
1+000 – 1+500	Superficie con fallas muy severas, desnivelado	Regular	Pobre
1+500 – 2+000	Fallas severas que disminuyen el nivel de serviciabilidad del tramo	Deficiente	Deficiente

2+000 – 2+420	Superficie con fallas muy severas: fisuras deformaciones, desintegraciones	Deficiente	Deficiente
---------------	--	------------	------------

8.- AV. ARICA (2.64 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO N	LADO S
0+000 – 0+500	Superficie con fallas leves a moderadas	Regular	Regular
0+500 – 1+000	Superficie con fisuras leves a moderadas	Regular	Regular
1+000 – 1+500	Superficie asfáltica fatigada, fallas severas	Pobre	Pobre
1+500 – 2+000	Fisuras y desintegraciones severas que disminuyen su nivel de serviciabilidad	Pobre	Pobre
2+000 – 2+640	Superficie fatigada, con fallas muy severas	Pobre	Regular

9.- AV. 28 DE JULIO (3.36 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO N	LADO S
0+000 – 0+500	Superficie con fallas leves a moderadas	Regular	Regular
0+500 – 1+000	Superficie con fisuras leves a moderadas	Regular	Regular
1+000 – 1+500	Superficie asfáltica fatigada, fallas severas	Pobre	-
1+500 – 2+000	Fisuras y desintegraciones severas que disminuyen su nivel de serviciabilidad	Pobre	-
2+000 – 2+500	Superficie fatigada, con fallas muy severas	Pobre	-
2+500 – 3+000	Superficie desnivelada, muy deteriorada	Deficiente	-
3+000 – 3+360	Superficie desnivelada, muy deteriorada	Deficiente	-

10.- AV. BRASIL (4.64 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO N	LADO S
0+000 – 0+500	Superficie con fallas leves a moderadas	Regular	Regular
0+500 – 1+000	Superficie con fisuras severas, fatigada	Regular	Pobre
1+000 – 1+500	Carpeta asfáltica fatigada, fallas muy severas	Pobre	Pobre
1+500 – 2+000	Carpeta asfáltica fatigada, fallas muy severas	Pobre	Pobre
2+000 – 2+500	Carpeta asfáltica fatigada, fallas muy severas	Pobre	Pobre
2+500 – 3+000	Fallas severas. Debilitamiento de la carpeta asfáltica	Pobre	Pobre

3+000 – 3+500	Tramo en muy pobre condición	Pobre	Deficiente
3+500 – 4+000	Superficie con fallas severas y extensas	Pobre	Pobre
4+000 – 4+640	Superficie con fallas menos severas y más localizadas	Regular	Regular

11.- AV. AREQUIPA (5.26 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Superficie con fisuras leves a moderadas	Regular	Regular
0+500 – 1+000	Carpeta asfáltica fatigada, fisuras severas	Pobre	Pobre
1+000 – 1+500	Carpeta asfáltica fatigada, fallas muy severas	Regular	Pobre
1+500 – 2+000	Carpeta asfáltica fatigada, fallas severas	Pobre	Regular
2+000 – 2+500	Carpeta asfáltica fatigada, fallas muy severas	Pobre	Pobre
2+500 – 3+000	Fallas severas. Debilitamiento de la carpeta asfáltica	Pobre	Pobre
3+000 – 3+500	Tramos con fallas severas localizadas	Pobre	Regular
3+500 – 4+000	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno
4+000 – 4+500	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno
4+500 – 5+000	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno
5+000 – 5+260	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno

12.- AV. LA MARINA (6.25 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Superficie demasiada rugosa, fallas severas	Pobre	Pobre
0+500 – 1+000	Carpeta asfáltica fatigada, superficie rugosa	Pobre	Pobre
1+000 – 1+500	Carpeta asfáltica fatigada, fallas muy severas	Pobre	Pobre
1+500 – 2+000	Carpeta asfáltica fatigada, fallas severas, superficie rugosa	Pobre	Pobre
2+000 – 2+500	Superficie rugosa fallas severas localizadas	Regular	Regular
2+500 – 3+000	Fallas menos severas: desprendimientos, fisuras	Regular	Regular
3+000 – 3+500	Tramos con fallas localizadas: peladuras	Regular	Regular
3+500 – 4+000	Superficie en excelentes condiciones	Regular	Regular
4+000 – 4+500	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno
4+500 – 5+000	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno
5+000 – 5+500	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno
5+500 – 6+000	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno

6+000 – 6+250	Superficie en excelentes condiciones	Bueno	Bueno
---------------	--------------------------------------	-------	-------

13.- AV. ARGENTINA (1.23 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO N	LADO S
0+000 – 0+430	Superficie con fisuras moderadas localizadas	Regular	Regular
0+430 – 1+000	Estructura deficiente, vía intransitable	Deficiente	Deficiente
1+000 – 1+230	Estructura deficiente, vía intransitable	Deficiente	Deficiente

14.- AV. CONTRALM. MORA – AV. PANAMA (2.61 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO E	LADO W
0+000 – 0+500	Superficie presenta fallas moderadas localizadas como hundimientos, fisuras, etc	Regular	Regular
0+500 – 1+000	Superficie desgastada, peladuras, fisuras, etc	Regular	Regular
1+000 – 1+630	Superficie con fisuras moderadas, peladuras	Regular	Regular
1+630 – 2+000	Superficie con fisuras, desintegraciones moderadas localizadas	Regular	Regular
2+000 – 2+610	Superficie con fisuras, desintegraciones moderadas localizadas	Regular	Regular

15.- AV. BUENOS AIRES (3.04 Km)

TRAMO (KM)	DESCRIPCIÓN	CONDICION	
		LADO N	LADO S
0+000 – 0+500	Superficie con desintegraciones severas, peladuras, pot-holes, etc	Pobre	Pobre
0+500 – 1+000	Carpeta asfáltica fatigada, desintegraciones, fisuras, peladuras, etc	Pobre	Pobre
1+000 – 1+500	Superficie con desintegraciones localizadas	Pobre	Regular
1+500 – 2+000	Superficie luce desgastada, con fisuras, etc	Regular	Regular
2+000 – 2+500	Superficie con fisuras leves, buena transitabilidad	Regular	Regular
2+500 – 3+040	Superficie con fisuras leves, buena transitabilidad	Regular	Regular

6.4.0.- Resumen de los Resultados de la Inspeccion de Superficie.

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **PRO CERES DE LA INDEPENDENCIA**

UBICACIÓN: DISTR. S. J. LURIGANCHO

TRAMO EVALUADO: OVALO NACIONES U. - AV. EL SOL

LONGITUD: 5.88 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 7 m.

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
			X	

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento	X				X						
	Hundimiento/Depresión		X			X						
	Levantamiento/Hinchamiento	X			X							
	Ondulaciones/Corrugaciones	X			X							
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal		X				X	X		X		
	Transversal		X			X		X				
	En Bloque		X			X					X	
	Piel de Cocodrilo			X		X		X			X	
	Piel de Cocodrilo e/Desintegración			X		X		X			X	
	Otras (Reflejadas, en Arco)				X							
Disgregaciones	Peladuras		X			X						
	Nido de Gallina	X			X							
	Desintegracion Superficial			X			X	X	X			
	Desintegracion Total (Baches)		X			X		X	X			
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellados de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados					X						
	Reforzamientos											

Observacione Tramo : Ovalo Naciones Unidas - Av. Tusilagos (2.21 Km). Condición : Regular

Tramo : Av. Tusilagos - Av. Los Postes (1.99 Km). Condición: Pobre

Tramo : Av. Los Postes - Av. El Sol (1.68 Km). Condición: Deficiente

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **UNIVERSITARIA**

UBICACIÓN: S. M. PORRES - LOS OLIVOS

TRAMO EVALUADO: AV. M. DUAREZ - AV. A. MENDIOLA

LONGITUD: 7.64 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 7.0 m.

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
		X		

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)				
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas	
Deformaciones	Ahuellamiento		X			X							
	Hundimiento/Depresión			X	X								X
	Levantamiento/Hinchamiento												
	Ondulaciones/Corrugaciones												
	Corrimientos												
Fisuraciones	Longitudinal		X			X			X				
	Transversal		X			X			X				
	En Bloque												
	Piel de Cocodrilo		X			X			X				X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración		X		X				X				
	Otras (Reflejadas, en Arco)	X			X								
Disgregaciones	Peladuras		X				X						
	Nido de Gallina												
	Desintegracion Superficial		X			X			X				
	Desintegracion Total (Baches)												
	Pulimiento Superficial												
Exudaciones de Asfalto													
Mantenimiento	Sellados de Fisuras												
	Tratamientos Superficiales												
	Parchados				X								
	Reforzamientos												

Observacione Tramo : Av. M. Duarez (Costado Rio Rimac) - Av. Tomas Valle (2.38 Km). Condición : Pobre

Tramo : Av. Tomas Valle - Av. A. Mendiola (5.26 Km). Condición: Regular

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **TUPAC AMARU**

UBICACIÓN: DISTRITO DE COMAS

TRAMO EVALUADO: AV. NARANJAL - AV. CHIMPU OCLLO

LONGITUD: 8.14 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 7.10 m.

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
		X		

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)				
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas	
Deformaciones	Ahuellamiento	X			X								
	Hundimiento/Depresión	X			X				X	X			
	Levantamiento/Hinchamiento												
	Ondulaciones/Corrugaciones												
	Corrimientos		X		X				X				
Fisuraciones	Longitudinal		X			X			X				
	Transversal	X			X				X				
	En Bloque												
	Piel de Cocodrilo	X				X			X			X	
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración	X			X								
	Otras (Reflejadas, en Arco)	X			X								
Disgregaciones	Peladuras		X			X							
	Nido de Gallina	X				X							
	Desintegracion Superficial		X			X			X	X			
	Desintegracion Total (Baches)	X			X				X				
	Pulimiento Superficial												
Exudaciones de Asfalto													
Mantenimiento	Sellados de Fisuras												
	Tratamientos Superficiales												
	Parchados				X								
	Reforzamientos												

Observacion:

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **NICOLAS AYLLON**

UBICACIÓN: EL AGUSTINO-LA VICTORIA-ATE

TRAMO EVALUADO: AV. GRAU - AV. LA MOLINA

LONGITUD: 4.28 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 7.00 m.

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
				X

	MANIFESTACION DEL DETERIORO	MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)				
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas	
Deformaciones	Ahuellamiento	X			X								
	Hundimiento/Depresión	X			X				X				
	Levantamiento/Hinchamiento												
	Ondulaciones/Corrugaciones												
	Corrimientos												
Fisuraciones	Longitudinal		X			X			X		X		
	Transversal	X				X			X				
	En Bloque		X			X			X			X	
	Piel de Cocodrilo		X				X		X			X	
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración		X				X		X			X	
	Otras (Reflejadas, en Arco)		X		X								
Disgregaciones	Peladuras		X			X							
	Nido de Gallina												
	Desintegracion Superficial			X			X						
	Desintegracion Total (Baches)	X				X							
	Pulimientto Superficial												
Exudaciones de Asfalto													
Mantenimiento	Sellados de Fisuras												
	Tratamientos Superficiales												
	Parchados												
	Reforzamientos												

Observacione Tramo Av. Grau - Av. Nicolas Arriola (2.60 Km) presenta una condicion de estado pobre

Tramo Av. N. Arriola - Av. La Molina (1.68 Km.) se encuentra en mejores condiciones.

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): TACNA - G. DE LA VEGA

UBICACIÓN: DISTRITO DE LIMA

TRAMO EVALUADO: PTE. SANTA ROSA - AV. 28 JULIO

LONGITUD: 2.60 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 12.5 m.

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
		X		

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)				
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas	
Deformaciones	Ahuellamiento	X			X								
	Hundimiento/Depresión	X			X				X				
	Levantamiento/Hinchamiento												
	Ondulaciones/Corrugaciones												
	Corrimientos												
Fisuraciones	Longitudinal		X				X		X		X		
	Transversal		X			X			X			X	
	En Bloque	X			X								
	Piel de Cocodrilo		X			X			X			X	
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración	X			X								
	Otras (Reflejadas, en Arco)	X				X							
Disgregaciones	Peladuras	X			X								
	Nido de Gallina												
	Desintegracion Superficial	X			X				X	X			
	Desintegracion Total (Baches)												
	Pulimiento Superficial												
Exudaciones de Asfalto													
Mantenimieto	Sellados de Fisuras												
	Tratamientos Superficiales												
	Parchados				X								
	Reforzamientos												

Observacion:

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **ABANCAY - MANCO CAPAC**

UBICACIÓN: DISTRITO DE LIMA

TRAMO EVALUADO: PTE. RICARDO PALMA - AV. MEXICO

LONGITUD: 3.29 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: ABANCAY : 11.3 m..

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

MANCO CAPAC: 7.5 m.

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
		ABANCAY X	M. CAPAC X	

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento		X				X					
	Hundimiento/Depresión	X				X			X			X
	Levantamiento/Hinchamiento	X			X							
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal		X				X		X		X	
	Transversal		X			X			X			X
	En Bloque	X			X							
	Piel de Cocodrilo		X			X			X			X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración	X				X			X			
	Otras (Reflejadas, en Arco)		X			X						
Disgregaciones	Peladuras	X			X							
	Nido de Gallina											
	Desintegracion Superficial		X				X		X	X		
	Desintegracion Total (Baches)	X			X				X			X
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellados de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados				X							
	Reforzamientos						X					

Observación: Av. Manco capac se encuentra en pobres condiciones

Av. Abancay se encuentra en regular estado/ algunas fallas localizadas.

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): AV. MIGUEL GRAU

UBICACIÓN: LIMA- LA VICTORIA

TRAMO EVALUADO: PLAZA GRAU - AV. N. AYLLON

LONGITUD: 2.42 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 6.80 m.

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
			X	

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)				
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas	
		Deformaciones	Ahuellamiento		X		X						
Hundimiento/Depresión			X			X			X	X			
Levantamiento/Hinchamiento			X			X			X				X
Ondulaciones/Corrugaciones													
Corrimientos	X				X				X				
Fisuraciones	Longitudinal			X				X	X		X		
	Transversal		X					X	X				
	En Bloque		X		X								
	Piel de Cocodrilo			X				X	X				X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración			X		X			X				X
	Otras (Reflejadas, en Arco)		X			X							
Disgregaciones	Peladuras			X		X							
	Nido de Gallina	X			X								X
	Desintegracion Superficial		X					X	X	X			
	Desintegracion Total (Baches)			X		X			X	X			
	Pulimiento Superficial												
Exudaciones de Asfalto													
Mantenimiento	Sellados de Fisuras												
	Tratamientos Superficiales												
	Parchados				X								
	Reforzamientos												

Observación: Tramos: Av. José Galvez-Av. Manco Capac y Jr. Abtao-Av. N. Ayllon (0.29 Km y 1.21 Km respect.)

en condición muy pobre (deficiente nivel de transitabilidad)

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **AV. ARICA**

UBICACIÓN: DISTRITO DE BREÑA Y LIMA

TRAMO EVALUADO: AV. L. BRAILLE - PZA. BOLOGNESI

LONGITUD: 2.64 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 9.00 m

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
			X	

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrenca)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento											
	Hundimiento/Depresión	X			X					X		
	Levantamiento/Hinchamiento											
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal		X			X			X		X	
	Transversal	X			X				X			
	En Bloque		X		X							
	Piel de Cocodrilo		X				X		X	X		X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración		X			X			X	X		
	Otras (Reflejadas, en Arco)	X				X						
Disgregaciones	Peladuras		X		X							
	Nido de Gallina											
	Desintegracion Superficial			X		X			X			X
	Desintegracion Total (Baches)		X		X				X	X		
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellados de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados											
	Reforzamientos											

Observación: Tramo Av. Venezuela-Pza. Bolognesi (1.75 Km.), en pobre condición

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **AV. 28 DE JULIO**

UBICACIÓN: DISTRITO LIMA-LA VICTORIA

TRAMO EVALUADO: AV. BRASIL - AV. N. AYLLON

LONGITUD: 3.36 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.:

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
				X

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurriencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento	X				X						
	Hundimiento/Depresión			X		X			X	X		
	Levantamiento/Hinchamiento											
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal			X			X		X		X	
	Transversal		X				X		X			X
	En Bloque		X			X			X			X
	Piel de Cocodrilo			X			X		X			X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración			X		X			X			X
	Otras (Reflejadas, en Arco)	X					X					
Disgregaciones	Peladuras		X			X						
	Nido de Gallina		X		X					X		
	Desintegracion Superficial			X			X		X	X		X
	Desintegracion Total (Baches)			X		X			X	X		
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellados de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados				X							
	Reforzamientos											

Observación: Tramo: Av. Aviación - Av. Manco Capac (1.88 Km) : Condición deficiente

Tramo: Av. Manco Capac - Av. Brasil (1.48 Km) : Condición regular.

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **AV. BRASIL**

UBICACIÓN: LIMA-J. MARIA-P. LIBRE-MAGDALENA

TRAMO EVALUADO: PZA. BOLOGNESI - OVALO M. GRAU

LONGITUD: 4.64 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 6.70 m

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
			X	

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento	X			X							
	Hundimiento/Depresión		X			X			X	X		
	Levantamiento/Hinchamiento		X		X							
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal			X			X		X		X	
	Transversal		X			X			X		X	X
	En Bloque		X			X			X			X
	Piel de Cocodrilo			X			X		X			X
	Piel de Cocodrilo e/Desintegración			X			X		X			X
	Otras (Reflejadas, en Arco)	X					X					
Disgregaciones	Peladuras											
	Nido de Gallina		X		X				X			X
	Desintegracion Superficial			X		X			X	X		
	Desintegracion Total (Baches)			X		X			X	X		
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellados de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados					X						
	Reforzamientos											

Observación:

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **AV. AREQUIPA**

UBICACIÓN: LIMA-J. MARIA-P. LIBRE-MAGDALENA

TRAMO EVALUADO: AV. 28 DE JULIO - OVALO JOSE PARDO

LONGITUD: 5.26 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 6.70 m

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
			X	

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrancia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento	X				X						
	Hundimiento/Depresión		X			X			X	X		
	Levantamiento/Hinchamiento											
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Figuraciones	Longitudinal		X			X			X			
	Transversal		X			X			X			X
	En Bloque		X			X			X			X
	Piel de Cocodrilo			X			X		X			X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración		X			X			X	X		
	Otras (Reflejadas, en Arco)		X		X							
Disgregaciones	Peladuras											
	Nido de Gallina											
	Desintegracion Superficial		X			X			X	X		
	Desintegracion Total (Baches)		X		X				X	X		
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellados de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales						X					
	Parchados				X							
	Reforzamientos											

Observación: Tramo : Av. 28 Julio - Av. Aramburu (3.78 Km). Presenta un estructura fatigada

Tramo Av. Ramburu - Ovalo Jose Pardo (1.48 Km). Presenta un excelente nivel de serviciabilidad

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **AV. LA MARINA**

UBICACIÓN: PUEBLO LIBRE-SAN MIGUEL-LA PERLA

TRAMO EVALUADO: AV. BRASIL - OVALO JUAN PABLO II

LONGITUD: 6.25 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.: 12.00 m

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
		X		

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento		X			X						
	Hundimiento/Depresión	X			X				X			
	Levantamiento/Hinchamiento											
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal		X				X		X		X	
	Transversal		X			X						X
	En Bloque	X			X				X			
	Piel de Cocodrilo		X			X			X			X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración		X		X				X			
	Otras (Reflejadas, en Arco)		X				X					
Disgregaciones	Peladuras			X			X					
	Nido de Gallina											
	Desintegracion Superficial			X		X			X	X		
	Desintegracion Total (Baches)	X				X			X	X		
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellados de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados				X							
	Reforzamientos						X					

Observación: Tramo Av.Brasil - Av.Universitaria (2.00 Km) : En condición pobre

Tramo Av.Universitaria - Av.Faucett (2.26 Km). Presenta una condición regular

Tramo Av.Faucett - Ovalo J.Pablo II (1.99 Km). En buena condición de transitabilidad

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): **AV. ARGENTINA**

UBICACIÓN: **CALLAO**

TRAMO EVALUADO: **PAZ. GARIBALDI - PZA. TUPAC AMARU**

LONGITUD: **1.23 Km.**

CARPETA DE RODAMIENTO: **CONCRETO ASFALTICO**

ANCHO DE VIA PROM.: **6.50 m**

FECHA DE INSPECCION: **MARZO DEL 2000**

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
				X

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento		X		X							
	Hundimiento/Depresión			X		X			X	X		
	Levantamiento/Hinchamiento		X		X				X			
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal			X		X			X			
	Transversal		X		X				X			X
	En Bloque		X		X				X			X
	Piel de Cocodrilo			X			X		X	X		X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración			X			X		X	X		X
	Otras (Reflejadas, en Arco)											
Disgregaciones	Peladuras	X			X							
	Nido de Gallina		X		X				X			
	Desintegracion Superficial			X		X			X	X		X
	Desintegracion Total (Baches)		X			X			X	X		
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellado de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados											
	Reforzamientos											

Observación: Tramo : Pza. Garibaldi - Pza. Fanning (0.43 Km). En regular condición.

Tramo : Pza. Fanning - Pza. Tupac Amaru (0.80 Km). En condición deplorable.

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): AV. CONT. MORA-AV. REP. PANAMA

UBICACIÓN: CALLAO

TRAMO EVALUADO: AV. ASTETE-PZA. FANNING-AV. S. PEÑA

LONGITUD: 2.61 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.:

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
		X		

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ocurrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
Deformaciones	Ahuellamiento	X			X							
	Hundimiento/Depresión		X		X				X	X		
	Levantamiento/Hinchamiento	X			X					X		
	Ondulaciones/Corrugaciones											
	Corrimientos											
Fisuraciones	Longitudinal		X				X		X		X	
	Transversal	X			X				X			
	En Bloque				X				X			
	Piel de Cocodrilo		X		X				X			X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración		X		X				X			
	Otras (Reflejadas, en Arco)	X			X							
Disgregaciones	Peladuras		X				X					
	Nido de Gallina		X		X				X	X		
	Desintegracion Superficial		X			X			X	X		
	Desintegracion Total (Baches)	X			X				X			
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellado de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados				X							
	Reforzamientos											

Observación: Tramo : Av. G. Astete - Pza. Fanning (1.62 Km). En regular condición.

Tramo : Pza. Fanning - Av. Guardia Chalaca (0.99 Km). Pavimento en regulares condiciones

EVALUACION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA INSPECCION VISUAL

VIA (AVENIDA): AV. BUENOS AIRES

UBICACIÓN: CALLAO - BELLAVISTA

TRAMO EVALUADO: PZA. JOSE GALVEZ - AV. GDA. CHALACA

LONGITUD: 3.04 Km.

CARPETA DE RODAMIENTO: CONCRETO ASFALTICO

ANCHO DE VIA PROM.:

FECHA DE INSPECCION: MARZO DEL 2000

CONDICION DEL PAVIMENTO	BUENO	REGULAR	POBRE	DEFICIENTE
		X	X	

MANIFESTACION DEL DETERIORO		MAGNITUD (Severidad de la falla)			FRECUENCIA (Extension Ourrencia)				LOCALIZACION (Mas Frecuente)			
		Leve	Moderado	Severo	Escasa (0 - 10%)	Intermedia (10 - 30%)	Frecuente (30 - 70%)	Extensiva (70 - 100%)	Huellas	Bordes	Eje	Entrehuellas
		Deformaciones	Ahuellamiento									
Hundimiento/Depresión			X		X					X		
Levantamiento/Hinchamiento												
Ondulaciones/Corrugaciones												
Corrimientos												
Fisuraciones	Longitudinal		X			X			X		X	
	Transversal		X		X				X			
	En Bloque	X			X							X
	Piel de Cocodrilo		X		X				X			X
	Piel de Cocodrilo c/Desintegración	X			X				X			
	Otras (Reflejadas, en Arco)		X		X							
Disgregaciones	Peladuras			X			X					
	Nido de Gallina		X		X			X	X			
	Desintegracion Superficial		X			X		X	X			
	Desintegracion Total (Baches)	X			X					X		
	Pulimiento Superficial											
Exudaciones de Asfalto												
Mantenimiento	Sellado de Fisuras											
	Tratamientos Superficiales											
	Parchados											
	Reforzamientos											

Observación: Tramo Pza.Galvez - Av.Marcopolo (1.42 Km) presenta un estado pobre

Tramo Av.Marcopolo - Av. Guardia Chalaca se encuentra en regular estado.

