

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes métodos tradicionales para la rehabilitación de la superficie de la carpeta asfáltica que nos permiten tener una base de comparación para llegar a determinar unas de las mejores alternativas de conservación.

Para los pavimentos de aeropuertos es necesario precisar algunas particularidades en función de la magnitud de las cargas solicitantes y a la diversidad de soluciones estructurales y superficiales que se pueden dar, para las diferentes fallas que presenta el pavimento de un aeropuerto, en longitudes relativamente cortas y el uso que tiene una respectiva área de un aeropuerto.

El mantenimiento y la conservación forman parte del sistema de operaciones, en todo caso es el cambio físico en el área, este cambio físico puede significar conservar, reparar o reemplazar materiales.

Preservar es una actitud que está surgiendo en nuestro país, pero que no está debidamente afianzada. La tendencia a reemplazar lo viejo por algo nuevo parece ser más fuerte. La tarea del pasado era construir un sistema de carreteras, caminos y aeropuertos; la tarea de hoy es conservar este sistema adaptarlo a la necesidades de los usuarios.

En toda organización deben precisarse desde el punto de vista de conservación, nuevas construcciones y cambios o mejoramientos que puedan fusionarse, se establece los sistemas de un aeropuerto cuando el objetivo es la seguridad y también cuando el objetivo es la capacidad de los espacios aéreos, principalmente la pista así también, la plataforma, la terminal de pasajeros, el estacionamiento y las calles de rodaje. Una operación de mantenimiento no se realiza aisladamente, siempre trae a la par otros programas.

1.1 ANTECEDENTES DEL TEMA

La Administración Federal de Aviación (FAA), que es una Organización Norte Americana que se encarga de dar el permiso de espacio aéreo, la FAA mantiene normas aeroportuarias nacionales, ofrece consejo en lo que se concierne a la planificación , diseño y la construcción de Aeropuertos, certifica la operación de aeropuertos. Mediante la observación de estas normas, en nuestro medio AASANA adopta estas normas como requisito de seguridad de diseño y de mantenimiento para el funcionamiento aeroportuario. Aunque estas normas son aceptadas ampliamente su empleo no es obligatorio.

Los aeropuertos deben coordinarse escrupulosamente con la OACI, que es la Organización Internacional de Aviación Civil, que da la concesión o permiso de espacio aéreo, para asegurar su compatibilidad con el sistema aeroportuario y aeroespacial a nivel Internacional.

La FAA, ha adoptado recientemente el método de calcular y notificar la resistencia de los pavimentos de aeropuertos en función del peso bruto de la aeronave, para cada tipo de tren de aterrizaje.

El método de diseño introducido por la FAA es ciertamente un procedimiento relativamente sencillo en su aplicación basado en correlaciones empíricas, como la mayoría de los métodos existentes.

Una publicación reciente de la FAA permite realizar la evaluación visual de la superficie de un pavimento en aeropuerto, con el uso de la Norma ASTM D5340-98, la que fue desarrollada por el cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos.

1.2. JUSTIFICACIÓN

En un proyecto de aeropuerto es importante la búsqueda de los lugares apropiados para su construcción. Dichos probables lugares deben cumplir con requisitos de seguridad que exigen las operaciones aeronáuticas, es decir, que no existan en sus cercanías obstáculos

naturales o artificiales, que afecten a las operaciones aéreas. En los aeropuertos se emplean, como en las carreteras, tanto los pavimentos flexibles como los pavimentos rígidos.

A fin de evitar que los pavimentos de las aeropistas lleguen a deteriorarse, de tal forma que se pueda ponerse en peligro, no sólo por la seguridad de los aterrizajes de las aeronaves sino también la vida útil de todos los componentes de un aeropuerto, es necesario realizar acciones de conservación, tanto de mantenimiento rutinario como preventivo.

El propósito de este estudio es la conservación de los pavimentos en aeropuertos, como un conjunto de actividades cuyo fin es asegurar el funcionamiento a largo plazo de los pavimentos, también en brindar un servicio a la sociedad ya sea como vía de comunicación o comercio debiendo brindar seguridad y comodidad para la función que se quiere como el transporte aéreo principalmente en el descenso y ascenso donde se requiere imperiosamente las mejores condiciones para garantizar la integridad de las aeronaves.

Con la conservación se procura evitar la destrucción de partes de la estructura del pavimento de la aeropista, empleando algunas técnicas como rastreos, bacheos, reparación de zonas inestables.

Nuestro estudio permitirá tener los elementos necesarios para que los proyectistas del mantenimiento de pavimentos aeroportuarios puedan establecer una planificación adecuada de su conservación.

En un proyecto de envergadura y requisitos de seguridad técnica como el de un aeropuerto, es importante la búsqueda de alternativas de mejoramiento para así cumplir los requisitos operacionales de la superficie de la aeropista evitando su progresivo deterioro logrando así prolongar la vida útil del mismo.

La importancia de nuestro estudio de conservación de pavimentos en aeropistas surge de una necesidad a ser satisfecha lo más necesario posible, ya que un pavimento de un aeropista al igual que cualquier estructura u obra ingenieril, tiene una vida útil, además de que necesita de conservación y mantenimiento determinado de ese modo si el pavimento

podrá ser rehabilitado en su defecto o a ser reemplazado en su totalidad para seguir brindando eficazmente sus servicios previendo de su conservación y su continuidad.

El incursionar en estos trabajos es muy importante puesto que en nuestra región no se cuenta con una planificación de mantenimiento o de conservación del pavimento del aeropuerto internacional “Cap. Oriel Lea Plaza”, con el estudio de este trabajo se pretenderá hacer un aporte al Departamento de Tarija proporcionando la información para que la entidad responsable del mantenimiento y operación del aeropuerto realicen trabajos de refuerzo de la carpeta asfáltica de la pista de aterrizaje.

Es necesario con este estudio que nuestras aeropistas estén prestas a cumplir con las exigencias que éstas realicen para ello se necesita hacer un estudio para su conservación de los pavimentos en los aeropistas, para ver en las condiciones en la que se encuentran, el desgaste que sufren, el mantenimiento a aplicar y buscar su pronta rehabilitación para seguir cumpliendo con su servicio.

1.3. OJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- El presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar las metodologías para la conservación de los pavimentos en aeropuertos, de manera que las condiciones de seguridad sean mejores y adecuadas en el aeropuerto.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Estudiar los pavimentos de aeropuertos a través de diferentes tecnologías para tener un buen uso de recursos destinado al mantenimiento y conservación de las aeropistas.

- Con el estudio de conservación de pavimentos se podrá determinar el tipo de fallas, deterioros y fisuraciones en los pavimentos de las aeropistas y las causas que la producen.
- Lo que se quiere con el estudio es orientar como se puede realizar una conservación acorde a los tipos de pavimentos existentes en las aeropistas de nuestro medio.
- Al realizar el estudio de conservación y mantenimiento se podrá dar las posibles soluciones aplicables a los pavimentos ya sean pavimentos rígidos o pavimentos flexibles.
- Al estudiar la conservación de los pavimentos procuraremos, específicamente, evitar la destrucción de partes de la estructura de los aeropistas y la necesidad de una posterior rehabilitación o reconstrucción.
- Mediante este estudio de la conservación de pavimentos en aeropuertos podremos evitar, al máximo posible, la pérdida innecesaria del capital ya invertido, mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie de la aeropista.

1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO

Es muy importante tener el conocimiento teórico respecto a las características de los aeropuertos, para ello se hará una fundamentación teórica, recolectando toda la información existente en el aeropuerto, considerando los diferentes tipos de desgaste que se presenten en los pavimentos flexibles se llegará a determinar el tipo de conservación a utilizar en el presente trabajo de tesis.

Se llegará a conocer las condiciones en la que se encuentra el aeropuerto Cap. “Oriel Lea Plaza” de la ciudad de Tarija considerando como factores importantes la funcionalidad de la pista desde el punto de vista operacional que se traducen en pérdidas económicas y materiales de consideración como costos de mantenimiento y conservación, siendo las

actividades de conservación periódicas, es decir deben ser repetidas cada cierto tiempo para así restablecer las características superficiales de los pavimentos.

Se pretende buscar las alternativas más convenientes para dar una solución desde el punto de vista técnico y económico garantizándonos el buen funcionamiento de la pista así como contar con la información necesaria como la cantidad de vuelos nacionales como internacionales, la capacidad de las aeronaves, sus dimensiones y peso son factores de mucha importancia que se toman en cuenta para poder determinar la clasificación del aeropuerto teniendo presentes las características del aeródromo. El requerimiento de información adecuada posibilita prever el trabajo de mantenimiento sobre la superficie de la aeropista.

Se hará un análisis de diferentes métodos de diseño de pavimentos de aeropuertos de forma que se tome en cuenta el método mas conveniente para las condiciones del aeropuerto de nuestra ciudad, de esta forma en el presente estudio se presenta una descripción detallada de los procedimientos y criterios vigentes que la FAA: de los Estados Unidos han considerado seguir.

Para mejorar las condiciones de la pista realizaremos una evaluación visual del estado superficial del pavimento, en base a los catálogos de fallas presentada por la norma ASTM D 5340-98, ya sea para pavimentos flexibles y rígidos.

Será necesario contar con todo la información detallada y la apreciación técnica de las características del pavimento existente antes de considerarla aplicación de un método de conservación y que este resulte adecuado para el tipo de aeronaves que se utiliza en la misma.

Se realizará un análisis de costos según el tipo de conservación que se utilizara, en este estudio nos basaremos a un recapado del pavimento flexible de nuestro Aeropuerto “Cap. Oriel Lea Plaza” vs. a un mantenimiento del pavimento flexible.

1.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

1.5.1. Índices Representativos

Una vez recogida la información de la pista, es preciso tratarla de forma que esa gran cantidad de datos se puedan manejar con facilidad. Con este propósito surgen los índices, cuyo fin es representar el estado de una zona de la plataforma.

Antes de elaborar un índice, hay que definir su ámbito de aplicación, por lo tanto los índices se confeccionan en función del objetivo que vayan a cumplir.

1.5.2. Base de Datos

Se trata de hacer un diseño racional de la forma en que se van a almacenar los datos, de cómo se actualizarán. Para realizar esta labor es necesario conocer perfectamente las causas y las peculiaridades de cada red. También es necesario recapitular sobre los objetivos a conseguir, los medios disponibles y como obtener el máximo aprovechamiento.

1.5.3. Plan Maestro

El Plan Maestro es un documento gráfico y escrito que indica, pensando de antemano como será el complejo, organización, corporación, institución, empresa industria, fábrica, a 10,15 o 20 años posteriores.

En el caso de que no se haya realizado un estudio del plan maestro completo para un aeropuerto existente o futuro, realizar tal estudio puede servir para planear una mejora de dicho aeropuerto. El plan maestro presenta la concepción de planificador del desarrollo completo de un aeropuerto específico junto con los aspectos de prioridad, el plan maestro debe evaluarse periódicamente para conservar su validez.

CAPÍTULO II

ELEMENTOS QUE FORMAN PARTE DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AEROPUERTOS

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS

Los pavimentos para aeropuertos al igual que los destinados para carreteras deben poseer unas características funcionales que corresponden a la relacionada con la capa de rodadura y que afectan directamente a los usuarios.

Los pavimentos aeroportuarios se construyen para soportar las cargas impuestas por el avión que use el aeropuerto y producir una superficie suave y adecuada para cualquier condición meteorológica.

2.1.1. Estructural

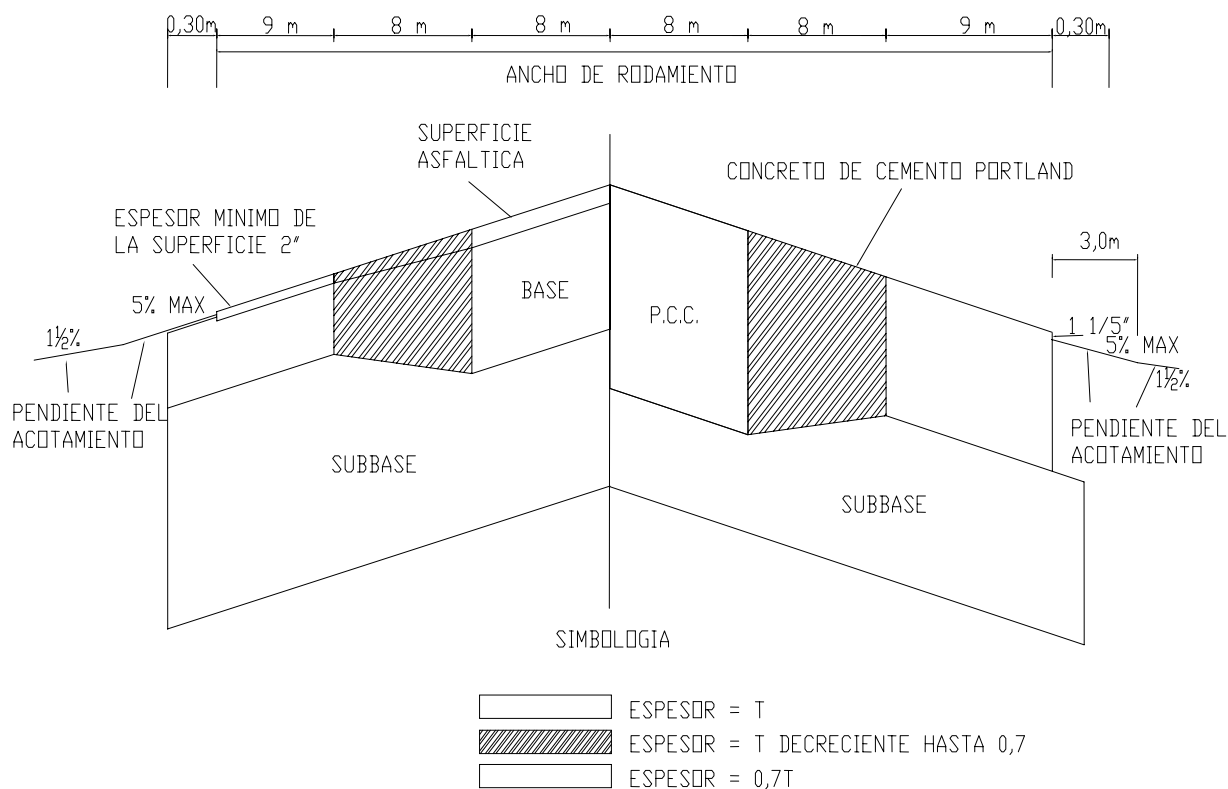
Las características del tipo estructural están relacionadas específicamente con los materiales y sus características mecánicas, empleados en las capas del firme con sus respectivos espesores. La diferencia que existe entre las capas estructurales, genera diferencia de formabilidad dando lugar a discontinuidades en las tensiones o en las deformaciones en los planos de contacto, por ello el proyecto de una capa ha de armonizarse con el de las restantes a fin de conseguir un buen funcionamiento estructural en conjunto.

El manual de pavimentos para aeropuertos nos define las partes de un pavimento flexible:

Subrasante: Es el cimiento del pavimento aeroportuario. Su capacidad de soporte afecta el espesor necesario en pavimentos flexibles y rígidos. La profundidad de penetración y la influencia de las condiciones de drenaje pueden afectar el valor de soporte de la subrasante. Por medio de la nivelación selectiva, puede ser económico reemplazar el material de inferior calidad de la subrasante con material superior, así como reducir los requisitos de espesor de la sub-base. Las subrasantes deben compactarse escrupulosamente para proporcionar la más alta capacidad de soporte posible.

Sub-base: Es un material granulado colocado sobre la subrasante compactada, usualmente se la necesita bajo pavimentos flexibles o rígidos, excepto para los mejores grupos de suelos.

**FIG N° 2.1 SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA DE
AEROPUERTOS**



Fuente: Manual del Ingeniero Civil Tomo III

Las áreas críticas: Son las que requieren pavimento más grueso, incluyen los extremos de la pista, todos los rodajes y las plataformas. Éstas son las áreas sujetas a las más diversas cargas por parte de los aviones. El espesor del pavimento en áreas no críticas puede reducirse respecto del espesor del mismo en las áreas que sí lo son.

2.1.2. Funcional

Desde el punto de vista funcional los pavimentos deben poseer determinadas características, que corresponden prácticamente a la superficie del pavimento o capa de rodadura y que afectan especialmente a los usuarios. Entre las características funcionales pueden citarse:

- I. La resistencia al deslizamiento obtenida a través de una adecuada textura superficial, adaptada a las velocidades previstas de circulación y cuya influencia en la seguridad de la pista es decisiva.
- II. La regularidad superficial del pavimento, tanto transversal como longitudinal, que afecta a la comodidad de los usuarios en mayor o menor medida en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- III. El ruido de rodadura, tanto en el interior de las aeronaves como en el exterior es decir el entorno debe ser indiferente.
- IV. Las propiedades de reflexiones luminosas, tan importantes para la operación nocturna y para el aprovechamiento adecuado de las instalaciones de iluminación.
- V. El desagüe superficial rápido para evitar el espesor de la película de agua reduciendo así el riesgo de hidroplaneo.

2.2. CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES DE AEROPUERTOS

Las características superficiales de los pavimentos no están directamente relacionadas con la resistencia estructural del firme (paquete estructural), sino que dependen de la naturaleza y el acabado de la capa de rodadura cuadro 2.1. Su importancia deriva de la influencia que tienen en la funcionalidad de la aeropista, estas características superficiales son en realidad las únicas que interesan al usuario ya que de ellas dependen en gran medida la seguridad y la comodidad de circulación.

CUADRO 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA DE RODADURA



En el Cuadro 2.2 se indica la influencia de las principales características funcionales de los pavimentos en la seguridad y comodidad de los usuarios del aeropuerto.

CUADRO 2.2. RELACIÓN ENTRE LAS EXIGENCIAS DE LOS PAVIMENTOS Y LOS FACTORES DE INFLUENCIA

		EXIGENCIAS				
		SEGURIDAD	COMODIDAD	ENTORNO	ECONOMÍA	
FACTORES DE INFLUENCIA	Adherencia		●	○	○	○
	Regularidad	Longitudinal	◐	●	○	◑
		Transversal	◑	◐	○	○
	Resistencia a la rodadura		○	○	○	◑
	Ruido de contacto Neumático-pavimento		○	◑	●	○
	Características reflectantes		◐	◐	○	◑

●	◑	◐	◐	○
Gran influencia	Influencia notable	Influencia moderada	Influencia débil	Influencia nula

Fuente: Ingeniería de Carreteras

Autor: Carlos Kraemer

Entre las características y las propiedades que se consideran más importantes están las siguientes:

2.2.1. Rugosidad Superficial

La rugosidad de una pista es una característica por la cual se puede definir como la presencia de asperezas, arrugas o desigualdades de la superficie del pavimento. Los costos de operación son relacionados a la rugosidad, por tanto muchos análisis económicos relacionados al ciclo de rehabilitación como un requerimiento de conservación pueden ser objetivamente evaluados si se dispone de la medida de la rugosidad de la superficie de pavimento.

El principal efecto se produce por disminuir la acción del frenado por la pérdida de adherencia entre neumático y pavimento en condiciones meteorológicas adversas.

2.2.2. Resistencia al Deslizamiento

La adherencia neumático-calzada es un fenómeno muy complejo en el que intervienen numerosas variables que están en gran medida interrelacionadas y dependen de los factores esenciales, como las características de la aeronave, el neumático, el pavimento, así también los factores externos. Este defecto debe evitarse con el control de la cantidad de asfalto en el riego de liga ya que por acción de las cargas este asfalto se bombea hacia la superficie de rodamiento provocando así una superficie lisa ocasionando que las aeronaves derrapen con facilidad.

2.2.3. Lisura

Esta característica está relacionada con el grado de uniformidad del perfil longitudinal del pavimento.

2.2.4. Textura

Está propiamente relacionada con la determinación del espesor medio de los vacíos que conforman la macro textura, esta propiedad indispensable para la seguridad en el mantenimiento de los rodados de las aeronaves en contacto con el pavimento, particularmente en oportunidad de su aterrizaje en superficie mojada, con riesgo del efecto del hidroneo.