FALLAS PREDOMINANTES POR VIA

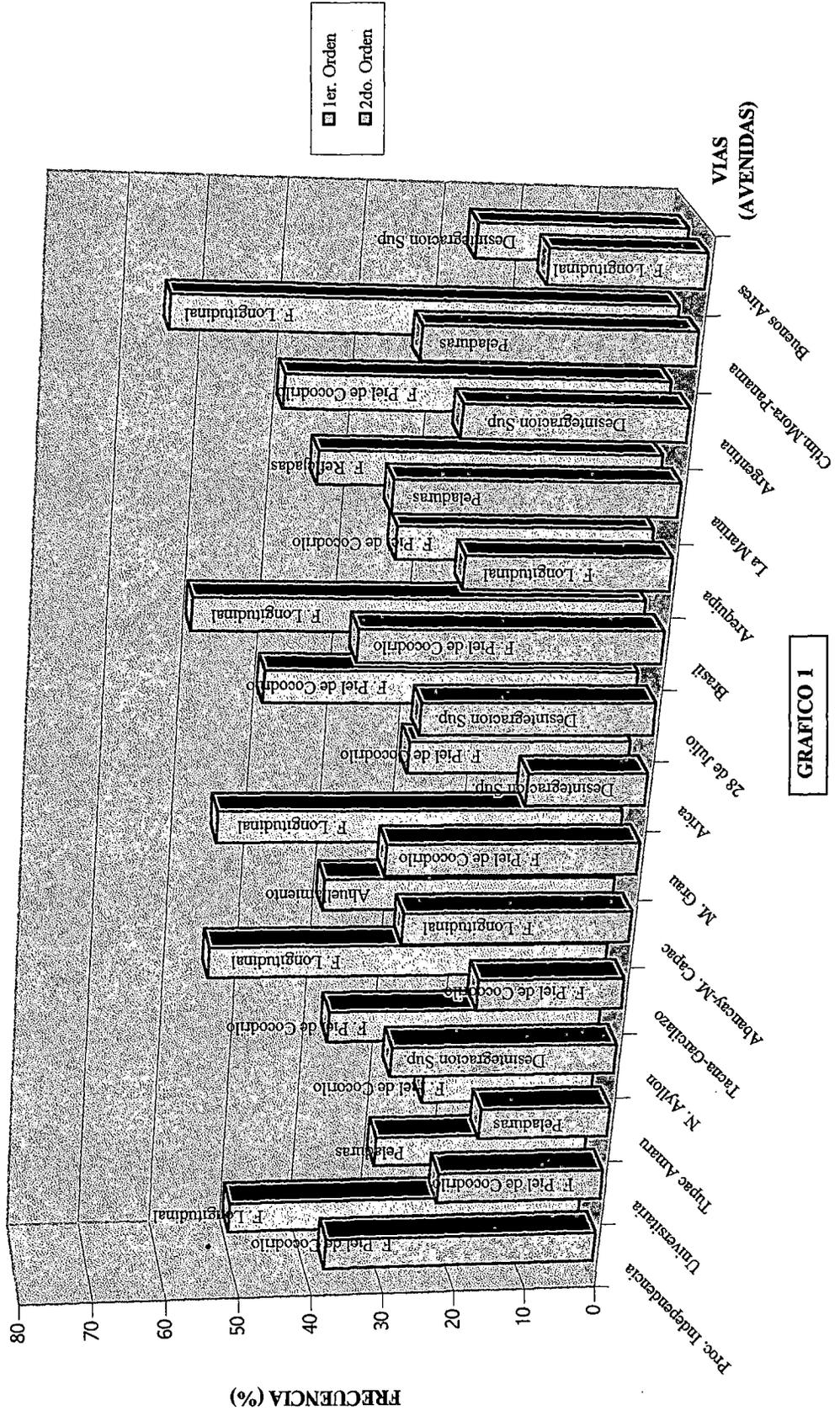


GRAFICO I

DETERIOROS ENCONTRADOS EN LAS AVENIDAS EVALUADAS

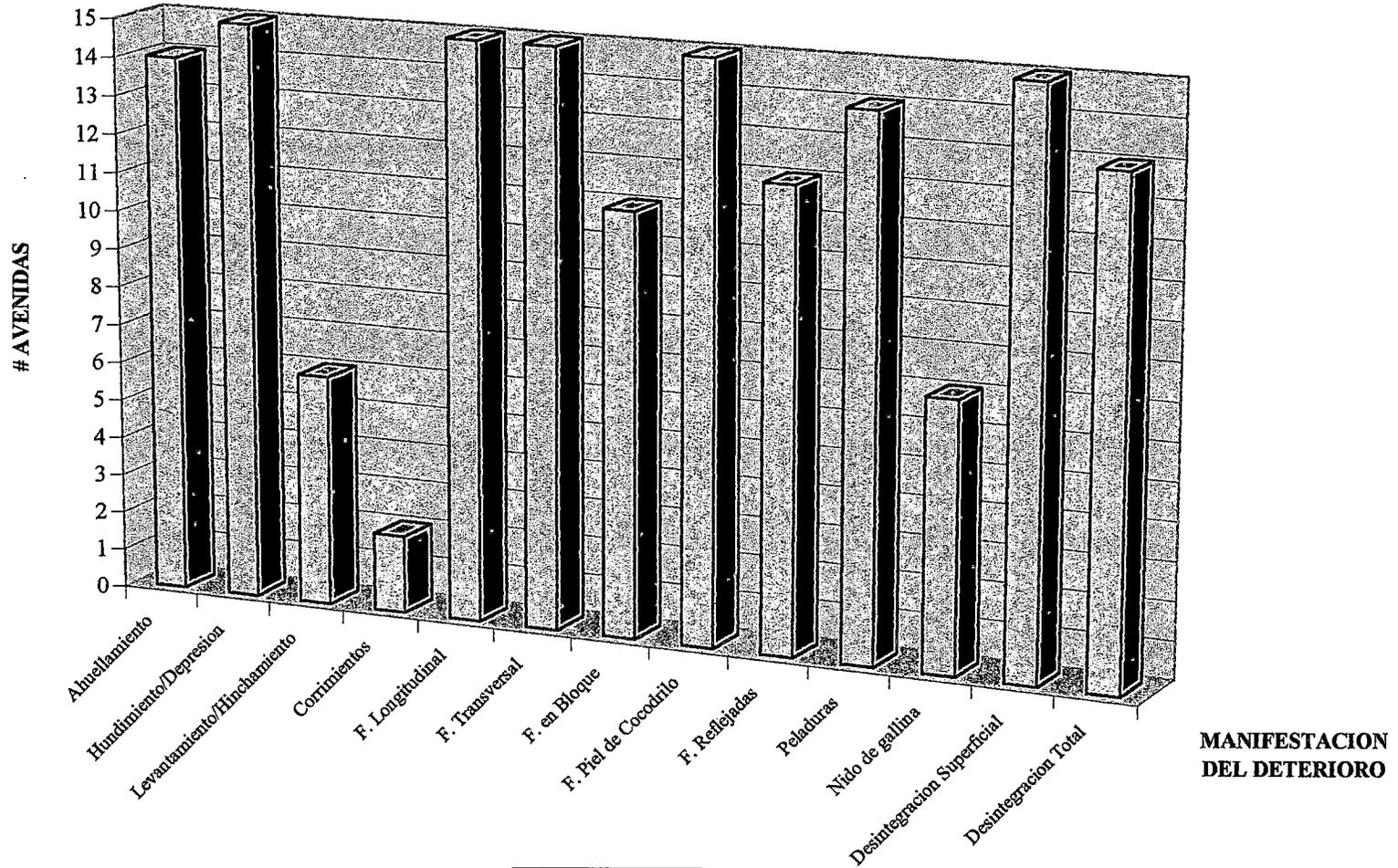


GRAFICO 2

UBICACION MAS FRECUENTE DE LAS FALLAS

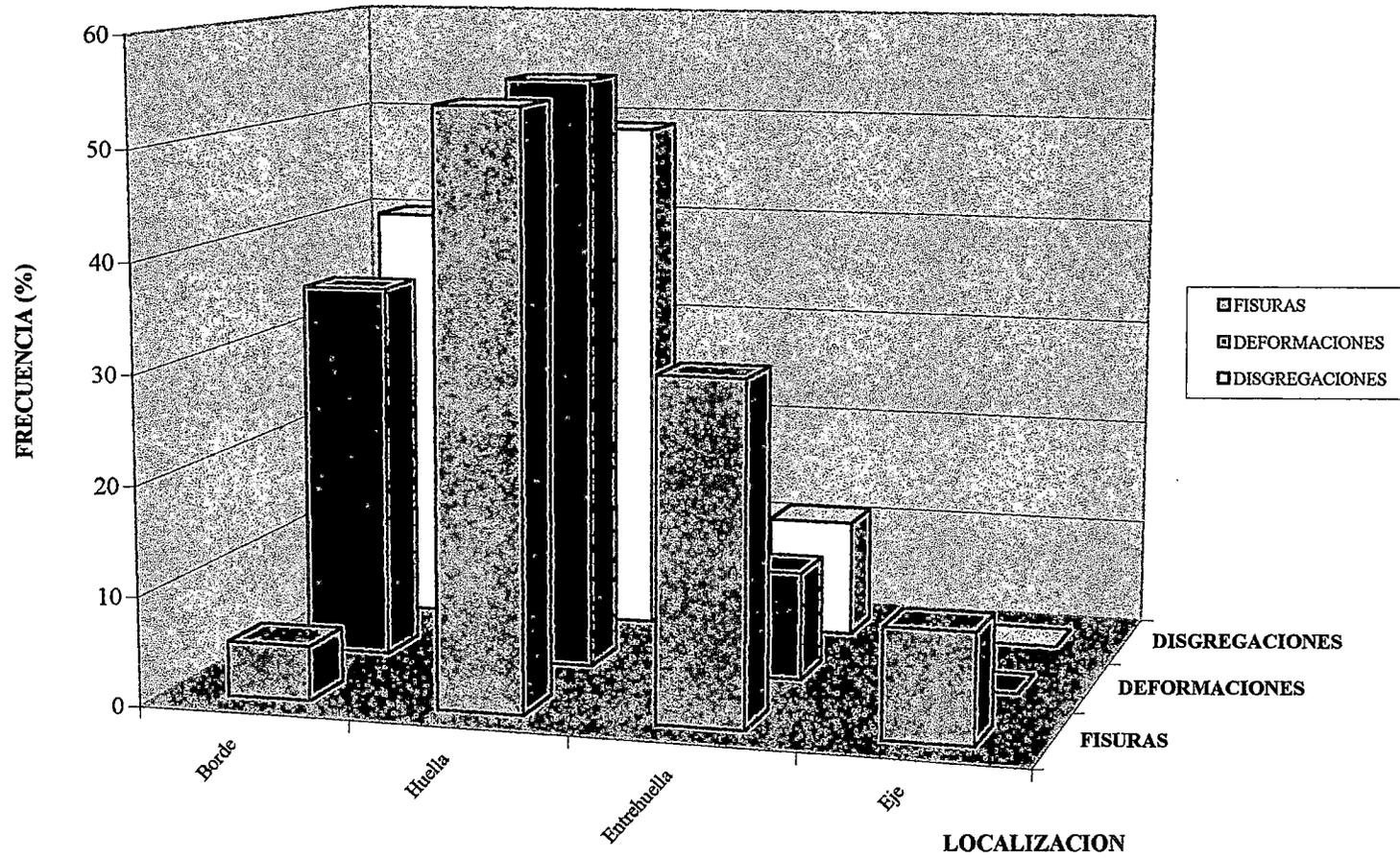


GRAFICO 3

CONDICION DE ESTADO DE LOS PAVIMENTOS (POR TRAMO)

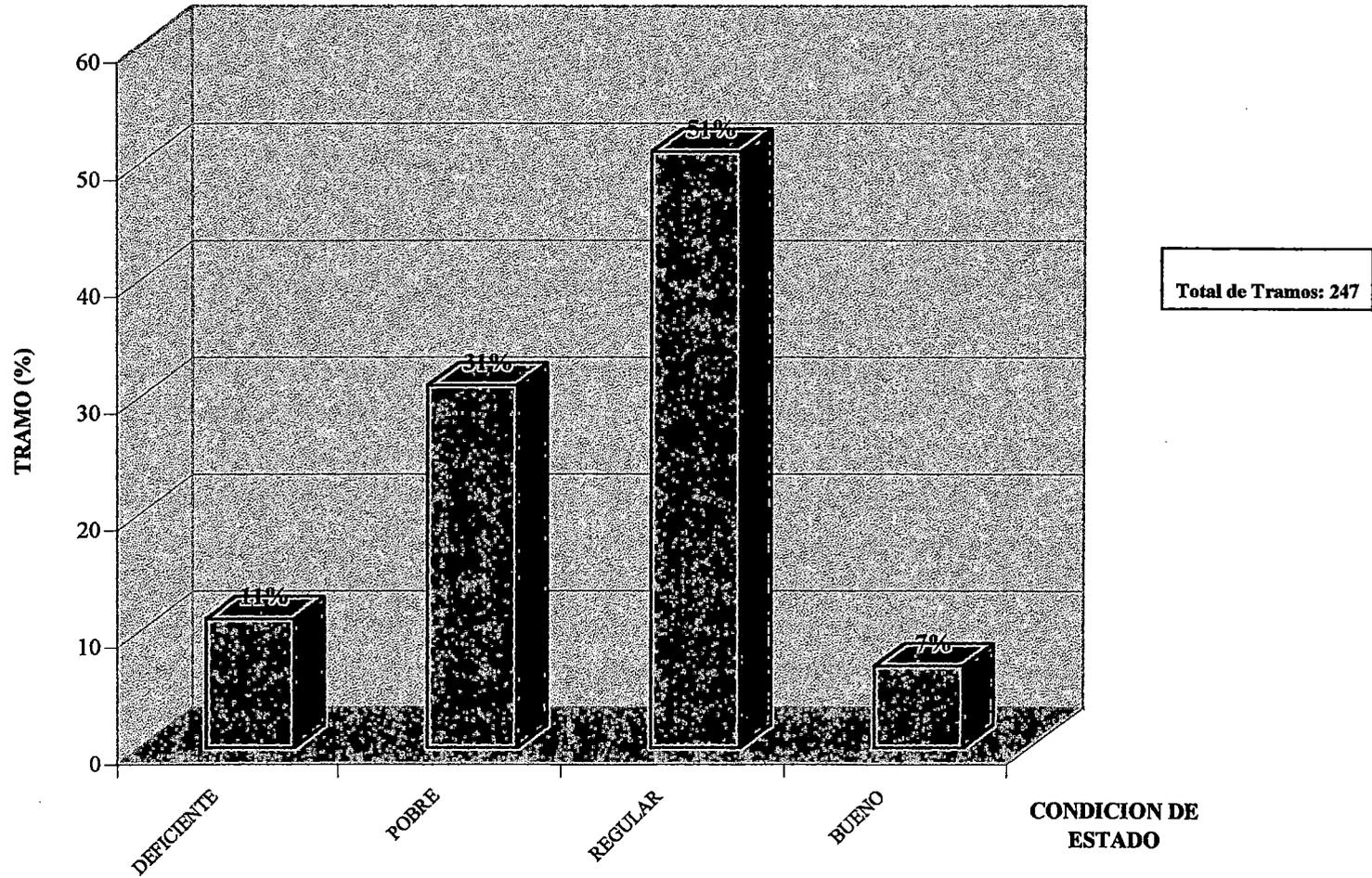


GRAFICO 4

CONDICION DEL ESTADO DE LOS PAVIMENTOS (POR VIA)

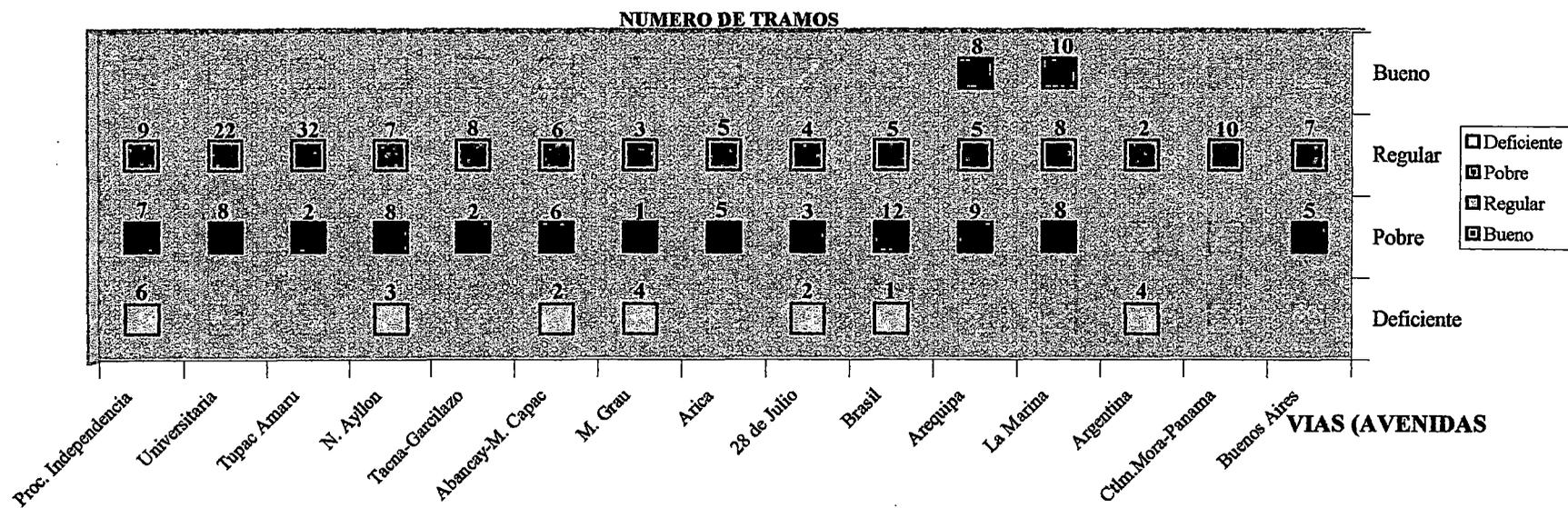


GRAFICO 5

ALTERNATIVAS SUGERIDAS PARA LA REHABILITACION Y CONSERVACION DE LAS VIAS

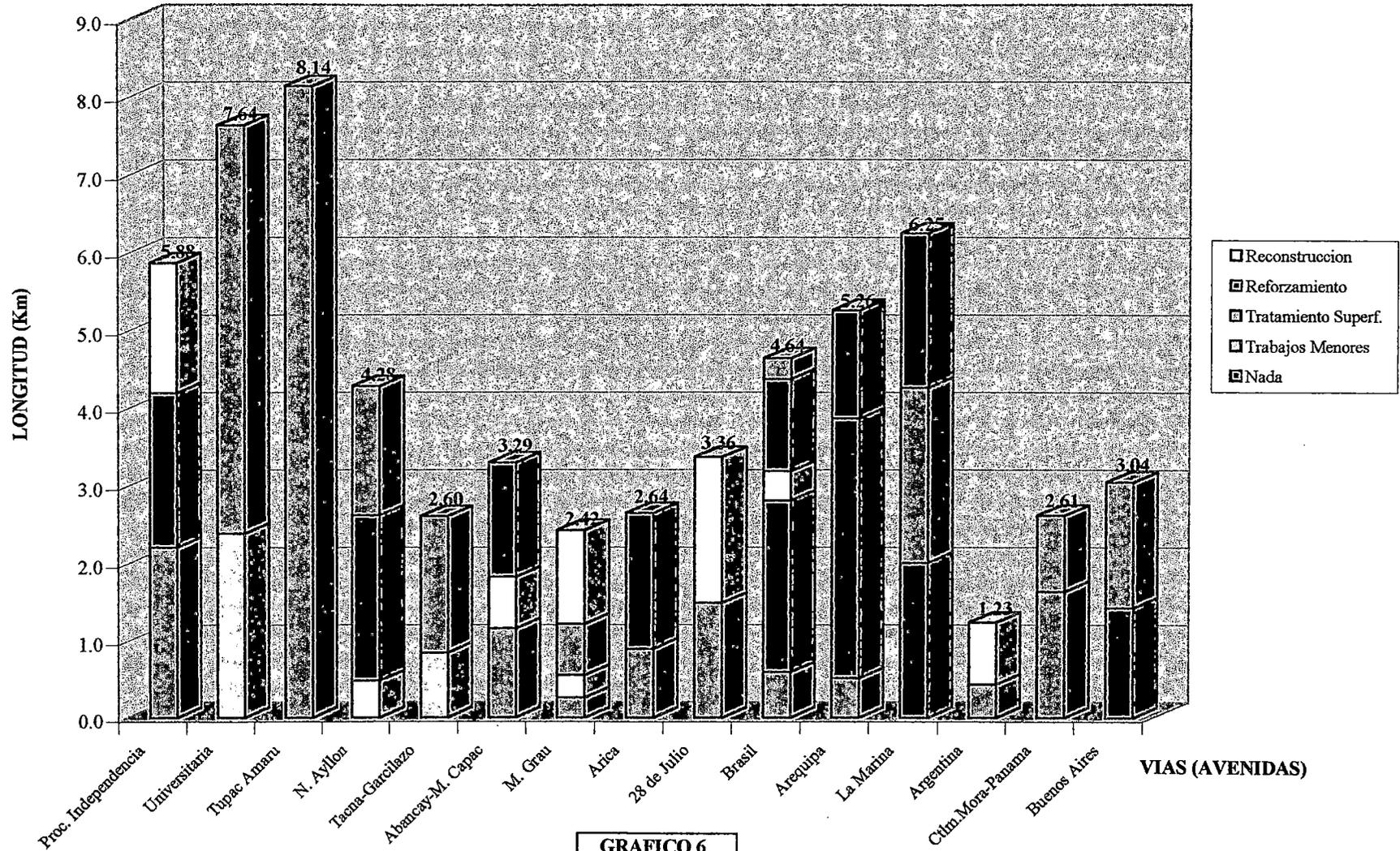


GRAFICO 6

CAPITULO VII

*APLICACIÓN PRACTICA: REHABILITACIÓN DE
PAVIMENTACIÓN EN AV. LAS LOMAS*

REHABILITACIÓN DE LOS PAVIMENTOS EN LA AV. LAS LOMAS

MEMORIA DESCRIPTIVA

OBRA: REHABILITACIÓN DE LOS PAVIMENTOS EN LA AV. LAS LOMAS

DISTRITO: SAN JUAN DE LURIGANCHO

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como fin la rehabilitación de los pavimentos de la Av. Las Lomas ubicado en la Urbanización Zarate en el distrito de San Juan de Lurigancho a fin de mejorar las condiciones al tránsito vehicular y recuperar el ornato de la avenida.

Es sabido que esta avenida es una de las dos vías de acceso a las Urbanización Mangamarca y la principal vía para el tránsito pesado con destino a las fábricas que se encuentran en dicha urbanización.

Por esto, la ejecución de esta obra permitirá un mejor flujo vehicular y evitará un mayor costo de operación de los vehículos.

OBJETIVO

La Municipalidad de San Juan de Lurigancho, dentro de su programa de obras para el año 1999-2000, ha contemplado el mejoramiento de las avenidas y calles del distrito y del objetivo del presente proyecto es la refacción de las pistas y veredas de la Av. Las Lomas comprendida entre Malecón Checha y la Av. Cajamarquilla.

RED DE VIAS DE LA ZONA HA REHABILITAR

La Av. Las Lomas, entre el Malecón Checa y la Av. Cajamarquilla está constituida por cuatro cuadras de doble vía con berma central las que se han considerado en la presente y

que consiste:

- Parchado Integral con Colación de Carpeta Asfáltica en ambas Vías.
- Construcción y Mejoramiento de Veredas.

ANCHO DE VIA

Con respecto al ancho de vía se ha tenido en cuenta el diseño del trazo de la vía existente, las construcciones existentes y las normas vigentes.

El proyecto consta de un ancho de sección de vía 6.00 m.

PENDIENTE

Se tiene en cuenta la cota de las tapas de buzones existentes en la Av. Las Lomas; así como las consideraciones de diseño indicadas, se adopta pendientes de rasante de tal forma que sean controladas por la cota de los buzones principales.

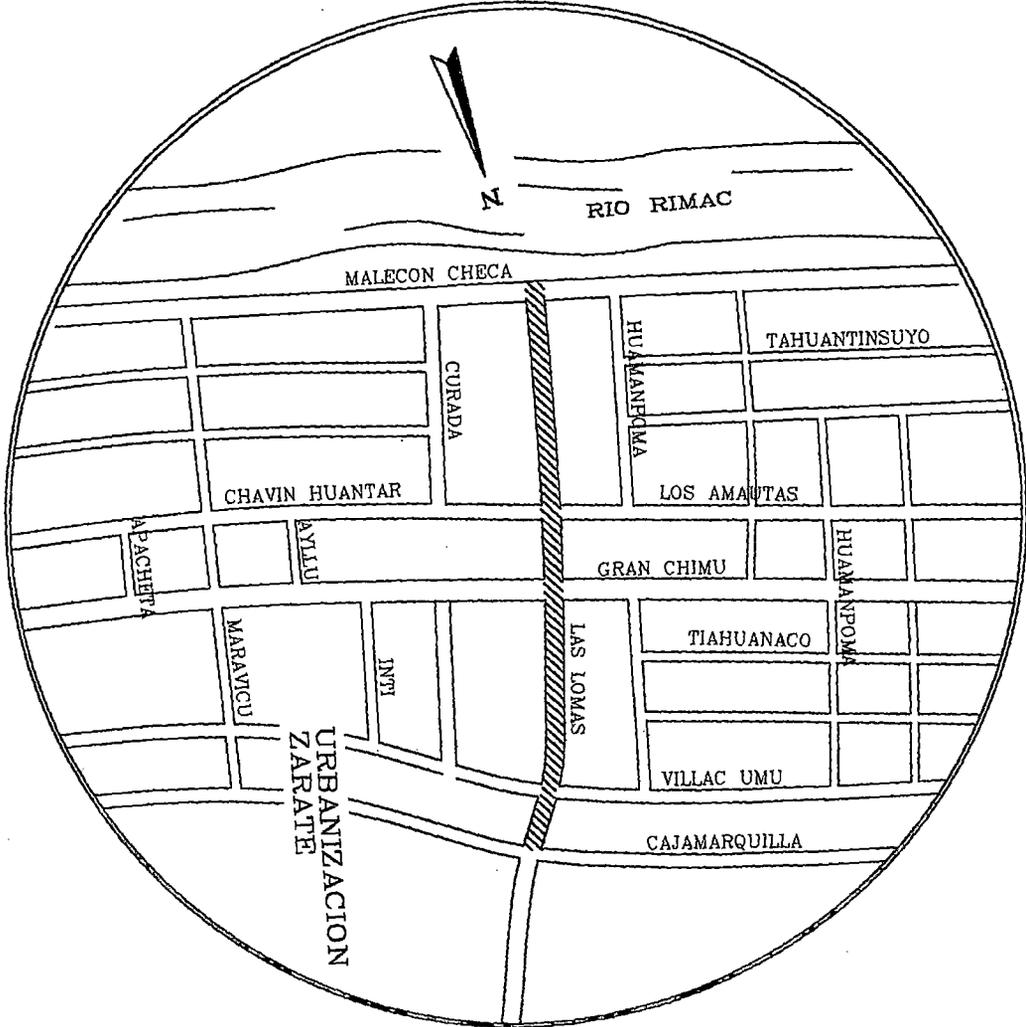
FALLAS EN LOS PAVIMENTOS

Las fallas mas comunes en los pavimentos varían de acuerdo a la causa de la misma siendo aproximadamente 25% por falla de diseño, 60% por fallas constructivas y el 15% por falta de conservación y mantenimiento adecuado.

CROQUIS DE UBICACIÓN DE LA OBRA

A continuación se muestra el croquis de ubicación de la obra.

UBICACION GENERAL



ESPECIFICACIONES TECNICAS

01 OBRAS PRELIMINARES

01.01.00 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

El contratista dentro de esta subpartida, deberá considerar todo el trabajo de suministrar, reunir, transportar y administrar su organización constructiva completa al lugar de la obra, incluyendo personal, equipo mecánico, materiales y todo lo necesario para instalar e iniciar el proceso constructivo, así como el oportuno cumplimiento del cronograma de avance. La movilización incluye además, al final de la obra, la remoción de instalaciones y limpieza del sitio, así como el retiro de sus instalaciones y equipos.

El sistema de movilización deber ser tal que no cause daño a los pavimento, ni a las propiedades de terceros.

La administración deberá aprobar el equipo llevado a la obra, pudiendo rechazar el que no encuentre para la función por cumplir.

01.02.00 CONSTRUCCIONES PROVISIONALES

Esta subpartida comprende los gastos de guardianía, almacenes para materiales, instalaciones sanitarias, y de energía y otros que faciliten la comodidad y eficiencia del personal y de los trabajos en si, que deberán instalarse en cada centro de actividad a criterio del CONTRATISTA y con aprobación de la Supervisión.

01.03.00 TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO

Se consideran en esta subpartida todos los trabajos topográficos, planimétricos y altimétricos que son necesarios hacer par el replanteo del proyecto, eventuales ajustes del mismo apoyo técnico permanente y control de resultados.

El mantenimiento de Bench Marks, plantillas de cotas, estacas auxiliares, etc., serán cui-

dadosamente observados a fin de asegurar que las indicaciones de los planos sean llevados fielmente y que la obra cumpla una vez concluida con los requerimientos y especificaciones.

01.04.00 CARTEL DE OBRA

El CONTRATISTA deberá colocar en el lugar de la obra por su cuenta y costo un cartel cuyo arte y dimensiones serán coordinados con la División de Proyectos y Obras de la Municipalidad de San Juan de Lurigancho. En caso de incumplimiento de esta obligación, el CONTRATISTA pagará a la Municipalidad de San Juan de Lurigancho una suma equivalente al tres por diez mil (3/10000) del monto del contrato por cada día de retraso.

02 DEMOLICIONES

02.01.00 DEMOLICION DEL PAVIMENTO ASFALTICO EXISTENTE

Las subpartidas se refieren a la remoción y eliminación de las partes deterioradas de obras existentes, roturas específicas que se encuentran proyectadas u obstrucciones en general de estructuras o partes diversas que deben ser reemplazadas o que no deben permanecer al efectuar los trabajos contratados. La existencia de cualquiera de esta subpartidas en el expediente técnico, no limita sus alcances a la denominación específica con la cual haya sido expresada, debiendo considerarse extensiva a la totalidad de demoliciones que sean necesarias efectuar para el funcionamiento de las obras proyectadas.

Durante los trabajos de demolición, se tendrá especial cuidado con las instalaciones existentes de servicios públicos, debiendo el CONTRATISTA reparar de inmediato y por su cuenta todo daño que pudiera causarles.

En todo caso, el CONTRATISTA deberá llevar el material procedente de las demoliciones hasta los lugares autorizados acordados.

03 MOVIMIENTOS DE TIERRAS

03.01.00 EXCAVACION HASTA EL NIVEL DE SUB-RASANTE.

Consiste en el corte y extracción en todo el ancho que corresponde a las explanaciones proyectadas, incluirá el volumen de elementos sueltos o dispersos que hubieran o que fuera necesario recoger dentro de los límites de la vía según necesidades del trabajo.

El corte se efectuará hasta una cota ligeramente mayor que el nivel sub-resante, de tal manera que al preparar y compactar el terreno, se llegue hasta el nivel sub-rasante.

Se tendrá especial cuidado en no dañar, ni destruir el funcionamiento de ninguna de las instalaciones de servicios públicos, tales como redes, cables, señales, canales, etc. En caso de producirse daños, el CONTRATISTA deberá realizar las reparaciones por su cuenta y de acuerdo con las entidades propietarias y administradoras de los servicios en referencia.

Los trabajos de reparación que hubiera necesidad de efectuar se realizarán en el lapso mas breve posible.

El material proveniente de los cortes deberá ser retirado para seguridad y limpieza del trabajo.

03.02.00 ELIMINACIÓN DEL MATERIAL EXCEDENTE

Esta subpartida esta destinada a eliminar los materiales sobrantes de las diferentes etapas constructivas, complementando los movimientos de tierra descritos en forma específica.

Se prestará particular atención al hecho que, tratándose de trabajos que se realizarán en zona urbana, no deberá aplicarse los excedentes en forma tal que ocasionen innecesarias interrupciones al tránsito peatonal y/o vehicular, así, como molestias con el polvo que generan las tareas de apilamiento, cargio, y transporte que forma parte de la sub-partida.

El destino final de los materiales excedentes, será elegido de acuerdo con las disposiciones y necesidades municipales.

03.03.00 CONFORMACIÓN DE SUB-RASANTE

Se denominaran sub-rasante al nivel terminado de la estructura del pavimento ubicado debajo de la capa del firme o del cimiento si lo hubiere. Este nivel es paralelo al nivel de la rasante y se logrará conformando el terreno natural mediante los cortes o rellenos que están considerados bajo estas subpartidas.

Se denominará fundación a la capa de 25 cm. de espesor que queda debajo del nivel sub-rasante y que esta constituida por el suelo natural resultante del corte, o por suelos transportados en el caso de rellenos. Tendrá el ancho de vía y esta libre de material orgánico o material suelto, sensiblemente de inferior calidad del suelo natural. Esta capa debidamente preparada formará parte de la estructura del pavimento.

Una vez concluida las obras de movimientos de tierra y se haya comprobado que no existan dificultades con las redes y conexiones domiciliarias de energía, agua y desagüe, se procederá a la escarificación mediante motoniveladora (o rastras en las zonas de difícil acceso) en profundidades de 15 cm., debiéndose eliminar las partículas de tamaño mayor de 7.5 cm.

Luego de la escarificación se procederá al riego y batido de capas de 15 cm. de espesor, con el empleo repetitivo y alternativo de camiones cisternas provistos de dispositivos que garanticen un riego uniforme y motoniveladoras. La operación será continua hasta lograr un material homogéneo de humedad uniforme lo más cercana a la óptima, definida por el ensayo de compactación Proctor Modificado que se obtengan en laboratorio para una muestra representativa del suelo de la fundación.

Luego se procederá a la explanación de este material homogéneo hasta conformar una superficie que, de acuerdo a los perfiles y geometría del proyecto y una vez compactada, alcance el nivel de la sub-rasante. La compactación se efectuará con rodillos cuyas características de peso y eficiencia serán comprobadas por la supervisión.

La compactación se empezará de los bordes hacia el centro y se efectuará hasta alcanzar el 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) del ensayo Proctor Modificado (AASHTO T-190, Método D); y en suelos granulares hasta alcanzar el 100% de la MDS del mismo ensayo. En

suelos cohesivos no expansivos se debe compactar con humedad menor al 1 o 2% que la óptima que se determine en laboratorio. Para el caso de áreas de difícil acceso, se compactará con plancha vibratoria y hasta alcanzar los niveles de densificación arriba indicados.

Para verificar la calidad del suelo se utilizará los siguientes sistemas de control:

- a.- Granulometría (AASHTO T-88, ASTM D-422)
- b.- Límites de Consistencia (AASHTO T-89, ASTM D-423, D-424)
- c.- Proctor Modificado (AASHTO T-180; ASTM D-1557)

La frecuencia de estos ensayos será determinada por la supervisión y en todo caso es obligatoria, cuando exista un evidente cambio en el tipo de suelo de la fundación.

Para verificar la compactación se utilizará la norma de densidad de campo (ASTM D-1556). La frecuencia de este ensayo será cada 240 m², en puntos dispuestos en tres bolillos.

03.04.00 FIRME e = 0.20 mt.

Se denomina cimiento a la capa intermedia de la estructura del pavimento ubicada entre la fundación (o cimientos si existiera) y la carpeta de rodamiento. Es un elemento básicamente estructural que cumple las siguientes funciones:

- Ser resistente y distribuir adecuadamente las presiones solicitantes.
- Servir de dren para eliminar rápidamente el agua proveniente de la superficie
- Interrumpir la ascensión capilar del agua que proviene de niveles inferiores.
- Absorben las deformaciones de la sub-rasante debidos a cambios volumétricos.

Los materiales que se usarán como firme serán selectos, provistos de suficiente cantidad de vacíos para garantizar su resistencia, estabilidad y capacidad de drenaje.

Serán suelos granulares del tipo A-1-a o A-1-b del sistema de clasificación AASHTO, es decir gravas o gravas arenosas compuestas y por partículas duras y durables y de aristas vivas. Podrán provenir de depósitos naturales, de la trituración de rocas o de una combinación de agregados, zarandeo y trituración de rocas con un tamaño máximo de 1 ½". El

material para la capa de firme estará libre de material vegetal y terrones de tierra. Debe contener una cantidad de finos que garanticen su trabajabilidad y den estabilidad a la superficie antes de colocar el riego de imprimación o la capa de rodamiento.

El material de firme debe cumplir los siguientes requisitos de granulometría:

Tamiz (AASHTO)	% que Pasa (en peso)			
	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D
Abertura Cuadrada				
2"	100	100		
1"	75-95	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100
Nº4	25-55	30-60	35-65	50-85
Nº10	15-40	20-45	25-50	40-70
Nº40	08-20	15-30	15-30	25-45
Nº200	02-08	05-15	05-15	08-15

En el caso que se mezclen dos o más materiales para lograr la granulometría requerida, los porcentajes serán referidos en volumen.

Otras condiciones físicas y mecánicas para satisfacer, serán:

- C.B.R. 80% Mín.
- Límite Líquido 25% Max.
- Índice de Plasticidad No
- Equivalente de Arena 50% Mín.
- Desgaste de Abrasión 50% Max.

El material de firme colocado y extendido sobre la fundación aprobada (o capa de cimiento si la hubiera) en volumen apropiado para que una vez compactado alcance el espesor indicado en los planos. El extendido se efectuará con motoniveladora, o a mano en sitios de difícil acceso, exclusivamente.

En caso de necesitarse cambiar dos o más materiales, se procederá primero a un mezclado seco de ellos en cantidades debidamente proporcionadas. Una vez que el material ha sido extendido se procederá su riego y batido utilizando repetidamente y en ese orden camiones cisternas previstos de dispositivos que garanticen un riego uniforme y motoniveladoras. La operación será continua hasta lograr una mezcla homogénea de humedad uniforme lo más

cercana posible a la óptima , tal como queda definida por el ensayo de compactación Proctor Modificado obtenido en el laboratorio para una muestra representativa del material de base. Inmediatamente se procederá al extendido y explanación del material homogéneo, hasta conformar la superficie que una vez compactada alcance el espesor y geometría de los perfiles del proyecto.

La compactación se efectuará con rodillos cuyas características de peso y eficiencia serán comprobados por la supervisión. De preferencia se usarán rodillos lisos-vibratorios o lisos, y se terminarán en los bordes hacia el centro de la vía con pasadas paralelas a su eje. En número suficiente para asegurar la densidad de campo de control. Para el caso de áreas de difícil acceso al rodillo, la compactación se efectuará con plancheta vibratoria hasta alcanzar los niveles de densificación requeridos.

Para verificar la calidad del material se utilizará las siguientes normas de control:

- a.- Granulometría (AASHTO T-88; ASTM D-1422)
- b.- Límites de Consistencia (AASHTO T-89/90; ASTM D-1423/1424)
- c.- Clasificación por el Sistema AASHTO
- d.- Ensayo C.B.R.
- e.- Proctor Modificado (AASHTO T-80, Metodo D)

La frecuencia de estos ensayos será determinada por la supervisión y serán obligatorios cuando se evidencie un cambio en el tipo de suelo del material firme.

Para verificar la compactación se utilizará la norma de densidad de campo (ASTM D-1556). Este ensayo se realizará cada 200 m² de superficie compactada, en puntos dispuestos en tres bolillos.

03.05.00 REMOCION DE CARPETA ASFALTICA

Comprende el retiro de los pavimentos de asfalto, en toda el área de la refacción y en donde se indiquen en los planos.

Al ejecutar los trabajos de retiro se tendrá especial cuidado con las instalaciones subterrá-

neas existentes. Todo daño a ellas, obligará al CONTRATISTA a su reparación inmediata y por su cuenta.

Igualmente con los postes de alta tensión, alumbrado y de teléfonos.

Durante el retiro de la carpeta asfáltica fallada el CONTRATISTA cuidará de las cajas de señales de agua y desagüe existentes.

04 PAVIMENTACIÓN

04.01.00 IMPRIMACIÓN

Esta subpartida se refiere a la aplicación mediante el riego de asfalto líquido del tipo CutBack, sobre la superficie de una base no asfáltica, o en su caso, para el tratamiento primario de la superficie destinada a estacionamientos, cruces, bermas, etc.

La calidad y cantidad de asfalto será la necesidad para cumplir los siguientes fines:

- Impermeabilizar la superficie de la base.
- Recubrir y reunir las partículas sueltas de la superficie.
- Mantener la compactación de la base y
- Propiciar la adherencia entre la superficie de la base y la nueva capa a construirse.

Se utilizará asfaltos líquidos de curado medio (MC) en los grados 30° - 70° (designación AASHTO M-82-75); o asfalto líquido de curado rápido RC-250 diluido con kerosene industrial en proporción del 10 a 20% en peso.

El riego de imprimación se efectuará cuando la superficie del firme este preparada, es decir, cuando este libre de partículas o de suelo suelto. Para la limpieza de la superficie se empleará una barredora mecánica o soplador según sea necesario. Cuando se trate de un material poroso, la superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda. La humedad de estos materiales se logrará por el rociado de agua en la superficie, en cantidad adecuada para este fin.

La operación de imprimación deberá de empezar cuando la temperatura superficial a la

sombra sea de más de 13°C en ascenso o demás de 15°C en descenso. Se suspenderá la operación en tiempo brumoso o lluvioso.

La aplicación del material bituminoso deberá hacerse a presión para garantizar un esparcido uniforme y continuo utilizando un distribuidor propulsado que estará equipado con una manguera auxiliar de boquillas esparcidoras y conectadas a la misma presión del distribuidor, con pasadas en dirección paralelas al eje de vía. Las características del distribuidor en cuanto al tamaño de la barra distribuidora, tamaño de boquillas, espaciamiento entre boquillas, ángulo de boquillas con el eje de la barra distribuidora, altura de la barra distribuidora sobre el cimiento, capacidad y presión de bomba, serán las adecuadas para obtener el fin propuesto.

La cantidad de asfalto por unidad de área definida con la supervisión de acuerdo a la calidad de la base y estará comprendida entre 0.90 y 2.0 lt/m²; la temperatura de aplicación del riego estará comprendida, según el tipo de asfalto a usarse, dentro de los siguientes intervalos:

MC 30	21°C – 60°C
MC 70	43°C – 85°C
RC 250 y 15% Kerosene	23°C – 70°C

Cualquier área ubicada fuera del canal de riego del distribuidor, deberá ser imprimida con las mismas características, utilizando un esparcidor auxiliar. Los excesos de asfalto serán retirados utilizando para el efecto una escoba de goma. Durante la operación de riego se deberán tomar las providencias necesarias para evitar que estructuras, edificaciones o árboles adyacentes al área por imprimir sean salpicados por el asfalto a presión.

El material bituminoso deberá ser enteramente absorbido por la superficie del firme. Si en el término de 24 hrs. esto no ocurriese, la superficie podrá disponer de un tiempo mayor de curado.

Cualquier exceso de asfalto al tiempo del término del curado, deberá secarse, esparciendo sobre su superficie arena limpia, exenta de vegetales y otras materias indeseables, cuya gradación corresponda a los requisitos del agregado tamaño N°10 norma AASHTO M-43054

(ASTM D-448-54). La superficie así imprimada, curada y secada, debe permanecer en esta condición hasta que se le aplique la placa de rodamiento.

Para verificar la calidad de material bituminoso, deberá ser examinado en el laboratorio y evaluado teniendo en cuenta las especificaciones recomendadas por el Instituto del Asfalto. En caso de que el asfalto líquido preparado fuera provisto por una planta especial, se deberá contar con un certificado de laboratorio que confirme las características del material.

En el procedimiento constructivo, se observará entre otros los siguientes cuidados que serán materia de verificación:

- a.- La temperatura de aplicación estará de acuerdo con lo especificado, según el tipo de asfalto líquido.
- b.- La calidad de material esparcido por unidad de área será la determinada con la supervisión de acuerdo al tipo de superficie y será controlada colocando en la franja de riego algunos recipientes de peso y área conocidos.
- c.- La uniformidad de la operación se logrará controlando la velocidad del distribuidor, la altura de la barra de riego y el ángulo de las boquillas con el eje de la barra de riego.

La frecuencia de estos controles, verificaciones y mediciones por la supervisión, se efectuará de manera especial al inicio de las jornadas de trabajo de imprimación.

04.05.00 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e=2”

La estructura del pavimento terminará con la carpeta asfáltica, que es una mezcla en caliente de cemento o bitumen asfáltico, agregados debidamente graduados y relleno mineral que, una vez colocada, compactada y enfriada se constituirá en una capa semirígida capaz de soportar el tránsito.

La dosificación o fórmula de la mezcla de concreto asfáltico o simplemente “mezcla asfáltica” para los efectos de este expediente técnico, así como los regímenes de temperatura de mezclado y colocación que se pretenda utilizar, serán presentados a la supervisión con cantidades o porcentajes definidos y únicos. Esta fórmula de la mezcla podrá ser aceptada o,

en su defecto, se fijará una nueva que podrá tener coincidencias parciales con la presentada por el CONTRATISTA.

El material bituminoso que se usará en la preparación de la mezcla en planta, será un cemento asfáltico o asfalto sólido de las siguientes características:

Penetración (0.01 mm – 25°C – 100gr. – 5 seg.)	60-70
Ductilidad (en cm. a 25°C)	100 min. C
Punto de Inflamación (ren °C)	232 min. C
Viscosidad (en seg. a 60°C)	100 min. C

El cemento asfáltico será uniforme en su naturaleza y no formará espuma al calentarse a 177°C. el agregado mineral estará compuesto por granos gruesos, finos y además un relleno mineral (“filler”).

Los agregados gruesos estarán constituidos por piedra grava triturada y eventualmente por materiales naturales que se presentan en estado fracturado o muy angulosos, con textura superficial rugosa. Quedarán retenidos en la malla N°8 y estarán limpios, es decir, sin recubrimientos de arcilla, limo u otras sustancias perjudiciales, así como terrones de otros agregados de material fino. Además, deberán cumplir con los siguientes requisitos.

Porcentaje de desgaste “Los Angeles”	
AASHTO-96 (ASTM C-131)	40% max.
Durabilidad, desgaste por el sulfato de sodio durante cinco ciclos.	
AASHTO T-104 (ASTM C-88)	12% max.

Los agregados finos, o materiales que pase la malla N°8, serán obtenidos por la trituración de piedras o gravas, o también arenas naturales de granos angulosos. Como en todos los casos, el agregado se presentará limpio, es decir que sus partículas no estarán recubiertas de arcillas limosa u otras sustancias perjudiciales, ni contendrá grumos de arcilla limosa u otras sustancias perjudiciales, ni contendrá grumos de arcilla u otros aglomerados de material fino. Tendrá en el ensayo de durabilidad un desgaste por la acción del sulfato de sodio durante ci-

culos (AASHTO T-184 o ASTM C-88) no mayor de 12%.

El relleno mineral (“filler”) estará compuesto por partículas muy finas de arcilla; cal apagada, cemento portland u otra sustancia mineral no plástica, que se presentará seca y sin grumos. El material cumplirá con los siguientes requerimientos mínimos de granulometría

Tamiz	% que Pasa (en peso seco)
N°30	100
N°100	90
N°200	65

La fracción de filler y de los agregados que pase la malla N° 200, que se denomina polvo mineral, no tendrá características plásticas.

El agregado que resulte de combinar o mezclar agregados grueso, fino y el “filler”, debe cumplir con la gradación de las mezclas tipo IVa, IVb, o IVc de las recomendaciones por el Instituto del Asfalto siguientes:

Tamiz (Abertura Cuadrada)	Porcentaje que Pasa (%)		
	Tipo IVa	Tipo IVb	Tipo IVc
1”			100
¾”		100	80-100
½”	100	80-100	
3/8”	80-10	70-90	60-80
N°4	55-75	50-70	48-65
N°8	35-50	35-50	35-50
N° 30	18-29	18-29	18-30
N°50	13-23	13-23	13-23
N°100	08-16	04-16	07-15
N°200	04-10	04-10	00-08
Tamaño Máximo	½”	¾”	1”

El asfalto en la mezcla del concreto asfáltico será determinado utilizando el método Marshall y debe cumplir con los siguientes requisitos básicos:

Número de golpes de compactación en cada extremo de la proeta	50
Estabilidad en libras	500
Fluencia en 0.01”	8 min. 18 max.
Vacios en la mezcla, en %	3 min. 56 max.

Las tolerancias admitidas en las mezclas son las siguientes:

Tamiz	Variación Permisible (en % en peso de la mezcla total)
Nº4 o mayor	5.00 aprox.
Nº8	4.00 aprox.
Nº30	3.00 aprox.
Nº200	1.00 aprox.
Asfalto	0.30 aprox.

La mezcla asfáltica en caliente será producida en plantas continuas o intermitentes. La temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad en el cemento asfáltico que le permita mezclarse íntimamente con el agregado combinado, también calentado. La mezcla a la salida de la plancha tendrá una temperatura comprendida entre 125°C y 160°C y será transportada a la obra en vehículos adaptados convenientemente para garantizar su homogeneidad (no-segregación) y una mínima pérdida de calor hasta el lugar de destino. La temperatura de colocación de la mezcla asfáltica en el firme imprimado será de 120°C mínimo.

La colocación y distribución se hará por medio de una pavimentadora autopropulsada de tipo y estado adecuado para que se garantice un esparcido de la mezcla en volumen, espesor y densidad de capas uniformes. El esparcido será complementado con un acomodo y rastri-llado manual cuando se comprueben irregularidades a la salida de la pavimentadora.

La compactación de la carpeta se deberá llevar a cabo inmediatamente después de que la mezcla haya sido distribuida uniformemente. Teniendo en cuenta que solo durante el primer rodillado se permitirá rectificar cualquier irregularidad en el acabado.

La compactación se realizará utilizando rodillos cilíndricos, lisos, tandem y rodillos neumáticos. El número de pasadas del equipo de compactación será tal que garantice el 95% de mas de la densidad lograda en laboratorio. Las juntas de construcción serán perpen-diculares al eje de la vía y tendrán el borde vertical. La unión de una capa nueva con una ya

compactada se realizará previa impregnación de la junta con asfalto. Los controles de calidad de los componentes de la mezcla así como la mezcla asfáltica misma serán de responsabilidad de su proveedor , que deberá aportar los respectivos certificados que aseguren las características del producto terminado, tales como:

- a.- De los agregados minerales: Granulometría, abrasión, durabilidad, equivalente de arena.
- b.- Cemento asfáltico: Penetración, viscosidad, punto de inflamación.
- c.- De mezcla en planta: Cantidad de los componentes, temperatura de mezcla, estabilidad, flujo, vacío del ensayo Marshall, tiempo de amasado.

Para verificación la calidad de la obra se efectuarán los controles de temperatura de aplicación espesor de la carpeta, compactación, acabado y juntas.

La frecuencia de estas certificaciones y controles será determinada en cada caso por la supervisión.

05 VEREDAS

FIRME DE AFIRMADO $e = 0.10$ m.

Se denominará firme a la capa intermedia de la estructura, ubicada entre la sub-rasante (o cimientado si existiera) y la losa de concreto. Es un elemento básicamente estructural que cumple las siguientes funciones:

- Ser resistente y distribuir adecuadamente las presiones solicitantes.
- Servir de dren para eliminar rápidamente el agua proveniente de la superficie e interrumpir la ascensión capilar del agua que proviene de niveles inferiores.
- Absorber las deformaciones de la sub-rasante debidos a cambios volumétricos.

Los materiales que se usaran como firme serán selectos, provistos en suficiente cantidad de vacíos para garantizar su resistencia, estabilidad y capacidad de drenaje. Serán suelos granulados del tipo A-1-a o A-1-b del sistema de clasificación AASHTO, es decir gravas o gravas arenosas compuestas por partículas duras y durables y de aristas vivas. Podrán provenir de depósitos naturales, de la trituración de rocas o de una combinación de agregados, zarandeo y

trituration de rocas con un tamaño máximo de 1 ½". El material para la capa de firme estará libre de material vegetal y terrones de tierra. Debe contener una cantidad de finos que garanticen su trabajabilidad y den estabilidad a la superficie.

El material de firme debe cumplir los siguientes requisitos de granulometría:

Tamiz (AASHTO)	% que Pasa (en peso)			
Abertura Cuadrada	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D
2"		100		
1"	100	75-90	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100
Nº4	25-55	30-60	35-65	50-85
Nº10	15-40	20-45	25-50	40-70
Nº40	08-20	15-30	15-30	25-45
Nº200	02-08	05-15	05-15	08-15

En el caso que se mezclen dos o más materiales para lograr la granulometría requerida, los porcentajes serán referidos en volumen.

Otras condiciones físicas y mecánicas para satisfacer, serán:

- C.B.R. 80% Min.
- Límite Líquido 25% Max.
- Índice de Plasticidad No
- Equivalente de Arena 50% Min.
- Desgaste de Abrasión 50% Min.

El material de firme colocado y extendido sobre la fundación en volumen apropiado para que una vez compactado alcance el espesor indicado en los planos. El extendido se efectuará con motoniveladora, o a mano en sitios de difícil acceso, exclusivamente.

VEREDA DE CONCRETO $F'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ ($e = 0.10m$)

La losa será de concreto simple de cemento Pórtland con una resistencia a la compresión de $F'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días.

Los materiales que se empleen en la preparación del concreto debe cumplir con los requisitos que se exigen para la construcción de pavimento de concreto de cemento Portland. El acabado de losa será tipo rugoso-frotachado.

1.- CEMENTO.- Se usará cemento Pórtland, Tipo I, de acuerdo a la clasificación ASTM-C-150. No debe tener grumos, debiéndose proteger debidamente contra la humedad.

2.- AGREGADOS

ARENA GRUESA.- Será limpia de grano rugoso y resistente.

No deberá tener mas del 5% del total del material que pase por el tamiz N° 200. El porcentaje de arena variará entre el 30-45% del total, a fin de tener la consistencia y trabajabilidad deseada para el concreto.

PIEDRA CHANCADA.- Deberá estar libre de partículas de arcilla en su superficie, el tamaño máximo será de 1" de tal manera que se tenga una buena trabajabilidad y resistencia del concreto.

3.- AGUA.- Será fresca, limpia y potable.

El concreto debe ser mezclado mecánicamente, con inyector de agua que permita asegurar un ingreso medido por cada tanda.

El volumen de una tanda, no deberá exceder la capacidad establecida para la mezcladora.

El mezclado del concreto se hará solamente en cantidades adecuadas para su uso inmediato, pues no será permitido retemplar al concreto añadiéndose agua ni otros medios. Al suspender el mezclado por un tiempo significativo la mezcladora será lavada completamente. Al iniciar la operación, la primera tanda deberá tener cemento, arena y agua adicional para revestir el interior del tambor sin disminuir la proporción del mortero en la carga de mezcla.

La colación de concreto deberá ser en una manera prevista y será programada en función a la junta de construcción por crearse. El vaciado se hará por paños alternos.

El vibrado del concreto se hará mecánicamente y de manera uniforme. Los vibradores serán manejados en forma tal que ingresen a los rincones y ángulos de encofrado, no debiendo

usarse contra los encofrados.

El Slump máximo para el concreto será de 4”.

ENCOFRADO

Una vez que ha sido compactada el firme, se colocarán los encofrados, los que se fijarán firmemente en su posición manteniendo el alineamiento y la elevación correcta. Para los encofrados se utilizarán reglas metálicas o de madera sana cepillada de 1 ½”.

El espesor de la losa será de 10 cm.; donde la capa desgaste se divide en bruñas formando cuadrículas de 1.0 m. *1.0 m., o como disponga el Ingeniero Inspector usando la herramienta ad-hoc.

Se emplearán juntas de dilatación, contratación y construcción tal y como se indica en el croquis que forma parte de este expediente técnico.

Las juntas de dilatación presentarán una separación de ¾” mínimo, para permitir una expansión térmica. Las juntas de construcción se utilizará cuando deben interrumpirse los trabajos.

ESTUDIOS DE SUELOS

1.00 GENERALIDADES

El presente estudio tiene por finalidad determinar las características del suelo para la pavimentación de la Av. Las Lomas en el distrito de San Juan de Lurigancho, estableciendo condiciones actuales del suelo sobre las que serán pavimentadas dichas vías, en concordancia con la geometría de la rasante establecida en este proyecto y efectuar el diseño adecuado, tanto técnica como económicamente.

2.00 INVESTIGACIONES EFECTUADAS

2.10 EXCAVACIONES

Para obtener esta información real de las condiciones actuales del suelo, se efectuaron dos excavaciones a cielo abierto (calicatas) con una profundidad promedio de 0.80m. distribuidas convenientemente a lo largo de las vías a pavimentar. En las excavaciones efectuadas no se llegó al nivel freático.

3.00 CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

De la observación "in situ", y registro de excavación, se distingue el siguiente horizonte: Existe un estrato casi uniforme conformado por una tierra de chacra (limo-arenoso), semi-húmedo, de color marrón oscuro, por debajo del horizonte anterior existe suelo conformado por grava de río (redondeada), semi-húmedo, semi-compacto de color beige, se llegó hasta 0.80m. de profundidad. No se encontró el nivel freático.

4.00 PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Se ha empleado el método del Instituto de Asfalto de los Estados Unidos, y el C.B.R., adoptando consideraciones reales.

4.10 PARAMETROS DE DISEÑO ADOPTADOS

- Clasificación del tránsito de acuerdo a una estimación de volúmenes diario de automóviles, camionetas y camiones por vía de circulación.
- Tipo de tránsito: Pesado que comprende un tránsito estimado de 2000 veh./día, con una 70° de automóviles y camionetas ligeros y un 30% de camiones pesados y autobuses.
- La carga equivalente por eje simple es de 18000 lb. (8.2 Tn)
- La vida útil del pavimento se estima en 20 años.

4.20 DIMENSIONALMENTE DE LA ESTRUCTURA

Se ha adoptado la siguiente estructura:

FUNDACIÓN

Conformado por el subsuelo natural de la zona, constituido por material limo-arenoso que deberá ser escarificada y nivelada de acuerdo a las especificaciones correspondientes en una profundidad mínima de 0.25m., con una compactación del 95% de la M.D.C. del Proctor Modificado eliminando los materiales mayores de 3" y elementos extraños al suelo.

FIRME

El material usado en la base será del tipo granular seleccionado A-1 a(0), con un espesor de 0.20 m. Para un C.B.R. de 80% equivalente a un grado de compactación del 95% de la Maxima Densidad Seca.

SUPERFICIE DE RODADURA O CARPETA ASFÁLTICA

Será de 0.05m. compactados, constituida por una mezcla asfáltica en caliente y sellado, impermeabilizándolo, de granulometría cerrada y colocado de acuerdo a las especificaciones vigentes. El espesor del concreto asfáltico en ningún caso será inferior al especificado.

5.00 ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y CONTROL FUNDACIÓN

Los materiales de la fundación en nuestro caso específico y por factores netamente económicos, estarán conformados por material previa escarificación de por los menos 25 cm. debiendo eliminarse todas las partículas mayores de 3" y los componentes de relleno que son materiales del suelo.

La compactación se efectuará luego del regado de agua mediante cisterna, alcanzando una humedad cercana a la optima con el rastreo específico para conformar una superficie de acuerdo a los perfiles, secciones y geometría del proyecto.

FIRME

El firme granular estará constituido por material transportado y tendrá un espesor de 0.20 metros.

Los materiales a usarse estarán conformados por gravas angulares de partículas duras, con un ligamento que puede ser arena fina o limo. Las partículas mayores de 2" serán eliminados por zarandeo de tal manera que quede una mezcla densa y bien compacta, libre de materia orgánica. Los materiales usados deberán cumplir lo siguiente:

Tipo de Material	A-1-a(0)
C.B.R.	80% mínimo
Límite Líquido	25% mínimo
Índice Plástico	6% mínimo
Equivalente de Arena	30% mínimo
Resistencia de Abrasión	50% mínimo

Tamiz	% en Peso Seco	% que Pasa
2"	100	100
1"	65-85	75-25
3/8"	30-65	40-75
Nº4	25-55	30-60
Nº10	15-40	20-45
Nº40	08-20	15-30
Nº200	02-08	05-20

El material será limpio, sin fragmentos blandos ni terrones de arcilla.