2.2.4.1. Macrotextura

La macrotextura depende del tamaño máximo del árido y de la composición de la mezcla, riego o lechada bituminosa, la degradación de la superficie tales como grietas o pérdida de áridos contribuyen al aumento de rugosidad obteniendo una adecuada resistencia al deslizamiento en caso de pavimento mojado, la rugosidad permite restablecer el contacto con adherencia a alta velocidad.

2.2.4.2. Microtextura

También definida como aspereza depende de la textura superficial de los áridos y del mortero bituminoso. Es muy importante para la adherencia entre neumático y pavimento y

por tanto para la resistencia al deslizamiento en todas las circunstancias influye en el despegue y en el aterrizaje, las irregularidades de este tipo son en todo caso necesarias.

2.2.5. Regularidad superficial

La regularidad incide en la comodidad de los usuarios y en los costos de operación de las aeronaves, la regularidad proporciona información sobre el estado en el que se encuentran los pavimentos. Para ello es necesario conocer cómo ha evolucionado a lo largo del tiempo. Las irregularidades superficiales se deben a las diferencias verticales que existen entre la superficie teórica del pavimento y su superficie real, dentro de un determinado campo de dimensiones.

2.2.6. Permeabilidad

Otro aspecto importante del pavimento de aeropuertos es la permeabilidad que debe tener este de manera que en lo posible no exista agua en la superficie del pavimento debido a lo peligroso de las operaciones de aterrizaje y despegue en superficies húmedas, esto significa que los pavimentos tengan que reducir al máximo la presencia de agua en la superficie para ello se establecen dos mecanismos:

- I. Por una parte las características geométricas tanto de pista, como de calles de rodaje y plataforma en cuanto a pendientes longitudinales y transversales debiendo éstas permitir el escurrimiento superficial rápido de manera que no se tenga agua superficialmente.
- II. Otro aspecto que ayuda a la permeabilidad son las características de la mezcla asfáltica o mezcla de hormigón, tratando de hacer que sean más porosas que las mezclas normales de manera que cualquier agua superficial sea absorbida y escurrida por las mezclas porosas del pavimento.
- III. En algunos aeropuertos se complica más el tema de la permeabilidad cuando existen heladas ya que la capa superficial húmeda se congela formando una costra de hielo sobre la cual no se puede realizar ninguna operación de despegue o aterrizaje.

2.2.7. Drenabilidad

La calidad de drenaje es medida por el espacio y tiempo que transcurre para que el agua sea evacuada de la base y sub-base y dependen de la permeabilidad. El porcentaje de tiempo durante el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación depende de la precipitación media anual y las condiciones de drenaje predominantes.

La planeación del drenaje de un aeropuerto debe estudiarse de un modo global, tanto un sistema de drenaje exterior e interior puesto que ambas tienen la misma importancia.

2.2.8. Ruido de Rodadura

La creciente exigencia por parte del usuario ha obligado a innovar el uso de materiales no tradicionales en la construcción de los pavimentos, como uno de los objetivos primordiales es la disminución del ruido y obtener un pavimento silencioso con capacidad de absorción acústica.

En el ruido producido por la rodadura el componente fundamental está producido por el impacto del neumático sobre el pavimento y tiene su origen en las vibraciones radiales del neumático y en las vibraciones del aire confinado entre el pavimento y el neumático. La emisión de este ruido de rodadura depende del diseño y la composición del neumático y de la textura del pavimento.

2.2.9. Absorción Acústica

La percepción de los ruidos emitidos por una aeronave en circulación está relacionada en gran medida por las características de absorción acústica del pavimento. Esta absorción depende del contenido de huecos, de su forma, de la comunicación entre ellos y del espesor de la capa. Las superficies densas no absorben las ondas sonoras sino que las reflejan en su práctica totalidad; en estas superficies la absorción acústica y el grado de reflexión en una dirección dada dependen de la frecuencia.

2.2.10. Grado de Penetración y Oxidación del Asfalto

Las propiedades geológicas del pavimento tienen que ver con el efecto de oxidación que incide en el envejecimiento y rigidez de la carpeta asfáltica. El grado de penetración y oxidación es ocasionado por el fisuramiento de tipo termal.

2.2.11. Resistencia al Ataque de Aceites y Combustibles

Los efectos que ocasionan el derrame de combustible sobre la carpeta asfáltica, son considerados generalmente en las áreas de suministro de los mismos y en los sectores de puesta en marcha o parada de motores, es decir en las zonas de estacionamiento y de espera. Los asfaltos y los agregados que se requieren para la formación del conglomerado a utilizar deben tener la suficiente resistencia a los combustibles empleados en las aeronaves de reacción, ya que éstos pueden afectar a los pavimentos porque a diferencia de los combustibles normales el jet fuel se evapora muy lentamente, estos combustibles ablandan los pavimentos de betún asfáltico, permaneciendo en el mismo estado largo tiempo, es verdad que esto ocurre en pavimentos recién construidos por la falta de compacidad, y prueba de ello es que los mismos pavimentos resisten perfectamente a combustibles poco volátiles si se les deja secar durante seis meses.

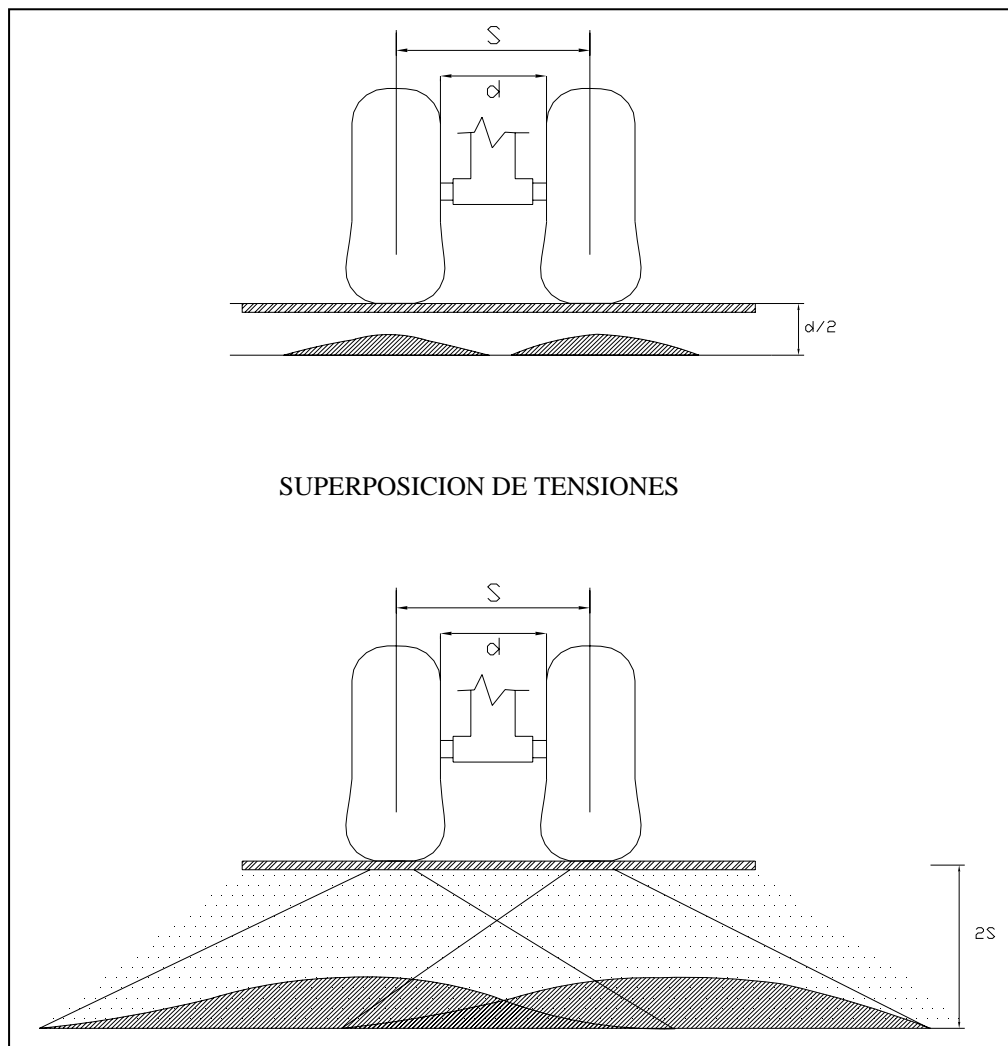
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA AERONAVE QUE AFECTAN A LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

Las características de las aeronaves que afectan a la superficie de los pavimentos, tienen que ver fundamentalmente con el peso de la aeronave y con la frecuencia de vuelos con la carga de diseño.

Las cargas de los aviones se transmiten al pavimento a través del tren de aterrizaje de ruedas gemelas que normalmente consta de dos patas principales y una auxiliar, estando esta última cerca de la proa. La parte de la carga impuesta se distribuye alrededor de un 10% en la pata auxiliar, por lo tanto cada pata principal soporta una carga de 45%.

La carga que soporta cada pata se transmite al pavimento por una o varias ruedas provistas de neumáticos de caucho. En los trenes de aterrizaje de las aeronaves actualmente en servicio, se usan generalmente los siguientes sistemas de patas principales:

FIG. N° 2.2 IFLUENCIA DE TENSIONES DEL TREN DE ATERRIZAJE



Fuente: Aeropuertos López Pedraza

Para fines de proyecto y evaluación del pavimento, son importantes los siguientes espacios entre ruedas, por lo que se indican a continuación:

d = Distancia interior entre las huellas de los neumáticos de ruedas gemelas.

S = Distancia entre centros de figura de las huellas de neumáticos de ruedas gemelas.

S_D = Distancia entre centros de figura de las huellas de las ruedas diagonales, que viene dada por la fórmula. (tren de cuatro ruedas)

$$S_D = \sqrt{(S^2 + S_T^2)}$$

S_T = Distancia entre ejes de bogie.

2.3.1. Cargas de la Aeronave

Es un factor de mucha influencia porque de esta dependen las operaciones y por consiguiente la longitud de pista, las cargas serán tomadas en el momento del diseño de la longitud y la capacidad de la pista de aterrizaje o despegue.

2.3.2. Carga Bruta

Carga de la aeronave vacía, esto es sin carga de combustible y sin carga útil, esta varía de acuerdo al modelo del avión y para fines de diseño debe considerarse la carga del avión crítica.

2.3.3. Carga de Combustible

Es también importante porque tiene un valor significativo, en algunos casos alcanza el 30% de la carga total. Esta carga depende de la operación de vuelo, de la capacidad de la aeronave.

2.3.4. Carga Útil

Es la carga de la mercancía y pasajeros que puede absorber la aeronave más crítica.

2.3.5. Características del Tren de Aterrizaje

Los trenes de aterrizaje tienen una rueda o un conjunto de rodaje de proa, y un par o dos de elementos principales centrales con una sola rueda o bien con ruedas gemelas en tándem o en conjunto de ruedas múltiples.

La repartición de las cargas entre las diferentes partes del tren dependerá de la posición del centro de gravedad del avión y la distribución de las diferentes ruedas dentro de cada elemento estará en función de las características de frenado, viraje, inflado de neumáticos.

2.3.6. Características del Neumático

Los neumáticos son los que están en contacto con el pavimento produciendo una huella de forma distinta por cada tipo de neumático, en función de la presión de inflado, carga por rueda, velocidad y estado de la superficie. Cuando la aeronave está en movimiento además de variar la forma de la huella, aparecen solicitaciones distintas de las cargas verticales, que son las que existen cuando el avión está parado o con movimiento uniforme.

Para simplificar y a efectos solo de cálculo, la aplicación efectiva de un neumático sobre el pavimento puede admitirse equivalente a un área circular uniformemente cargada con una presión vertical superior a la estática de contacto con un determinado porcentaje.

2.3.6.1. Presión de Inflado

La construcción aeronáutica ante el problema del constante aumento del peso total de los aparatos debe decidir o aumentar la presión de inflado de los neumáticos o las dimensiones de las ruedas o, finalmente incrementar el número de ruedas. Esta última solución es la que se acepta con mayor frecuencia. Los servicios de Aeropuertos pretenden que haya un reparto de cargas que evite la crecida necesaria del espesor de las pistas de vuelo, además los neumáticos inflados a alta presión perjudican de forma acusada los revestimientos (efecto de punzonamiento), y las ruedas de gran tamaño suponen problemas de inercia muy delicados (rotación efectos de tren de aterrizaje).

La tabla que incluimos a continuación da las principales características de los trenes de aterrizaje de algunos aviones comerciales en uso o que aparecen en el mercado a la fecha.

TABLA N° 2.1 CATEGORÍAS DE PRESIÓN MÁXIMA PARA TREN DE ATERRIZAJE CON RUEDAS GEMELAS

Tipo de Aparato	Peso (t)	Presión (Kg/cm ²)	S (cm)	N
BOING-727	36,20	11,60	86	2
L-500	23,30	10,55	92,5	12
DC-4	14,90	4,60	66	2

Fuente: Manual de Aeródromos

S: Distancia de separación entre ruedas gemelas.

N: Número de ejes gemelos del tren de aterrizaje principal.

2.4. CARACTERÍSTICAS DEL NEUMÁTICO PARA CON EL PAVIMENTO

2.4.1 Adherencia Del Neumático Al Pavimento

La característica funcional del firme quizás más importante desde el punto de vista de la seguridad es la adherencia del neumático de las aeronaves en el pavimento. El riesgo de deslizamiento en tiempo de lluvia es algo que hay que evitar para reducir, en la medida de lo posible, los accidentes.

Conseguir que haya suficiente adherencia del neumático al pavimento tiene una doble finalidad:

- Lograr una longitud de parada lo menos posible cuando se frena.
- Permitir que la aeronave conserve en todo momento la trayectoria que quiere el piloto.

A estos dos objetivos responden los dos tipos de adherencia, longitudinal y transversal, caracterizados por sus respectivos coeficientes de rozamiento. Un alto coeficiente de rozamiento longitudinal permitirá reducir la distancia de parada cuando se frene. El coeficiente de rozamiento transversal entra en funcionamiento en las curvas y en caso de derrape.

2.4.2. Influencia de la Micro textura y la Macro textura en Adherencia

Las características de la superficie de pavimento que contribuyen a la resistencia al deslizamiento son las pequeñas irregularidades superficiales correspondientes a las denominadas micro textura y macro textura.

Dentro de la textura se distinguen la micro textura, la macro textura y la mega textura, de acuerdo con las longitudes de onda y amplitudes que se reflejan en la Tabla 2.2.

La interacción aeronave-pista da lugar a que estas irregularidades superficiales influyan en mayor o menor grado en determinadas características superficiales que afectan al usuario.

Fig. 2.3.

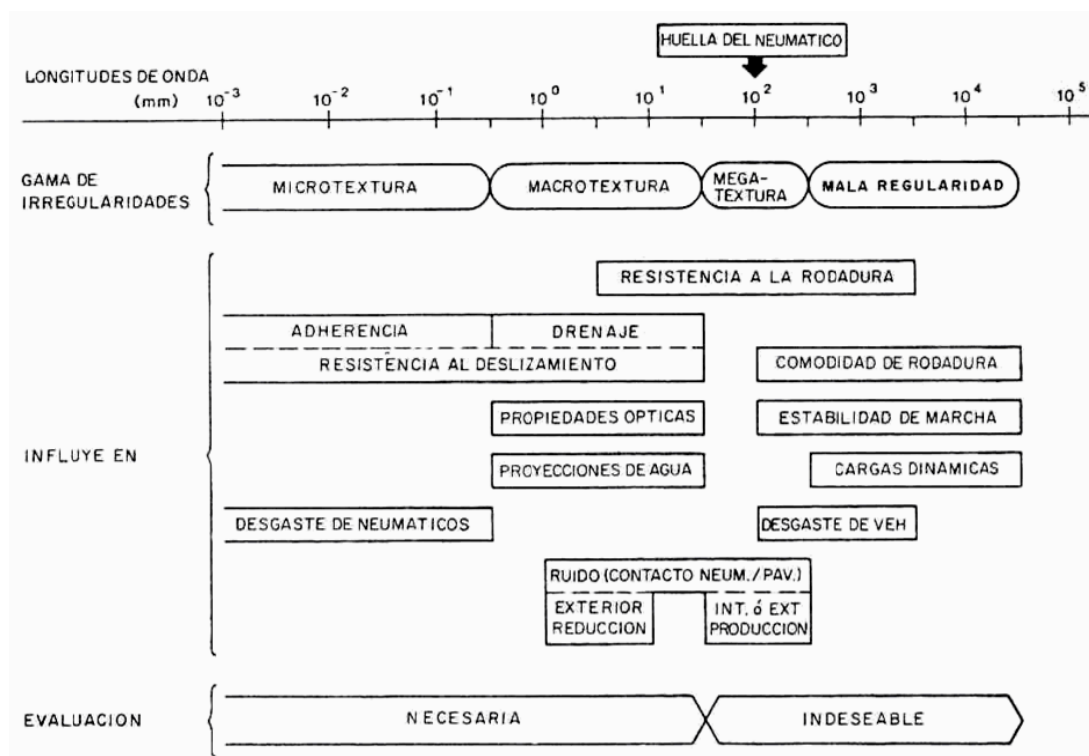
**TABLA N° 2.2 LONGITUDES DE ONDA Y AMPLITUDES
CORRESPONDIENTES A LAS DISTINTAS CLASES DE TEXTURA**

Clase de textura		Longitud de onda, λ (horizontal)	Amplitud, A (vertical)
Microtextura		0 – 0,5mm.	0,0 – 0,2mm.
Macrotextura		0,5 – 50 mm. (5cm.)	0,2 – 10mm. (1cm.)
Megatextura		50 – 500mm. (50cm.)	1 – 50mm. (5cm.)
Regularidad Superficial	Ondas Cortas	0,5 – 5 m.	1 – 20 mm.
	Ondas Medias	5 – 15 m.	5 – 50 mm.
	Ondas Largas	15 – 50 m.	10 – 200 mm.

Fuente: Ingeniería de Carreteras

Autor: Carlos Kraemer

FIG. 2.3. INFLUENCIA DE LA MICROTEXTURA, MACROTEXTURA Y MEGATEXTURA EN LAS REGULARIDADES SUPERFICIALES




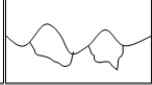
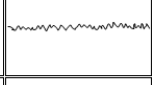

Fuente: Ingeniería de Carreteras

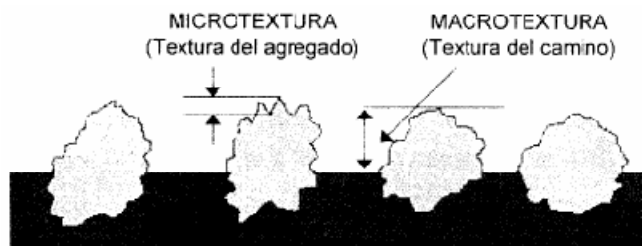
Autor: Carlos Kraemer

2.4.2.1 La micro textura o aspereza depende de la textura superficial de los áridos y del mortero bituminoso. Es importante para la adherencia entre neumático y pavimento y por tanto para la resistencia al deslizamiento en todas las circunstancias. Influye en el desgaste de los neumáticos y algo en el ruido en las altas frecuencias del espectro acústico. En todo caso, las irregularidades de este tipo son siempre necesarias.

2.4.2.2 La macro textura o rugosidad depende del tamaño máximo del árido y de la composición de la mezcla, riego o lechada bituminosas o del tratamiento de superficie. Degradaciones tales como grietas o pérdida de gravillas sólo contribuyen cuando existe gran densidad. La macro textura es necesaria para una adecuada resistencia al deslizamiento con pavimento mojado.