La colocación y extendido se hará en una sola capa y después de su aprobación en cuanto a

calidad se refiere.

Obtenida la mezcla satisfactoria en seco, se procederá a humedecerla con una cantidad de agua similar al óptimo de humedad obtenido por el ensayo Proctor Modificado y compactado al 95% mínimo de la M.D.S. del Proctor correspondiente al material utilizado.

Se deberá efectuar los siguientes controles.

- Granulometría
- Límites de consistencia
- Abrasión
- Equivalente de arena.

IMPRIMACIÓN

Se aplicará un riego a presión de material bituminosos al firme granular compactado y perfilado.

Se recomienda el Asfalto Líquido de endurecimiento medio (MC) grado 30 con las especificaciones estándar usadas.

La superficie de base granular antes del imprimado debe estar limpia, uniformemente seca, libre de partículas, seca y sin polvo. Después de 24 horas es recomendable esparcir arena fina sobre la superficie imprimada.

LA SUPERFICIE DE RODADURA

Esta constituida por una capa compacta de concreto asfáltico preparado en planta en base a cemento asfáltico y materiales pétreos y será colocado en caliente sobre la base granular previa ejecución del imprimado.

Los materiales, tales como el cemento asfáltico y agregados minerales del concreto asfáltico usado, deberán cumplir todas las especificaciones técnicas requeridas.

Se deberá contratar para este trabajo firmas de plantas de producción de concreto asfáltico de reconocido prestigio y que cumplan con las especificaciones técnicas requeridas en la

elaboración, transporte, colocación, compactación y acabado de concreto asfáltico, además se exigirá que se efectúen los controles de calidad y controles de obra, principalmente la temperatura, espesor de capa y acabados.

6.00 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El estudio de suelos con fines de pavimentación corresponde a la Av. Las Lomas ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho.
- 2.- El tipo de mezcla a emplearse en la carpeta asfáltica, será aplicado en caliente cumpliendo las especificaciones generales de construcción y control para pavimentos asfálticos que rigen este tipo de obra.
- 3.- La estructura del pavimento asfáltico esta conformada de la siguiente manera:
 - a.- Fundación**

Constituida por el terreno natural previo tratamiento de escarificado, por lo menos 25 cm. y eliminación de partículas mayores de 3" y elementos extraños al suelo, compactado al 95% de la M.D.S. del Proctor Modificado.
 - b.- Firme (ver 5.00)**

Se aplicará un riego a presión de material bituminoso de asfalto líquido de endurecimiento medio MC-30, sobre el firme granular compacto y perfilado, de superficie uniforme seca, limpia y libre de polvo.
 - d.- Superficie de Rodadura o Desgaste**

Constituida por una carpeta de concreto asfáltico preparado en planta en caliente y que cumpla las especificaciones técnicas y de un espesor de 2".
- 4.- A las pistas se le dará una pendiente de 1% a ambos lados del eje central.
- 5.- Se recomienda eliminar o proteger cualquier fuente importante de filtración que pueda perjudicar la estructura del pavimento.
- 6.-Es importante el control correspondiente en todas las etapas de construcción del pavimento (uniformidad, espesores y calidad de materiales), para garantizar el diseño propuesto.

7.- Los resultados de este informe, solo son validos para las vías consideradas y solamente para la zona de estudio.

EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE

Se ha llevado a cabo una Inspección Visual de la superficie de los pavimentos en forma integral a lo largo de las dos vías de la Av. Las Lomas, de la cual se observa que los pavimentos presentan áreas deterioradas extensas como también áreas falladas reducidas.

Estas fallas generalmente son agrietamientos del tipo piel de cocodrilo, de diferentes densidades y desintegraciones de la carpeta asfáltica. También se aprecian fallas profundas como son los baches que en algunas zonas imposibilitan el normal tránsito vehicular.

De lo expuesto anteriormente, se clasificaron las fallas de una manera particular de acuerdo con el tratamiento que se le va a dar:

TIPO DE FALLA	ESTADO ACTUAL	TRATAMIENTO
II	Presenta agrietamientos del tipo Piel de Cocodrilo, desintegraciones de la carpeta asfáltica, etc.	- Remoción de la carpeta asfáltica deteriorada. Limpieza y conformación del firme. - Revestimiento con mezcla asfáltica en caliente.
III	Pavimento con fallas profundas, especialmente baches (Potholes).	- Remoción del pavimento hasta el nivel de subrasante, con equipo. - Construcción del pavimento asfáltico.
IIIA	Terreno natural	- Excavación hasta el nivel subrasante. - Construcción del pavimento asfáltico.
IIIB	Pavimento con fallas profundas, especialmente baches (Potholes).	- Remoción del pavimento hasta el nivel de sub-rasante, forma manual. - Construcción del pavimento asfáltico.

De la misma forma, se inspeccionó el estado actual de las veredas, de lo cual se seleccionaron los tramos a construir y reconstruir (Tipo 2 y Tipo 1).

METRADOS

TRAZO Y REPLANTEO DE LAS AREAS DETERIORADAS EN LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS.

FALLA N°	DIMENSION	TIPO DE FALLA Y AREA (m2)			
		TIPO II	TIPO III	TIPO IIIA	TIPO IIIB
1	IRREGULAR		102.86		
2	3.5*2.00				7.00
3	1.50*1.50				2.25
4	1.50*1.20				1.80
5	3.20*1.30				4.16
6	2.50*1.50	3.75			
7	3.00*2.00				6.000
8	2.00*1.50				3.00
9	1.00*1.00				1.00
10	IRREGULAR		138.53		
11	8.00*6.00		48.00		
12	IRREGULAR		209.10		
13	12.00*6.00		72.00		
14	6.00*3.00				18.00
15	18.20*3.30		60.06		
16	28.20*6.00	169.20			
17	49.50*6.00			297.00	
18	19.50*6.00	117.00			
19	IRREGULAR		52.30		
20	2.00*2.00				4.00
21	10.00*6.00	60.00			
22	11.50*6.00		69.90		
TOTAL		349.95	752.75	297.00	47.21

RESUMEN DE METRADOS EN LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS

TRABAJO A REALIZAR	TIPO DE FALLA	AREA (m2)
REMOCIÓN DE CARPETA	II	349.95
IMPRIMACION Y REVESTIMIENTO		
REMOCION DE CARPETA	III	754.86
EXCAVACIÓN Y PREPARACIÓN DEL FIRME		
IMPRIMACIÓN Y REVESTIMIENTO		
EXCAVACIÓN CON EQUIPO	III-A	297.00
PREPARACIÓN DEL FIRME, IMPRIMACIÓN Y REVESTIMIENTO.		
EXCAVACIÓN A MANO	III-B	47.21
PREPARACIÓN DEL FIRME, IMPRIMACIÓN Y REVESTIMIENTO.		
TOTAL		1449.02

SUSTENTO DE METRADOS

02.01 DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO (e=2") / CON EQUIPO

Pavimento asfáltico con falla Tipo III : 752.75 m²

Pavimento asfáltico con falla Tipo III-B : 18.00 m² (Falla N° 14)

TOTAL = 770.75 m².

02.02 EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE / CON EQUIPO

Pavimento asfáltico con falla Tipo III : $752.75 * 0.20 = 150.97$ m³

Pavimento asfáltico con falla Tipo III-A : $297.00 * 0.30 = 89.10$ m³

TOTAL = 239.65 m³.

02.03 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (D=20Km)

Pavimento asfáltico con falla Tipo II : $349.95 * 0.05 = 17.50$ m³

Pavimento asfáltico con falla Tipo III : $770.75 * 0.20 = 154.15$ m³

Pavimento asfáltico con falla Tipo III-A : $297.00 * 0.30 = 89.10$ m³

Pavimento asfáltico con falla Tipo III-B : $29.21 * 0.20 = 5.84$ m³

TOTAL = 266.59 m³

Se considera esponjamiento del 30%, luego:

TOTAL = $267.01 * 1.30 = 346.57$ m³

02.04 EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE (MANUAL)

Pavimento asfáltico con falla Tipo III-B : 47.21 m²

02.05 PERFILADO DE PAVIMENTO ASFALTICO

TOTAL = 252.70 ml.

03.01 REMOCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (e=2") / (HERR. MANUAL)

Pavimento asfáltico con falla Tipo II : 349.95 m2

03.02 MEJORAMIENTO DEL FIRME, ESCARIFICACIÓN Y BATIDO (e=2")

Pavimento Tipo II : 349.95 m2

03.03 IMPRIMACIÓN

pavimento Tipo II : 349.95 m2

03.04 CARÉTA ASFÁLTICA EN CALIENTE (e=2")

Pavimento Tipo II : 349.95 m2

04.01 CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE

Pavimento Tipo III-B : 47.21 m2

04.02 CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL FIRME

Pavimento Tipo III-B : 47.21 m2

04.03 IMPRIMACIÓN

Pavimento Tipo III-B : 47.21 m2

04.04 CARÉTA ASFÁLTICA EN CALIENTE (e=2")

Pavimento Tipo III-B : 47.21 m2

05.01 CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE

Pavimento Tipo III : 752.75 m2

Pavimento Tipo III-A : 297.00 m2

TOTAL = 1049.75 m2

05.02 CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL FIRME (e = 0.20 m)

Pavimento Tipo III : 752.75 m2

Pavimento Tipo III-A : 297.00 m2

TOTAL = 1049.75 m2

05.03 IMPRIMACIÓN

Pavimento Tipo III : 752.75 m2

Pavimento Tipo III-A : 297.00 m2

TOTAL = 1049.75 m2

05.04 CARÉTA ASFÁLTICA EN CALIENTE (e=2")

Pavimento Tipo III : 752.75 m2

Pavimento Tipo III-A : 297.00 m2

TOTAL = 1049.75 m2

METRADO DE AREAS DETERIORADAS IRREGULARES

FALLA N°	N° VECES	LARGO	ANCHO	AREA	TOTAL (m2)
1	1	15.00	6.00	90.00	102.86
	2	4.50*3.00	-(PI*3 ² /4)	6.43	
10	1	17.80	6.00	88.80	138.53
	2	3.50	6.00	42.00	
	4	3.00*3.00	-(PI*3 ² /4)	7.73	
12	1	20.60	6.00	123.60	209.10
	7	3.00*3.00	-(PI*3 ² /4)	13.50	
	2	6.00	6.00	72.00	
19	1	8.00	6.30	50.40	52.30
	2	3.00*3.00	-(PI*3 ² /4)	1.93	

Nota: PI = 3.1416

TRAZO Y REPLANTEO DE VEREDAS A (RE) CONSTRUIR

AREA N°	DIMENSIONES	TIPO DE FALLA Y AREA (m2)	
		TIPO 1	TIPO 2
A	IRREGULAR		8.57
B	26.00 * 1.50		39.00
C	8.00 * 1.50	12.00	
D	8.00 * 1.50		12.00
E	IRREGULAR	7.00	
F	4.00 * 1.50		6.00
G	4.00 * 0.50	2.00	
H	8.00 * 1.50		12.00
I	8.00 * 0.50	4.00	
J	8.00 * 1.50		12.00
K	IRREGULAR	10.40	
L	20.00 * 1.50		30.00
M1	2.40 * 1.00	2.40	
M2	3.00 * 0.50	1.50	
M3	3.00 * 1.00	3.00	
N	17.30 * 1.50		22.95
O	IRREGULAR		8.57
P	IRREGULAR		8.57
Q	IRREGULAR	7.07	
R	IRREGULAR	7.07	
S	IRREGULAR		8.58
T	IRREGULAR	7.07	
U	5.60 * 1.50	8.40	
V	IRREGULAR	7.07	
W	IRREGULAR		7.07
X	IRREGULAR		7.07
TOTALES		78.98	185.37

RESUMEN DE METRADOS DE VEREDAS

TRABAJO A REALIZAR	TIPO DE FALLA	AREA (m2)
REMOCIÓN DE VEREDAS. EXCAVACIÓN, AFIRMADO Y VACIADO DE CONCRETO	1	78.98
EXCAVACIÓN, AFIRMADO Y VACIADO DE CONCRETO	2	185.37
TOTAL		264.35

SUSTENTO DE METRADOS

06.01 DEMOLICIÓN DE VEREDAS DE (e =0.10m)

Tipo 1 : 78.98 m2

06.02 EXCAVACIÓN DE NIVEL DE SUBRASANTE / MANUAL

Tipo 1 : 78.98 m2

Tipo 2 : 185.37 m2

TOTAL : 264.80 m2

06.03 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (DP =20Km)

Tipo 1 : $78.98 * 0.30 * 150\% = 35.54 \text{ m}^3$

Tipo 2 : $185.37 * 0.10 * 130\% = 24.10 \text{ m}^3$

TOTAL : 59.84 m3

06.04 CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE PARA VEREDAS

Tipo 1 : 78.98 m2

Tipo 2 : 185.37 m2

TOTAL : 264.35 m2

06.05 FIRME, COMPACTACIÓN MANUAL PARA ACERA (e=0.10m)

Tipo 1 : 78.98 m2

Tipo 2 : 185.37 m2

TOTAL : 264.35 m2

06.06 SARDINEL SUMERGIDO ($F'c = 140 \text{ K/cm}^2$)

Tipo 1 : 78.98 m2

Tipo 2 : 185.37 m2

TOTAL : 264.35 m2

06.07 SARDINEL SUMERGIDO ($F'c = 140 \text{ K/cm}^2$)

$$176.50 * 0.015 * 2 = 5.30 \text{ m}^3$$

06.08 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS RECTAS

$$176.50 * 0.20 * 2 = 70.60 \text{ m}^3$$

06.09 CURADO DE VEREDAS

Tipo 1 : 78.98 m2

Tipo 2 : 185.37 m2

TOTAL : 264.35 m2

06.10 JUNTAS ASFALTICAS

$$32 * 1.50 = 48.00 \text{ ml.}$$

METRADO DE AREAS DETERIORADAS IRREGULARES

FALLA N°	LARGO	ANCHO	AREA	TOTAL (m2)
A	PI	3 ² /4	7.07	8.57
	3.00	0.50	1.50	
E	3.00	1.00	3.00	7.00
	8.00	0.50	4.00	
K	12.00 * 1.50	-(7.60*1.00)	10.40	10.40
O	PI	3 ² /4	7.07	8.57
	3.00	0.50	1.50	
P	PI	3 ² /4	7.07	8.57
	3.00	0.50	1.50	
Q	PI	3 ² /4	7.07	7.07
R	PI	3 ² /4	7.07	7.07
S	PI	3 ² /4	7.07	8.57
	3.00	1.50	1.50	
T	PI	3 ² /4	7.07	7.07
V	PI	3 ² /4	7.07	7.07
W	PI	3 ² /4	7.07	7.07
X	PI	3 ² /4	7.07	7.07

Nota: PI = 3.1416

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

OBRA: REHABILITACION DE LOS PAVIMENTOS EN LA AV. LAS LOMAS

FECHA : 31/06/99

PARTIDA 01.01 CASETA Y ALMACEN PARA OBRA

RENDIMIENTO: 12.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M2 : **104.70**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ALMBRE NEGRO # 8	KG		0.200	2.200	0.440	
CLAVOS	KG		2.200	2.200	4.840	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		1.137	12.900	14.667	
MADERA TORNILLO CAPILLADA	P2		19.820	2.300	45.586	
TRIPLAY LUP.	PLN		0.382	22.800	8.710	
PERFIL G-ONDA ETERNIT	PZA		0.410	39.600	16.236	90.479
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.10	0.067	10.000	0.667	
OPERARIO	HH	1.00	0.667	8.550	5.700	
OFICIAL	HH	0.50	0.333	7.750	2.581	
PEON	HH	1.00	0.667	6.900	4.602	13.550
EQUIPO						
HERRAMIENTA MANUAL	%MO		5.000	13.540	0.680	0.680

PARTIDA 01.02 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS

RENDIMIENTO: 1.0 UND/DIA

UND. MEDIDA : UND.

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR UND : **803.68**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.10	0.800	10.000	8.000	
OPERARIO	HH	2.00	16.000	8.550	136.800	
PEON	HH	3.00	24.000	6.900	165.600	310.400
EQUIPO						
MAQUINARIA Y EQ. IMPORTADOS	HM	1.00	8.000	61.660	493.280	493.280

PARTIDA 01.03 TRAZO Y REPLANTEO

RENDIMIENTO: 500.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 0.925

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
CORDEL	ML		0.020	0.250	0.005	
TIZA	BLS		0.018	6.950	0.125	
ESTACA DE MADERA	PZA		0.010	2.300	0.023	0.153
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.01	0.004	10.000	0.040	
OPERARIO	HH	1.00	0.016	8.550	0.137	
PEON	HH	3.00	0.048	6.900	0.331	0.508
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.050	0.470	0.024	
EQUIPO TOPOGRAFICO	DIA	2.00	0.004	60.000	0.240	0.264

PARTIDA 01.04 CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA

RENDIMIENTO: 5.750 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 117.031

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG	1.00	0.20	2.200	0.440	
PERNOROSCA CORR. G-2 3/8*1/2"	UND		0.01	38.610	0.425	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		0.59	12.900	7.611	
MADERA TORNILLO	P2		12.60	2.300	28.980	
TRIPLAY LUP.	PLN		0.38	22.500	8.595	
PINTURA ESMALTE SINTETICO	BLN	1.00	0.05	28.000	1.372	47.423
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.10	0.19	10.000	1.890	
OPERARIO	HH	2.00	2.78	8.550	23.786	
OFICIAL	HH	2.00	2.78	7.700	21.421	
PEON	HH	2.00	2.78	6.900	19.196	66.293
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	66.290	3.315	3.315

PARTIDA 01.05 GUARDIANA DE LA OBRA

RENDIMIENTO: EST.

UND. MEDIDA : MES

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR MES : **1242.00**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
------------------------	------	--------	----------	--------	---------	-----------

MANO DE OBRA

PEON	HH		180.000	6.900	1242.000	1242.00
------	----	--	---------	-------	----------	---------

PARTIDA 01.06 NIVELACION DE BUZONES EN GENERAL

RENDIMIENTO: 6 UND/DIA

UND. MEDIDA : UND.

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR UND : **86.992**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
------------------------	------	--------	----------	--------	---------	-----------

MATERIALES

FIERRO CORRUG. PROMEDIO	KG		1.700	1.50	2.550	
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	KG		0.020	39.00	0.780	
ARENA GRUESA	KG		0.012	18.00	0.216	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		1.500	12.90	19.350	
AGUA	KG		0.005	6.50	0.033	22.929

MANO DE OBRA

OPERARIO	HH	1.00	1.353	8.550	11.568	
PEOBN	HH	3.00	4.000	6.900	27.600	39.168

EQUIPO

HERR. MANUALES	%MO		0.023	39.168	0.901	
MEZCLADORA 11 P3	HM		1.333	18.000	23.994	24.895

PARTIDA 01.07 AVISO PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO

RENDIMIENTO: EST.

UND. MEDIDA : EST.

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR EST. : **1303.43**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
------------------------	------	--------	----------	--------	---------	-----------

MATERIALES

MECHEROS	UND		6.00	25.00	150.00	
AVISOS Y SERVICIOS	GLB		5.00	45.00	225.00	
TRANQUERA	UND		6.00	120.00	720.00	1095.00

MANO DE OBRA

CAPATAZ	HH		1.00	10.00	10.00	
OFICIAL	HH		20.00	7.70	154.00	
PEON	HH		5.00	6.90	34.50	198.50
HERR. MANUALES	%MO		0.05	198.50	9.93	9.925

PARTIDA 02.01 DEMOLICION DE PAVIMENTO ASFALTICO DE 2"

RENDIMIENTO: 250.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M2 : **3.298**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0032	10.0	0.032	
OFICIAL	HH	2.0	0.064	7.7	0.493	
PEON	HH	4.0	0.128	6.9	0.883	1.408
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.050	1.408	0.070	
COMPRESORA NEU. 87HP/250-330PCM	HM	1.0	0.032	45.650	1.461	
MARTILLO NEUM. DE 24 KG	HM	2.0	0.064	5.600	0.358	1.890

PARTIDA 02.02 EXCAVACION A NIVEL SUBRASANTE / CON EQUIPO

RENDIMIENTO: 200.0 M3/DIA

UND. MEDIDA : M3

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M3 : **3.612**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.10	0.004	10.00	0.040	
PEON	HH	1.00	0.040	6.90	0.276	0.316
EQUIPO						
HERR. MANUAL	%MO		0.050	0.32	0.016	
TRACTOR DE ORUGA 75-100HP	HM		0.040	82.00	3.280	3.296

PARTIDA 02.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=20KM

RENDIMIENTO: 300.0 M3/DIA

UND. MEDIDA : M3

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M3 : **15.151**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.003	10.0	0.027	
OFICIAL	HH	1.0	0.027	7.7	0.206	0.233
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.050	0.233	0.012	
CAMION VOLQUETE 12M3	HM	5.0	0.133	90.00	11.970	
CARGADOR 125HP	HM	1.0	0.0267	110.00	2.937	14.919

PARTIDA 02.04 EXCAVACION A NIVEL SUBRASANTE MANUAL

RENDIMIENTO: 14.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M2 : 4.736

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0571	10.0	0.571	
PEON	HH	1.0	0.571	6.9	3.940	4.511
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	4.511	0.226	0.226

PARTIDA 02.05 PERFILADO DE PAVIMENTO ASFALTICO EXISTENTE

RENDIMIENTO: 40.0 ML/DIA

UND. MEDIDA : ML

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR ML : 1.659

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.02	10.00	0.200	
PEON	HH	1.0	0.20	6.90	1.380	1.580
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	1.58	0.079	0.079

PARTIDA 03.01 REMOCION DE CARPETA ASFALTICA E=2"

RENDIMIENTO: 100.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M2 : 2.654

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.40	0.032	10.00	0.320	
PEON	HH	4.00	0.320	6.90	2.208	2.528
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	2.528	0.126	0.1264

PARTIDA 03.02 MEJORAMIENTO DEL FIRME, ESCARIFI. Y BATIDO E=5CM

RENDIMIENTO: 1500.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 2.592

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
AFIRMADO	M3		0.065	17.00	1.105	1.105
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0005	10.00	0.005	
PEON	HH	4.0	0.0213	6.90	0.147	0.152
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.03	0.15	0.005	
CAMION CISTERNA P/AGUA 1500 GLN	HM	1.0	0.0053	81.06	0.430	
RODILLO NEUM. AUTOP. 127HP	HM	1.0	0.0053	70.00	0.371	
MOTONIVELADORA 125HP	HM	1.0	0.0053	99.92	0.530	1.335

PARTIDA 03.03 IMPRIMACION

RENDIMIENTO: 2500.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 1.346

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ASFALTO RC-250	GLN	1.00	0.320	1.90	0.608	
KEROSENE INDUSTRIAL	GLN	1.00	0.070	2.80	0.196	0.804
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.35	0.0011	10.00	0.011	
OFICIAL	HH	1.00	0.0032	7.70	0.025	
PEON	HH	4.00	0.0128	6.90	0.088	0.124
EQUIPO						
BARREDORA MECANICA	HM	1.00	0.0032	35.70	0.114	
CAMION IMPRIMADOR 6*2 178-210HP	HM	1.00	0.0032	95.00	0.304	0.418

PARTIDA 03.04 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"

RENDIMIENTO: 1800.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : **13.242**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
MEZCLA ASFALTICA	M3		0.065	145.0	9.425	
TRANSPORTE DE MEZCLA	M3	160	0.0889	30.0	2.667	12.092
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	1.0	0.0044	10.0	0.044	
OFICIAL	HH	1.0	0.0044	7.7	0.034	
PEON	HH	6.0	0.0267	6.9	0.184	0.262
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.03	0.3	0.008	
RODILLO NEUM. AUTOP. 127HP	HM	1.0	0.0044	70.0	0.308	
RODILLO TANDEM EST. AUTOP. 53-70HP	HM	1.0	0.0044	40.0	0.176	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.0	0.0044	90.0	0.396	0.888

PARTIDA 04.01 CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE (BACHEO)

RENDIMIENTO: 90.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : **5.559**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
AGUA	M3		0.02	8.50	0.170	0.17
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0089	10.00	0.089	
OPERARIO	HH	1.0	0.0889	8.55	0.760	
OFICIAL	HH	1.0	0.0889	7.70	0.685	
PEON	HH	4.0	0.3556	6.90	2.454	3.987
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	3.987	0.199	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	HM	1.0	0.0889	13.53	1.203	1.402

PARTIDA 04.02 FIRME DE 0.20M (PARA BACHEO)

RENDIMIENTO: 60.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (\$/) POR M2 : **14.578**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
AFIRMADO	M3		0.195	17.0	3.315	
AGUA	M3		0.020	8.5	0.170	3.485
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.013	10.0	0.133	
OPERARIO	HH	1.0	0.133	8.6	1.140	
OFICIAL	HH	2.0	0.267	7.7	2.054	
PEON	HH	6.0	0.800	6.9	5.520	8.847
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.050	8.847	0.442	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	HM	1.0	0.133	13.53	1.804	2.246

PARTIDA 04.03 IMPRIMACION

RENDIMIENTO: 2500.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (\$/) POR M2 : **1.346**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ASFALTO RC-250	GLN	1.00	0.320	1.90	0.608	
KEROSENE INDUSTRIAL	GLN	1.00	0.070	2.80	0.196	0.804
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.35	0.0011	10.00	0.011	
OFICIAL	HH	1.00	0.0032	7.70	0.025	
PEON	HH	4.00	0.0128	6.90	0.088	0.124
EQUIPO						
BARREDORA MECANICA	HM	1.00	0.0032	35.70	0.114	
CAMION IMPRIMADOR 6*2 178-210HP	HM	1.00	0.0032	95.00	0.304	0.418

PARTIDA 04.04 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"

RENDIMIENTO: 1800.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S./) POR M2 : 13.242

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
MEZCLA ASFALTICA	M3		0.065	145.0	9.425	
TRANSPORTE DE MEZCLA	M3	160	0.0889	30.0	2.667	12.092
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	1.0	0.0044	10.0	0.044	
OFICIAL	HH	1.0	0.0044	7.7	0.034	
PEON	HH	6.0	0.0267	6.9	0.184	0.262
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.03	0.3	0.008	
RODILLO NEUM. AUTOP. 127HP	HM	1.0	0.0044	70.0	0.308	
RODILLO TANDEM EST. AUTOP. 53-70HP	HM	1.0	0.0044	40.0	0.176	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.0	0.0044	90.0	0.396	0.888

PARTIDA 05.01 CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE

RENDIMIENTO: 1300.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S./) POR M2 : 1.651

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0006	10	0.006	
PEON	HH	2	0.0123	6.9	0.085	0.091
EQUIPOS						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	0.091	0.005	
CAMINON CISTERNA P/AGUA 1500GLN	HM	1	0.0062	81.06	0.503	
RODILLO NEUM. AUTOP. 127 HP	HM	1	0.0062	70	0.434	
MOTONIVELADORA 125HP	HM	1	0.0062	99.92	0.620	1.561

PARTIDA 05.02 FIRME DE 0.20M

RENDIMIENTO: 900.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S./) POR M2 : 7.171

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
AFIRMADO	M3		0.260	17.0	4.420	
AGUA	M3		0.020	8.50	0.170	4.590
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.001	10.00	0.009	
OPERARIO	HH	1.0	0.009	8.55	0.076	
PEON	HH	4.0	0.036	6.90	0.246	0.331
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.050	0.33	0.017	
CAMION CISTERNA P/AGUA 1500 GLN	HM	1.0	0.009	81.06	0.721	
RODILLO NEUM. AUTOP. 127 HP	HM	1.0	0.0089	70.00	0.623	
MOTONIVELADORA 125 HP	HM	1.0	0.0089	99.92	0.889	2.250

PARTIDA 05.03 IMPRIMACION

RENDIMIENTO: 2500.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S./) POR M2 : 1.346