FIG. 2.4. MICROTEXTURA Y MACROTEXTURA

	SUPERFICIE DE LA CARRETERA	MACROTEXTURA	MICROTEXTURA
A		GRUESA	ÁSPERA
B		GRUESA	PULIDA
C		FINA	ÁSPERA
D		FINA	PULIDA



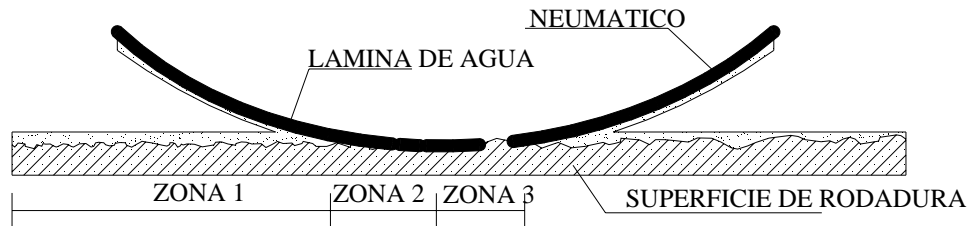
Fuente: Instituto Mexicano del Transporte (publicación n° 170)

Autor: Diana Berenice López

En la figura siguiente se representan esquemáticamente las condiciones de contacto existentes entre el neumático y un firme mojado.

FIG. 2.5. ZONAS DE INTERACCIÓN NEUMÁTICO – PAVIMENTO

- ZONA 1.- LAMINA CONTINUA: NO HAY CONTACTO SIN SUPERFICIE MACROTEXTURA
 ZONA 2.- LAMINA DISCONTINUA: CONTACTO PARCIAL Y DRENAJE POR ACROTEXTURA
 ZONA 3.- CONTACTO CON ADHERENCIA



Fuente: Ingeniería de Carreteras

Autor: Carlos Kraemer

Zona 1: Película de Agua Continua

Zona 2: Película de Agua Discontinua

Zona 3: Película de Agua en Seco

La interacción entre ambos puede dividirse en 3 zonas.

En la primera zona, existe una película de agua continua que impide el contacto.

En la segunda zona, se ha logrado evacuar la mayor parte del agua, quedando una película discontinua atravesada por algunas asperezas del pavimento, pero no por todas.

En la tercera zona, se ha desplazado la película de agua y existe un contacto prácticamente en seco entre el neumático y el pavimento, aunque queda siempre un resto de agua imposible de suprimir hasta que deje de llover y se evapore. Para que esta 3ª zona tenga una dimensión suficiente, hay que eliminar el agua en el acto; por lo que se necesita una capacidad de evacuación mayor de la que proporciona el dibujo del neumático, lo que se consigue con una macro textura suficientemente gruesa.

En la zona 3, y en menor parte en la zona 2, las asperezas de la micro textura consiguen atravesar la película de agua y producir puntos de contacto “en seco”, contribuyendo así a la resistencia al deslizamiento. Al aumentar la velocidad del vehículo o el espesor de la película de agua, se reduce la zona 3, aumenta la 1 y se disminuye la adherencia.

De este modo lo adecuado es tener una micro textura áspera y además una macro textura rugosa (Fig. 2.5), siempre que el ruido de rodadura sea moderado.

La macro textura tiene una pequeña influencia negativa en el consumo de combustible al aumentar la resistencia a la rodadura. En cambio, mejora la visibilidad y las propiedades ópticas del pavimento al reducir las proyecciones de agua y producir una reflexión difusa. Permite también una mejor visibilidad de las marcas viales.

La mega textura corresponde a irregularidades de tipo intermedio, relacionadas con la puesta en obra y también con diversos tipos de fallas o degradaciones y sus reparaciones (bacheos, sellados de grietas) cuando no están bien realizadas. Los adoquinados tradicionales de piedra labrada pueden dar lugar también a este tipo de textura.

Esta gama de irregularidades aumentan en particular la resistencia a la rodadura y el nivel del ruido con frecuencias bajas. La rodadura es más incómoda, con vibraciones y dificultades para mantener la estabilidad de marcha. Contribuye además al desgaste de las aeronaves, incluidos los neumáticos.

Los defectos de regularidad superficial se reflejan en ondas de mayor longitud debidas a la puesta en obra (extensión, compactación, etc.), a deformaciones del firme bajo tráfico. Estas irregularidades afectan a la comodidad de la rodadura por las oscilaciones que producen, aumentan el consumo de combustible e influyen en la estabilidad de las aeronaves, y pueden afectar a los usuarios: las más bajas pueden producir mareos y las más elevadas pueden afectar a órganos internos y a la columna vertebral.

DISEÑO DE PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS

2.5. TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS

Algunos autores han definido a los pavimentos como un sistema estructural en el que intervienen muchas variables y cuya respuesta final a la acción de tales variables consiste en la falla del propio sistema. No obstante, ha resultado difícil precisar el momento de falla de un pavimento dado; en muchos casos es materia de opinión, de acuerdo al tipo de extensión y severidad de los daños que exhibía el pavimento y a la exigencia del

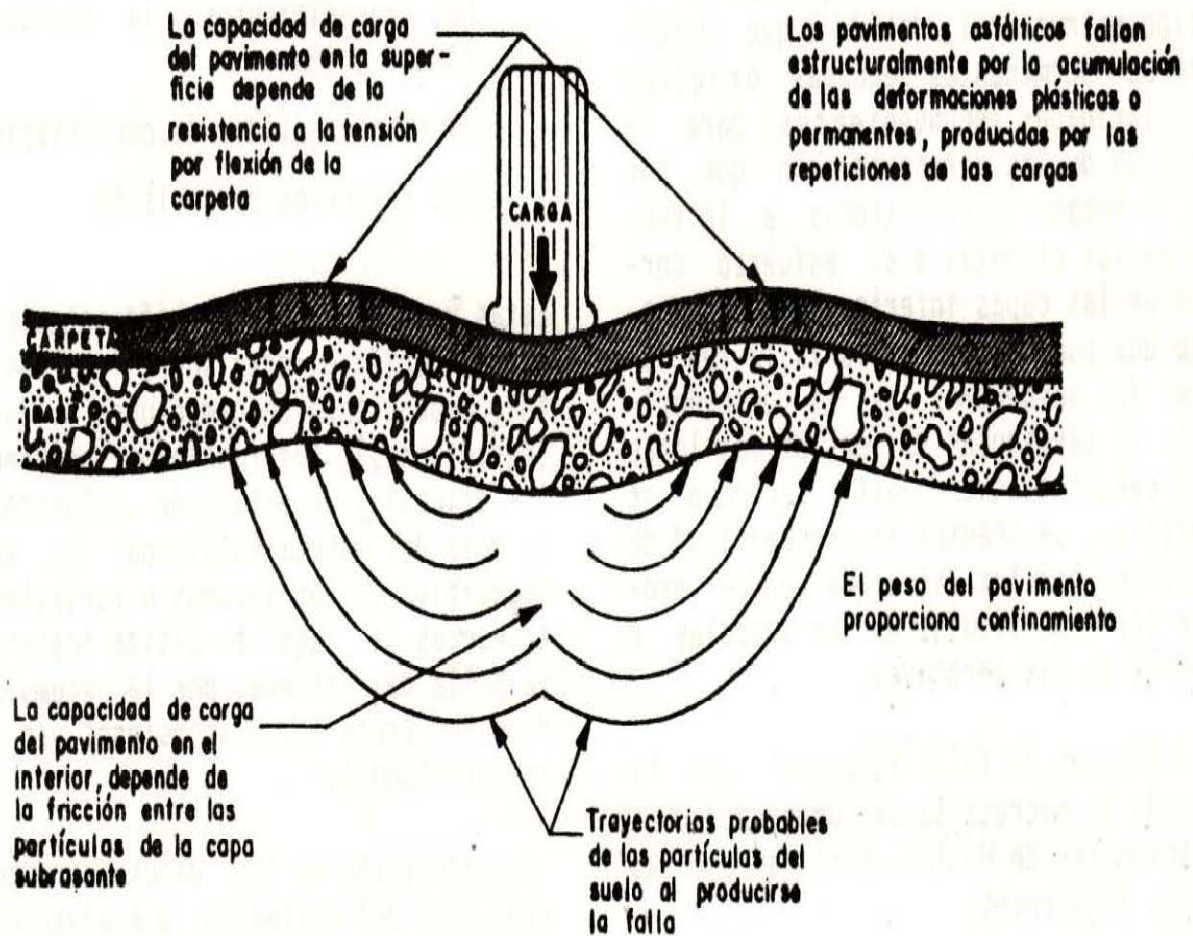
observador mismo. En la realidad los daños que se van generando a lo largo de la vida útil de un pavimento no son sino “avisos” de que la estructura puede fallar, si no se les atiende.

En los aeródromos se pueden distinguir principalmente dos tipos o modos de falla, según se clasifica en seguida.

- a) **Falla Estructural.-** Este tipo de falla implica el colapso de la estructura por la acumulación de deformaciones permanentes excesivas (falla plástica) o por deformaciones elásticas intolerables, en el caso de los pavimentos asfálticos, o bien por la rotura de una o más de las capas que componen al pavimento de concreto de tal manera que la estructura es incapaz de seguir soportando las cargas impuestas por el tránsito de aeronaves.

En la fig.2.6 se incluye el mecanismo de falla estructural para pavimentos asfálticos, propuesto por Hveem. De este modelo se infiere que la capacidad portante de un pavimento asfáltico se debe a la interacción de la resistencia a la tensión de la carpeta asfáltica y a la resistencia al esfuerzo cortante de las capas inferiores.

FIG. 2.6. MODELO DE FALLA ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO
ASFÁLTICO



Fuente: Método de Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles "California"

Autor: Hveem Francis N.

b) **Falla Funcional.**- El segundo modo que tienen los pavimentos de fallar es el tipo funcional, que puede o no ir acompañado de falla estructural. La falla funcional consiste esencialmente en la incapacidad del pavimento de seguir cumpliendo con las funciones para las que fue proyectado; involucra los aspectos de seguridad y de comodidad que la superficie de rodamiento debe proporcionar a las aeronaves en operación.

Una superficie de rodamiento con un bajo coeficiente de fricción o con aéreas susceptibles de encharcarse, provocando con facilidad el fenómeno de acuaplaneo, puede resultar muy insegura en su operación y presentar una falla funcional. Irregularidades severas en la misma superficie puede causar esfuerzos

inconvenientes en las aeronaves o provocar decisiones inseguras por parte de los pilotos, en las operaciones de despegue.

La falla funcional en los aeródromos se presenta normalmente antes que las fallas de tipo estructural, debido a que deformaciones permanentes pequeñas originan irregularidades inconvenientes para la operación de las aeronaves, sin que por ello se rebase la resistencia a la tensión de las carpetas o al refuerzo cortante de las capas inferiores.

Otro aspecto que puede producir la falla funcional en los aeródromos es el desprendimiento de partículas sólidas de las losas o las carpetas; cuando este fenómeno se generaliza, se acentúa la probabilidad de accidentes por los daños que puedan producir tales partículas en las propelas o turbinas de las aeronaves.

2.6. CRITERIOS Y CAUSAS DE FALLAS DE LOS PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS

Las superficies pavimentadas se proyectan y construyen para que estén en servicio por un determinado número de años, llamado horizonte de proyecto o vida útil de la obra. Al estar en operación una obra se deteriora poco a poco y presenta diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros pueden ser pequeños al principio; pero más adelante probablemente sean más serios y aceleren la falla, por esto una estructura pavimentaría requiere mantenimiento o conservación, para asegurar la vida útil del proyecto y proporcionar un servicio adecuado.

El resultado de diferentes estudios realizados a los pavimentos de las pistas de aeropuertos refleja la importancia que genera el efecto de la textura superficial de la pista en condiciones de aterrizaje, aceleración, parada de las aeronaves, a pesar de haberse calculado cuidadosamente las distancias de aterrizaje y aceleración parada, se tiene bien presente el peligro que representa el “aquaplaning o hidroplaneo” y el deslizamiento, a pesar de la difusión generalizada de los frenos con dispositivos antideslizantes. Por tanto se reconoce la necesidad de conseguir superficies de pista con textura adecuada, a fin de mejorar el coeficiente entre el neumático y la superficie.

2.6.1. Efecto de la Intensidad de Tráfico y de las Vibraciones

La rotura de los pavimentos ocurre muchas veces a causa de las vibraciones originadas por los motores, pero casi siempre por repetición de esfuerzos, es decir por fatiga, algunos de los efectos de la repetición de cargas en el pavimento se muestran en la tabla N° 2.3.

TABLA N° 2.3 REPETICIÓN DE CARGAS DE RUEDA SOBRE EL MISMO PUNTO

TIPO DE AVIÓN	REPETICIÓN DE CARGAS POR CADA 100 OPERACIONES			
	PISTA 50m.	PISTA 65m.	CALLE RODAJE 15m.	CALLE RODAJE 25m.
	DC-3	3.3	2.9	7.1
202	8.1	6.2	23.2	11.7
Convair	7.6	5.8	21.6	11.0
DC-4	9.6	7.3	27.2	13.8
DC-6	10.4	7.9	29.8	15.1
Constellation	9.6	7.5	35.4	15.7
B-50	12.2	9.6	44.8	20.0
B-45	16.7	11.2	-	59.7
B-36	15.8	15.1	-	53.8
F-86	1.5	1.1	4.3	3.0
F-90	2.1	1.5	6.1	4.2
F-89	1.9	1.4	4.8	2.9

Fuente: Aeropuertos López Pedraza.

2.6.2. Calor de Escape de Reactores y Derrame de Combustible

Estas causas de posible deterioro de pavimentos son puntos a tener en cuenta en la selección de los tipos de pavimentos a utilizar en los aeropuertos.

La consideración de las temperaturas que puede alcanzar el pavimento por los gases de los reactores es mínima ya que no causan daño alguno sobre los mismos, sean estos de tipo rígido o flexible.

En cuanto a los efectos de combustible derramado sobre el pavimento indica la experiencia que las áreas donde son más probables se limitan a las zonas de suministro de los mismos y a las de puesta en marcha y parada de motores es decir, a las zonas de estacionamiento y de espera y a los extremos de pista. La razón por la cual los combustibles empleados en las aeronaves de reacción pueden afectar a los pavimentos es la de que se evaporan muy lentamente, cosa que no ocurre con las gasolinas empleadas en los motores alternativos. Estos combustibles que no tienen efecto sobre los alquitranes, ablandan los pavimentos de betún asfáltico, permaneciendo en el mismo estado durante largo tiempo, esto generalmente ocurre en pavimentos recién construidos, por falta de compactación y prueba de ello es que los pavimentos resisten perfectamente a combustibles poco volátiles si se les deja secar seis meses.

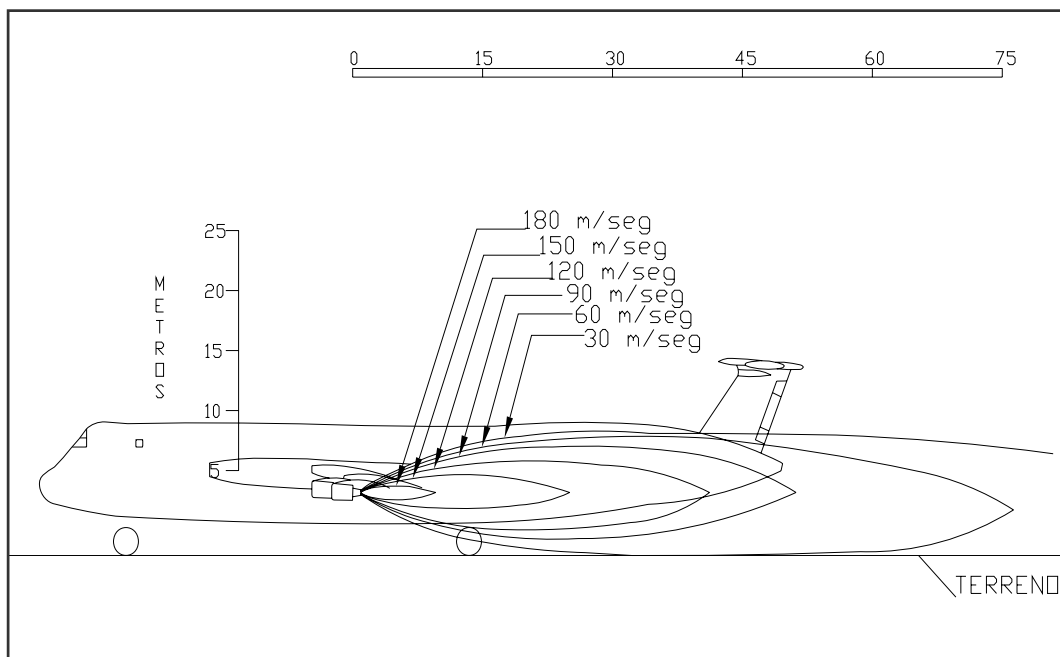
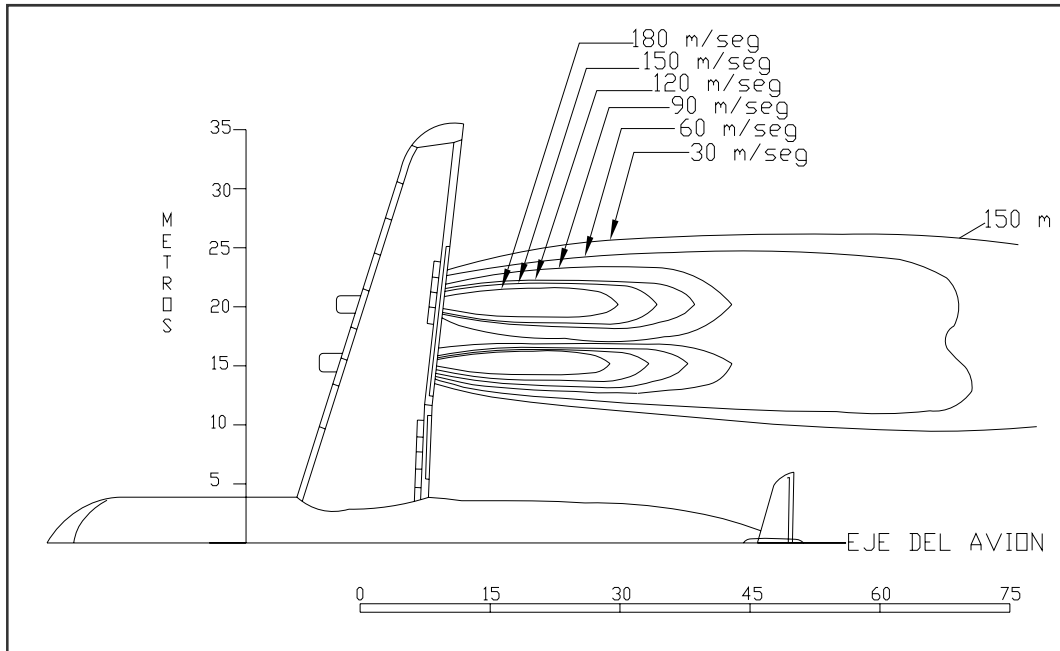
2.6.3. Erosiones Producidas por las Velocidades de Escape

La velocidad de los gases del escape de los motores de reacción puede causar la erosión superficial y causar daños a las demás aeronaves, edificios, materiales de los equipos de servicio de campo y hasta constituir peligro para las personas. No son admisibles las velocidades superiores a 50 Km/hr, para los pasajeros en la zona de estacionamiento ni para los equipos de servicio, sin embargo estas velocidades son mayores en muchos casos por lo que se deben tomar precauciones en los sectores de los extremos de pista donde los motores dan su máxima potencia.

La velocidad de los gases, Fig. 2.7, del escape de los motores de reacción puede causar la erosión superficial y causar daños a las demás aeronaves, edificios, materiales de los equipos de servicio de campo y hasta constituir peligro para las personas.

Durante las diferentes maniobras son capaces estas velocidades de provocar profundas erosiones con efectos de ascendencia de áridos por succión y hasta hacer rodar piedras de algún tamaño, los revestimientos necesarios en las zonas expuestas a la erosión deben satisfacer las exigencias para un reactor tipo B- 707.