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ASFALTO RC-250	GLN	1.00	0.320	1.90	0.608	
KEROSENE INDUSTRIAL	GLN	1.00	0.070	2.80	0.196	0.804
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.35	0.0011	10.00	0.011	
OFICIAL	HH	1.00	0.0032	7.70	0.025	
PEON	HH	4.00	0.0128	6.90	0.088	0.124
EQUIPO						
BARREDORA MECANICA	HM	1.00	0.0032	35.70	0.114	
CAMION IMPRIMADOR 6*2 178-210HP	HM	1.00	0.0032	95.00	0.304	0.418

PARTIDA 05.04 CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"

RENDIMIENTO: 1800.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 13.242

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
MEZCLA ASFALTICA	M3		0.065	145.0	9.425	
TRANSPORTE DE MEZCLA	M3	160	0.0889	30.0	2.667	12.092
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	1.0	0.0044	10.0	0.044	
OFICIAL	HH	1.0	0.0044	7.7	0.034	
PEON	HH	6.0	0.0267	6.9	0.184	0.262
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.03	0.3	0.008	
RODILLO NEUM. AUTOP. 127HP	HM	1.0	0.0044	70.0	0.308	
RODILLO TANDEM EST. AUTOP. 53-70HP	HM	1.0	0.0044	40.0	0.176	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	HM	1.0	0.0044	90.0	0.396	0.888

PARTIDA 06.01 DEMOLICION DE VEREDAS DE 0.10 M

RENDIMIENTO: 150.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 4.817

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0053	10.00	0.053	
OPERARIO	HH	2	0.1067	8.55	0.912	
PEON	HH	2	0.1067	6.90	0.736	1.702
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	1.70	0.085	
COMPRESORA NEUM. 87 HP	HM	1	0.0533	45.65	2.433	
MARTILLO NEUM. DE 24 KG	HM	2	0.1067	5.60	0.598	3.116

PARTIDA 06.02 EXCAVACION HASTA NIVEL SUBRASANTE / MANUAL

RENDIMIENTO: 14.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S./) POR M2 : 4.736

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0571	10.00	0.571	
PEON	HH	1.0	0.5710	6.90	3.940	4.511
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.0500	4.51	0.226	0.22555

PARTIDA 06.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE D=20KM

RENDIMIENTO: 300 M3/DIA

UND. MEDIDA : M3

COSTO UNITARIO DIRECTO (S./) POR M3 : 15.151

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.003	10.0	0.027	
OFICIAL	HH	1.0	0.027	7.7	0.206	0.233
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	0.233	0.012	
CAMION VOLQUETE 12M3	HM	5.0	0.133	90.00	11.970	
CARGADOR 125HP	HM	1.0	0.0267	110.00	2.937	14.919

PARTIDA 06.04 CONFORMACION DE SUBRASANTE PARA VEREDAS

RENDIMIENTO: 150.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S./) POR M2 : 3.402

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
AGUA	M3		0.02	8.5	0.170	0.17
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0053	10.0	0.053	
OPERARIO	HH	1.0	0.0533	8.6	0.456	
OFICIAL	HH	1.0	0.0533	7.7	0.410	
PEON	HH	4.0	0.2133	6.9	1.472	2.391
EQUIPOS						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	2.4	0.120	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA 4HP	HM	1.0	0.0533	13.5	0.721	0.841

PARTIDA 06.05 COMPACTACION MANUAL DEL FIRME PARA VEREDAS DE 0.10 M

RENDIMIENTO: 120.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 7.842

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
AFIRMADO	M3		0.1300	17.00	2.210	
AGUA	M3	1.0	0.0100	8.50	0.085	2.295
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	1.0	0.0067	10.00	0.067	
OPERARIO	HH	1.0	0.0667	8.55	0.570	
OFICIAL	HH	2.0	0.1333	7.70	1.026	
PEON	HH	6.0	0.4000	6.90	2.760	4.424
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.0500	4.42	0.221	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA 4HP	HM	1.0	0.0667	13.53	0.902	1.124

PARTIDA 06.06 VEREDA DE E= 10 CM / F'C = 140 KG/CM2

RENDIMIENTO: 90.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/.) POR M2 : 25.946

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ARENA FINA	M3		0.014	18.0	0.252	
ARENA GRUESA	M3		0.051	18.0	0.918	
PIEDRA CHANCADA 1/2"	M3		0.076	39.0	2.964	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS		0.816	12.9	10.526	14.660
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0089	10.0	0.089	
OPERARIO	HH	4.0	0.3556	8.550	3.040	
OFICIAL	HH	0.5	0.0444	7.700	0.342	
PEON	HH	8.0	0.7111	6.900	4.907	8.378
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.05	8.378	0.419	
MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3	HM	1.0	0.0889	18.00	1.600	
VIBRADORA DE 4 HP / 2.4"	HM	1.0	0.0889	10.00	0.889	2.908

PARTIDA 06.07 SARDINEL SUMERGIDO P/VEREDA F'C = 140 KG/CM2

RENDIMIENTO: 13.3 M3/DÍA

UND. MEDIDA : M3

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M3 : **214.635**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	M3		0.85	39.00	33.150	
ARENA GRUESA	M3		0.51	18.00	9.180	
CEMENTO PORTLAND TIOP I	BLS		8.00	12.90	103.200	
AGUA	M3		0.13	8.50	1.105	146.635
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0602	10.00	0.602	
OPERARIO	HH	2.0	1.203	8.55	10.286	
OFICIAL	HH	1.0	0.6015	7.70	4.632	
PEON	HH	6.0	4.812	6.90	33.203	48.722
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.050	48.722	2.436	
MEZCLADORA CONCRETO 18 HP	HM	1.0	0.6015	18.000	10.827	
VIBRADORA	HM	1.0	0.6015	10.000	6.015	19.278

PARTIDA 06.08 ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VEREDAS RECTAS

RENDIMIENTO: 20.0 M2/DÍA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (S/) POR M2 : **12.835**

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ALAMBRE NEGRO #8	KG		0.200	2.20	0.440	
CLAVOS C/C 3"	KG		0.160	2.20	0.352	
MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENC.	P2		2.325	2.30	5.348	6.140
MANO DE OBRA						
OPERARIO	HH	1.0	0.40	8.55	3.420	
OFICIAL	HH	1.0	0.40	7.70	3.080	6.500
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.03	6.50	0.195	0.195

PARTIDA 06.09 CURADO DE VEREDAS

RENDIMIENTO: 150.0 M2/DIA

UND. MEDIDA : M2

COSTO UNITARIO DIRECTO (\$/) POR M2 : 1.237

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ARENA GRUESA	M3		0.030	18.00	0.540	
AGUA	M3		0.030	8.50	0.255	0.795
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.10	0.0053	10.00	0.053	
PEON	HH	1.00	0.0533	6.90	0.368	0.421
EQUIPO						
HERR. MANUALES	%MO		0.050	0.421	0.021	0.021

PARTIDA 06.10 JUNTAS ASFALTICAS

RENDIMIENTO: 60.0 ML/DIA

UND. MEDIDA : ML

COSTO UNITARIO DIRECTO (\$/) POR ML : 3.875

DESCRIPCION DE INSUMOS	UND.	CUADR.	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	SUB-TOTAL
MATERIALES						
ARENA GRUESA	M3		0.080	18.00	1.440	
ASFALTO RC-250	GLN		0.133	1.96	0.261	
MADERA	P2		0.040	2.50	0.100	
KEROSENE IND.	GLN		0.015	2.80	0.042	1.843
MANO DE OBRA						
CAPATAZ	HH	0.1	0.0133	10.00	0.133	
PEON	HH	2.0	0.2667	6.90	1.840	1.973
EQUIPO						
HERRA. MANUALES	%MO		0.030	1.973	0.059	0.059

PRESUPUESTO

OBRA : REHABILITACION DE LOS APAVIMIENTOS DE LA AV. LAS LOMAS

PROPIEDAD: MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

LUGAR : DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

DEPARTAMENTO : LIMA

COSTO : AL 31/08/99

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDA	UND	METRADO	P.U.	PARCIAL	SUBTOTAL
01.00	OBRAS PRELIMINARES					
01.01	CASETA Y ALMACEN	M2	10.00	104.700	1047.00	
01.02	MOVILIZAC. Y DESMOV. DE EQUIPO	UND	2.00	803.680	1607.36	
01.03	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	M2	8.64	117.031	1011.15	
01.04	TRAZO Y REPLANTEO	M2	1449.02	0.925	1340.34	
01.05	GUARDIANA DE LA OBRA	MES	2.00	1242.000	2484.00	
01.06	NIVELACION DE BUZONES EN GENERAL	UND	1.00	86.992	86.99	
01.07	AVISO PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO	EST.	1.00	1303.400	1303.40	8880.24
02.00	MOVIMINETO DE TIERRAS					
02.01	DEMOLICION DE PAVIMENTO ASFALT. E=2"	M2	770.75	3.298	2541.93	
02.02	EXCAV. A NIVEL SUBRASANTE C/EQUIPO	M3	239.65	3.612	865.62	
02.03	ELIMINACION MATERIAL EXCED. DP=20 KM	M3	346.57	15.151	5250.88	
02.04	EXCAV. A NIVEL SUBRASANTE MANUAL	M2	47.21	4.736	223.59	
02.05	PERFILADO DE PAVIMENTO ASFALTICO	ML	252.70	1.659	419.23	9301.25
03.00	PAVIMENTO T. II - PIEL DE COCODRILO					
03.01	REMOCION DE CARPETA ASFALTICA	M2	349.95	2.654	928.77	
03.02	MEJORAMIENTO DEL FIRME E= 5CM	M2	349.95	2.592	907.07	
03.03	IMPRIMACION	M2	349.95	1.346	471.03	
03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"	M2	349.95	13.242	4634.04	6940.91
04.00	PAVIMENTO TIPO III					
04.01	CONFORM. Y COMPACT. DE FUNDACION	M2	47.21	5.559	262.44	
04.02	FIRME DE 0.20M	M2	47.21	14.578	688.23	
04.03	IMPRIMACION	M2	47.21	1.346	63.54	
04.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2"	M2	47.21	13.242	625.15	1639.37
05.00	PAVIMENTO TIPO III Y III-A					
05.01	CONFORM. Y COMPACT. DE FUNDACION	M2	1049.75	1.651	1733.14	
05.02	FIRME DE 0.20M	M2	1049.75	7.171	7527.76	
05.03	IMPRIMACION	M2	1049.75	1.346	1412.96	
05.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2"	M2	1049.75	13.242	13900.79	24574.65
06.00	VEREDAS					
06.01	DEMOLICION DE VEREDAS DE 0.10M	M2	78.98	4.817	380.45	
06.02	EXCAV. A NIVEL SUBRASANTE MANUAL	M2	264.35	4.736	1251.96	
06.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCED. D=20KM	M3	59.84	15.151	906.64	

OBRA : REHABILITACION DE LOS APAVIMENTOS DE LA AV. LAS LOMAS

PROPIEDAD: MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

LUGAR : DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

DEPARTAMENTO : LIMA

COSTO : AL 31/08/99

ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDA	UND	METRADO	P.U.	PARCIAL	SUBTOTAL
06.04	CONFORM. DE FUNDACION PARA VEREDAS	M2	264.35	3.402	899.32	
06.05	FIRME, COMPACTACION / PARA VEREDAS	M2	264.35	7.842	2073.03	
06.06	VEREDA DE E =0.10M (F'C= 140KG/CM2)	M2	264.35	25.946	6858.83	
06.07	SARDINAEEL SUMERGIDO F'C = 140 KG/CM2	M3	5.30	214.635	1137.57	
06.08	ENCOFR. Y DESENCOF. DE VEREDAS RECTAS	M2	70.60	12.835	906.15	
06.09	CURADO DE VEREDAS	M2	264.35	1.237	327.00	
06.10	JUNTAS ASFALTICAS	ML	48	3.875	186.00	14926.94

COSTO DIRECTO :	66263.35
GASTOS GENERALES (15%) :	9939.50
UTILIDAD (10%) :	<u>6626.34</u>
 SUBTOTAL :	 82829.19
IMPUESTO I.G.V (18%) :	<u>14909.25</u>
 TOTAL PRESUPUESTO	 97738.44

FORMULA POLINOMICA

OBRA: REHABILITACION DE LOS PAVIMENTOS DE LA AV. LAS LOMAS

FECHA: 31/08/99

AREA GEOGRAFICA: 02

MONOMIO	%	SIMBOLO	IND.	DESCRIPCION
1	0.137	M	47	Mano de Obra INC. Leyes Sociales
2	0.167	A	43	Asfalto
3	0.156	HCM	43	Madera Nacional para Encofrado y Carpinteria
	26.28		21	Cemento Portland Tipo I
	57.70		38	Hormigón
4	0.329	E	49	Maquinaria y Equipo Importado
5	0.211	I	39	Indice General de Precios al Consumidor

$$K = 0.137 (Mr/Mo) + 0.167 (Ar/Ao) + 0.156 (HCMr/HCMo) \\ + 0.329 (Er/Eo) + 0.211 (Ir/Io)$$

Subíndice r = Referido a la Fecha del Reajuste

Subíndice o = Referido a la Fecha del Presupuesto Base

**REQUERIMIENTO MINIMO Y COSTO DE ALQUILER DE
EQUIPOS MECANICOS**

CANTIDAD	EQUIPO MECANICO	POTENCIA	CAPACIDAD	COSTO S/ (HM)
01	CAMION CISTERNA	145-165 HP	2000 Gln.	81.06
01	MOTONIVELADORA	125 HP		99.92
01	VOLQUETE	330 HP	10 m3	90.00
01	CARGADOR FRONTAL	125-155 HP	1.5-2.0 m3	110.00
01	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	127 HP	8.10 Tn	70.00
01	MEZCLADORA DE CONCRETO T. TAMBOR	18 HP	11 P3	18.00
01	COMPACTADORA VIB. TIPO PLANCHA	4 HP		13.53
01	COMPRESORA	87 HP	250-330 PCM	45.65
02	MARTILLO NEUMATICO		21-24 Kg.	5.60
01	VIBRADOR	4 HP	2.4 Plg.	10.00

CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA

OBRA : REHABILITACION DE LOS PAVIMENTOS DE LA AV. LAS LOMAS

PLAZO : 45 DIAS

FECHA : 01/09/99

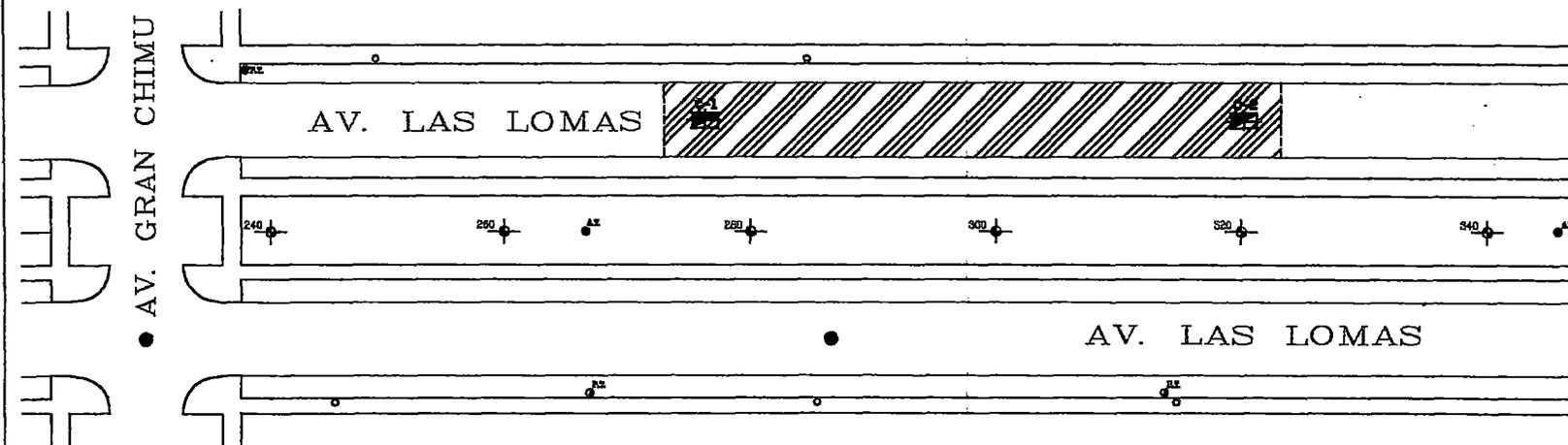
ITEM	DESCRIPCION	TIEMPO		
		15 DIAS	30 DIAS	45 DIAS
1.00	OBRAS PRELIMINARES	85%		15%
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRA	70%	30%	
3.00	PAVIMENTO TIPO II	25%	50%	25%
4.00	PAVIMENTO TIPO III-B	25%	50%	25%
5.00	PAVIMENTO TIPO III Y III-A	25%	50%	25%
6.00	VEREDAS	10%	65%	25%

RELACION DE PLANOS

PLANO : PV-1 REPLANTEO - PLANTA

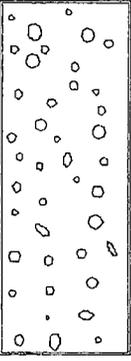
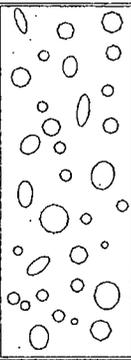
PLANO : PV-2 REPLANTEO - PLANTA

LOCALIZACION DE LAS EXCAVACIONES REALIZADAS



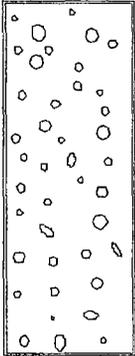
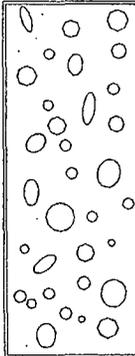
REGISTRO DE EXCAVACIONES

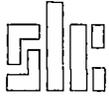
Obra : Rehabilitación de Pavimentos de Av. Las Lomas	Excavación : C1
Lugar : Av. Las Lomas, Urb. Zárate	Dimensiones: 1.2*1.5 m.
Operador: Tec. Suelos Carmelo Albites	Profundidad : 0.80 m.
Fecha : 10 de Octubre 1999	N.F. : N.N.

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVA.	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. (SUCS)	SIMBOLO
0.25	A CIELO ABIERTO	M-1	Arena limosa (tierra de chacra), semi-humeda, semi compacta, de color marrón oscuro.	SM	
0.8		M-2	Grava de río (redondeado), de ta- maño máximo 5"-6", semi-compac- to, de color beige.	GP	

REGISTRO DE EXCAVACIONES

Obra : Rehabilitación de Pavimentos de Av. Las Lomas	Excavación : C2
Lugar : Av. Las Lomas, Urb. Zárate	Dimensiones: 1.2*1.5 m.
Operador: Tec. Suelos Carmelo Albites	Profundidad : 0.80 m.
Fecha : 10 de Octubre 1999	N.F. : N.N.

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVA.	MUESTRA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	CLASIF. (SUCS)	SIMBOLO
0.4	A CIELO ABIERTO	M-1	Arena limosa (tierra de chacra), semi-humeda, semi compacta, de color marrón oscuro.	SM	
0.8		M-2	Grava de río (redondeado), de tamaño máximo 5"-6", semi-compacto, de color beige.	GP	



DE INGENIERIA E.I.R.L.

LABORATORIO DE CONTROL EN INGENIERIA DE SUELOS, MATERIALES Y

Calles Las Culezas #337 Urb. El Menzano-Rimac TP. 381-4308 Fax

ENSAYO DE COMPACTACION

PROYECTO: REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS AV. LAS LOMAS

SOLICITADO: SAMI CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.

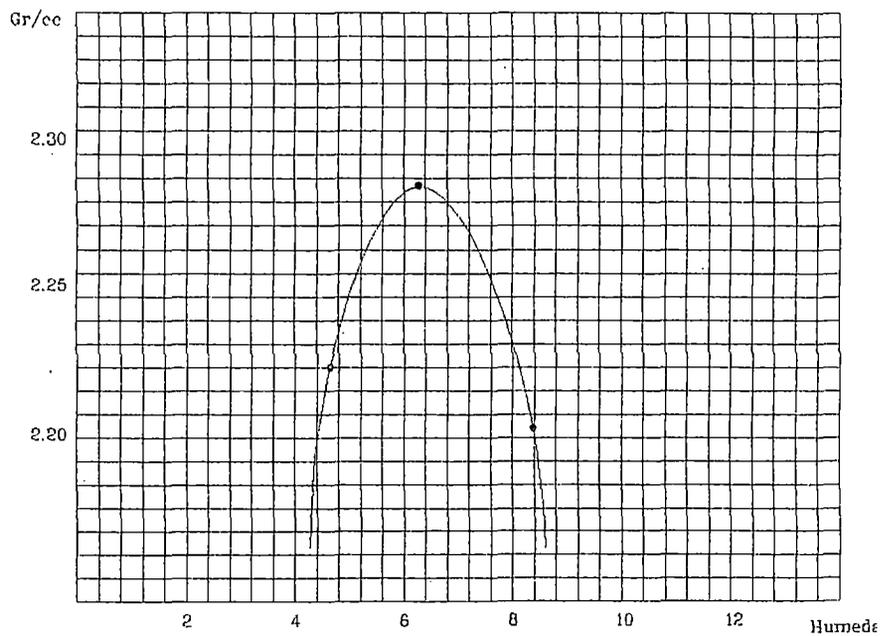
UBICACIÓN: URB. ZARATE – DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO

FECHA: 27/09/1999

ENSAYO : AASHTO, T-180

HECHO POR : T. GARAY

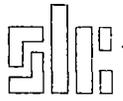
VºBº: M.M.S.



MAXIMA DENSIDAD SECA (Gr/cc) : 2.28 Gr/cc

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.7 %

OBSERVACIONES: MUESTRA DE BASE GRANULAR



DE INGENIERIA E. I. R. L.

LABORATORIO DE CONTROL EN INGENIERIA DE SUELOS, MATERIALES Y

Calles Las Calezas #337 Urb. El Manzano-Rimac TP: 381-4308 Fax

CERTIFICADO N° 327slc.99

CONTROL DE COMPACTACION

PROYECTO: REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS AV. LAS LOMAS

SOLICITADO: SAMI CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.

UBICACIÓN: URB. ZARATE – DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO

FECHA: 27/09/1999

De acuerdo a su solicitud e indicaciones se ha procedido al Control de Compactacion en el Proyecto mencionado con los siguientes resultados:

ENSAYO DENSIDAD-HUMEDAD (AASHTO,T-180-C)

NIVEL	MUESTRA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc)	HUMEDAD OPTIMA (%)
B GRANULAR	M-1	2.28	6.7

ENSAYO DENSIDAD DE CAMPO (AASHTO T-191-61 & T-224-67)

NIVEL	UBICACIÓN	DENSIDAD SECA (gr/cc)	HUMEDAD CAMPO(%)	MDS (gr/cc)	GRAVA (%)	GRADO COMPAC.%
AV. LAS LOMAS VIA ESTE						
B GRANULAR	FRENTE CASA #1	2.33	4.8	2.30	12	101.3
B GRANULAR	FRENTE CASA #1229	2.31	5.2	2.31	16	100.0
B GRANULAR	FRENTE CASA #0429	2.30	4.4	2.31	14	99.6
B GRANULAR	FRENTE CASA #0455	2.29	5.0	2.29	6	100.0
AV. LAS LOMAS VIA OESTE						
B GRANULAR	FRENTE CASA #1316	2.33	5.6	2.31	16	100.9
B GRANULAR	FRENTE CASA #0458	2.31	4.9	2.30	10	100.4
B GRANULAR	FRENTE CASA #0100	2.34	5.1	2.31	14	101.3

OBSERVACION. Se adjunta Curva Densidad-Humedad



ARENA Y AGREGADOS S.A

Jr. Porta #130 - Of. 609 - Miraflores
Telefonos: 446-0981 / 446-1947
LIMA - PERU

ENSAYO MARSHALL

SOLICITADO POR: SAMI CONSTRUCTORA CONT. GNRL. SRL.
OBRA : REHABILITACION DE PAVIMENTOS EN AV. LAS LOMAS
% C.A. : 5.63
FECHA : 10/10/99

TIPO DE MEZCLA: IV-B
MUESTRA N° : 01

N	N° BRIQUETAS	1	2	3	4	5	6
01	%C.A. En peso de la Mezcla		5.63				
02	% Agregado Grueso en peso de la Mezcla		32.55				
03	% Agregado Fino en peso de la Mezcla		61.82				
04	% Filler Fino en peso de la Mezcla						
05	Peso Especifico del C.A.		1.02				
06	Peso Especifico del Agregado Grueso		2.775				
07	Peso Especifico del Agregado Fino		2.724				
08	Peso Especifico del Filler						
09	Altura promedio de la Briqueta	6.25	6.22	6.24			
10	Peso de la Briqueta al aire	1225.8	1213.8	1221.5			
11	Peso de la Briqueta + Parafina al aire	1235.0	1221.6	1231.3			
12	Peso de la Briqueta + Parafina al agua	716.4	708.5	713.0			
13	Volumen de la Briqueta + Parafina (11-12)	518.6	513.1	518.3			
14	Peso de la Parafina (11-10)	9.2	7.8	9.8			
15	Volumen de la Parafina (14/P.E. Parafina)	10.69	9.07	11.40			
16	Volumen Briqueta por desplazamiento (13-15)	507.91	504.03	506.9			
17	Volumen Geometrico (9*81.07)	506.68	504.25	505.87			
18	Volumen Adoptado	507.91	504.03	506.90			
19	Peso Unitario de Briqueta(10/18)	2.413	2.408	2.409			
20	$D = (100/(1/3+2/6+3/7+4/8))$ Max. Dens.teorica		2.503				
21	% Vacios $100*(20-19)/20$	3.58	3.78	3.72			
22	Estabilidad sin Corregir	1882	1897	1912			
23	Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04			
24	Estabilidad Corregida	1957	1972	1988			
25	Flujo	14	13	13			
26	Densidad Aparente de Aridos:	2.277	2.272	2.273			
27	P.E. promedio Aridos: $((2+3+4)/(2/6+3/7+4/8))$		2.741				
28	V.M.A. : $100*(27-26)/27$	16.91	17.09	17.03			
29	Vacios Llenos de C.A. : $100*((1*19)/28)$	78.8	77.87	78.18			

P.E. Parafina : 0.8606 g/cc



ARENA Y AGREGADOS S.A

Jr. Porta #130 - Of. 609 - Miraflores
 Telefonos: 446-0981 / 446-1947
 LIMA - PERU

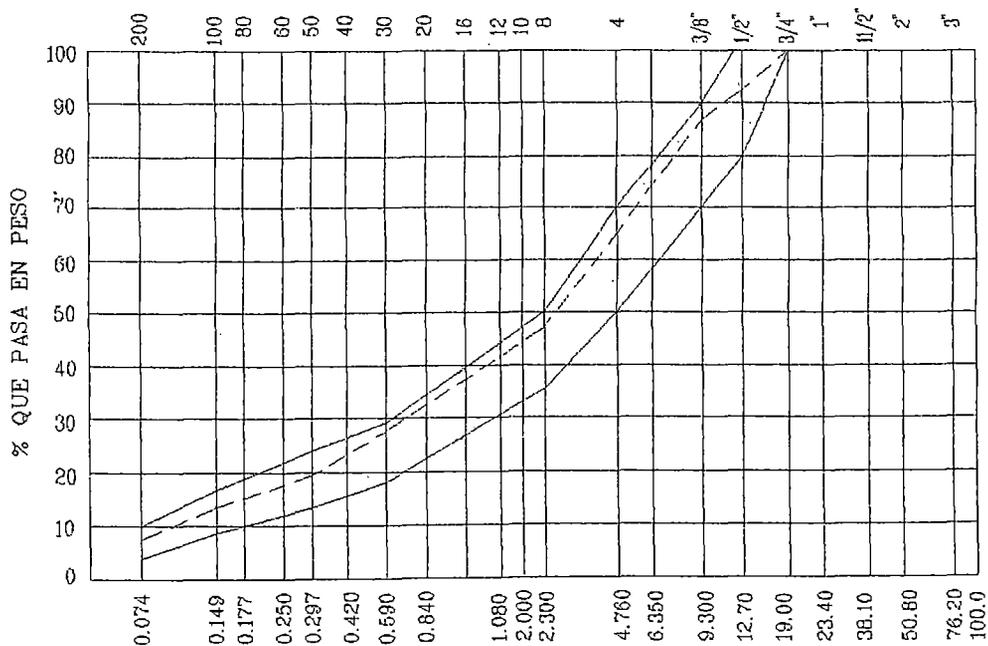
ANALISIS GRANULOMETRICO

SOLICITADO POR SAMI CONSTRUCTORA CONT GNRL SRL
 OBRA REHABILITACION DE PAVIMENTOS EN AV LAS LOMAS
 % CA 5.63
 FECHA 10/10/99

PROCEDENCIA ARENA Y AGREGADOS S.A
 LUGAR LA GLORIA
 ING RESPONS MARTIN GUARNIZ

TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	% RETEN. PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	TAMAÑO MAXIMO : DESCRIP. DE LA MUESTRA
3"						TEMPERATURA 143°C TIPO DE MEZCLA IV-B CARPETA SUP RODADURA TIPO DE CA PEN 60/70
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"				100	100	OBSERVACIONES:
1/2"	60.00	6.36	6.36	93.64	80 - 100	
3/8"	61.40	6.51	12.86	87.14	70 - 90	
N°4	200.70	21.27	34.13	65.87	50 - 70	
N°8	178.40	18.90	53.04	46.96	35 - 50	
N°10						
N°16						
N°20						
N°30	188.70	20.00	73.03	26.97	18 - 29	
N°40	33.00	3.50	76.53	23.47		
N°50	33.00	3.50	80.03	19.97	13 - 23	
N°80						
N°100	57.10	6.05	86.08	13.92	8 - 16	
N°200	51.00	5.40	91.48	8.52	4 - 10	
< 200	80.40	8.52	100.00			
TOTAL	943.70					
PESO INIC.	1000.00					

TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

Apartado Postal 1301 - Lima 100 - Peru Telefono (51-14) 811070 anexo 295 Telefax 4819845

INFORME N° S99-282

SOLICITADO : SAMI CONSTRUCTORES C.G.S.R.L.