FIG N° 2.7 VELOCIDADES DE GASES CON MÁXIMA POTENCIA EN EL AVIÓN



Fuente: Aeropuertos López Pedraza.

2.7. IDENTIFICACIÓN DE LOS DETERIOROS DE LOS PAVIMENTOS

Cada falla es identificada por un código numérico acompañada de una letra indicativa de la severidad de la misma. Se define tres niveles de severidad.

L = Severidad Baja

M = Severidad Moderada

H = Severidad Alta

Antes de detallar individualmente cada tipo de falla, es importante aclarar algunos aspectos que se toman en cuenta con respecto a la medición de distintas fallas el pavimento del aeropuerto específicamente de la pista de aterrizaje.

- Si una fisura no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de su longitud, cada porción de la fisura que tenga un nivel de severidad diferente deberá registrarse por separado. Pero si los niveles de severidad son diferentes en una porción de una fisura la misma que no se pueda dividir fácilmente deberá ser evaluada como la severidad más alta.
- Cuando se presenta la falla denominada piel de cocodrilo y el ahuellamiento en la misma unidad, cada uno se registrara con su respectivo nivel de severidad.
- Si el pavimento presenta exudación, el árido pulido no se debe evaluar en la misma área (no se toma en cuenta).
- La fisuración en bloque incluye todos los agrietamientos longitudinales y transversales en la unidad de evaluación, sin embargo la fisuración por reflejo de juntas se guarda por separado.
- Cualquier deterioro incluyendo un agrietamiento encontrado sobre un área parchada no se registra; sin embargo su efecto en el parche es considerado determinante en el nivel de severidad del mismo parche.

- Dirigiendo un estudio de índice de condición del pavimento inmediatamente después de la aplicación de tratamiento de superficie no es significativo, porque los tratamientos de superficie esconden los deterioros existentes.

2.7.1 Deterioro De Pavimentos Flexibles En Pistas De Aeropuertos

Existen gran cantidad de deterioros de los pavimentos en general, pero específicamente en pavimentos de pistas de aeropuertos se detallan a continuación:

2.7.1.1. Grietas

Generalmente son las más evidentes a simple vista, éstas son producidas por fatiga de la mezcla asfáltica.

Las grietas comienzan en el fondo de la capa y se propagan a la superficie, habiendo sido inicialmente grietas longitudinales paralelas, posteriormente bajo el efecto del tráfico, éstas se conectan formando una serie de polígonos de diferente tamaño que se asemejan a la piel de cocodrilo o la malla de gallinero.

2.7.1.2. Exudación o Sangrado

Esta falla consiste en la formación de una película bituminosa (asfalto) en la superficie del pavimento creando una superficie brillante, que normalmente es pegajosa. La exudación es causada por las cantidades excesivas de cemento asfáltico, alquitranes en la mezcla o por tener un volumen nulo de aire.

2.7.1.3. Fisuración en Bloque

Se interconectan las fisuras del bloque que dividen el pavimento en aproximadamente pedazos rectangulares. Los bloques pueden ser del tamaño aproximado de 0.3 x 0.3m. hasta 3 x 3m. La causa principal de la fisuración es la contracción del asfalto, por efecto de las variaciones cíclicas de temperatura. No están asociadas con cargas o fatigas, la aparición de la fisura en bloque ocurre normalmente en un área muy grande del pavimento, pero a veces solo ocurrirá en áreas sin tráfico. Este tipo de deterioro difiere al de piel de cocodrilo las cuales son causadas por el alto tráfico y por consiguiente se localiza sólo en las áreas donde se presenta un elevado tráfico de aeronaves.

2.7.1.4. Baches

Un bache es un área de pavimento que ha sido separada mediante el empleo de material nuevo, es considerado como un defecto esto independientemente de lo bien que haya sido ejecutado.

Las causas principales que las provocan son las desintegraciones localizadas originadas en la carpeta superficial, también asociado a la debilidad estructural localizada.

2.7.1.5. Áridos Pulidos

Esta falla es causada por las repetidas aplicaciones de tráfico. La existencia de áridos pulidos se da tras un examen intenso de un pavimento en el que se comprueba que la textura de un pavimento es inadecuada, siendo la superficie de las partículas del agregado suaves al tacto y no se halla la presencia de ninguna partícula áspera o angular para proporcionar la buena resistencia del rodaje.

2.7.1.6. Peladuras

Las peladuras es el desgaste de la superficie del pavimento causadas por la pérdida de agregados y desgaste del asfalto. Esto se produce como consecuencia del endurecimiento de la carpeta de asfalto.

2.7.1.7. Corrugación

La corrugación es una serie de hundimientos y crestas (ondulaciones), esto ocurre bastante en intervalos regulares normalmente en (1,5m.) a lo largo del pavimento.

Dichas ondulaciones son prácticamente perpendiculares a la dirección del tráfico, este tipo de deterioro que ocasiona una falla en la superficie es debido a la acción del tráfico en una base y superficie del pavimento inestable.

**CUADRO N° 2.3 CLASIFICACIÓN POR CONDICIÓN SUPERFICIAL
CORRUGACIÓN**

Severidad	Pistas y Calles de rodaje	Cabeceras
L	Menor a 6 mm.	Menor a 13 mm.
M	Entre 6 mm a 13 mm.	Entre 13 mm a 25 mm
H	Mayor a 13 mm.	Mayor a 25 mm.

Fuente: Norma ASTM A 5340-98 Standard Test Meted for Airport Pavement.

2.7.1.8. Hundimiento o Depresiones

Las depresiones se localizan en la superficie de pavimentos donde se pueden apreciar áreas con ligeras depresiones. En muchos casos, las depresiones ligeras no son notables hasta después de una lluvia, cuando el agua permanece estancada, dejando posteriormente una mancha notable por la evaporación del agua que nos brinda la posibilidad de poder determinar con exactitud toda el área afectada.

**CUADRO N° 2.4 CLASIFICACIÓN POR CONDICIÓN SUPERFICIAL
DEPRESIONES**

Severidad	Pistas y Calles de rodaje	Cabeceras
L	Entre 3 mm a 13 mm.	Entre 13 mm a 25 mm
M	Entre 13 mm a 25 mm.	Entre 25 mm a 51 mm
H	Mayor a 25 mm.	Mayor a 51 mm.

Fuente: Norma ASTM A 5340-98 Standard Test Meted for Airport Pavement.

2.7.1.9. Fisuración Longitudinal y Transversal

Las fisuras longitudinales son paralelas a la línea del centro del pavimento o en la misma dirección del tráfico. Son causados por una mala articulación construida en la vía del pavimento y también por el encogimiento de la superficie del C.A. (concreto asfáltico), debido a las bajas temperaturas o el endurecimiento del asfalto.

Las fisuras transversales se extienden por el pavimento aproximadamente en ángulos rectos a la línea del pavimento central, también son causados por el encogimiento de la superficie de CA.

2.7.1.10. Por Chorro de Jet

El calor generado por el chorro del jet oscurece el área en la superficie del pavimento, donde la carpeta asfáltica ha sido quemada. Las áreas que presentan estas condiciones de calcinamiento del asfalto, pueden variar de profundidad aproximadamente unos 13 mm.

2.7.1.11. Por Derrame de Combustible

El derrame de combustible, aceite u otros solventes que se produce en la pista ya sea por el cargado del mismo o por otras circunstancias causa ablandamiento y consecuentemente el deterioro de la superficie asfáltica del pavimento.

2.7.1.12. Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión de la superficie en la trayectoria de rodaje. El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados del ahuellamiento sin embargo, en muchos casos sólo son notables después de la lluvia, cuando las zonas de rodaje están llenas de agua. Un ahuellamiento es causado normalmente por consolidación o el movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico.

El ahuellamiento significativo puede llevar al fracaso estructural del pavimento.

CUADRO N° 2.5 CRITERIOS PARA MEDIR LA PROFUNDIDAD DEL AHUELLAMIENTO

Severidad	Toda la sección del pavimento
L	Entre 6 mm a 13 mm.
M	Entre 13 mm a 25 mm.
H	Mayor a 25 mm.

Fuente: Norma ASTM A 5340-98 Standard Test Method for Airport Pavement.

2.7.1.13. Fisuración por Deslizamiento

Las fisuras por deslizamientos son crecientes o agrietamientos en forma de media luna que tienen dos extremos apuntando hacia fuera de la dirección de tráfico, éstas se producen por

la acción que causa el frenado formándose pozos por el peso de la rueda causando a la superficie del pavimento deslizamientos y deformaciones esto normalmente ocurre cuando hay una mezcla de superficie de baja consistencia o debido al pobre enlace entre la superficie y la inmediata superficie de la próxima capa que forma la estructura.

2.7.1.14. Levantamiento por Hinchazón

La hinchazón se caracteriza por una protuberancia ascendente en la superficie del pavimento. Una hinchazón puede ocurrir generalmente encima de un área pequeña o como una ola más larga, gradual. Cualquier tipo de hinchazón puede ser acompañada a un agrietamiento de la superficie. Una hinchazón es normalmente causada por la acción del ensanchado en la sub-capa.

2.7.1.15. Fisuración por Reflejo de Juntas

La fisuración por reflejo de juntas sólo ocurre sobre pavimentos que tienen asfaltos o superficie de alquitrán encima de una losa de hormigón. Esta fisuración es causada principalmente por el movimiento de la losa de hormigón bajo la superficie del asfalto, esto debido a los cambios de temperatura y humedad, no está relacionado con la carga sin embargo el tráfico puede causar una avería del asfalto cerca de las juntas.

2.7.1.16. Desplazamiento por Crecimiento de Losas

**CUADRO N° 2.6 CRITERIOS PARA MEDIR EL DESPLAZAMIENTO
DE LOSAS**

Severidad	Diferencia de alturas
L	< a 20 mm.
M	20 mm y 40 mm.
H	> a 40 mm.

Fuente: Norma ASTM A 5340-98

Standard Test Method for Airport Pavement.

Los pavimentos de hormigón incrementan su longitud a extremos donde ellos unen los pavimentos flexibles (normalmente llamado el crecimiento del pavimento). Este

crecimiento desplaza los pavimentos de asfalto o superficie de alquitrán, causando la hinchazón y agrietamientos, el crecimiento de las losas de concreto es causado por una abertura gradual de la junta.

2.7.2. DETERIORO EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN PARA AEROPUERTOS

El método de evaluación define como fallas a los indicadores externos del deterioro de los pavimentos, causados por la aplicación de cargas, o por los factores ambientales, por deficiencias constructivas o por la combinación de estos agentes de deterioro.

Cada falla es identificada por un código numérico, acompañado de una letra indicativa de la severidad de la misma, se definen tres niveles de severidad:

L = Severidad Baja

M = Severidad Moderada

H = Severidad Alta

Antes de describir individualmente cada tipo de falla, es importante aclarar algunos puntos que generalmente presentan duda con respecto a la forma de medición de distintas fallas.

Quince tipos de falla se presentan en los pavimentos de hormigón, que se listan más adelante. Las definiciones de las fallas se aplican a ambos pavimentos tanto de hormigón y hormigón armado.

Durante los estudios de condición de campo, se hicieron a menudo varias preguntas respecto a la identificación y cómo cuantificar algunas de las fallas, la orientación con respecto a estas interrogantes se las realiza en la sección de forma de medición, sin embargo para tener un conocimiento general de los deterioros se detallan algunas aclaraciones:

- Se dice que existe rotura, si la rotura es extensa en el pavimento y si hay pérdida de material alrededor de las grietas y las juntas.

- Las grietas en losas de hormigón armado que son menores a 3mm de ancho se cuenta como “fisuración de contracción. Y la misma no debe registrarse si la losa esta en cuatro o más pedazos, sino se debe registrar como losa fracturada.
- El ancho de las grietas deben medirse entre las paredes verticales de las fallas y no de los bordes.
- Un relleno de las grietas está en la condición satisfactoria si el relleno impide al agua y a los materiales incompresibles, entrar en las grietas o en las juntas.
- El deterioro de sellado no se cuenta como una losa por la base de la losa. En cambio el nivel de severidad se asigna basado en la condición global del deterioro del sellado en la unidad de muestra.
- El material de sello en la junta está en la condición satisfactoria si es flexible y unida firmemente en la pared de las juntas y no sea expulsada hacia fuera.
- Una grieta con un ancho mayor a 75mm. son considerados, con un nivel de severidad alta sin tener en cuenta la condición de relleno.

2.7.2.1. Blowup

Ocurren en tiempos calurosos, normalmente, es una fisura transversal a la junta, por la dilatación de las losas. La achura es insuficiente, este deterioro normalmente es causado por la expansión de los materiales incompresibles en el espacio de la junta.

Las explosiones pueden también ocurrir en las entradas del desagüe. Este tipo de deterioro casi siempre se repara inmediatamente debido al daño severo potencial que le produce el avión.

CUADRO N° 2.7 PATRONES DE MEDIDA BLOWUP

Diferencia en la Elevación	
Las pistas de aterrizaje y calles de rodaje	Cabeceras y Plataformas
L < 13mm.	6 a 25mm.
M 13 a 25mm.	25 a 51mm.
H inoperable	inoperable

Fuente: Norma ASTM A 5340-98 Standard Test Method for Airport Pavement.

2.7.2.2. Fisuración de Esquina

Por ejemplo una losa con las dimensiones de 7,5m. por 7,5m. tuviese una fisura que corta la junta en 1,5m. de lado de una esquina y 5m. en el otro lado no es considerado una fisuración de esquina, es sólo una fisura diagonal. Sin embargo, una fisura que corta 2m. en un lado y 3m. en el otro lado, es considerado una fisuración de esquina. La repetición de carga combinada y la pérdida de resistencia de capa base normalmente causan las fisuras en esquina.

2.7.2.3. Fisuración Lineal (longitudinal, transversal y diagonal)

Las losas son divididas en dos o tres partes, normalmente estas fisuras son causadas por una combinación de tráfico y tensiones de encogimiento, en la baja severidad las fisuras están en forma de zig-zag.

Las fisuras finas y cortas que no ocupan toda la losa se tasa como fisuración por contracción.

2.7.2.4. Fisuración por Durabilidad

La fisuración por durabilidad se produce por la incapacidad del hormigón para resistir los factores medio ambientales como la helada y el deshiele. Normalmente aparece como un modelo de fisuras finas cerca de esquinas o bordes. Una mancha colorante oscura normalmente se ve alrededor de las fisuras de durabilidad. Este tipo de fisuras pueden llevar en el futuro a la desintegración del hormigón dentro de 0,3 a 0,6m. de la junta.

2.7.2.5. Deterioro del Sellado

Las juntas al no sellarlas permiten que la tierra o piedras ingresen a las juntas y estas permiten la infiltración significativa de agua. La acumulación de materiales incompresibles, impiden a las losas dilatarse y puede que se produzca el blowup.

Un relleno flexible en la junta unido a los bordes de las losas protege las juntas de la acumulación de materiales y también previene de la infiltración de agua, además evita el ablandamiento de la base de la losa.

Los típicos daños en el sello de junta son:

1. La expulsión de sellante de la junta.
2. El crecimiento de cizaña.
3. Endurecimiento de relleno (oxidación).
4. La pérdida de unión de la losa con los bordes.
5. La ausencia o falta de sellante en la junta.

2.7.2.6. Bacheo Pequeño

Es un área original donde el pavimento ha sido reemplazado por un material del relleno. Para ser considerado como bacheo pequeño el área remendada es menor a 0.5 m^2 .

2.7.2.7. Bacheo Grande

Es un área original donde el pavimento ha sido reemplazado por un material del relleno. Para ser considerado como bacheo grande el área remendada es mayor a 0.5 m^2 .

2.7.2.8. Desprendimiento

Los desprendimientos son pedazos pequeños de pavimento, esto se rompe debido a las heladas, los desprendimientos normalmente van aproximadamente (25 a 100mm. de diámetro) y (13 a 51mm. de profundidad).

2.7.2.9. Bombeo

El bombeo se produce debido a la inyección de material a través de agua que ingresa por las juntas o fisuras, causada por el desnivel de las losas, provocadas por las cargas de paso, cuando el agua ingresa en las juntas lleva consigo partículas de arena gruesa, arena fina y arcilla las que producen una pérdida progresiva de la base de apoyo en la losa. Este deterioro se puede evidencia cerca de las juntas por las manchas que estas presentan.

2.7.2.10. Fisuración en Mapa, Descascaramiento

Es una red de fisuras finas, una fisuración en mapa se produce encima de la superficie de hormigón este puede llevar a descascarar la superficie a una profundidad entre (6mm. a 13mm.). Estos deterioros pueden ser la causa de una mala construcción o por los efectos

climáticos especialmente por las heladas y el deshielo o por el agregado pobre en el hormigón.

2.7.2.11. Ascenso y Descenso de Bordes

Es la diferencia de elevación en una junta causada por el levantamiento o la consolidación de las losas.

Niveles de Severidad:

Se definen por la diferencia en la elevación:

CUADRO N° 2.8 CRITERIOS PARA MEDIR DIFERENCIA EN BORDES

DIFERENCIA DE ELEVACIÓN		
Pistas y rodajas	Cabeceras	Figuras
L < a 6mm.	3 a 13mm.	Fig. 88 y Fig. 89
M 6 a 13mm.	13 a 25mm.	Fig. 90
H > a 13mm.	> a 25mm.	Fig. 91 y Fig. 92

Fuente: Norma ASTM A 5340-98 Standard Test Method for Airport Pavement.

2.7.2.12. Losa Fracturada

Las losas son divididas en cuatro o más pedazos debido a las cargas excesivas o debido al apoyo inadecuado, o ambos.

2.7.2.13. Fisuración por Contracción

Son fisuras finas y cortas que no ocupan toda la losa. Ellos se forman durante la construcción o durante el curando del hormigón y normalmente no se extiende a través de la profundidad de la losa.

2.7.2.14. Rotura de Bordes de Juntas

En las inmediaciones de la junta se puede observar la avería de la losa en una longitud mayor a 0.60 m. no existe ninguna grieta en forma vertical a la junta a través de la losa. Este tipo de fallas se presenta debido a las cargas excesivas y a la acumulación de materiales incompresibles, además puede ser que el material de la losa cerca de la junta sea débil o debido a la combinación de tráfico.

2.7.2.15. Rotura de Esquina

La rotura de esquina está aproximadamente (0.6 m.) de la esquina. Una rotura de esquina difiere de fisuración de esquina, normalmente una rotura de esquina se prolonga paralela a las juntas, mientras que una fisura de esquina se extiende verticalmente (perpendicular a las juntas) a través de la losa.

2.8. CONDICIONES DE UN PAVIMENTO PARA AEROPUERTOS

El aeropuerto debe tener en todas las partes de su estructura un pavimento que satisfaga con las exigencias de las cargas a las cuales estará sujeta durante su funcionamiento, además de proporcionar las condiciones de superficie adecuadas para la rodadura y calidad en las operaciones de despegue y aterrizaje.

En los aeródromos civiles pueden usarse tanto pavimentos flexibles como rígidos con tal que estén bien calculados y construidos. Sin embargo tratándose de ciertas zonas, puede ocurrir que uno de los dos tipos de pavimento sea preferible, así como el pavimento flexible sería más adecuado para superficies que sea probable que tengan que soportar cargas de aeronaves en casos excepcionales como por ejemplo, los márgenes a lo largo de la pista, las zonas de parada. En cambio cuando el aeródromo tenga que ser utilizado por muchos aviones de reacción y de turbohélices, las plataformas deberían ser, preferiblemente de pavimento rígido, es decir un pavimento de hormigón de cemento, dada la gran cantidad de combustible que se derrama en la plataforma.

Podría elegirse para estas zonas un pavimento flexible, pero entonces debería recibir una protección especial como una capa superficial, que habría que renovar con cierta frecuencia, o el empleo de una mezcla bituminosa que contenga un aglomerante resistente a la gasolina de avión o jet fuel, o bien tratar la superficie con otro producto adecuado.

Los diversos pavimentos de un aeropuerto no se proyectan necesariamente para una misma carga máxima, sino que las cargas de cálculo pueden diferir según la ubicación de la carga que puedan soportar, los valores máximos actúan sobre la plataforma, las calles de rodaje y los extremos de pista, debido a que las aeronaves o bien se hallan estacionarias o su desplazamiento más lento da como resultado una concentración de cargas.

Corrientemente la pista debe estar calculada para cargas de despegue y aterrizaje así como de movimiento o estacionado de la aeronave. La carga de despegue depende de la etapa de ruta que a de volarse, y no hay que confundirla con la carga máxima autorizada para el despegue, y que constituye el límite superior, sin embargo como ya se menciono, la superficie del pavimento no está sujeto a los mismos esfuerzos por ello es posible efectuar algunas reducciones en lugares determinados en los cuales se pueda emplear una carga de cálculo más baja para el diseño del pavimento, se indicará a continuación ciertos sectores de aplicación:

- a. Virtualmente todo el tráfico a lo largo de la sección operante de la pista se concentra en una faja central de 25m. Las porciones de pista a cada lado de esta faja rara vez son utilizadas y, por lo tanto pueden calcularse para una carga que represente el 70% de la carga normal.
- b. Cuando una pista solo se utiliza para despegues y aterrizajes (por ejemplo cuando se dispone una calle de rodaje paralela), las aeronaves únicamente circulan sobre ella a gran velocidad salvo en una determinada longitud de 600m., en cada extremo, como esto implica esfuerzos más bajos, esta parte de la pista puede proyectarse para una carga de 80% de lo normal.

Para que un aeropuerto cuente con todas las condiciones de serviciabilidad tanto como de seguridad debe cumplir ciertos requerimientos como ser:

- a. La distribución mediante el revestimiento y el firme de las cargas impuestas sobre la superficie, de forma que el terreno de fundación no resulte sometido a esfuerzo excesivo.
- b. Proporcionar resistencia adecuada al esfuerzo cortante en la capa de rodadura, en el firme y en el cimiento.

- c. Proporcionar el espesor suficiente de material para que no sea susceptible a la influencia de las heladas y que tenga un mínimo efecto la misma.

2.9. FACTORES Y CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Para la elaboración de la estadística de vuelos pasados y futuros del aeropuerto del Departamento de Tarija se utilizarán los datos estadísticos de operaciones y movimiento existentes en la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA), habiéndose obtenido, para estos últimos, solo los correspondientes a 1985 a 2005.

2.9.1. Estadística de Vuelos

La finalidad de una estadística de tráfico o la cantidad de vuelos que se presentan en un determinado aeropuerto, es evaluar la capacidad que debe tener para cumplir con los requerimientos futuros de la demanda, para ello el planificador deberá utilizar pronósticos de mediano y corto plazo que permitan tener la certeza que sus consideraciones están sólidamente apoyadas en elementos conocidos y pronósticos a largo plazo para determinar fundamentalmente las previsiones que deben hacerse para la disponibilidad de recursos.

Considerando que las proyecciones no dejan de ser, en cierta forma, un tanteo técnico que nos aproxima a la realidad, tomando en cuenta que la predicción de la demanda requiere de mucho trabajo de suposición, por lo tanto no es posible dejar de enfatizar la importancia de contar con una metodología adecuada que permita conocer con certeza los intervalos de variación de la demanda esperada.

En aeropuertos un proceso común de planificación para el estudio de la demanda comienza con el análisis de los antecedentes, es decir los datos estadísticos del movimiento de los pasajeros, movimiento de carga, operaciones anuales, siendo ideal el análisis del número de pasajeros que se mueven al año, por ser el factor que permite ser proyectado con mayor facilidad y acercarse más a la realidad.

Una vez realizado el análisis de los datos indicados en el Anexo 1, se establece la proyección de tráfico para el avión Boeing 727-100, que es de 1494 operaciones aéreas, para el 2014 año de proyección y diseño.

2.9.2. Factores Socioeconómicos

Es necesario para un aeropuerto tener en cuenta las condiciones socioeconómicas desde el punto de vista de satisfacción del usuario.

La inversión que se hace en cuanto a mantener un aeropuerto en sus mejores condiciones, es grande por lo tanto se debe demostrar que las consideraciones socioeconómicas son las adecuadas según las necesidades, todo esto se lleva a cabo con estudio de proyecciones.

2.9.3. Características Geométricas del Aeropuerto Cap. Oriel Lea Plaza

El área deberá garantizar la posibilidad de expansión previniendo la no existencia de vías férreas, propiedades construidas, topografía accidentada como ser montañas, ríos, puertos y otros que impidan el crecimiento del aeropuerto.

La topografía de la superficie debe ser relativamente plana para evitar los costos excesivos que producen una nivelación, por lo general los terrenos elevados son de preferencia, a comparación de los terrenos bajos, debido a que están libres de obstáculos en las zonas de aproximación, menos sujetos a neblinas vientos erráticos y además las aguas de lluvia o de escurrimiento de alguna afluyente son fáciles de drenar.

Las zonas de emplazamiento de un aeropuerto debe reunir condiciones meteorológicas, que marcan las alternativas de utilización de los lugares, dichas condiciones están referidas a la climatología, los datos correspondientes se obtienen del observatorio meteorológico más cercano a base de estadísticas de largo plazo, se obtienen de esta manera datos de intensidad y frecuencia de dirección de vientos, haciéndose mención especial a aquellos que alcanzaron violencia excepcional; temperatura, presiones y humedad; lluvias y nieves; alturas de precipitación, nieblas y densidad de ellas.

El espacio aéreo necesario es un punto que debe tenerse en cuenta por ser el más importante ya que no es posible concebir un aeropuerto aisladamente sin que responda a las necesidades generales de tráfico. Es necesario estudiar las líneas funcionales de unión con otros nudos de comunicación y que concurren en el desarrollo de la región, la organización aérea de la zona y la posible interferencia entre los diferentes puntos de la red, es de capital importancia, y su ordenación lleva consigo la posibilidad de resolver los problemas que se presentan en el desarrollo del tráfico.

Del estudio de estas condiciones puede deducirse la posibilidad de emplazamiento del aeropuerto en la zona, siendo lo más importante de estos, para el estudio de un campo de vuelos, la rosa de viento (frecuencia e intensidad), que servirán para la orientación de la pista.

Los aeródromos en general deben contar con ciertos requerimientos importantes para la buena funcionalidad del mismo, es así que la geometría del aeropuerto es importante en su momento. La más adecuada es la que permite el aterrizaje y despegue en condiciones más desfavorables, el principal objetivo que se debe tener en cuenta para realizar un emplazamiento es la máxima economía se adopta como superficie del campo una franja en este caso del aeropuerto Capitán Oriel Lea Plaza, la cual tiene un ancho de 150m. y un largo de 3050m., la pista de operaciones presenta un ancho de 45m. La cantidad de franjas está en función del tráfico a cubrir y de la dirección de los vientos.

El intervalo de tiempo mínimo que cubre la operación de un avión, es función a su vez de los equipos de control de tráfico del aeropuerto y de las facilidades de circulación rodada, como son entre otras, que los trayectos son los más cortos posibles, que las calles de rodaje no corte a otras análogas ni a pistas en utilización y que los ángulos de encuentro y radios de las curvas sean los más convenientes, las mencionadas características se reflejan en el aeropuerto que es objeto de estudio ya que el mismo cuenta con dos calles de rodaje una “calle de rodaje A” noroeste y una “calle de rodaje B” sudeste, con un ancho de 23m.

La calle de rodaje noreste consta de un apartadero de espera, proporcionando a las dependencias del servicio de tránsito aéreo una gran flexibilidad en el ajuste de la secuencia de despegue a fin de evitar retrasos aumentando la capacidad del aeródromo.

El edificio de Terminal aérea se encuentra lo más cerca posible del centro geométrico del campo para facilitar el control de tráfico aéreo, la mejor ubicación de la Terminal es a un lado de la pista del aeropuerto, el edificio cuenta con un diseño con perspectivas de una ampliación para satisfacer futuras exigencias.

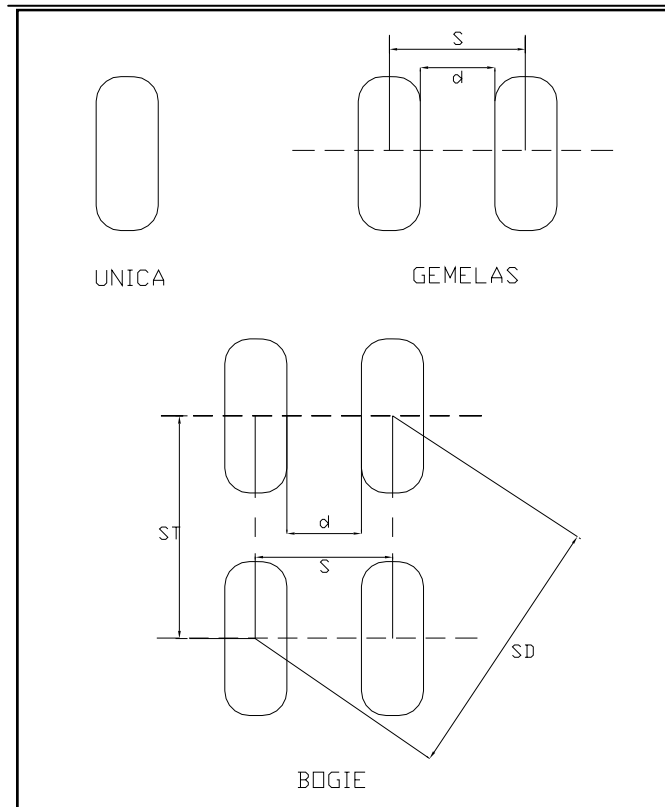
2.10. PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros usados para el diseño de pavimentos flexibles para pistas de aterrizaje, son comunes en los métodos empleados en este trabajo, como son los métodos mencionados más adelante como, FAA, FRANCES, y CBR.

En los métodos analíticos se hace la hipótesis de una alta rigidez del pavimento en invierno (bajas temperaturas) para determinar las deformaciones radiales máximas de tracción en las propias mezclas y de una baja rigidez en verano (altas temperaturas).

Por otra parte, se tiene en cuenta el espesor de los pavimentos en las áreas críticas o de mayor concentración de tráfico, como son las zonas de estacionamiento, calles de rodaje y de áreas de espera y de calentamiento de motores y las de las áreas no críticas o pistas de despegue en las que puede reducirse el espesor en 20%.

El método se basa en que las aeronaves con trenes de rueda sencilla la carga por rueda es el 0,475 del peso total del avión, en caso de trenes de aterrizaje con ruedas múltiples Fig. 2.8, se observó a base de varios ensayos que si d , representa la distancia interior entre las huellas de los neumáticos de una pareja de ruedas, S la distancia entre centros de huellas de ruedas gemelas y Sp la longitud de la diagonal del rectángulo construido sobre los centros de la figura en caso de cuatro ruedas se obtiene que $d/2$, es el límite máximo de profundidad a la que los efectos de cada rueda no se superponen a la de la otra, es decir que las tensiones que se producen son las mismas que si actuaran las ruedas independientemente a partir de la profundidad de $2S$ o $2Sp$, se comporta el pavimento de igual manera que si la carga proviene de una acción única con la carga total del “bogie”.

FIGURA N° 2.8 TIPOS DE TREN DE ATERRIZAJE

Fuente: Manual de Aeródromos

Para el cálculo de espesores con ruedas múltiples y teniendo en cuenta la influencia de separación entre ruedas, se han supuesto las menores separaciones para las aeronaves más ligeras y las mayores para las más pesadas.

Para cada uno de los suelos pertenecientes a la clasificación FAA, se establece su correspondiente valor relativo como material de fundación y como espesores totales de pavimento.

2.11. MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA PISTAS DE AEROPUERTOS

Muchos ensayos se han llevado a cabo con el objeto de conocer los efectos producidos sobre las pistas por las ruedas de los aviones, para llegar a la solución de diseño de carpeta

asfáltica, que requiere el aeropuerto, se recurre a métodos de diseño de pavimentos bituminosos, como el recomendado método Francés, que presupone el conocimiento de la carga máxima, que el pavimento tendrá que soportar.

Otro método aplicable a este proyecto es el que se relaciona con las experiencias efectuadas por la Federal Aeronautic Administración, que propone un método empírico de fácil aplicación. De la misma forma se adopta el método que es de amplio conocimiento como es el método grafico CBR, que se relaciona a las tensiones y deformaciones a diferentes profundidades

2.12. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

2.12.1. Método Francés

Este método es recomendado por la practica francesa, para el cálculo de pavimento para un aeropuerto supone el previo conocimiento de las cargas a las que será sometido, esta carga máxima se evalúa tomando en consideración el uso al que será destinado el aeropuerto, las características de las aeronaves existentes o proyectadas, y el papel específico del aeropuerto en cuestión, no obstante la carga seleccionada será resultado de estimación, puesto que algunos de los factores, tales como el tipo y el volumen de tránsito futuro, resultan difíciles de prever.

Los valores de grafico mostrados más adelante en la Fig. N° 2.10, representan cargas sobre una pata del tren de aterrizaje principal de la aeronave, para este caso en general la distribución de las cargas pueden suponerse que actúan en un 10% del peso de la aeronave sobre la pata de proa y que el 90%, actúa sobre la pata principal y es critica por lo que le toca ser la carga de diseño del pavimento.

La magnitud de la carga impuesta por el tren en el pavimento, dependen del número de ruedas con que vaya equipada la aeronave, así como de la presión de inflado de los neumáticos, las patas de los trenes de aterrizaje, actualmente se dividen en tres categorías principales:

- Pata con rueda simple
- Pata con ruedas gemelas
- Pata con Bogie

Al aplicar los gráficos de cálculo es conveniente introducir una pata típica, de tren de aterrizaje que sea representativa de cada una de las categorías citadas. Se eligen tomando en cuenta las características más rigurosas y típicas de estas aeronaves en servicio efectivo, éstas son:

- Pata de tren con rueda simple (Presión de neumáticos 6 Kg/ cm^2).
- Pata típica con ruedas gemelas. (Presión de neumáticos $11,6 \text{ Kg/ cm}^2$).
- Pata típica con Bogies. (Presión de neumáticos $13,1 \text{ Kg/ cm}^2$).

La fig. 2.10 representada más adelante es de aplicación para este método y está en función de estas características, estos análisis están aplicados a un tránsito normal, un tránsito que supone 10 movimientos por día de la aeronave que produce la carga normal para aplicar a este cálculo. La duración vida que se prevé para el pavimento, es de 8 años como mínimo.

Para realizar el cálculo del pavimento flexible para este caso comprende tres fases:

1. Evaluación de la resistencia del terreno de fundación.
2. Determinación del espesor total del pavimento.
3. La selección de una estructura de pavimento que proporcione un espesor equivalente que corresponda al espesor determinado más arriba.

2.12.1.1 Características De Los Terrenos De Fundación

La resistencia del terreno de fundación se designa por su índice CBR. El ensayo se lleva a cabo sobre muestras de terreno con diferentes contenidos de humedad y diferente grado de compactación, para obtener las condiciones similares del terreno cuando esté por debajo del pavimento, para lograr estas condiciones se satura las muestras previamente compactadas durante 4 días, el CBR, que se adopte será el más bajo obtenido de todos los ensayos.

De su capacidad soporte depende, en, gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido.

Si el terreno de fundación es pésimo, por ejemplo, si el material que lo compone tiene un alto contenido de materia orgánica, debe desecharse este material y sustituirse por otro de mejor calidad.

Si el terreno de fundación es malo y se halla formado por un suelo fino, limoso o arcilloso, susceptible de saturación, habrá de colocarse sub-base granular de material seleccionado antes de poner la base y capa de rodamiento.

Si el terreno de fundación es regular o bueno y está formado por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación, o por un material de granulometría gruesa, posiblemente no se requerirá la capa de sub-base.

Finalmente si el terreno de fundación es excelente, es decir, que tiene un valor soporte elevado y no existe, además, la posibilidad de que se sature de agua, bastaría colocar encima la capa de rodamiento.

Resumiendo lo expuesto anteriormente, tendremos que:

- a) Si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone, siempre que sea, posible, y sustituirse este por un suelo de mejor calidad.
- b) Si el terreno de fundación es malo, habrá que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base.
- c) Si el terreno de fundación es regular o bueno, podría prescindirse de la sub-base.
- d) Si es excelente, podría prescindirse de la sub-base y la base.

2.12.1.2 Características De Las Capas De Los Pavimentos

Capa Sub Base:

Es la capa de material seleccionando que se coloca encima de la subrasante. Tiene por objeto:

- a) Servir de capa de drenaje al pavimento.
- b) Controlar o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- c) Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las capas freáticas cercanas, o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada. Este hinchamiento es causado por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascensión capilar del agua es grande.

El material de la sub-base, debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que el terreno de fundación compactado. Este material puede ser: arena, grava, granzón, escoria de

los altos hornos, o residuos del material de cantera. En algunos casos, es posible emplear para sub-base el material de la subrasante mezclado con granzón, cemento, etc.

El material debe tener las características de un suelo A1 o A2, aproximadamente. Su límite líquido debe ser inferior a 35% y su índice plástico no mayor de 6. El CBR, no podrá bajar el 15%.

Si la función principal de la sub-base es servir de capa de drenaje, el material a emplearse debe ser granular, y la capacidad de material fino (limo y arcilla) que pase el tamiz 200 no he de ser mayor del 8%.

Capa Base:

Esta capa tiene como finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la sub-base y al terreno de fundación.

Las bases pueden ser granulares, o bien estar formadas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro material ligante.

El material pétreo que se emplee en la base, deberá llenar los siguientes requisitos:

- a) Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.
- b) No prestar cambios de volumen que sean perjudiciales.
- c) El porcentaje de desgaste, según el ensayo “Los Ángeles”, debe ser inferior a 50.
- d) La fracción del material que pase el tamiz No 40, ha de tener un límite líquido menor del 25%, y un índice de plasticidad inferior a 6.
- e) La fracción que pasa el tamiz No 200, no podrá exceder de $\frac{1}{2}$, y ningún caso de los $\frac{2}{3}$ de la fracción que pase el tamiz No 40.

2.12.1.3. Espesor del Pavimento

El espesor del pavimento flexible se determina tomando en consideración el CBR, de fundación y la carga que en el pavimento habrá de soportar, la fig. 2.2, permite efectuar en este caso en particular el cálculo para trenes con ruedas gemelas. Es posible así mismo determinar el espesor del pavimento que se necesita para una determinada aeronave, sirviéndose directamente de la fig. 2.10.

Su función primordial será de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar posibles infiltraciones del agua de lluvia podrían saturar parcial o totalmente las capas

inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

Así mismo la capa de rodamiento contribuye, en cierto modo, a aumentar la capacidad soporte del pavimento, especialmente si su espesor es apreciable (mayor a 3").