OBRA : A.D.N° 017-99-0

REHABILITACION DE PAVIMENTOS AV. LAS LOMA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO

FECHA : 11/10/99

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE

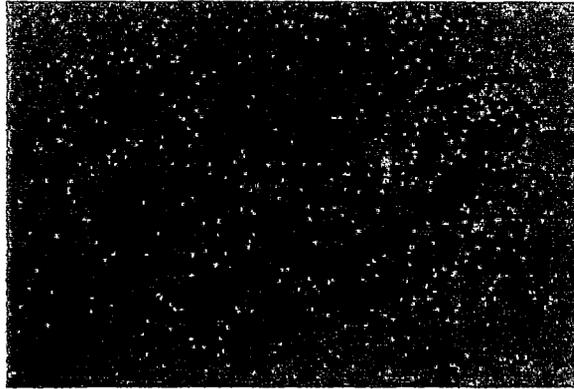
F'C (KG/CM2)

ELEMENTO	F. VACIADO	F. ROTURA	F'C (KG/CM2)
VEREDA CDRA. 2	09/09/99	10/10/99	213
VEREDA CDRA. 2	10/09/99	10/10/99	214
VAREDA CDRA. 2	12/09/99	10/10/99	213
MARTILLO CDRA. 2	14/09/99	10/10/99	214
MARTILLO CDRA. 3	14/09/99	10/10/99	212
MARTILLO G. CHIMU	19/09/99	10/10/99	215
MARTILLO G. CHIMU	20/09/99	10/10/99	216
MARTILLO CAJAMARQUILLA	21/09/99	10/10/99	212

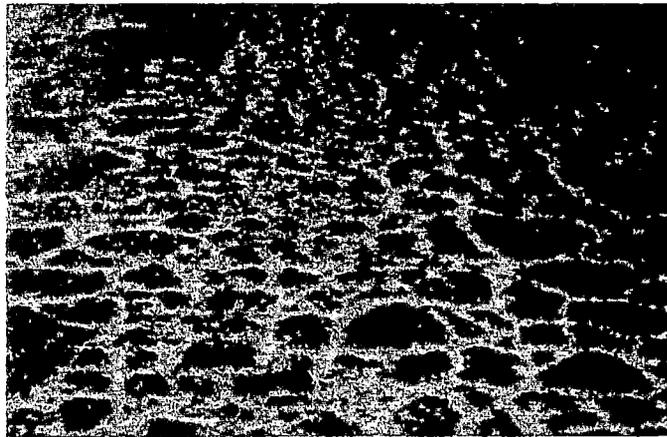
JEFE DE LABORATORIO N°2

MECANICA DE SUELOS

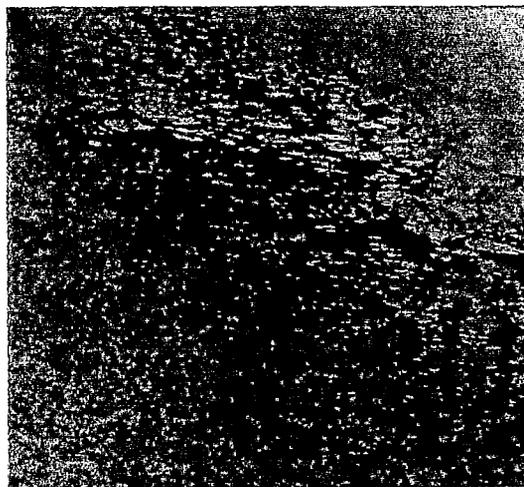
**VISTAS FOTOGRAFICAS DE ALGUNAS DE LAS FALLAS ENCONTRADAS EN
LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL**



Vista 1.- Fisuras en bloque moderada, con tendencia a ramificarse.

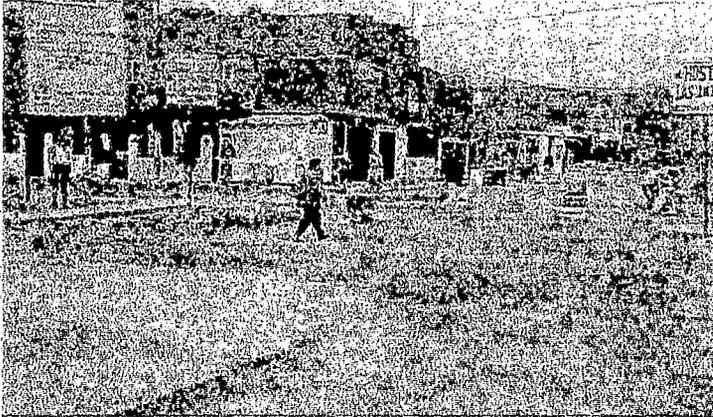


Vista 2.- Fisura tipo piel de cocodrilo severo, en todo el ancho de la vía, se empieza a desprender la capa asfáltica



Vista 3.- Fisura piel de cocodrilo con desintegración

VISTAS FOTOGRAFICAS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA



Vista 1.- Firme terminado. A la derecha se aprecia el vaciado de concreto para el martillo (esquina de vereda) N° Q. [Ubicado en intersección de la Av. Las Lomas y la Av. Gran Chimú]



Vista 2.- Nivelación de Buzón. Se observa el Firme terminado. [Ubicado en el Tramo con Falla N° 16]



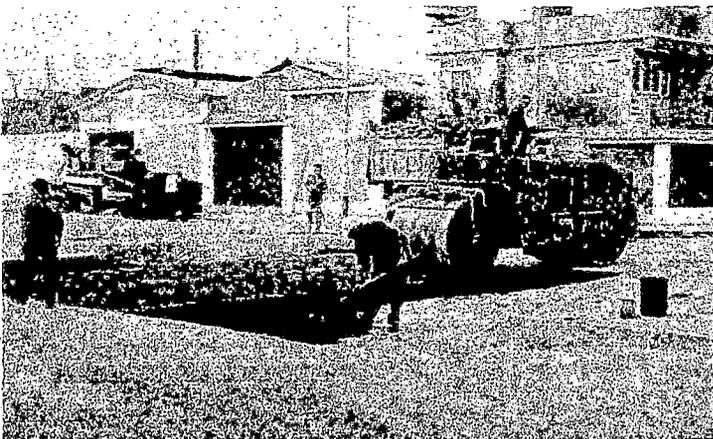
Vista 3.- Momento del Riego de Imprimación con Asfalto Líquido. Nótese el material excedente que debería haberse recogido antes de aplicar el ligante. [Areas Parchadas N° 6, 7, 8 y 9]



Vista 4.- Etapa de Curado del Ligante imprimado (Asfalto Líquido).
No se apreció salpicaduras del ligante en las construcciones vecinas. [Zona con Falla N° 14]



Vista 5.- Colocación de la Mezcla Asfáltica en Caliente ($e=2''$).
Primera franja. [Zona N° 17]



Vista 6.- Trabajo de Compactación, con Rodillo Liso, de la Mezcla Asfáltica en Caliente colocada hace algunos minutos.
[Zona con Falla N° 19 (Jr. Villac Umu)]

VISTAS FOTOGRAFICAS POST REPARACIÓN (3 MESES DESPUÉS)



Vista 1.- Tramo pavimentado por primera vez, En perfecto estado (Zona N°17).



Vista 2.- Areas reparadas (Falla N°6, 7, 8, 9). Se observa en la N°9 Un ligero desnivel (sobrecompactado de las capas).



Vista 3.- Zona N°10. Se encuentra en perfecto estado. No se aprecian fallas en las juntas, pero si hay desuniformidad en color.



Vista 4.- Area N°21, Se encuentra en perfecto estado. Contraste notorio en la tonalidad de color.



Vista 5.- Vista panorámica de la Av. Las Lomas, lado este.
Notese las fisuras longitudinales leves en el eje que no han sido reparadas por ser de mínima abertura y profundidad



Vista 6.- Vista panorámica , lado oeste hacia Malecón Checa. Se aprecian fisuras leves en el eje, como en la vista anterior.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1.0.- CONCLUSIONES

Algunas conclusiones que hemos obtenido de este trabajo de investigación son:

- Actualmente el sistema vial de Lima carece de un programa integral de mantenimiento. Las entidades y empresas que realizan proyectos de pavimentación, no toman en cuenta el mantenimiento respectivo que se les debe dar a las vías después de su construcción. En Lima, como ya lo dijimos, existen algunas entidades tales como EMAPE que se encargan de la administración de algunas vías importantes como La Panamericana al sur hasta Pucusana y al norte hasta Ancón, de la Avenida Universitaria, del Circuito de Playas y de la Vía Expresa; la Dirección Municipal de Transporte Urbano de Lima Metropolitana, que se encarga de trabajos de emergencia en las vías de Lima, parchados en zonas severamente deterioradas, sin una adecuada evaluación del pavimento; los propios Municipios que no les dan un mantenimiento oportuno, permitiendo que estas alcancen un estado deficiente para recién efectuar trabajos de rehabilitación, con un costo mayor que se hubiera podido evitar.

- Un programa de mantenimiento debe involucrar una adecuada **evaluación periódica** de los pavimentos (una o dos veces por año). Una inspección visual preliminar que proveerá de información y determinará la necesidad de una evaluación estructural, que ayuden a determinar el tramo candidato a ser rehabilitado. Los ensayos de deflexión (con viga Benkelman) que puedan dar buenos resultados respecto a la condición de los pavimentos asfálticos, dan resultados distorcionados en pavimentos mixtos donde los desniveles de las losas de concreto sobre las cuales se ha colocado la carpeta asfáltica inciden en los registros. En **pavimentos mixtos**, como son

muchas de las vías evaluadas, los análisis de la estructura del pavimento (por medio de calicatas) brindan resultados más certeros.

- Existe una carencia de información (antecedentes) referente a las vías.

Algunas entidades que de alguna manera están involucradas en el manejo y mantenimiento de las vías, como son las municipalidades, no disponen de datos básicos como son el tránsito actual circulante, diseño de la estructura, año de construcción y obras de rehabilitación ejecutadas en las vías, etc., que contribuirían mucho en la interpretación de los resultados de las evaluaciones y en las alternativas a tomarse para la rehabilitación de éstas.

- Los métodos de diseño de pavimentos contemplan posibilidades de tránsito que no se adecuan a nuestra realidad.

Uno de los métodos que se ha usado con mayor frecuencia en el Perú es el método del Instituto de Asfalto de los Estados Unidos, que se basan en valores de Tránsito Probable durante un “periodo” de 20 años, y es determinado en función de un Tránsito Diario Inicial, los cuales se apoyan en ciertos rangos o clasificaciones de tránsito que no se adaptan a los niveles de tránsito en Lima. Una clasificación de tránsito reducido o ligero en los Estados Unidos podría equivaler a un tránsito intenso en Lima. Tampoco podemos presumir un crecimiento del tránsito durante el periodo indicado semejante a los de Estados Unidos.

Todo esto trae como consecuencia una mala interpretación de métodos de diseño foráneos, a falta de uno propio, que conllevan a un sobre y/o subdimensionamiento de la estructura el cual se refleja con el rápido deterioro y/o gastos innecesarios en los pavimentos.

- Los pavimentos para la costa fueron y son diseñados desestimando el factor precipita-

ción, el cual se refleja en la carencia de sistemas de evacuación de aguas en la superficie del pavimento.

La falta de estos sistemas de drenaje originan que esta menospreciada intensidad de las precipitaciones formen pequeños aniegos y además penetren en las fisuras siempre presentes en la superficie de los pavimentos, logrando debilitarlo y deteriorarlo rápidamente con la circulación continua de cargas.

- Muchas de estas avenidas han sobrepasado el tiempo de servicio para las cuales fueron diseñadas. Algunas vías fueron convenientemente reforzadas, pero otras sin trabajos de conservación mayores, siguen estando en servicio dando un pobre nivel de transitableidad.
- La evaluación preliminar efectuada, siguiendo las pautas del procedimiento de Evaluación Superficial Integral desarrollado por Conrevial, proporciona información sobre la condición de superficie de los pavimentos, su calidad de manejo y los tipos de deterioros que se están presentando.
- La fisuraciones, especialmente las del tipo piel de cocodrilo y las longitudinales, son el mecanismo de falla más manifiesto en los pavimentos revestidos con asfalto, por lo que desempeña un rol de importancia como un indicador de la capacidad estructural. Estas fallas, representativas del fenómeno de fatiga y de una debilidad estructural, se desarrollan en estructuras proyectadas para un determinado tránsito, cuando este ha sufrido un incremento excesivo en la magnitud y/o frecuencia de las cargas más pesadas o se la ha sometido a un periodo de servicio mayor que el previsto.
- Se observó también fallas como los hundimientos, desintegraciones superficiales, ahue-llamientos, que si bien no se aprecian con una frecuencia de ocurrencia alta, si se en-

cuentran presente en todas las vías evaluadas.

Deberán analizarse mas rigurosamente las causas que originan estas fallas en los futuros diseños de las estructuras que se realizan en Lima.

- La ubicación mas frecuente de las fallas en la calzada esta en las huellas de canalización del tránsito. Esto se debe a que la principal causa de las fallas se debe a las repeticiones de las cargas del tránsito lo cual genera la fatiga de la estructura.

Las disgregaciones y deformaciones también se observan en los bordes del pavimento, facilitados por un menor confinamiento lateral y/o deficiente compactación del borde, mientras que las fisuraciones también tienen lugar en las entrehuellas debido a varios factores como la perdida de flexibilidad de la capa superficial que al paso del tránsito empieza a agrietarse, contracción de la mezcla, extensión de las fisuras localizadas en las huellas, etc.

- Los mecanismos de deterioro generalmente se desarrollan de la siguiente manera: Las cargas de tránsito inducen los niveles de esfuerzo y tensión en la estructura, cual bajo cargas repetidas causan la iniciación de fisuras a través de la fatiga y las deformaciones. Una vez iniciado, las fisuras progresan en área y severidad, secundado por la penetración del agua a la estructura, hasta conseguir el desprendimiento de fragmentos de la capa asfáltica y posteriormente el material subyacente. Asimismo, los agentes atmosféricos originan la oxidación del material bituminoso, haciéndolo más susceptible a la disgregaciones y fisuras de la capa asfáltica.
- De las 18 avenidas presentadas, se obtuvieron 247 tramos. De estos tramos evaluados; el 51% resulto en condiciones regulares; el 31% en pobres condiciones; el 11% en condiciones deficientes; y solo el 7% de los tramos proporcionan la condición esperada. Si estos porcentajes lo resumimos por vía, concluimos que ninguna avenida supera la

condición de estado “regular”, ya que se toma como condición referencial a la de mayor extensión en cada vía.

- Las alternativas sugeridas para la conservación de las vías evaluadas son: Los tratamientos superficiales, reforzamientos estructurales y la reconstrucción.

En La mayoría de estas avenidas se deberán ejecutar mas de una alternativa, pero en todas necesariamente se deberán llevar a acabo trabajos menores como son las reparaciones de fallas localizadas.

- De acuerdo a los resultados mostrados, un gran número de tramos (los catalogados como regulares y pobres) requieren de una inspección detallada la cual debe ser complementada con la realización de pruebas de campo y laboratorio, para detectar las causas reales de los deterioros observados, así como para definir la mas correcta acción para su rehabilitación y conservación.

Frecuentemente cuando no hay recursos suficientes para ejecutar las soluciones óptimas de rehabilitación, se elaboran una serie de alternativas que representan soluciones de menor costo que sacrifican en cierto grado los resultados de la rehabilitación.

- Por otra parte, este trabajo pretende difundir el uso de las emulsiones asfálticas en los trabajos de rehabilitación de los pavimentos, tanto en los diferentes tratamientos superficiales como en las reparaciones localizadas.

Debido a que los asfaltos diluidos necesitan de solventes de petróleo cuyo destino final es la evaporación, perdiéndose energía, dinero y lo que es peor aún contaminando enormemente el medio ambiente, se ha tomado como mejor alternativa de ligante bituminoso a las emulsiones asfálticas, cuyo destino final del agua es la evaporación, el cual continuará con su ciclo natural sin ningún tipo de contaminación.

- A pesar que las emulsiones asfálticas llevan alrededor de 45 años utilizándose y desarrollándose en diferentes partes del mundo, no solo en la rehabilitación de los pavimentos si no también en su construcción, no se ha difundido con éxito en nuestro país.

Una causa de ésta es que las entidades del gobierno que están de alguna manera encargadas del mantenimiento de las vías en el Perú, M.T.C.V.C., no dispensan presupuestos para investigaciones o experiencias de “nuevas” alternativas para sus mantenimientos, realizando éstos con viejos y clásicos métodos y productos.

Otra causa es que algunas empresas privadas no desafían las “nuevas corrientes”, manteniéndose en las clásicas alternativas, creyendo que pueden mermar sus utilidades, cuando podría ser al contrario.

8.2.0.- RECOMENDACIONES

Algunas medidas que se deberían tomar para mantener los pavimentos de la red vial de Lima en buenas condiciones de servicio son:

- Primeramente, el M.T.C.V.C. debería crear una entidad encargada de la administración de la red vial local, así como se creó el SINMAC encargado del mantenimiento de la red vial nacional, la cual coordinaría con cada municipio para lograr una programa de mantenimineto local .

Los municipios deben tomar conciencia de que las inversiones realizadas en un pavimento no termina al finalizar su construcción, si no que estas continuan para mantenerla en condiciones adecuadas.

- No se debe permitir que el pavimento alcance altos niveles de severidad para recién tomar medidas para su rehabilitación, ya que el costo de una reconstrucción es de 4 a 5

veces mayor que los trabajos que pudieron haberse efectuado oportunamente.

- Es necesario efectuar estudios mucho mas detallados del comportamiento de los pavimentos, análisis de los tipos de fallas e indicando las causas mas probables.

Si bien, las causas que originan las degradaciones son numerosas y variadas, pudiendo ser de orden cuantitativo, cualitativo o aleatorias, estas deberán estimarse para decidir una mejor alternativa de reparación a la falla inicial.

- Así como las entidades deben tomar conciencia del mantenimiento de las vías, el propio usuario deberá ser informado de las ventajas que trae el conservar los pavimentos en buenas condiciones asi como de los factores que los deterioran, para que de alguna manera se pueda controlar ciertos factores aleatorios de difícil manejo como son aguas negras y desperdicios orgánicos arrojados sobre el pavimento, aniegos, etc., que lamentablemente son muy frecuentes.

- Se debería indicar las cargas de rueda permitida (tipo de vehículo) para la circulación en las vías.

En algunas vías importantes, donde son derivados cierto tipo de vehículos, no fueron previstos en los diseños de sus pavimentos recibir un excesivo volumen de tránsito y mucho menos cargas de grandes magnitudes.

- En el futuro se deberá evaluar a los asfaltos en función a sus propiedades físicas fundamentales y en base al clima y al tránsito imperante en la zona, de acuerdo a las nuevas especificaciones para ligantes asfálticos SHRP (Programa estratégico de investigación de carreteras , de los E.E.U.U.), el cual es un nuevo sistema conocido como Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement).

Fundamentalmente representa un sistema más avanzado de especificaciones, de los ma-

teriales componentes, diseño de mezclas asfálticas, su análisis y la predicción del comportamiento de los pavimentos.

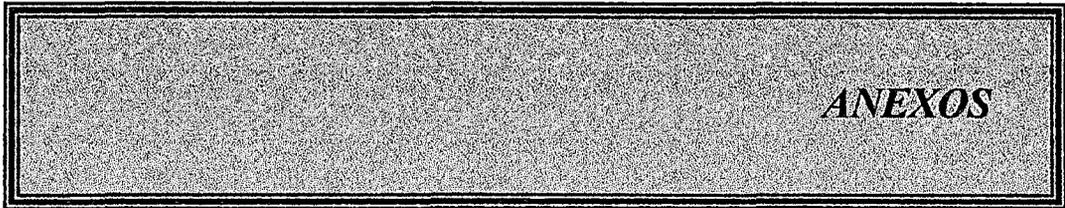
Estas especificaciones se basan en la medida de las propiedades físicas de los asfaltos, que están estrechamente vinculadas con las principales formas de falla de los pavimentos asfálticos, tales como: deformaciones permanentes, fisuramientos por contracción térmica, fisuramientos por fatiga, etc.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- **Diseño y Construcción de Pavimentos;** Germán Vivar Romero; Lima; Segunda edición-1995.
- **La Rehabilitación y el Mantenimiento de las Carreteras del Perú, Forum 1 y 2;** Colegio de Ingenieros del Perú; Lima; 1992.
- **Carreteras, Calles y Aeropistas;** Raúl Valle Rodas; Argentina; Sexta edición-1976
- **Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el Perú, Volumen A,B,C;** Conreval; Lima; 1983.
- **La Ingeniería de Suelos en Vías de Transporte, Volumen 2;** A. Rico Rodríguez-Hermilio del Castillo; México, Primera edición-1977.
- **Diseño y Control de Obras Viales, Mantenimiento y Rehabilitación. Nociones del Superpave;** Samuel Mora Quiñones; Lima; 1990.
- **Las Emulsiones Asfálticas Catiónicas;** Jorge L. Yamunaque Miranda; Lima; 1999.
- **Pavimentos de Concreto y Asfalto, Mantenimiento y Reparación;** Germán Vivar Romero-Wilfredo Gutiérrez Lazares; Lima; Primera edición-1996.
- **Constructor de Caminos – Revista;** Volumen 3 – N° 3; Ivory Publications; EEUU; 1998.
- **Mantenimiento de Pavimentos Urbanos; El Constructor – Revista;** Año 5 – N° 48; Junio 1994.
- **Capítulo de Ingeniería Civil-Revista;** Colegio de Ingenieros del Perú; Lima; 1998.
- **Remodelación, Rehabilitación e Incorporación de un Tercel Carril en el sentido Norte-Sur de la Panamericana Sur. Tramo Pte. Huaylas/Pte. Arica – Expediente Técnico;** Corporación Sagitario S.A.; Lima; 1997.
- **Estudio de Suelos y Diseño de Pavimentos Corredor Vial de las Avenidas Abancay y Manco Capac y Paso a Desnivel con la Avenida Nicolás de Piérola;** V.CH.S.A. – Vera y Moreno S.A. Asociados; Lima; 1998.

- **Principios de Construcción de Mezcla Asfáltica en Caliente;** Asphalt Institute; EEUU; 1982.
- **Deformación Permanentes del Concreto Asfáltico – Reporte Técnico;** Rodolfo Tellez Gutiérrez; I.M.T.; 1992
- **Marvel Perma Patch/Asfaltos Moldeables - Revista;** Triomin; Chile; 1997.
- **Rehabilitación de Pavimentos – Revista;** Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto; Volumen 23, N° 174I; 1985
- **Pavimentos – Revista: Materiales y Métodos N° 10 – ½ de Construcción;** Lima; 1993
- **Desarrollo de un Sistema de Gestión Integral Para la Conservación de las Vías Urbanas – Proyecto FONDECYT;** Universidad de Chile - Facultad de Ciencias; 1988



ANEXO A

CATALOGO DE DEGRADACIONES

A continuación se muestra un catálogo de degradaciones, el cual contiene los tipos de fallas más comunes que se presentan en los pavimentos (encontrados en los pavimentos de las diferentes vías tanto en Lima como en el Callao), y así poder ayudar al reconocimiento de las mismas en las futuras evaluaciones.

Entre los tipo de fallas más comunes tenemos:

Deformaciones: Levantamientos

Hundimientos

Ahuellamientos

Desplazamientos

Agrietamientos: Fisuras Lineales (Longitudinales, Trasversales)

Fisuras Reflejadas

Fisuras tipo Piel de Cocodrilo

Fisuras en Bloque

Disgregaciones: Peladuras

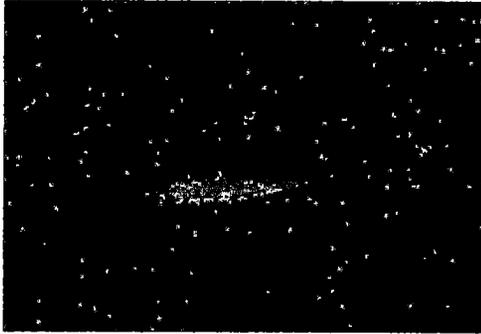
Pot-Holes, llamado también Nido de Gallina

Desintegraciones Parciales

Desintegraciones Totales

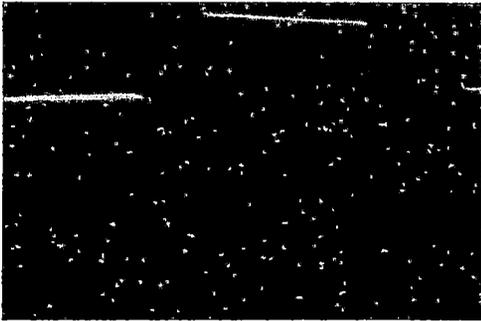
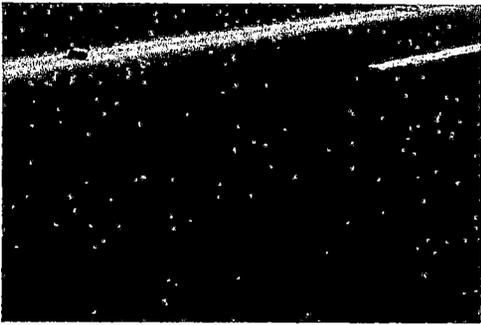
Exudaciones: Exudaciones del Asfalto.