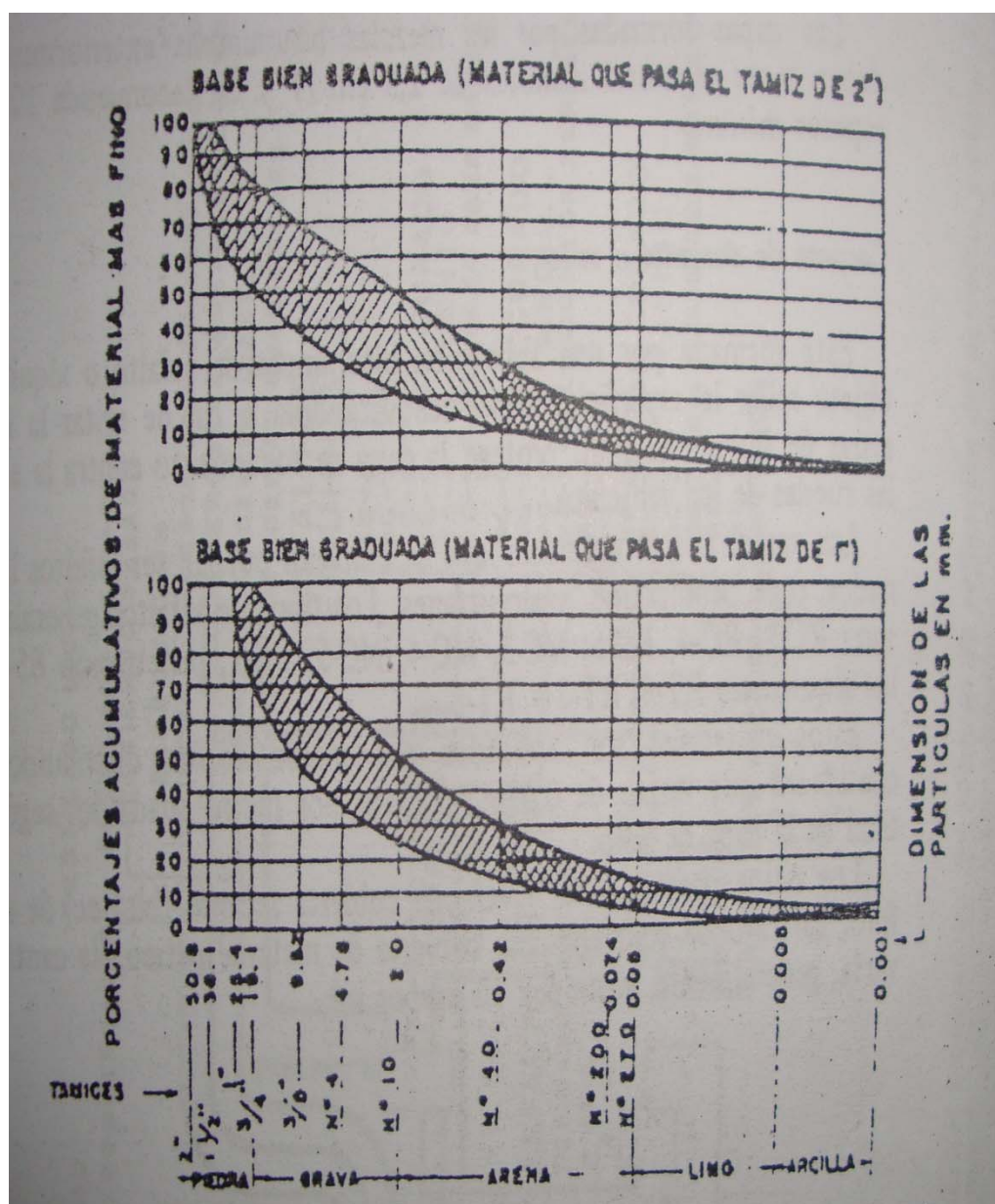


Figura N° 2.9 Curvas Granulométricas, Recomendadas Para El Material Pétreo A Emplearse Como Base.

2.12.1.4. Estructura del Pavimento

El pavimento flexible consta normalmente de tres capas diferentes cuya calidad mejora de abajo a arriba: el cimiento o sub-base, el firme o base y la capa de rodadura. La capa de rodadura consiste en mezclas bituminosas, con hidrocarburos aglomerantes, las otras capas del pavimento especialmente el firme deben contener aglomerantes o material granular, a fin de tener en cuenta mejorar las propiedades mecánicas producidas por estos tratamientos, en los cálculos se utiliza el llamado “espesor equivalente”.

El espesor equivalente de una capa tratada se obtiene multiplicando el espesor real de la capa por un coeficiente superior a la unidad. Para capas no tratadas se emplean valores inferiores a 1; a continuación se indican algunos de los coeficientes de equivalencia:

2...Para hormigón con un hidrocarburo como aglomerante o una mezcla bituminosa densa.

1,5...Para hormigón pobre o escoria sobre una mezcla de arena y grava o dicha mezcla aglomerada con betún.

1.....Para grava machacada bien graduada y hormigón sobre base de arena.

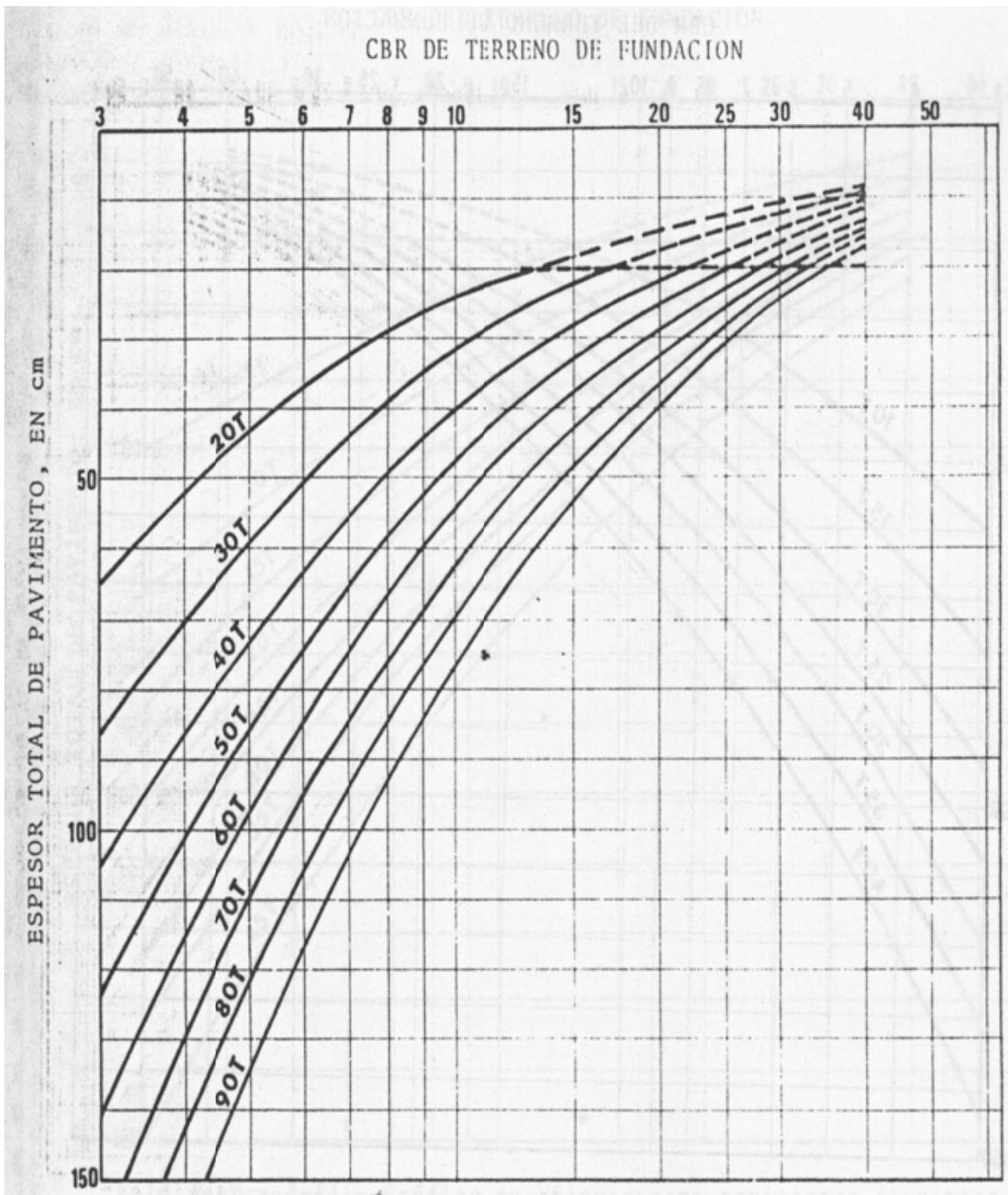
0,75...Para gravilla.

0,5...Para arena.

El espesor equivalente de un pavimento es la suma de los espesores equivalentes de las capas que constituyen. Deberá ser al menos igual al espesor total que se obtiene a partir del gráfico de CBR, para la aeronave de que se trate.

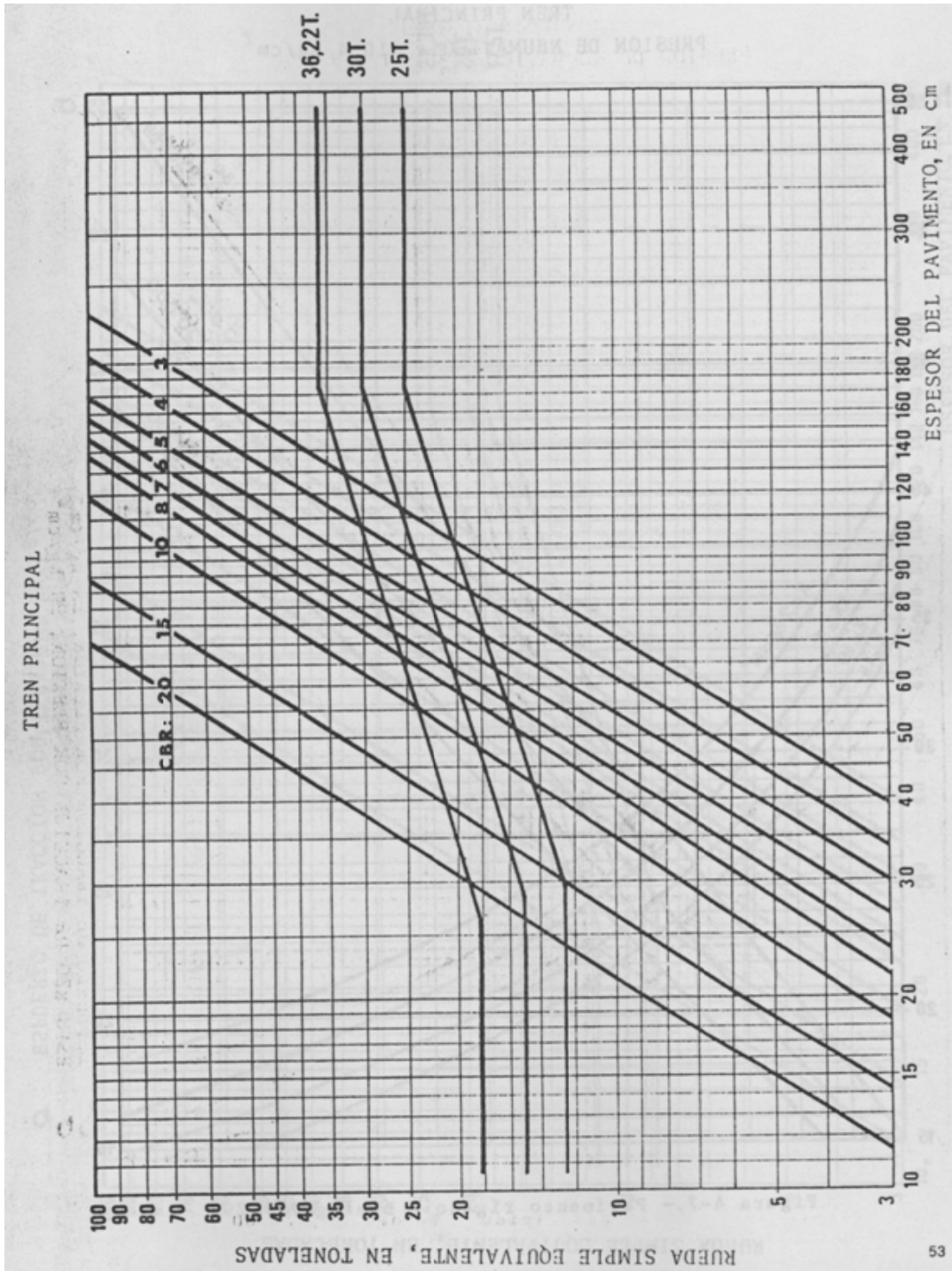
Tomando en cuenta las tres fases anteriores, se realiza el cálculo gráfico con ayuda de las figuras 2.10 y 2.11, proporcionadas para este fin, con el dato inicial del peso bruto de la aeronave de diseño como es el Boeing 727-100, que tiene un peso de 73.000 Kg. (73 Ton), y para un CBR de la subrasante calculado con pruebas de laboratorio realizado el año 2005 por ASSANA Cbba., donde se obtuvo un CBR de 6%.

**FIGURA 2.10 GRÁFICO DE CÁLCULO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES
PATA TÍPICA DE RUEDAS GEMELAS**



Fuente: Manual de Aeródromos

**FIGURA 2.11 GRÁFICO DE CÁLCULO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES
BOEING 727-200**

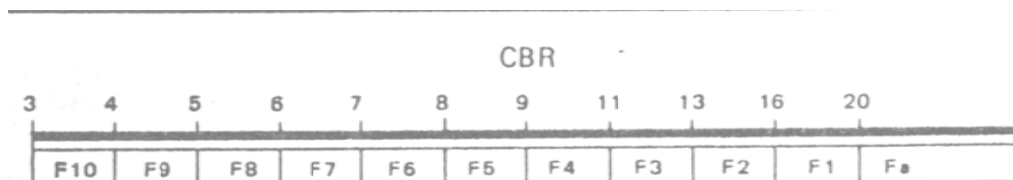


Fuente: Manual de Aeródromos

2.12.2. Método FAA.

El método de diseño de los pavimentos flexibles establecido por la FAA (Administración Federal de Aeropuertos), es un procedimiento relativamente sencillo en su aplicación la cual está basado en relaciones empíricas de fácil aplicación, en la que se parte de la clasificación de suelos adaptada por el referido organismo que se especifica en la figura 2.12.

FIGURA N° 2.12
Comparación de Clase de Terreno de Fundación CBR-FAA



Fuente: Aeropuertos López Pedraza

Para la aplicación de este método la FAA ha preparado una serie de gráficos los cuales relacionan como ser el valor de soporte del terreno de fundación (subrasante), en estos gráficos vienen en función al peso bruto de la aeronave de diseño, de la magnitud y carácter de las aeronaves y del volumen y concentración de tráfico anual de la aeronave de diseño, para la aplicación la FAA presenta unos gráficos para los cálculos de pavimentos flexibles en parte de pavimentos de la OACI.

En la construcción de estos gráficos recomendados por la FAA, como los de más rápido empleo, se ha tenido en cuenta, además la calidad del suelo y la concentración de carga supuesta en el tren de aterrizaje principal de 95% del peso total de la aeronave, por haberse comprobado que esta carga está comprendida entre el 88 y el 100% del Total.

Los datos necesarios que requieren los gráficos de la FAA para el diseño de los espesores del pavimento flexible son los siguientes.

a) Tren de aterrizaje de la aeronave de diseño con ruedas:

- Simples
- Gemelas
- Con Bogie

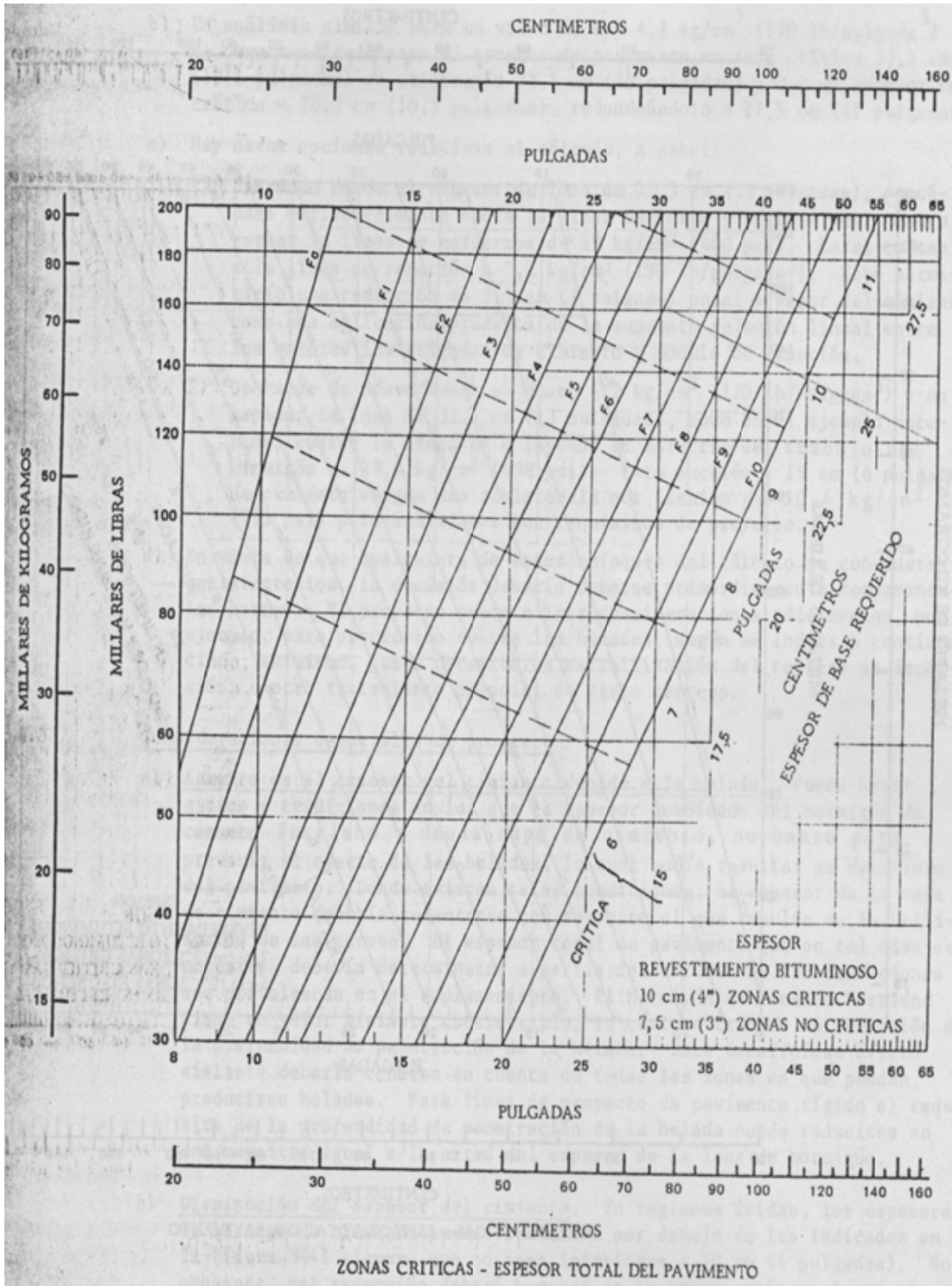
- b) Peso bruto de la aeronave de diseño.
- c) Salidas equivalentes anuales de la aeronave de diseño.
- d) Los valores de CBR para:
 - La capa de cimentación (sub.-base).
 - Terreno de fundación (sub-rasante).

El diseño del pavimento flexible se basa en los resultados de las pruebas de suelos de las subrasante.

El espesor de la capa de rodamiento, debe ser menor que el de la base granular. Este espesor está condicionado al tipo de mezcla asfáltica y al diferente tipo de tránsito, los tratamientos superficiales no sobrepasan los 2,5cm. (1") de espesor, las mezclas en frío o en caliente hechas en planta o en sitio de la obra así como el macadam de penetración, comúnmente tienen espesores comprendidos entre 5cm. (2") y 10cm. (4") a excepción de las mezclas de arena asfalto cuyo espesor puede ser hasta 15cm. (6").

Para el cálculo del espesor de recapado se tomara en cuenta la diferencia del espesor calculado y el espesor del paquete estructural actual, previamente se realizara el análisis de la proyección futura del tráfico aéreo para los próximos 8 años, es decir hasta el año 2014, según la proyección lineal se tiene una estimación de 1494 operaciones, significando una operación una llegada y una salida respectivamente.

FIGURA N° 2.13
CURVAS DE CÁLCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES



Fuente: Manual de Aeródromos

2.12.3. Método CBR.

El método CBR se deduce después de un estudio de tensiones y deformaciones a diferentes profundidades, este método utilizado por la mayoría de constructores, da un espesor único de calzadas flexibles en función de la carga, el tipo de tren de aterrizaje y el índice portante del suelo, en consecuencia se trazaron las curvas de la fig. N° 2.14, con las que se hallan los espesores necesarios.