DEFORMACIONES



Hundimiento

Levantamiento



Ahuellamiento

Corrimiento

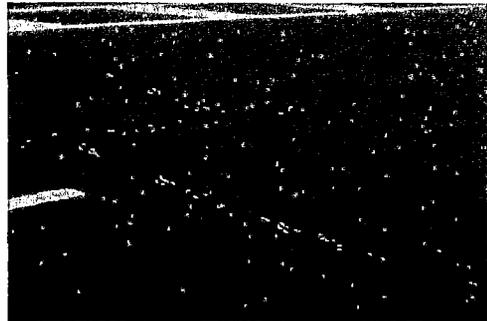


AGRIETAMIENTOS

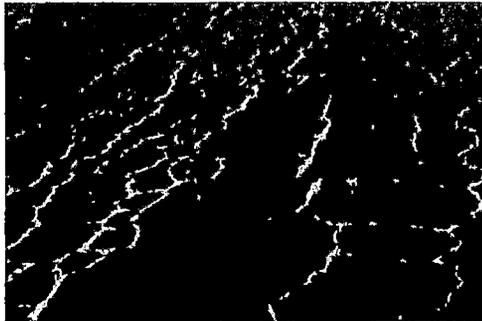


Laminales

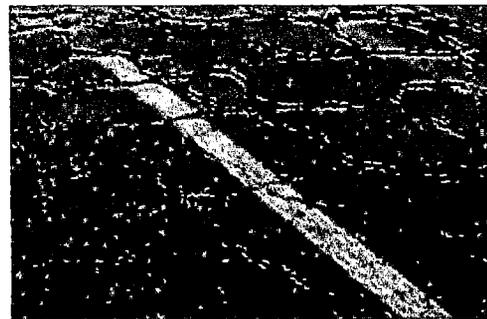
Reflejadas



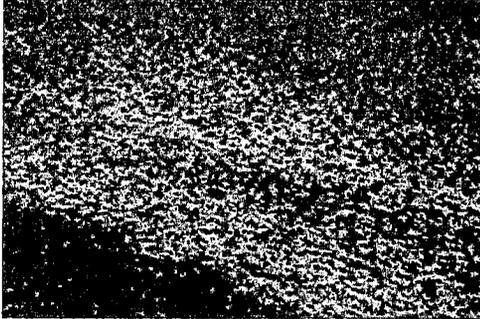
Piel de Cocodrilo



En Bloque

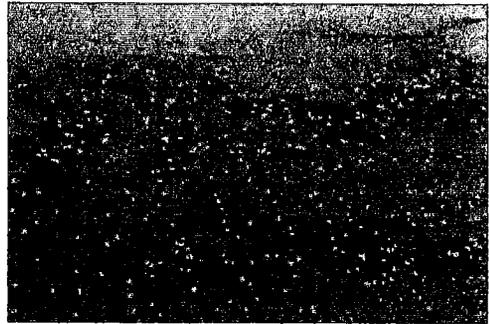


DISGREGACIONES

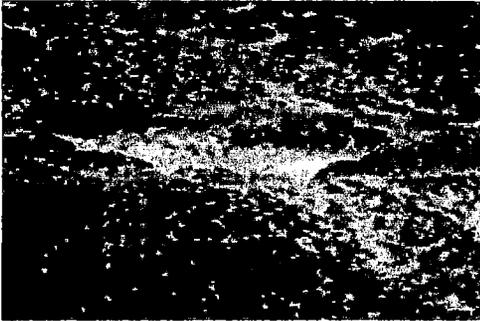


Peladuras

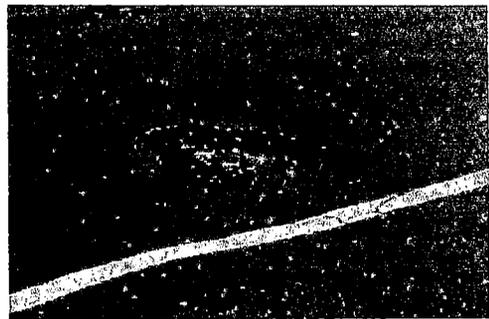
Desintegración P.



Desintegración T.



Pot-Hole



EXUDACION



Exudación del Asfalto

ANEXO B

EL ASFALTO

1.- DEFINICIÓN

El asfalto es un aglomerante bituminoso, componente natural de la mayor parte de los crudos de petróleo, de color que varía de pardo oscuro a negro. Su consistencia varía entre sólido y semisólido, a temperaturas normales. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido.

El asfalto usado en pavimentación, generalmente llamado “cemento asfáltico”, es un material viscoso y pegajoso. Se adhiere fácilmente a las partículas de agregado y por lo tanto, es un excelente material cementante para unir particular de agregado en un pavimento de mezcla en caliente.

2.- ORIGEN Y NATURALEZA

A veces hay confusión a cerca del origen del asfalto, de cómo es refinado, y cómo se clasifica en sus diferentes grados. Esto se debe a que el asfalto es usado para muchos propósitos. El propósito de esta sección es de discutir el origen y naturaleza del asfalto para pavimentación, para poder tener en claro los conceptos fundamentales.

a.- Refinado de Petróleo

El crudo de petróleo es refinado por destilación. Este es un proceso en el cual las diferentes fracciones (productos) son separadas fuera del crudo por medio de un aumento, en etapas, de la temperatura.

Las fracciones livianas se separan por destilación simple. Los destilados más pesados, usualmente llamados gasóleos, pueden ser separados solamente mediante una combinación

de calor y vacío (400°C). El asfalto puede ser producido usando destilación por vacío a una temperatura aproximada de 480°C. Esta temperatura puede variar un poco, dependiendo del crudo de petróleo que se este refinando, o del grado de asfalto que se este produciendo.

La figura B.1 es una ilustración esquemática de una refinería típica. La figura muestra el flujo de petróleo durante el proceso de refinación.

b.- Refinado de Asfalto

Diferentes usos requieren diferentes tipos de asfalto. Los refinadores de crudo deben tener maneras de controlar las propiedades de los asfaltos que producen, para que estos cumplan ciertos requisitos. Esto se logra, usualmente, mezclando varios tipos de crudo de petróleo antes de procesarlo. El hecho de poder mezclar permite al refinador combinar crudos que contienen asfaltos de características variables, para que el producto final posea exactamente las características solicitadas por el usuario.

Existen dos procesos por los cuales puede ser producido un asfalto, después de que se han combinado los crudos de petróleo: destilación por vacío y extracción con solventes. Como se discutió anteriormente, la destilación por vacío consiste en separar el asfalto del crudo mediante la aplicación de calor y vacío. En el proceso de extracción con solvente, se remueven más gasóleos del crudo, dejando así un asfalto residual.

Una vez que los asfaltos han sido procesados, estos pueden ser mezclados entre sí, en ciertas proporciones, para producir grados intermedios de asfalto. Es así como un asfalto muy viscoso y uno menos viscoso pueden ser combinados para producir un asfalto de viscosidad media.

3.- CLASIFICACIÓN Y GRADO DEL ASFALTO

Los asfaltos de pavimentación pueden clasificarse bajo tres tipos generales:

- Cemento asfáltico.

- Asfalto diluido (o cortado).
- Asfalto emulsificado.

Los dos últimos tipos son usados, casi por completo, en mezclas en frío y en riegos.

Los cementos asfálticos se clasifican bajo tres sistemas diferentes. Ellos son: viscosidad, viscosidad después del envejecimiento, y penetración. Cada sistema abarca diferentes grados, cada uno con diferentes rangos de consistencia.

El sistema más usado está basado en la viscosidad del asfalto. El cuadro B.1 muestra el sistema en forma de tablas. El AC-2.5 (cemento asfáltico con una viscosidad de 250 poise a 60°C o 140°F) es conocido como un asfalto "blando". El AC-40 (cemento asfáltico con viscosidad de 4000 poise a 60°C) es conocido como un asfalto "duro".

4.- PROPIEDADES FÍSICAS DEL ASFALTO

Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño, construcción, y mantenimiento de carreteras son: durabilidad, adhesión, susceptibilidad, envejecimiento y endurecimiento.

a.- Durabilidad

Durabilidad es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. Es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento, y por consiguiente es difícil de definir solamente en términos de las propiedades del asfalto.

b.- Adhesión y Cohesión

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

c.- Susceptibilidad a la Temperatura

Todos los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven más duros (más viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y más blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Estas características se conocen como susceptibilidad a la temperatura, y es una de las propiedades más valiosas en un asfalto.

d.- Endurecimiento y Envejecimiento

Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en el pavimento terminado. Este endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinado con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas del agregado).

5.- ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL CEMENTO ASFÁLTICO

Se describen las pruebas necesarias para determinar y medir las propiedades del cemento asfáltico:

a.- Viscosidad

Las especificaciones de los trabajos de pavimentación requieren, generalmente, ciertos valores de viscosidad a temperaturas de 60°C y 135°C.

La viscosidad a 60°C es la viscosidad usada para clasificar el cemento asfáltico. Ella representa la viscosidad del cemento asfáltico a la temperatura más alta que el pavimento puede llegar a experimentar durante su servicio. La viscosidad a 135°C representa a la viscosidad del asfalto durante el mezclado y la colocación.

b.- Penetración

El ensayo de penetración es otra medida de consistencia. La prueba está incluida en las especificaciones basadas en viscosidad para impedir que sean usados los cementos asfál-

ticos que tengan valores inapropiados de penetración a 25°C.

c.- Punto de Inflamación

El punto de inflamación de un cemento asfáltico es la temperatura más baja a la cual se separan materiales volátiles de la muestra, y crean un “destello” en presencia de una llama abierta. El punto de inflamación no debe ser confundido con el punto de combustión, el cual es la temperatura más baja a la cual el cemento asfáltico se inflama y se quema.

d.- Prueba de Película Delgada en Horno (TFO) y Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO)

Estas pruebas no son verdaderas pruebas. Solamente son procedimientos que exponen una muestra de asfalto a unas condiciones que aproximan las ocurridas durante las operaciones de planta de mezclado en caliente. Las pruebas de viscosidad y penetración, efectuadas sobre las muestras obtenidas después de los ensayos de TFO y RTFO, son usadas para medir el endurecimiento anticipado, del material, durante la construcción y durante el servicio del pavimento.

e.- Ductilidad

La ductilidad es una medida de cuanto puede ser estirada una muestra de asfalto antes de que se rompa en dos.

f.- Solubilidad

El ensayo de solubilidad es un procedimiento para medir la pureza de un cemento asfáltico.

Cuadro B.1

Prueba	Grado de Viscosidad					
	AC - 2.5	AC - 5	AC - 10	AC - 20	AC - 30	AC - 40
Viscosidad, 60°C, (poise)	2580±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad, 135°C, (poise)	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25°C, 100g., 5 Seg-min.	220	140	80	60	50	40
Punto de Inflamación, Cleveland, °C-min.	163	77	219	232	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, %-min.	99	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO						
Pérdida por calentamiento, %-max. (opcional)		1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60°C, Poise-max.	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductibilidad, 25°C, 5cm/min, cm-min.	100	100	75	50	40	25

6.- ALMACENADO DE ASFALTO

En una planta estacionaria de asfalto, el asfalto es almacenado en tanques aislados y calientes, cuya capacidad promedio es de 20000 Galones. Los tanques montados en remolques pequeños son usados para plantas portátiles. Su capacidad es generalmente la mitad de la de los tanques fijos.

Los tanques de almacenamiento están equipados con espirales térmicas de vapor, espirales de aceite caliente, o calentadores de gas o eléctricos, con el fin de mantener el asfalto con suficiente fluidez para que pueda ser bombeado con facilidad.

7.- SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL ASFALTO CALIENTE

En una planta de asfalto, las temperaturas usualmente exceden los 150°C. Las superficies de metal de los equipos de la planta generalmente oscilan entre los 70-90°C. En consecuencia, cualquier contacto momentáneo con el asfalto en caliente o con el equipo de la planta, incluyendo, tanques, tuberías, secadores, calderas, etc., puede quemar severamente la piel expuesta.

PROCESO TÍPICO DE REFINACIÓN

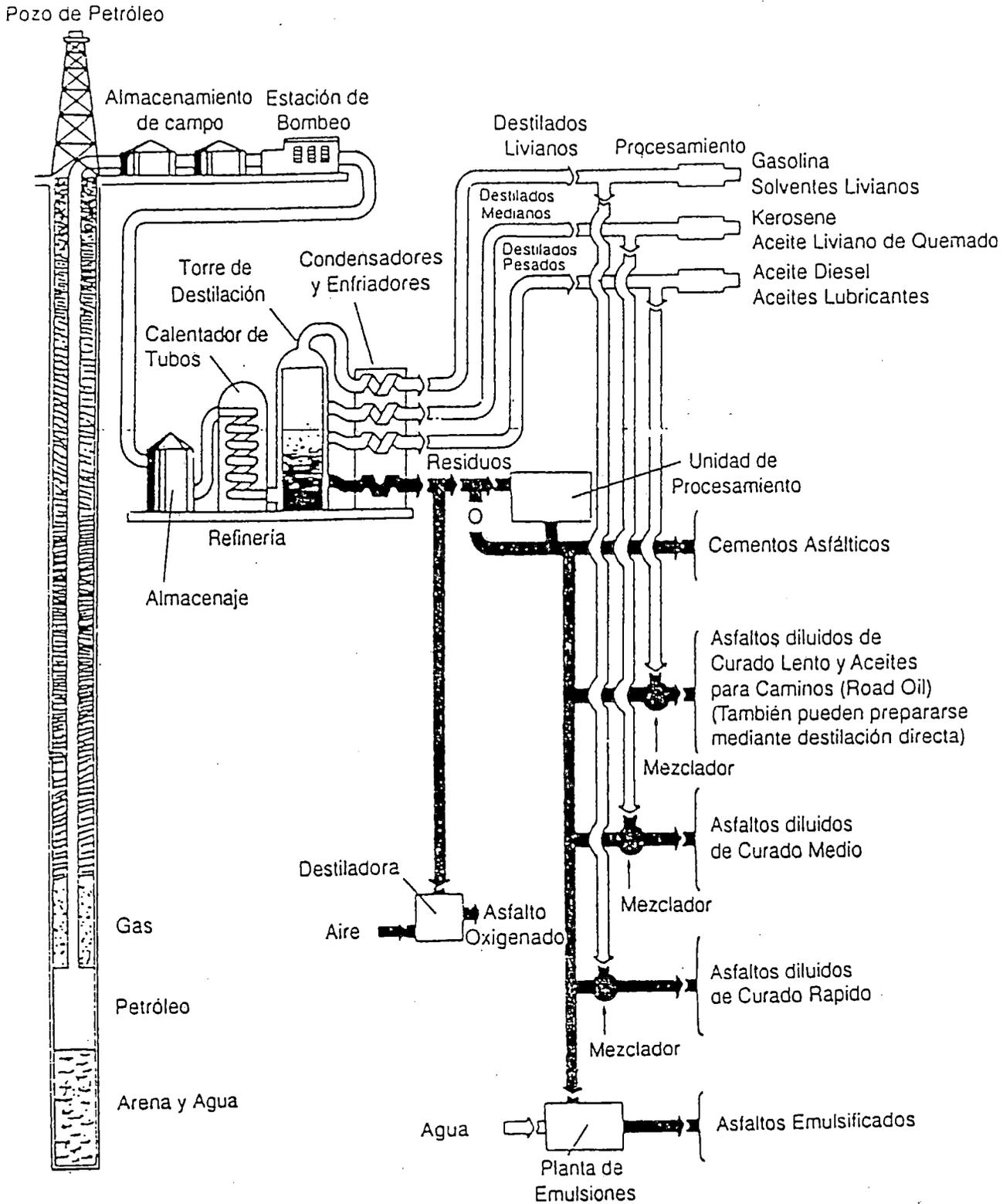


FIGURA B.1

ANEXO C

EMULSIONES ASFALTICAS

1.- EMULSIÓN

Llamamos emulsión a una mezcla líquida, de dos o mas líquidos que normalmente no se disuelven, pero que se mantienen en suspensión coloidal uno en el otro, por agitación mecánica, por pequeñas cantidades de otras sustancias llamadas agentes emulsificantes.

2.- EMULSIÓN ASFÁLTICA

Una Emulsión Asfáltica es una mezcla homogénea de pequeñas gotas de asfalto suspendidos en una fase continua de agua.

Introduciendo asfalto disuelto y tratado en agua bajo presión dentro de un "Colloid Mill" se produce la emulsión. El "Colloid Mill" es un dispositivo especial de mezcla que divide al asfalto en tamaños más pequeños que un cabello humano (alrededor de 0.025 – 0.125 mm.).

Los tipos de asfaltos y agente emulsificante en tratamiento con agua son específicos para el grado de emulsión a ser producido.

3.- COMPOSICIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Una emulsión asfáltica esta compuesta de los siguientes elementos: asfalto, agua y un agente emulsificante.

Es conocido que agua y el asfalto no podrán mezclarse excepto bajo condiciones cuidadosamente controladas usando un equipo altamente especializado y aditivos químicos.

a.- El asfalto

Es el producto básico y de mayor importancia en la emulsión asfáltica, generalmente el contenido de asfalto es del orden de 55-70% de acuerdo al tipo y agregado de emulsión que

se va a producir.

b.- El agua

Es el segundo componente en cuanto a volumen se refiere. El agua humedece y disuelve, se adhiere fácilmente a otras sustancias y finalmente regula las reacciones químicas.

c.- Agente Emulsificante

Es un compuesto químico orgánico, cual determina el tipo de emulsión; ya sea catiónica, aniónica o noniónica. Se comporta además como mejorador de adherencia, favoreciendo las propiedades del asfalto.

4.- CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas pueden ser divididas dentro de tres categorías: aniónicas, catiónicas y noniónicas; donde las dos primeras se utilizan en la construcción y mantenimiento de carreteras.

Las de tipo aniónico fueron las primeras emulsiones creadas en los años 20, en este tipo las partículas de asfalto se cargan negativamente.

Las catiónicas son las emulsiones “modernas” que se emplean actualmente con excelentes resultados en todo el mundo, en este tipo las partículas de asfalto se cargan positivamente.

Este sistema de clasificación puede ser además dividido en cuan rápido la emulsión alcanza o se revierte a cemento asfáltico. Las designaciones de fraguado son RS (Rotura rápida), MS (Rotura media), SS (Rotura lenta) y QS (Rotura acelerado). Estas son las designaciones básicas para emulsiones.

A continuación presentamos las clases y tipos o grados de emulsiones asfálticas para los cuales la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) ha optado:

CLASE	TIPO		
	Rotura Rápida	Rotura Media	Rotura Lenta
Aniónica	RS-1	MS-1 HFMS-1	SS-1
	RS-2	MS-2 HFMS-2	SS-1h
Catiónica	CRS-1	CMS-2	CSS-1
	CRS-2	CMS-2h	CSS-1h

HF: Alto flotamiento, h: Dureza

Cuadro C.1

Como lo mencionamos anteriormente el tipo de emulsión normalmente usada por sus excelentes resultados en pavimentación son las catiónicas. Por esto, vamos a dar un mayor énfasis al estudio de ésta.

5.- EN SAYOS EN LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las principales pruebas que se realizan a las emulsiones asfálticas son:

a.- Viscosidad Saybolt Furol

Este ensayo se usa para medir la consistencia de las emulsiones asfálticas. Este se realiza a una de las dos temperaturas 25° o 50°C, por conveniencia de ensayo y para tener una mayor exactitud. Su elección depende de las características viscosas de la emulsión asfáltica, según su tipo y grado.

b.- Sedimentación.

Este ensayo permite detectar la tendencia del asfalto a perder la estabilidad durante el almacenamiento de la emulsión.

c.- Tamizado.

Este ensayo complementa al de la sedimentación y tiene, en cierta forma, un propósito similar. Se utiliza para determinar cuantitativamente el % de cemento asfáltico que forma glóbulos relativamente grandes, que pueden obstruir los equipos y formar recubrimientos de asfalto no uniformes sobre las partículas de agregado.

d.- Capacidad de Recubrimiento y Resistencia al Agua.

Este ensayo tiene por objetivo determinar la capacidad de una emulsión para: (1) cubrir totalmente el agregado, (2) soportar el mezclado sin que se rompa la película y (3) resistir la acción del lavado del agua cuando se completa el mezclado.

e.- Mezcla con Cemento.

Este ensayo se usa para las emulsiones de rotura lenta, y asegura que no se va a reducir coalescencia rápida de las partículas de asfalto al entrar en contacto con suelos de granos finos.

f.- Partículas de Carga

Este es un ensayo de identificación para emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida y media.

En el cuadro C.2 se muestra las especificaciones y métodos de ensayo para las emulsiones asfálticas catiónicas establecidas por el ITINTEC (basadas en las Normas Americanas ASTM), seguido de las aplicaciones típicas, restricciones y algunas recomendaciones.

6.- VENTAJAS DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

- Debido a su fluidez puede penetrar hasta en los mas pequeños vacíos entre los agregados, cubriendo cada partícula de piedra con una capa delgada de bitumen puro.
- No se congela ni se coagula, pudiendo aplicarse por consiguiente en cualquier época del año (mínimo 4°C).
- Mediante su uso, se aplica en frío un asfalto puro de la penetración deseada, sin necesidad de emplear máquinas o dispositivos especiales.
- La presencia de humedad en su composición, lo ayuda a adherirse al agregado, por lo que se puede usar sin temor en tiempo húmedo.

7.- ALMACENAMIENTO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas deben almacenarse a temperaturas entre los 4° y 85°C, dependiendo del tipo de emulsión; por ejemplo es usual que las emulsiones destinadas a aplicaciones de rociado se almacenen a temperaturas mayores que las que van a ser utilizadas para mezclas con agregados, manteniendo lógicamente a ambos dentro del rango antes indicado, ya que si sobrepasa los 85°C, puede ocasionar la evaporación del agua, aumentando la viscosidad y aglomeraciones de asfalto en forma de capas, lo cual modificaría las propiedades y dificultaría el manejo del producto.

En caso contrario, si la emulsión esta expuesta a bajas temperaturas, deberán tomarse las precauciones necesarias, ya que se produciría, en el caso de congelamiento, un rompimiento que la separaría en 2 capas una de agua y otra de asfalto.

Para almacenaje del producto en volúmenes grandes, estos se pueden almacenar en tanques cisternas o pozas de concreto limpias y bien cubiertas, para lo cual se debe contar con algún tipo de sistema de circulación (evita que se formen grumos de asfalto provocados por la sedimentación o rotura parcial de la emulsión). En el caso de volúmenes pequeños se puede almacenar en cilindros bien limpios debiendo recircularse cada siete días rodando los mismos manualmente.

8.- FUENTES DE PRODUCCIÓN

En nuestro país (Perú), existe en la ciudad de Lima una empresa fabricante de emulsiones asfálticas tipo catiónicas, cuya producción industrial es suficiente para abastecer los requerimientos del mercado peruano, siendo esta la empresa Bitumen Perú S.A.

DESIGNACION				Rotura							
				Rápida		Media		Lenta			
ENSAYO				Unid.	CRS-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h	
Ensayo en la emulsión	Viscosidad Saybolt Furol (SSF: Segundos Saybolt Furol).	25°C	Min.	SSF	-	-	-	-	20	20	
			Max.	SSF	-	-	-	-	100	100	
		50°C	Min.	SSF	20	100	50	50	-	-	
			Max.	SSF	100	400	450	450	-	-	
	Sedimentación en 5 días.			Max.	%	5	5	5	5	5	5
	Estabilidad en el almacenaje 24 hrs.			Max.	%	1	1	1	1	1	1
	Ensayo de Clasificación.			-	-	Pasa	Pasa	-	-	-	-
	Habilidad para el revestimiento y resistencia al agua.	Revestimiento agregado grueso.			-	-	-	Buena	Buena	-	-
		Revestimiento después de pulverizado			-	-	-	regular	Regular	-	-
		Revestimiento agregado húmedo.			-	-	-	Regular	Regular	-	-
		Revestimiento después de pulverizado			-	-	-	Regular	Regular	-	-
	Partículas de carga.			-	-	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
	Tamizado.			Max.	%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Mezcla con cemento.			Max.	%	-	-	-	-	2.0	2.0
	Destilación.	Aceite destilado.		Max.	%	3	3	12	12	-	-
Residuo		Mín.	%	60	65	65	65	57	57		
Ensayo en el residuo de destilación	Penetración a 25°C; 100g; 5s.			Min.	0.1mm	100	100	100	40	100	40
				Max.	0.1mm	250	250	250	90	250	90
	Ductilidad a 25°C; 5 cm/min.			Mín.	cm.	40	40	40	40	40	40
	Solubilidad en tricloroetileno.			Mín.	%	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5

Cuadro C.2

USOS Y RECOMENDACIONES

Usos y recomendaciones	Rotura		
	Rápida (CRS-1 / CRS-2)	Media (CMS-2 / CMS-2h)	Lenta (CSS-1 / CSS-1h)
Principales aplicaciones en el mantenimiento y construcción de pavimentos	<p>* <u>Tratamiento Superficial (Chip Seal)</u> Riego de la emulsión seguido de aplicación de agregados, compactándose en forma inmediata.</p> <p>* <u>Riego de Liga</u> Los ideales para este tipo de servicio (facilitando la ejecución y proporcionando el menor costo).</p> <p>* <u>Macadán de Penetración</u></p> <p>* <u>Riego de imprimación</u> * <u>Capa de Sello con Arena</u></p>	<p>* <u>Mezcla en frío abiertas o densas.</u> Es el mayor uso que se le da a este tipo de emulsión.</p> <p>* <u>Riego de Liga</u> No es el tipo económicamente más adecuado, pero para evitar mezcla con tipo F. rápido, el hecho de tener otro estanque de almacenamiento, cuando la obra exige un consumo mayor de ésta; podrán ser utilizadas en riego de liga sin mayor problemas.</p> <p>* <u>Tratamiento de fisuras</u></p>	<p>* <u>Mezcla en frío abiertas o densas.</u> Es el mayor uso que se le da a este tipo de emulsión.</p> <p>* <u>Riego de liga</u> No es el tipo ideal, pues su rotura es muy lenta, pero se utiliza para evitar mezclas con otro tipo de emulsión que perjudique su aplicación.</p> <p>* <u>Mortero de emulsión asfáltica (Slurry Seal)</u></p> <p>* <u>Riego de imprimación</u> * <u>Fog Seal</u></p>
Restricciones de uso	No se recomienda en los tratamientos superficiales (monocapa, bicapa) donde los declives longitudinales / transversales fueran elevados, ya que debido a su baja viscosidad se originarían escurrimientos.	No se recomienda en servicios de mezcla en frío, sin haberse determinado la dosificación que se va a emplear y previo chequeo de los materiales, a fin de evitar problemas de adhesividad del agregado y rotura de las emulsiones al entrar en contacto con el mismo.	No se recomienda en ciertos casos en que se tenga la necesidad de aperturar rápidamente la vía al tráfico.
Recomendaciones	<p><u>Temperatura</u> Usadas generalmente a T° ambiente, pudiéndose dar un intervalo entre 5-50°C.</p> <p><u>Transporte</u> Para distancias grandes, se debe practicar el llenado de cisterna hasta la boca, lo que evitará una agitación mayor del producto (puede acarrear una disminución en su viscosidad)</p> <p><u>Manipuleo</u> Recomendable hacer una recirculación del producto siempre que estas emulsiones queden almacenadas por más de 30 días, antes de ser usadas.</p>	<p><u>Temperatura</u> Para mezclas en frío densas, la temperatura es tal que los valores de viscosidad S.F. estén entre 100-400 seg. y para mezclas abiertas entre 50-200 seg.</p> <p><u>Transporte</u> Se debe observar el estado en que se encuentra la vía que transportarán las emulsiones, a fin de evitar la contaminación por otro producto que pueda perjudicar la mezcla con el agregado.</p> <p><u>Manipuleo</u> Recomendable hacer una recirculación del producto siempre que estas emulsiones queden almacenadas por más de 30 días, antes de ser usadas.</p>	<p><u>Temperatura</u> Deberá ser usada siempre que la temperatura ambiente no sea inferior a 5°C, ni superior a 50°C.</p> <p><u>Transporte</u> Las cisternas pasarán una inspección antes de ser cargadas, a fin de verificar si estas no transportaron algún producto que pueda deteriorarla o contaminarla, perjudicando de esta manera la utilización de ella.</p> <p><u>Manipuleo</u> La emulsión tipo CSS-1 es de gran estabilidad, pero deberá del mismo modo ser circulada, siempre que quede almacenada por más de 30 días sin ser utilizada. En nuestro medio, se recomienda recircularlas como máximo cada 10 días.</p>

Cuadro C.3

ALTERNATIVAS RECOMENDADAS PARA PRODUCTOS CUTBACK

ASFALTOS CUTBACK	USO	EMULSION ALTERNATIVA
RC-2 o RC-250	Riego de Liga (Tack Seal)	CRS, CRS-2 / CMS-2, CMS-2h
RC-2 o RC-250	Tratamiento Superficial (Chip Seal)	CRS, CRS-2
MC-800	Mezcla en Frio (Cold Mix)	CMS-2, CMS-2h / CSS-1, CSS-1h

ANEXO D

MEZCLA EN FRIO

1.- DEFINICIÓN

Las mezclas en frío son mezclas compuestas de agregados y ligante bituminoso, procesados en planta (estacionaria) o insitu utilizando plantas transportables o móviles. En el premezclado en frío nunca se calientan los agregados. El ligante bituminoso, dependiendo de su tipo podrá sufrir un ligero calentamiento. La mezcla en frío es distribuida y comprimido a temperatura ambiente.