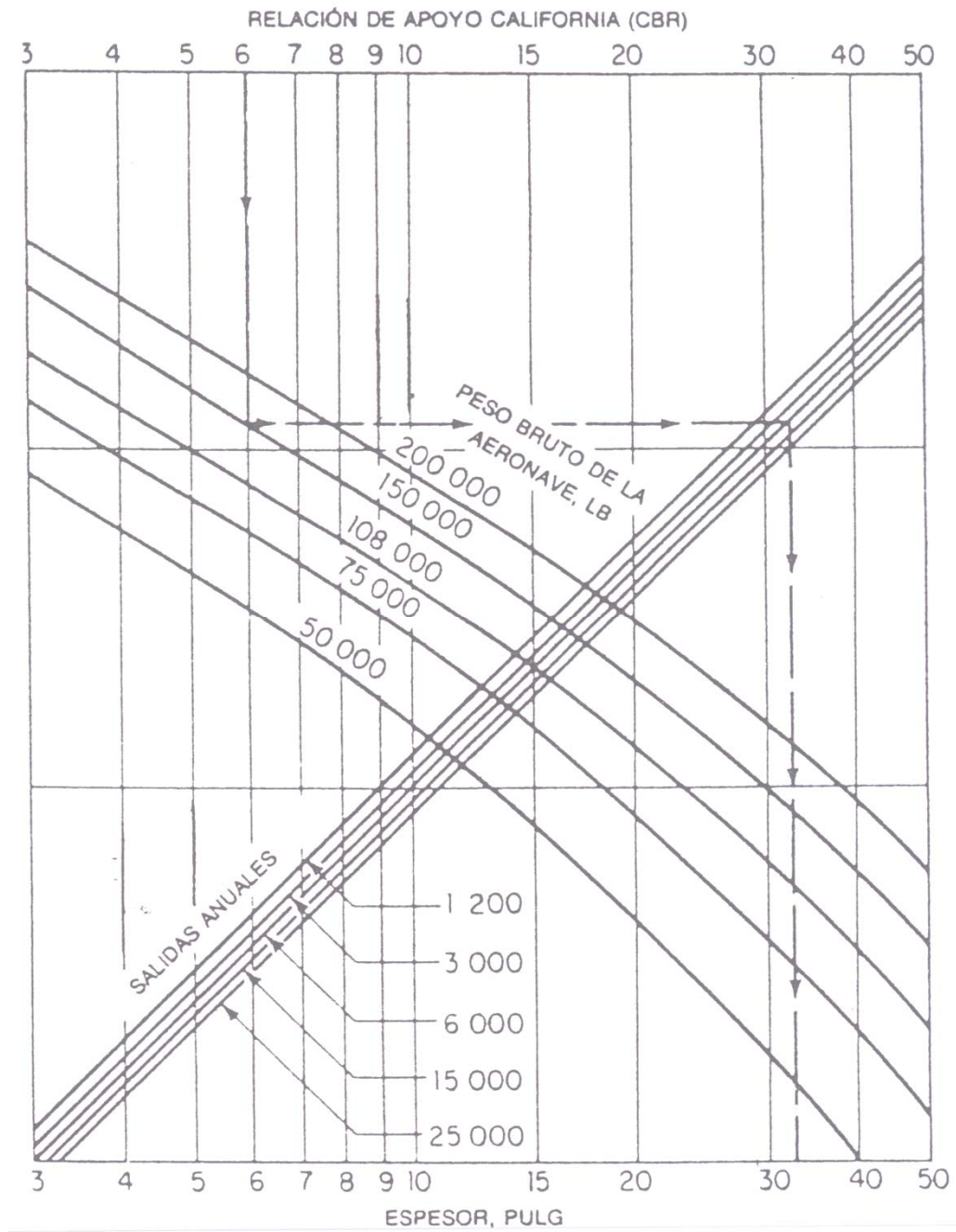
Para la aplicación del método CBR se debe aplicar la fig. 2.14, con tren de aterrizaje tipo tándem dual, es decir dos neumáticos provistos de la misma carga total y que produzca las mismas presiones sobre el suelo.

La utilización de las curvas de diseño de pavimentos flexibles requiere un valor de la relación de soporte California (CBR), del material de fundación, también es necesario el peso bruto de la aeronave y el número equivalente de salidas del mismo.

El espesor indicado para las carpetas de superficie y firme combinadas a la equivalencia se considera mediante el análisis de aproximación que resulta de las consideraciones experimentales y teóricas que suponen:

- a) A una profundidad H inferior a la mitad $d/2$, que representa la distancia más corta entre los centros de las áreas de huella de dos neumáticos vecinos cada rueda actúa en solitario.
- b) A una profundidad H superior al doble $2S$ de la distancia entre los centros de las áreas de impacto de un par de ruedas gemelas o de los centros de las ruedas extremas de un bogie, la presión es la misma que la resultante de la acción de una sola rueda soportando la totalidad de la carga del tren de aterrizaje (2P o 4P).
- c) Entre $d/2$ y $2S$ la presión en el suelo es igual a la debida a una rueda simple soportando una carga única.

FIGURA N° 2.14 CURVAS DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN AEROPUERTOS



Fuente: Manual del Ingeniero Civil Tomo III

Autor: Frederick Merritt

CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS EN AEROPUERTOS

2.13. INTRODUCCIÓN

La conservación está orientada a preservar el capital en todas las partes que componen la obra vial y a su vez proporcionar un tránsito seguro y confortable al usuario.

Se define a la conservación como el grupo de operaciones necesarias para preservar el pavimento, incluyendo todos sus elementos en condiciones lo más próximas posibles a las originales o las de la última reconstrucción o mejoramiento integral.

También están involucrados en la conservación las reparaciones o reemplazos mayores siempre que éstas hayan sido originadas por factores climáticos como ser tormentas, inundaciones, etc.

En cualquier caso, las actividades que comprenden la conservación de caminos tienen los siguientes objetivos:

- a).-** Prolongar la vida de servicio.
- b).-** Reducir los costos totales del transporte de viajeros y mercancías.
- c).-** Mantener en la red vial un nivel de servicio homogéneo, de forma que el transporte de viajeros y mercancías se pueda desarrollar con seguridad, comodidad y eficacia.

La falta de conservación adecuada en un pavimento se traduce en una menor vida útil del mismo, en un incremento de los costos de explotación de los vehículos y en una disminución importante de la seguridad de los usuarios. Por tanto, los gastos que una determinada Administración tiene que asumir para desarrollar unas determinadas actuaciones de conservación se compensan con los ahorros en los costos de explotación de los vehículos, en los costos del tiempo empleado en los viajes y en los costos de los accidentes producidos.

2.14. CONCEPTOS Y TÉRMINOS RELACIONADOS CON LA COSERVACIÓN

2.14.1. Conservación

Amplio conjunto de actividades destinadas a preservar a largo plazo la condición de los caminos y el servicio que prestan. Procura asegurar, al menor costo posible, el funcionamiento adecuado de un camino o red de caminos, permitiendo costos razonables de operación de los vehículos.

Uno de los objetivos primordiales de la conservación es evitar, al máximo posible, la pérdida innecesaria de capital ya invertido, mediante la protección física de la estructura básica y de la superficie del camino.

La conservación procura específicamente, evitar la destrucción de partes de la estructura de los caminos y la necesidad de una posterior rehabilitación o reconstrucción. La conservación incluye actividades tales como el mantenimiento (rutinario y periódico) y el refuerzo de la superficie, incluido el agregado de las capas adicionales sobre el camino, sin alterar la superficie existente.

2.14.2. Mantenimiento Rutinario

Reparación localizada de pequeños defectos en la calzada y el pavimento, nivelación de superficie sin pavimentar y de bermas; mantenimiento regular del drenaje, los taludes laterales, los bordes, los dispositivos para control de tránsito y otros elementos accesorios; limpieza de las fajas de derecho de vía, control del polvo y de la vegetación, limpieza de nieve o la arena y mantenimiento de zonas de descanso y aditamentos de seguridad. Cada aplicación del mantenimiento rutinario suele tener un costo que fluctúa entre 300 dólares y más de 5000 dólares por kilómetro. Según las condiciones específicas de cada camino, debe aplicarse una o más veces al año.

2.14.3. Tratamiento en la Superficie

Actividad de conservación de los caminos pavimentados, por la cual se procura restablecer algunas características del pavimento, sin constituirse en un refuerzo estructural. Entre las características a mantener en buena forma la textura, que asegura una fricción adecuada entre el vehículo y el camino. En caminos asfálticos, se trata de mantener la durabilidad de

la mezcla asfáltica y prevenir el desarrollo prematuro de fisuras y grietas, que suelen ser provocadas por la oxidación y la radiación solar. El tratamiento de la superficie normalmente se aplica mientras el pavimento aun está en buen estado, no habiendo alcanzado en llegar ni siquiera al estado regular. Algunas técnicas de tratamiento de la superficie son:

- Sello (seal)
- Tratamiento superficial (surface treatment)
- Riego de neblina (fog seal)
- Lechada asfáltica (slurry seal)
- Ranurado (grooving)

2.14.4. Renovación de la Superficie

En un camino sin pavimentación, se refiere a la re aplicación de grava. En caminos pavimentados significa agregar una capa adicional sobre el pavimento, sin alterar la estructura subyacente. También incluye el reciclado del pavimento. El objetivo de la renovación de la superficie es preservar la calidad de la rodadura, asegurar la integridad estructural del camino por un tiempo más prolongado y evitar su destrucción. Los caminos pavimentados normalmente necesitan renovar su superficie cuando se encuentran en estado regular, proceso que debe efectuarse de todos modos, antes de que lleguen a estar en mal estado. Esto también es válido para camino no pavimentados, salvo que estos tengan muy poco tránsito. El costo de cada renovación puede variar entre menos de 8000 dólares y más de 40000 dólares por kilómetro.

2.14.5. Refuerzo de la Superficie

Actividad similar a la renovación de la superficie, pero cuyo objetivo específico consiste en aumentar la resistencia estructural del pavimento.

2.14.6. Mantenimiento Periódico

Conjunto de actividades programables cada cierto periodo, tendientes a renovar la condición original de los pavimentos mediante la aplicación de capas adicionales de lastre, grava, tratamientos superficiales, sellos o recarpeteos asfálticos, según sea el caso, sin

alterar la estructura de las capas del pavimento subyacentes, así como la restauración de taludes de corte y de relleno y del señalamiento en mal estado. El mantenimiento periódico de los puentes incluye la limpieza, pintura, reparación y cambio de los componentes estructurales o de protección así como al limpieza del cauce del río o quebrada, en las zonas aledañas.

Esta expresión puede inducir a equívocos, porque todas las actividades de conservación son periódicas, es decir, deben ser repetidas cada cierto tiempo. No obstante, esta denominación se aplica generalmente al tratamiento y a la renovación de la superficie.

2.14.7. Rehabilitación

Reparación selectiva y refuerzo del pavimento o de la calzada, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación se efectúa cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro, pudiendo incluir, además, algunos mejoramientos de drenaje. La rehabilitación tiene el objeto de restablecer la capacidad estructural y la calidad de rodadura. El costo de la rehabilitación puede variar entre menos de 30000 dólares por kilometro en el caso de los caminos sin pavimentar y más de 200000 dólares por kilometro, si se trata de caminos pavimentados. En el caso de estos últimos, el costo es significativamente más alto que el de una renovación de la superficie, sobre todo por el alto gasto que significa demoler y reemplazar las partes dañadas de la estructura existente. En la mayoría de los casos, la rehabilitación se hace necesaria por no haber existido una renovación adecuada. Dentro un esquema sano de conservación, la rehabilitación debería ser solo ocasionalmente necesaria, cuando deben rehabilitarse las fracciones defectuosas de una obra nueva.

2.14.8. Mantenimiento Diferido / Conservación Diferida

Acciones de mantenimiento / conservación que, según criterios técnicos, deberían haberse ejecutado en el pasado, que por alguna razón no se han realizado.

2.14.9. Reparación de Emergencia

Arreglos que se ejecutan cuando el camino está en mal estado o incluso intransitable, como consecuencia del descuido prolongado o un desastre natural, por no disponerse de los

recursos necesarios para reconstruirlo, que es lo que correspondería hacer. Normalmente no se remedian las fallas estructurales, pero se hace posible un flujo vehicular regular durante un tiempo limitado. En el mejor de los casos, las reparaciones de emergencia dejan el camino en estado regular.

2.14.10.- Mejoramiento

Las mejoras de los caminos relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, incluidos los trabajos relacionados con la renovación de la superficie y la rehabilitación.

El objetivo de estas labores es incrementar la capacidad del camino la velocidad y seguridad de los vehículos que por él transitan.

Los trabajos de mejoramiento no son considerados como una actividad de conservación, excepto la operación auxiliar de la renovación de la superficie. El coste de esta actividad puede variar considerablemente según la complejidad de los mejoramientos geométricos que se ejecuten.

2.15. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Al margen de las ideas que las diferentes escuelas económicas tienen sobre la influencia del déficit público en la evolución de los indicadores macroeconómicos de un país, la experiencia demuestra que los distintos países realizan importantes esfuerzos para, en unos casos, reducir al máximo y, en otros, optimizar el déficit público y fomentar el crecimiento económico a largo plazo a través de una economía equilibrada, para la que es esencial la oferta. Este planteamiento justifica así mismo, la reducción de la presión fiscal, al fin de incentivar el dinamismo empresarial, lo que aconseja que las administraciones públicas desarrollen un gran esfuerzo para controlar y limitar el gasto público. Esta situación ha afectado, a nuestro país, de manera mucho más importante a la financiación de inversiones públicas (especialmente infraestructuras, tanto construcción como conservación).
- Tradicionalmente y tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados, las administraciones públicas han prestado una atención mayor a la

construcción de nuevas carreteras que a su conservación al igual que sucede en el mismo caso de la construcción de aeropuertos.

- Las necesidades de conservación de carreteras aumenta con el desarrollo de un país. De hecho, la cantidad dedicada a la conservación, respecto a la dedicada a construcción, en los países más desarrollados supera, en la mayoría de los casos, el 50% del presupuesto destinado a carreteras.
- Organismos internacionales, como el banco mundial, han acentuado la importancia de garantizar una apropiada conservación de las redes de carreteras en los países en vías de desarrollo, como condición necesaria aunque no suficiente para fomentar su progreso económico. En este sentido, una conservación adecuada es casi obligada en países desarrollados.
- Los países que han alcanzado un cierto grado de desarrollo se han visto afectados por una doble tendencia que ha provocado un considerable incremento de las necesidades de conservación y explotación: por un lado, el aumento del valor patrimonial de sus redes de carreteras y, por otro, la creciente exigencia de los usuarios en cuanto a los niveles de calidad que le deben ser presentados. Ambas tendencias han llevado a un crecimiento de las necesidades de conservación y explotación muy por encima de la voluntad actual que los gobiernos tienen en la asignación de recursos presupuestarios para tales actividades.
- La conservación de carreteras se ha financiado, tradicionalmente, con cargo a los presupuestos generales del Estado. La limitación de los presupuestos públicos ha supuesto, en muchos casos, una disminución real de la inversión total en carreteras y, en la mayoría de ellas, una disminución notable de los recursos económicos destinados a su conservación, al prevalecer el deseo político de no querer renunciar, en mayor o menor grado, a los programas de construcción de infraestructuras viarias. Esta prioridad de la financiación de la construcción sobre las necesidades crecientes de conservación a través de los presupuestos generales, que parece equivocada ha llegado a no cubrir las necesidades y déficits experimentados.
- En los últimos años, las administraciones públicas han incentivado la participación de empresas privadas en las labores de conservación de carreteras, con base en el

supuesto de que sean capaces de prestar a los usuarios un servicio eficiente y de calidad.

2.16. ASPECTOS GENERALES DE LA CONSERVACIÓN

- La Gestión de una carretera, que puede definirse como el conjunto de acciones necesarias para que una carretera de el servicio para el que fue concebida y diseñada desde un primer momento, con las máximas garantías de seguridad y utilidad del usuario, incluye los conceptos de CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN. La conservación hace referencia a las operaciones necesarias para mantener el patrimonio viario en el estado debido para prestar un servicio adecuado, lo que incluye la mejora de aquellos estándares que introduzca, progresivamente, el desarrollo de la ciencia y de la técnica para, entre otros fines, aumentar su vida útil. Por su parte, la explotación se refiere a aquellas actividades encaminadas a facilitar la circulación a lo largo de la vida de la infraestructura. Se aprecia, por tanto, que, mientras la conservación tiene un carácter eminentemente estático (esto es, vinculado a las labores para mantener el patrimonio), la explotación lo tiene marcadamente dinámico (ósea, ligado a las labores para adecuar, en cada momento, la carretera a las características del tráfico que soporta).
- El proceso de deterioro de un firme es muy complejo, pero depende, fundamentalmente, de la estrategia del diseño que debe considerar toda la vida esperada de la carretera de las solicitaciones de tráfico, del clima y demás circunstancias y fenómenos naturales, de sus características constructivas y de su estado de conservación. Si las inversiones en conservación son adecuadas y responden a los criterios establecidos en el proyecto, el firme se mantendrá en las condiciones de degradación y servicio previstas, sin mayores dificultades para el tránsito. Si, por el contrario, las inversiones no son suficientes, estado de degradación de la carretera provocara que el deterioro se acelere por encima de lo debido, con las consiguientes consecuencias negativas para los usuarios.
- Los trabajos de conservación ordinaria son, en general, operaciones periódicas que responde a una cierta rutina no exenta de dificultades, cuya misión es garantizar que

el patrimonio viario permanezca en aceptables condiciones de todo tipo, hasta el momento en que proceda llevar a cabo una renovación sustancial de sus características básicas.

- Los trabajos de conservación extraordinaria van encaminados a mantener e, incluso, mejorar las condiciones necesarias de la carretera (de seguridad, estructurales, señalización, etc.) para que su activo (firmes, señales, obras de tierra, drenaje, servicios, etc.) sea capaz de cumplir su función durante el periodo de tiempo para el que fue diseñado, sin más actuaciones, sobre tal activo, que las propias de la conservación ordinaria.
- Existen múltiples estrategias de conservación en las que se combinan diferentes actividades ordinarias y extraordinarias. La estrategia óptima depende, entre otras variables, de la ubicación y ocupación de la carretera, de los elementos que se constituyen entre los que uno esencial es el tipo de firme, de los medios disponibles y, por supuesto, de la optimización económica del proceso que se inicia en el proyecto y acaba en la desaparición de la vía.
- La conservación no debe entenderse como algo aislado. Sino que debe engranar, como pieza fundamental, con otras actividades de gestión de la carretera (capacidad, seguridad, información, etc.) a fin de dar un servicio de calidad al usuario.
- La concepción de una carretera exige, desde el primer momento, la contemplación agregada y conjunta de todas las actividades que requerirá durante su vida útil. Ello implica la necesidad de valorar las posibilidades estratégicas de construcción, conservación y explotación de manera integrada.
- No es bueno que la conservación deje de lado la actualización adaptación tecnológica de la infraestructura, ya que la falta de inversión en tecnología puede desembocar en una considerable reducción de sus índices de calidad y un incremento de su obsolescencia.

2.17. GESTIÓN DE CONSERVACIÓN

La gestión de conservación de la red vial es una tarea que consiste en determinar que debe hacerse en los caminos de modo que siempre estén en condiciones aceptables, entendiéndose por ello, respetar los límites que el interés público ha definido como

apropiados. Para ello deben formularse, a grandes rasgos, respuestas precisas para las siguientes preguntas:

- ¿En qué puntos o tramos de la red es preciso realizar trabajos?
- ¿Qué tipo específico de trabajos requiere esa inversión?
- ¿Cuál es la dimensión o diseño de la intervención y en qué forma deberá realizarse?
- ¿Cuándo deben ejecutarse los trabajos?