Este tipo de mezcla para pavimentos tiene una calidad un poco inferior a los hechos con concreto asfáltico en caliente y se seleccionan generalmente para conservación y mantenimiento de pavimentos o en casos de pequeños volúmenes que no justifican económicamente el traslado o movimiento de una planta.

2.- COMPONENTES DE LA MEZCLA

Las mezclas en frío, como ya lo mencionamos, son preparados con agregados y algún ligante bituminoso.

Mezcla en frío = Asfalto diluido + agregados ó

Mezcla en frío = Emulsión asfáltica + agregados

1.- Ligante bituminoso.

Pueden ser asfaltos diluidos o emulsiones asfálticas (ver anexo B).

a.- Asfaltos diluidos

Es un cemento asfáltico licuado mediante la adición de un fluidificante (solvente de petróleo como la gasolina o el kerosene), obteniéndose un asfalto diluido (rebajado),

llamado también Cut Back, cuya consistencia es semilíquida a temperatura ambiente. Cuando se halla expuesto a la intemperie, se evapora el solvente, quedando únicamente el cemento asfáltico.

Hay dos tipos de asfaltos diluidos usados en las mezclas en frío:

- De rápido curado (RC- Cut Buck)
Cemento asfáltico fluidificado con un destilado del tipo de la gasolina.
- De medio curado (MC – Cut Back)
Es un cemento asfáltico fluidificado con kerosene.

Para la producción de las mezclas en frío es necesario calentar estos asfaltos diluidos a 90°C como mínimo.

b.- Emulsiones asfálticas

Como ya hemos hablado anteriormente de los asfaltos emulsionados, solo diremos que las emulsiones para la mezcla en frío más utilizadas son las del tipo CMS y CSS.

Debido a que los asfaltos diluidos necesitan de solventes de petróleo que finalmente serán evaporados en el proceso de cura desperdiciando dinero, energía, y lo que es peor aún contaminando enormemente el medio ambiente, vamos a tomar como **mejor alternativa** de ligante bituminoso a las emulsiones asfálticas.

Otro punto a favor de las emulsiones es que los agregados para la mezcla no necesitan estar secos, ya que la adición del agua en el mezclado es necesario.

2.- Agregado

Las mezclas en frío son preparadas con agregados triturados y arena. Existen mezclas en frío abiertos, semidensos, dependiendo de la granulometría adoptada y debiendo tener una granulometría continua. Teniendo en cuenta la graduación de la mezcla en frío; pueden ser clasificados de la siguiente manera:

a.- Mezcla en frío de Graduación Densa o Cerrados

Aquel en el cual los agregados poseen granulometría continua y con una cantidad suficiente de material fino para llenar los vacíos entre las partículas mayores.

b.- Mezcla en frío de Graduación Abierta

Aquel en el cual los agregados poseen una granulometría continua y una cantidad insuficiente de material fino para llenar los vacíos entre las partículas mayores.

En forma general las mezclas en frío para nivelamiento, refuerzo y base son con granulometría abierta, admitiéndose también los semi-densos.

Para capas de rodadura se usan las mezclas en frío de granulometría densos o cerrados. Los agregados en general deben ser limpios, duros, exentos de arcilla y presentar formas lo más cúbica posibles.

3.- DISEÑO DE MEZCLA

El diseño consiste en determinar el contenido de ligante necesario para el tipo de agregado seleccionado, éstas se calculan por fórmulas empíricas o procedimientos de laboratorio:

A continuación detallaremos los métodos más conocidos y utilizados:

a.- MÉTODO DE DURIEZ

Selección y preparación del agregado

Se selecciona la granulometría adecuada para el fin a que se destina la mezcla. Si hubiese material retenido en la malla de 1", se hará una sustitución de la fracción retenida en dicha malla por igual porcentaje de material pasando en la malla de 1" y retenido en la malla 3/4".

Determinación del contenido de Ligante

Según el profesor Duriez, la Superficie Específica (S.E.) de un agregado de una granulo-

tría determinada es dada por la fórmula siguiente:

$$SE (m^2/Kg) = 2.5 / (D*d)^{1/2}$$

Donde:

D y d (mm) = Diámetros de los elementos mayores y menores respectivamente.

Basado en esta fórmula experimental, el profesor Duriez estableció los siguientes valores:

Aridos G (3/4" – 3/8")	0.17 m ² /Kg
Aridos H (3/8" – N°4)	0.33 m ² /Kg
Aridos R (N°4 – N°50)	2.30 m ² /Kg
Aridos S (N°50 – N°200)	12.00 m ² /Kg
Aridos F (Pasado N°200)	135.00 m ² /Kg

Cuadro D.1

Donde la fórmula conocida bajo el nombre de "Fórmula Polinómica de Duriez" es como sigue:

$$S.E (m^2/Kg) = (0.17*G + 0.33*H + 2.30*R + 12.00*S + 135.00*F)/100$$

Determinación del Ligante (L%):

$$L = K * (S.E.)^{1/4}$$

Donde:

Módulo de Riqueza (K)	
3.75	Para concreto asfáltico
4.00 – 4.25	Para mezcla en frío

Cuadro D.2

b.- MÉTODO RECOMENDADO POR EL INSTITUTO DEL ASFALTO

Determina el porcentaje de asfalto a utilizarse en una mezcla asfáltica en frío. Propone la siguiente relación:

$$L = 0.035*A + 0.045*B + X*C + K$$

Donde:

L = % de asfalto con respecto al peso total de la mezcla.

A = % de agregado retenido en la malla N°10.

B = % de agregado pasa la malla N°10 y retenido en la malla N°200.

C = % de agregado pasa la malla N°200.

X	% de Material pasa la malla N°200
0.20	11 – 15%
0.18	6 – 10%
0.19	< 5%

Cuadro D.3

K	Tipo de Material y % de Absorción
Grava o arena de río o material redondeado de baja absorción	0.55
Grava angulosa, triturada de baja absorción	0.60
Grava angulosa o redondeada, de alta absorción o rocas triturada de absorción media	0.70
Rocas trituradas de alta absorción	0.80

Cuadro D.4

Esta fórmula se basa en los pesos específicos del agregado, comprendidos entre 2.65 a 2.75 Kg/cm².

Estos dos primeros métodos empíricos se recomiendan tan solo si no se tiene un equipo de laboratorio disponible.

c.- MÉTODO DEL AREA SUPERFICIAL

Corresponde al principio que el asfalto recubre la superficie del agregado.

Cálculo del Area Superficial (A.S.)

Forma original de la determinación del cálculo del área superficial (en comparación a la del Dr, Jiménez, en el Slurry Seal).

La determinación del A.S. esta en función del número de mallas utilizadas, generalmente se utilizan 8 mallas.

% Que Pasa el Tamiz ASTM	Factor de Tamiz
> N°4	0.41(m ² /Kg)
N°4	0.41
N°8	0.82
N°16	1.64
N°30	2.87
N°50	6.14
N°100	12.29
N°200	32.77

Cuadro D.5

Entonces:

$$\text{AS (m}^2/\text{Kg)} = \text{PROD. (\%Que Pasa * Factor)}$$

Cálculo del Índice Asfáltico (I.A.)

Se introduce el concepto de I.A. que proporciona la cantidad de asfalto que requiere cada Ft² de agregado. Este índice varia de 0.001 a 0.003 Lb. Asfalto/Ft² de agregado.

Para determinar este índice nos ayudaremos de la gráfica D.1

Cálculo del % de Asfalto

El porcentaje de asfalto se calcula de la siguiente manera:

$$\%L \text{ (/Lb. Agreg.)} = \text{A.S. * I.A. * 100}$$

4.- EQUIPO PARA PRODUCCIÓN DE MEZCLA EN FRÍO

La mezcla en frío puede ser producida con diversos equipos, dependiendo de la producción necesaria. Así por ejemplo, para la producción de mezcla en frío para

mantenimiento de pavimentos, donde el consumo es pequeño, se puede usar mezcladoras o concreteiras. En caso de obras de mayor envergadura, se usarán plantas de mayor producción, que por lo demás son equipos simples. Estas mezclas también pueden ser producidas en las plantas móviles.

Se realiza tres a cuatro mezclas con contenidos variados en torno al contenido teórico. La variación de los contenidos para cada mezcla será de 0.5% a 1% de emulsión.

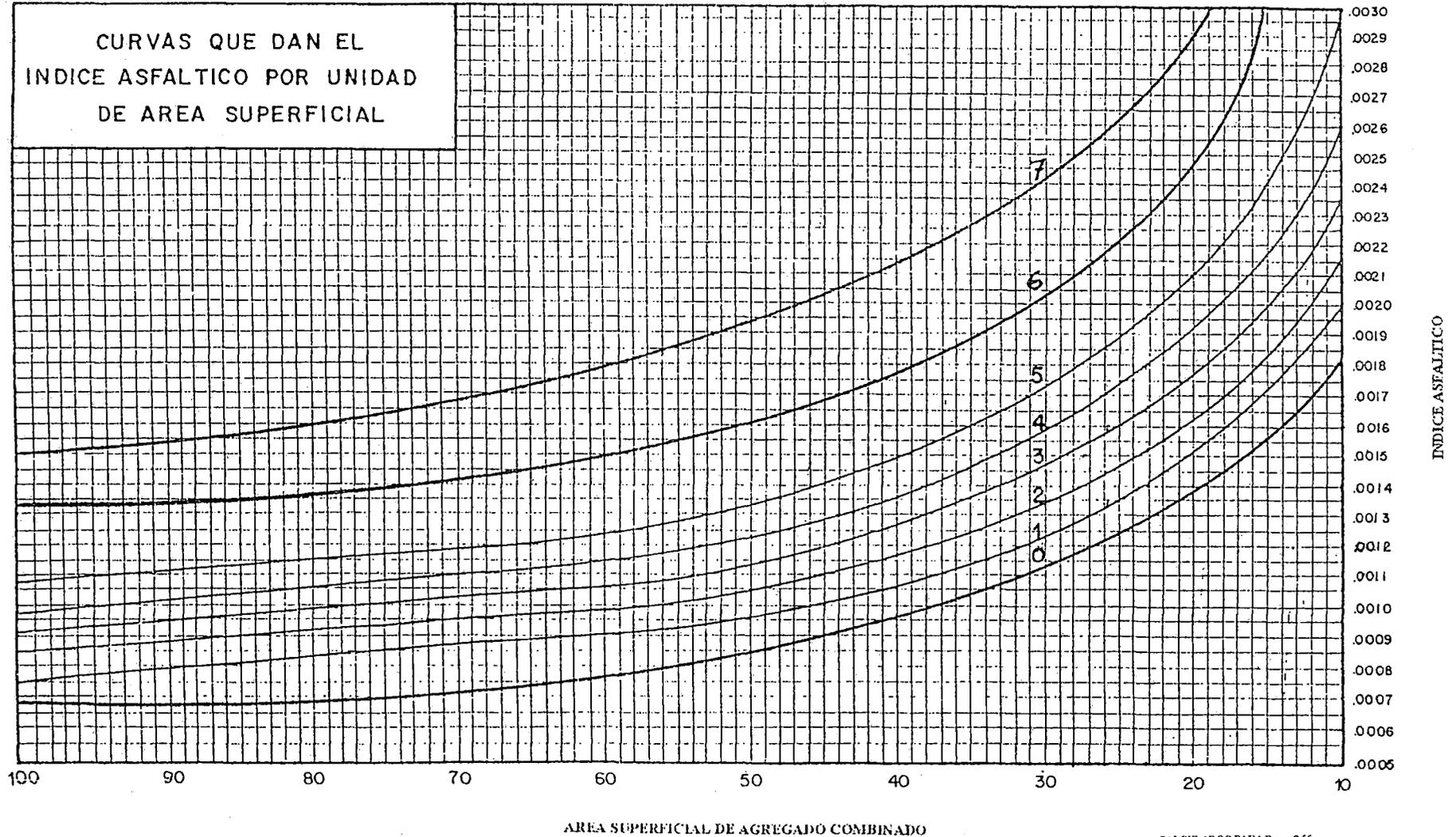
INSTRUCCIONES

Halle el Area Superficial de la muestra como se ha obtenido en las tablas en la línea inferior de este gráfico. Siga hacia arriba hasta encontrar la curva. De aquí siga hacia la derecha en la línea de este extremo se encuentra el Índice Asfáltico. Multiplíquese el Area Superficial por el Índice Asfáltico; el resultado dará el número de libras de Asfalto por libra de Agregado.

Enpléese las curvas de la manera siguiente:

- Para agregados duros y superficie lisa: Curva 1 ó 2
- Para partículas ásperas e irregulares: Curva 4 ó 5
- Para agregados de tipo ordinario: Curva 3

GRAFICO D.1



ANEXO E

MEZCLA EN CALIENTE

1.- DEFINICION

Una mezcla asfáltica es la combinación de asfalto y agregado en proporciones exactas, las cuales determinan las propiedades físicas de la mezcla.

Para secar los agregados y lograr la suficiente fluidez del asfalto, se usa el calor y por ello es que se conoce con la denominación de mezcla en caliente.

Estas mezclas para carpeta de rodadura son de calidad un poco inferior a las hechas de concreto asfáltico en caliente y se utilizan generalmente para conservación o mantenimiento de pavimentos o en caso de pequeños volúmenes que no justifican económicamente el traslado o movimiento de una planta.

2.- COMPONENTES DE LA MEZCLA

La mezcla asfáltica, como ya lo dijimos, están compuestas de dos materiales: asfalto y agregado bien graduado:

a.- Asfalto.

El asfalto es un aglomerante bituminoso, componente natural de la mayor parte de los crudos de petróleo, que varía ampliamente en consistencia, entre sólido y semisólido, a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se vuelve líquido, lo cual le permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de la mezcla asfáltica.

b.- Agregado.

El agregado es cualquier material mineral duro e inerte usado, en forma de partículas

graduadas o fragmentos. El agregado constituye entre el 90 y 95%, en peso, y entre el 75 y 85%, en volumen, de la mayoría de las carpetas asfálticas.

El comportamiento de un pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiado del agregado, debido a que el agregado mismo proporciona la mayoría de las características de capacidad portante.

3.- DISEÑO DE MEZCLA

Existen dos métodos de diseño comúnmente utilizados para determinar las proporciones apropiadas de asfalto y agregado en una mezcla. Ellos son el método Marshall y el método Hveem. Ambos métodos de diseño son ampliamente usados en el diseño de mezclas asfálticas. La selección y uso de cualquiera de estos métodos de diseño de mezcla es, principalmente, asunto de gustos en ingeniería, debido a que cada método contiene características y ventajas singulares. En el Perú, el método Marshall es mayormente usado debido a su menor complejidad en los ensayos a los cuales son sometidos las muestras.

Los agregados y el asfalto se combinan en una planta central de mezclado, en el cual todos los constitutivos son calentados y mezclados a temperaturas alrededor de los 150 – 175°C.

3.1.- CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA

Una muestra de mezcla preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. El análisis esta enfocado hacia cuatro características de la mezcla, y la influencia que estas pueden tener en el comportamiento de la mezcla.

a.- Densidad

La densidad esta definida como su peso unitario. Es esencial obtener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero.

b.- Vacios de Aire

Pequeños espacios de aire que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada. Es necesario que toda las mezclas densamente graduadas contengan cierto % de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico, y proporcionar espacios a donde pueda fluir el asfalto durante esta compactación adicional (% permitido esta entre 3 – 5%).

c.- Vacios en el Agregado Mineral

Los vacíos en el agregado mineral son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto. Estos vacíos representan el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto y el volumen de vacíos necesario en la mezcla. Cuanto mayor sea el vacío en el agregado, más espacio habrá disponible para las películas de asfalto.

d.- Contenido de Asfalto

El contenido total de asfalto es la cantidad de asfalto que debe ser adicionada a la mezcla para producir las cualidades deseadas en la mezcla. Este contenido total debe ser determinada exactamente en el laboratorio, y luego controlada con precisión en la obra. Esta depende, en gran parte, de las características del agregado, tales como la granulometría y la capacidad de absorción.

3.2.- MÉTODO MARSHALL

3.2.1.- Descripción General

Este método usa muestras normalizadas de prueba (briquetas de $e=2.5\text{plg}$ y $d=4\text{plg}$).

Una serie de briquetas, cada una con la misma combinación de agregados pero con diferente contenido de asfalto, es preparada usando un procedimiento específico para calentar, mezclar y compactar mezclas asfálticas.

3.2.2.- Objetivo

El objetivo del método Marshall es determinar el contenido óptimo de asfalto para una combinación específica de agregados. El método también provee información sobre propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, y establece densidades y contenidos óptimos de vacío que deben ser cumplidos durante la construcción del pavimento.

El método Marshall solo se aplica a mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación que usan cementos asfálticos clasificados por viscosidad o penetración y que contienen agregados con tamaños máximos de 1 plg. o menos.

3.2.3.- Preparación para efectuar los Procedimientos Marshall

Se debe determinar las cualidades (estabilidad, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento, etc.) que debe tener la mezcla de pavimentación, y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir esas cualidades.

Preparación del Agregado

La relación viscosidad-temperatura del cemento asfáltico que va a ser usado debe ser ya conocida para poder establecer las temperaturas de mezclado y compactación en el laboratorio. En consecuencia, los procedimientos preliminares se enfocan hacia el agregado, con el propósito de identificar exactamente sus características. Estos procedimientos son:

a.- Secado el agregado:

Los agregados deben estar libres de humedad (secado en horno), esto evita que la humedad afecte los resultados de los ensayos.

b.- Análisis granulométrico por Vía Húmeda.

Este es un procedimiento usado para identificar las proporciones de partículas de tamaño diferente en las muestras del agregado.

c.- Determinación del Peso Específico.

El peso específico de una muestra de agregado es determinado al comparar el peso de un volumen dado de agregado con el peso de un volumen igual de agua, a la misma temperatura.

Preparación de las Muestras de Ensayo

Las briquetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimentación son preparadas haciendo que cada uno contenga una ligera cantidad diferente de asfalto. La proporción de agregado en las mezclas esta formulada por los resultados de análisis granulométrico.

Las muestras son preparadas de la siguiente manera:

- a.- El asfalto y el agregado se calientan y mezclan completamente hasta que todas las partículas de agregado estén revestidas.
- b.- Las mezclas asfálticas calientes se colocan en los moldes pre-calentados Marshall como preparación para la compactación, en donde se usan el martillo Marshall.
- c.- Las briquetas son compactadas mediante golpes de martillo Marshall. El número de golpes del martillo (35, 50 o 75) depende de la cantidad de tránsito para la cual la mezcla estas siendo diseñada. Ambas caras de cada briqueta reciben el mismo número de golpe, Así, una briqueta de 35 golpes recibe, realmente, un total de 70 golpes.

3.2.4.- Procedimiento del ensayo

a.- Determinación del Peso Específico Total.

El peso específico total de cada probeta se determina tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esta medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad-vacíos.

b.- Ensayo de Estabilidad y Fluencia.

El ensayo de estabilidad esta dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mez-

cla. La fluencia mide la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla.

- Valor de estabilidad Marshall.

Es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla totalmente.

Debido a que la estabilidad Marshall indica la resistencia de una mezcla a la deformación, existe una tendencia a pensar que si un valor de estabilidad es buena, entonces un valor más alto será mucho mejor.

- Valor de fluencia Marshall.

La fluencia Marshall, medida en centésimas de pulgada, representa la deformación de la briqueta.

Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy alto de estabilidad Marshall son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas, y tienden a deformarse fácilmente bajo las cargas del tránsito.

c.- Análisis de densidad y vacíos.

Una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de probetas de prueba.

El propósito del análisis es determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada.

- Análisis de vacíos

Los vacíos son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas vestidas de asfalto. El porcentaje de asfalto se calcula a partir del peso específico total de cada probeta compactada y el peso específico teórico de la mezcla de pavimentación (sin vacíos).

- Análisis de vacíos en el agregado mineral (VMA)

Los VMA están definidos por el espacio intergranular de vacíos que se encuentra entre la partículas del agregado de la mezcla compactada, incluyendo los vacíos de aire y el

contenido efectivo de asfalto y se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla.

- Análisis de los vacíos llenos de asfalto (VFA)

Los vacíos llenos de asfalto, VFA, son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VMA) que se encuentran llenos de asfalto.

3.3.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL

Los resultados del ensayo Marshall son trazados en gráficas, para poder entender mejor las características particulares de cada briqueta usada en la serie. Mediante estas gráficas se puede determinar cual briqueta, de la serie, cumple mejor los criterios establecidos para el pavimento terminado. Las proporciones de asfalto y agregado en esta probeta se convierten en las proporciones usadas en la mezcla final.

La figura E.1 muestra seis gráficas de resultados de ensayo. Cada gráfica tiene trazado los resultados de las diferentes pruebas. Los valores de estos resultados están representados por puntos.

Estas gráficas también revelan ciertas tendencias en las relaciones entre el contenido de asfalto y las propiedades de la mezcla, las cuales deben tenerse en cuenta.

3.4.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO.

El COA (Contenido Optimo de Asfalto) en la mezcla final se determina a partir de los resultados descritos anteriormente. Primero, determine el contenido de asfalto para el cual el contenido de vacíos es de 4% (primer valor). Luego, determine el valor del contenido de asfalto para el máximo valor de estabilidad (segundo valor) y finalmente determine el contenido de asfalto para el máximo valor de peso específico (tercer valor). El COA se determina por un análisis estadístico de estos tres valores y luego se evalúan todas las demás propiedades para este contenido de asfalto, y se compara con los criterios de diseño del

ANALISIS GRAFICO PARA LOS RESULTADOS
DEL METODO MARSHAL

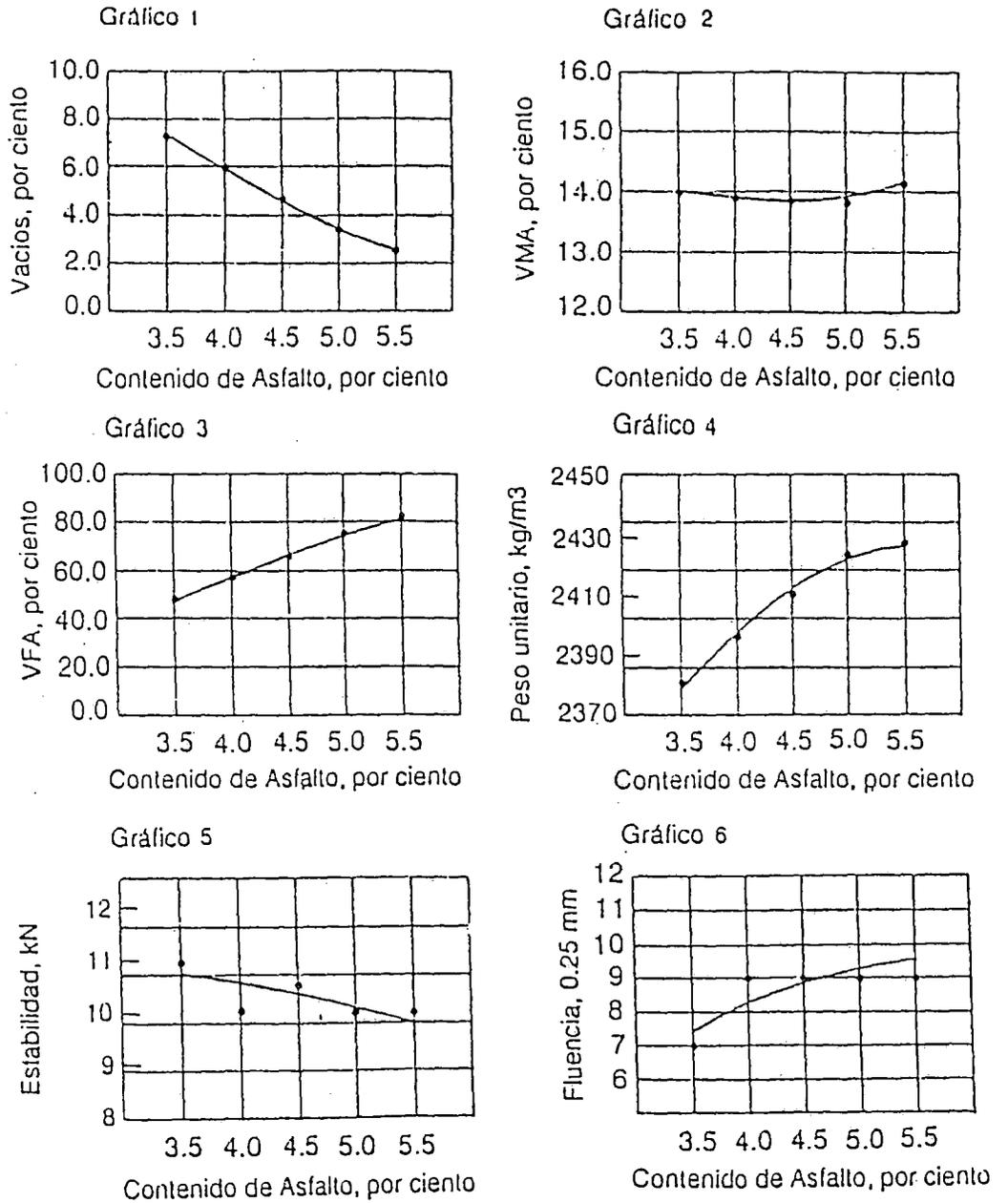


FIGURA E.1

cuadro E.1. Si cumplen todos los criterios, este es el contenido de diseño de asfalto. Si no se cumplen todos los criterios, será necesario hacer algunos ajustes.

CRITERIOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL DISEÑO MARSHALL

Criterios para mezcla del Método Marshall	Tránsito Liviano Carpeta y base		Tránsito Mediano Carpeta y base		Tránsito Pesado Carpeta y base	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Compactación, # golpes en cada cara de la briqueta.	35		50		75	
Estabilidad, (Lb.)	750		1200		1800	
Flujo, (0.01Plg.)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA)	ver siguiente gráfico					
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75
NOTAS						
1.- Clasificaciones del tránsito: Tránsito liviano : EAL de diseño < 104 Tránsito Mediano : EAL de diseño entre 104 – 106 Tránsito Pesado : EAL de diseño > 106						
2.- Los valores de fluencia se refieren al punto en donde la carga comienza a disminuir.						
3.- El VMA debe ser calculado con base en el peso específico total (ASTM) del agregado.						

Cuadro E.1

PORCENTAJE MÍNIMO DE VMA

Tamaño Máximo nominal ¹		VMA mínimo, %		
		Vacíos de diseño,% ²		
mm.	Plg.	3.0	4.0	5.0
1.18	Nº16	21.5	22.5	23.5
2.36	Nº8	19.0	20.0	21.0
4.75	Nº4	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8"	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2"	13.0	14.0	15.0
19.0	3/4"	12.0	13.0	14.0
25.0	1.0"	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5"	10.0	11.0	12.0
50	2.0"	9.5	10.5	11.5
63	2.5"	9.0	10.0	11.0

¹ El tamaño máximo nominal de partícula es un tamaño mas grande que el primer tamiz que retiene mas de 10% del material.

² Interpole el VMA mínimo para valores de vacíos de diseño que se encuentren entre los que están citados.

Cuadro E.2

ANEXO F

PLANOS DE LAS PRINCIPALES VIAS Y/O VIAS MAS DETERIORADAS EN LIMA Y CALLAO. (EVALUACIÓN VISUAL SUPERFICIAL)

A continuación se muestran los Planos de las Vías evaluadas, conteniendo vistas de las principales fallas observadas, su ubicación, severidad, magnitud, posibles causas y dando alternativas de solución para su rehabilitación.

Los planos se encuentran de la siguiente manera:

- P-01 Av. Próceres de la Independencia.
- P-02 Av. Universitaria.
- P-03 Av. Tupac Amaru.
- P-04 Av. Nicolás Ayllón.
- P-05 Av. Tacna - Av. Gracilazo de la Vega.
- P-06 Av. Abancay – Av. Manco Capac.
- P-07 Av. Miguel Grau.
- P-08 Av. Arica.
- P-09 Av. 28 de Julio.
- P-10 Av. Brasil.
- P-11 Av. Arequipa.
- P-12 Av. La Marina.
- P-13 Av. Argentina.
- P-14 Av. Republica de Panamá – Av. Contralmirante Mora.
- P-15 Av. Buenos Aires.