El éxito o fracaso de la gestión de conservación se mide de acuerdo al grado en que los parámetros de condición física de los caminos se mantienen permanentemente mejores, o al menos, iguales que los valores determinados para ellos, en virtud de las consideraciones basadas en el interés público. Se trata entonces de una actividad con metas y objetivos precisos en cuanto a calidad de los mismos.

Para alcanzar objetivos de tipo señalado, se requiere disponer la ejecución de una gran cantidad de acciones de carácter preventivo. En consecuencia, la gestión de conservación trasciende la administración, sistema que prevalece actualmente en el manejo de la conservación. Esta última contiene una fuerte dosis de reacción, pues consiste, en esencia, en el empleo de recursos disponibles para resolver los problemas que van surgiendo en los caminos, procurar garantizar nivel de calidad mínima alguna. Los usuarios y el público en general están completamente desvalidos a la hora de tratar de ejercer supuestos derechos en cuanto al estado de las vías. Es por ello que pasar de la administración a la gestión de conservación (hasta aquí virtualmente ausente el manejo de los caminos) supone un cambio sustantivo en la vida de los caminos y en el servicio que éstos prestan a la comunidad.

La gestión de conservación entraña la ejecución de una serie de tareas parciales o subtareas, que pueden resumirse de la manera siguiente:

- La planificación, que consiste en la identificación y programación de los trabajos físicos.
- La contratación de entidades para la ejecución física de los trabajos, la supervisión de la calidad, la magnitud de los trabajos ejecutados.
- La evaluación permanente de los resultados de la gestión, a fin de adaptar métodos y técnicas a las necesidades cambiantes y de aprender de los errores anteriores.

Debe destacarse que la gestión de conservación vial es una actividad fundamentalmente intelectual en la que trabajan casi exclusivamente profesionales tales como ingenieros y técnicos de carreteras, economistas, contadores y abogados. Así no incluye virtualmente ningún tipo de trabajo manual en los caminos mismos, salvo los necesarios para obtener la información que se necesita para llevarla a cabo en buena forma.

En resumen la gestión de conservación consiste en *planificar y ejecutar* lo que las vías requieren para que se preserve la calidad del servicio que presta a los usuarios.

2.18. Metodología de Conservación

Una de las tareas más importantes que deben realizar los organismos estatales y privados para conservar o mejorar el nivel de servicio de la red vial existente, es la de determinar el conjunto de proyectos que deben ingresar al programa de conservación del período. La selección y priorización de proyectos a nivel de red requiere de una evaluación estructural y funcional de los pavimentos. Además es necesario considerar los costos de operación de los usuarios durante un período de análisis que refleje el ciclo de vida de los pavimentos.

Durante la investigación se desarrolló una metodología simplificada de selección y priorización de aquellos proyectos que poseen una mayor necesidad de ser conservados, en base a fórmulas matemáticas de cálculo de prioridad, tanto para pavimentos asfálticos como de hormigón. Las fórmulas obtenidas presentaron una correlación superior al 95% con respecto a los resultados obtenidos de la modelación y evaluación de los escenarios de pavimentos.

Una de las principales tareas de un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) a nivel de red, corresponde a la selección y priorización de los proyectos que deberán ingresar al programa de conservación de un período determinado.

Hoy en día, existen modelos que son capaces de evaluar estructural y funcionalmente a un pavimento, estimando los costos en que incurren las agencias encargadas de la conservación de éstos y los costos en que incurren los usuarios por su utilización durante un período determinado.

Es así como el HDM-III (Highway Design and Maintenance Standards Model) utilizado hace años en países en vías de desarrollo y el HDM-4 (Highway Development and Management) en etapa de calibración de los modelos de deterioro, son capaces de realizar

estas tareas, modelando el deterioro de los pavimentos, los costos de conservación y rehabilitación, los costos de operación de los usuarios y realizando análisis socioeconómicos para distintas estrategias de conservación a lo largo del ciclo de vida de los pavimentos.

La utilización y manejo de estos modelos requiere de una apreciable cantidad de recursos, tanto económicos como humanos, para su adecuado desarrollo. Si bien, estos modelos son completamente automatizados, para su utilización es necesario contar con conocimientos amplios de los temas de evaluación estructural y funcional de los pavimentos, solicitudes, acciones y estrategias de conservación, etc. por lo cual, se hace imprescindible poseer un equipo de trabajo capacitado que esté dedicado exclusivamente a las tareas de administración de una red de pavimentos.

Como una forma de aportar al problema expuesto, se propone una metodología simplificada de priorización la cual busca aumentar la participación de las regiones en la gestión de conservación de sus propias subredes de pavimentos, sin tener que competir con los SGP utilizados a nivel central. La metodología optimiza la asignación de los recursos que se destinan a la conservación de los pavimentos, identificando aquellos proyectos (camino) de una subred para los cuales el plan de conservación ofrezca una mayor rentabilidad.

La metodología de priorización se desarrolló de acuerdo a las siguientes etapas:

- a) Definición de un factorial de condición de estado del pavimento
- b) Proposición de alternativas de Conservación y Rehabilitación (C&R)
- c) Modelación del deterioro
- d) Selección de la alternativa óptima de C&R
- e) Selección del modelo o Fórmula de Priorización

2.20. EJECUCIÓN DE LA CONSERVACIÓN

La ejecución física de los trabajos, que pueden catalogarse de producción, está dirigida y controlada por medio de la gestión de conservación. En este campo no hay gran libertad de decisión, porque los trabajos deben ceñirse a especificaciones precisas relativas no sólo al resultado que se desee alcanzar, si no muchas veces también a los procedimientos que es preciso seguir.

En casi todos los países del mundo hay empresas especializadas en la ejecución física de trabajos viales. La utilización de métodos mecanizados o de otros que se basen en el uso intensivo de la mano de obra, dependen en gran medida de la disponibilidad y del costo de esta última. Sin embargo, la ejecución física de los trabajos requiere no sólo de la participación de trabajadores manuales, sino de profesionales especializados y de técnico a nivel medio.

La escasa atención que suele prestarse a la defensa del interés público y la virtual ausencia de gestión de conservación, ambas entendidas como las hemos definido en este capítulo, han conspirado en contra de la calidad de las obras físicas de conservación, la que no han sido de nivel deseable.

DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS

2.21. MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.21.1. Consideraciones Generales

Se denomina mezcla asfáltica a la combinación de agregados inertes con un ligante bituminoso. Su uso se ha extendido en gran proporción al facilitarse su ejecución con modernos equipos y disponerse de gran variedad de materiales bituminosos; además, se extiende a la construcción de bases, capaz de rodamiento y refuerzos de caminos antiguos.

El diseño de mezclas asfálticas para pavimentación, como cualquier diseño de ingeniería de materiales, es una cuestión de selección y proporciones de materiales para obtener las cualidades y propiedades deseadas una vez finalizada la construcción. El objetivo general es una mezcla con graduación de agregados económicos (dentro de las exigencias de las especificaciones) y un contenido de asfalto adecuado que produzca una mezcla que posea:

- a) Asfalto suficiente para asegurar un pavimento durable a través del total recubrimiento de las partículas del agregado e impermeabilización y trabazón de las mismas bajo una adecuada compactación.
- b) Estabilidad suficiente de la mezcla para satisfacer los requerimientos de servicio y las demandas del tráfico sin deformación o desplazamiento.
- c) Cantidad de vacíos en la mezcla total compactada suficiente para evitar el afloramiento, la exudación y la pérdida de estabilidad.

- d) Adecuada trabajabilidad para permitir una operación de construcción eficiente en la colocación de la mezcla para pavimentos.

Normalmente las pruebas que se realizan para el diseño de mezclas asfálticas tienen cuatro aplicaciones importantes en todo proyecto constructivo. Ellos son:

- Diseño preliminar.
- Aceptación de los materiales.
- Control de producción de la mezcla.
- Control de rutina de la construcción.

Ensayos de diseño preliminar.- El principal propósito de los ensayos preliminares de proyecto es determinar si las fuentes locales proveen agregados de calidad apropiada para elaborar una mezcla que satisfaga los requerimientos granulométricos y propios de la mezcla. También el asfalto debe cumplir con las exigencias prescriptas.

Cuando se consideren varias fuentes de provisión de agregados, las mezclas experimentales pueden determinar la combinación más económica a usar. Los resultados del diseño preliminar de la mezcla sirven de base para una estimación previa de costos. Estos resultados indican además, si los requerimientos de proyecto pueden ser obtenidos dentro del marco de las especificaciones.

Ensayos de aceptación de materiales.- El objetivo principal de esta prueba es determinar la mezcla de agregados más económica que satisfagan tanto la granulometría como los requerimientos de diseño. Esto asegura la selección de los materiales apropiados y permite al contratista comenzar al acopio de estos materiales en el lugar de trabajo.

Ensayos de producción de la mezcla.- Las pruebas de control de producción de la mezcla se realizan al comienzo de su elaboración y en conjunción con la calibración de esta, de acuerdo a la composición de la mezcla, es decir, la graduación de los materiales combinados y el contenido de asfalto seleccionado.

Las mezclas de prueba para los ensayos de control de mezclado sirven para determinar si la mezcla para pavimentación producida, cumple con los requisitos de las especificaciones.

Ensayos de rutina para control de la construcción.- Los ensayos de control de la construcción se realizan como rutina y de modo periódico por la inspección, durante la construcción del pavimento. Muestras obtenidas al azar se chequean para determinar sus propiedades. Los resultados de estos ensayos son comparados con los obtenidos en los ensayos de control de producción y con los requerimientos de las especificaciones.

Aunque este tipo de prueba es de rutina, requiere una atención cuidadosa. Su importancia se enfatiza debido a que los resultados sirven como base para la aceptación o rechazo final de la construcción del pavimento.

2.22. TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS POR SU MÉTODO DE ELABORACIÓN

Por su elaboración las mezclas se dividen en:

- Mezclas asfálticas en frío.
- Mezclas asfálticas en caliente.

Mezclas asfálticas en frío: Son elaboradas con asfaltos diluidos o emulsionados. Para este tipo de mezcla es necesario cuidar que la naturaleza de la roca sea aceptable a los efectos del desplazamiento del material asfáltico por el agua.

Mezclas asfálticas en caliente: Para su elaboración es necesario un proceso previo de secado y calentamiento de los áridos que no existen en el grupo visto anteriormente. Se usa en este caso cemento asfáltico, el cual es sometido a un calentamiento necesario para la mezcla ya que se debe reducir la viscosidad del betún.

2.22.1. Mezclas Asfálticas en Frío

Se define como mezcla asfáltica en frío a la combinación de áridos y un ligante bituminoso. Su campo de aplicación puede ser en capas superficiales (para tráfico ligero y mediano) o de sub-base, si la estructura del pavimento es diseñada adecuadamente. En caso de usar en la base o sub-base puede ser convenientes para todos los tipos de tráfico.

Entre otros importantes que presentan las mezclas en frío y cabe resaltar están en:

- a.** Economía de energía para el calentamiento.
- b.** Se evitan problemas de contaminación atmosférica (humo y polvo que son lanzados a la atmósfera por las plantas de elaboración de mezclas asfálticas en caliente).
- c.** En el caso de que el material sea del tipo emulsión, que es prácticamente el más usado a nivel mundial para estas mezclas asfálticas en frío, se ahorra el material solvente.
- d.** Menor impacto ecológico.
- e.** Menor costo de los equipos, llegando en algunas aplicaciones a técnicas manuales.
- f.** Versatilidad ante climas y materiales.
- g.** Mejora en los tipos de emulsiones, que han permitido un mayor campo de aplicación.
- h.** Reduce los costos de construcción, pero no la resistencia o calidad de la estructura del pavimento.

Las mezclas asfálticas en frío son generalmente hechas con asfaltos diluidos o emulsionados. Estos últimos pueden ser del tipo aniómico o catiónico, de grado MS o SS y los asfaltos diluidos pueden ser de grado MC o SC. Sin embargo, hoy en día el elemento más valioso para el desarrollo de las técnicas en frío, es la emulsión asfáltica, ya que el uso de asfaltos diluidos representa una solución inadecuada para el estado actual de la técnica, por lo oneroso y por constituir un despilfarro energético, dado que el destino final de los solventes es sólo su desaparición por evaporación, razón por la cual el uso de asfaltos diluidos están en franco desuso.

No así, en la *tabla 2.4*, se indican específicamente los productos asfálticos recomendados para los distintos tipos de mezclas en frío para pavimentación. Usualmente, el tipo de agregado decide el tipo de producto a usar, mientras que el método de mezclado y las condiciones climáticas determinan el grado, dentro de un tipo dado.

En cuanto a material pétreo se refiere, éstos pueden ser cualquiera desde agregados triturados de granulometría cerrada hasta suelos granulares con porcentaje relativamente altos de polvo, los cuales, en el momento del mezclado podrán ser secados con vapor, aire seco o artificialmente.

TABLA N° 2.4.-GUÍA PARA USO DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS EN MEZCLAS EN FRÍO

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	ASFALTOS EMULCIONADOS												ASFALTOS DILUIDOS							
	ANIÓNICOS								CATIÓNICOS				Endurec. Medio EM(MC)				Endurec. Lento EL(SC)			
	MS-1	MS-2	MS-2h	HFMS-1	HFMS-2	HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1	SS-1h	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h	70	250	800	300	250	800	3000
MEZCLA FRÍA EN PLANTA																				
SUP. Y BASE DE PAVIMENTO AGREG. MAL GRADUADO	X	X	X	X	X	X				X	X									
AGREG. BIEN GRADUADO							X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X
BACHEO, USO INMEDIATO								X	X			X	X		X	X			X	
BACHEO, ALMACENADO															X	X		X	X	
MEZCLA EN SITU (MEZCLA EN CAMINO)																				
SUP. Y BASE DE PAVIMENTO AGREG. MAL GRADUADO	X	X	X	X	X	X				X	X					X	X		X	X
AGREG. BIEN GRADUADO							X	X	X			X	X		X	X		X	X	
ARENA							X	X	X			X	X	X	X	X				
SUELO ARENOSO							X	X	X			X	X		X	X				
BACHEO, USO INMEDIATO							X	X	X			X	X		X	X			X	
BACHEO, ALMACENADO															X	X		X	X	

Los métodos de mezclado pueden realizarse tanto en el camino, a lo largo del él, como en plantas de mezclado fijas. Las mezclas resultantes generalmente son distribuidas y compactadas a temperatura ambiente; sin embargo, existen pocas excepciones.

A pesar de todo lo expuesto, aún se está lejos de un enfrentamiento entre las técnicas de las mezclas asfálticas en frío y en caliente. Las condiciones locales y económicas decidirán la aplicación de uno u otro tipo de mezcla.

2.22.2. Mezclas Asfálticas en Caliente

Una mezcla asfáltica en caliente consiste en una combinación de agregados uniformemente mezclados recubiertos por cemento asfáltico. Para secar los agregados y obtener suficiente fluidez del cemento asfáltico, como para lograr adecuada trabajabilidad y mezclado, tanto los agregados como el asfalto deben ser calentados antes del mezclado; de ahí el término “mezcla en caliente”.

Las mezclas hechas en Planta son las de mayor estabilidad de todas las mezclas asfálticas y consisten en mezclar el agregado pétreo y el cemento asfáltico a alta temperatura, de tal modo que el agregado esté completamente seco y con una temperatura acorde a la del asfalto, con lo cual éste alcanza la viscosidad adecuada para que en el proceso de mezclado se obtenga un cubrimiento perfecto.

Después que el mezclado en planta se completa, la mezcla es transportada al lugar de pavimentación y distribuida por una pavimentadora en una capa ligeramente compactada para obtener una superficie uniforme y pareja. Mientras la mezcla está aún caliente, el material es compactado más intensamente por rodillos pesados accionados a motor para producir una capa lisa y bien consolidada.

Dependiendo del proyecto y la zona de aplicación de la mezcla, los **cementos asfálticos** aconsejados para mezclas en caliente son los nombrados en la tabla 2.5.

TABLA N° 2.5.- TIPOS DE CEMENTO ASFÁLTICO USADOS EN MEZCLA CALIENTE.

PAVIMENTO	CLIMA			
	Cálido y seco	Cálido y húmedo	Templado	Frío
Carreteras				
Trans. Pesado y muy pesado	60 - 70	60 - 70	60 - 70	85 - 100
Trans. Liviano y medio	85 - 100	85 - 100	85 - 100	120 - 150
Aeropuertos				
Pista carreteo, despegue y estacionamiento	60 - 70	60 - 70	60 - 70	85 - 100
Calles				
Trans. Pesado y muy pesado	60 - 70	60 - 70	60 - 70	85 - 100
Trans. Liviano y medio	85 - 100	85 - 100	85 - 100	85 - 100

2.23. CLASIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Para un mayor entendimiento se clasificarán a las mezclas asfálticas de la siguiente manera:

- Tratamientos bituminosos superficiales.
- Mezclas abiertas.
- Mezclas densas.

A continuación se hará una descripción de las distintas clases de mezclas asfálticas recién mencionadas.

2.23.1. Tratamiento Bituminosos Superficiales

Se denomina tratamiento bituminoso superficial a la aplicación de materiales asfálticos sobre cualquier tipo de calzada cubierta o no con una capa fina de agregados pétreos.

El objetivo de los Tratamientos Bituminosos Superficiales es proporcionar a la carretera una superficie de rodadura impermeable, segura y adecuada para los vehículos en toda época del año. Más frecuentemente se aplican a pavimentos viejos después de un proceso de servicio y antes de que el deterioro de la superficie provocado por el tiempo y el tránsito sea demasiado, llamándolo en este caso sello. Sin embargo, algunas veces estos tratamientos son incluidos en la construcción original.

Algunas de las funciones de un tratamiento superficial que caben destacar son:

- Dar una superficie de rodado económica a caminos con bases granulares de tránsito medio a bajo.
- Sellar y prolongar la vida de los caminos.
- Prevenir la penetración de agua en bases granulares.
- Proveer de una capa de rodado temporal.

De manera general se puede decir que en los Tratamientos Bituminosos Superficiales los **áridos** a usar deben ser de granulometría uniforme procedentes de machaqueo (más del 50% de las partículas con 2 o más caras de fractura), limpios, con buena forma (Índice de Lajas <30), resistencia al desgaste (Coef. de los Ángeles <35%) y no pulimentables (Coef. De pulido acelerado no inferior a 0.40). El tamaño mayor de los agregados no deberá ser más que 2 veces el tamaño menor, con una tolerancia razonable en las dimensiones, para permitir una producción económica. Los agregados de tamaño < de 13 mm (1/2 plg) proveerán una superficie de rodamiento más suave y menos ruidosa que los más gruesos.

Los **materiales asfálticos** empleados pueden ser: cementos asfálticos (C.A.), emulsiones asfálticas del tipo aniónico o catiónico diluidos. La elección dependerá del tipo de tratamiento a realizar y de las condiciones económicas.

Los tratamientos superficiales varían desde una simple y ligera aplicación de un ligante bituminoso a múltiples aplicaciones de materiales asfálticos sobre las que se distribuyen agregados pétreos, por lo que se ha clasificado a los tratamientos bituminosos superficiales de la siguiente manera:

- Tratamiento bituminoso superficial monocapa (simple).
- Tratamiento bituminoso superficial monocapa de doble engravillado.

- Tratamiento bituminoso superficial multicapa (bicapa o doble, tricapa o triple).
- Tratamientos profundos: riegos de penetración y riegos de semipenetración.
- Tratamiento auxiliares con riego: **1)** de adherencia, **2)** de imprimación, **3)** de curado, **4)** anti polvo, **5)** Riego pulverizado (fog Seal).
- Lechadas bituminosas.

2.23.2. Tratamientos Simples

Un **tratamiento simple** se ejecuta mediante un riego asfáltico sobre una capa de base ya terminada, sobre el cual se distribuye una capa de grava uniforme haciendo pasar una rastra de cepillos para permitir el “pintado” de toda la superficie del agregado y por último se da una compactación mediante el rodillo.

2.23.3. Tratamiento Simple con Doble Engravillado

El tratamiento simple con doble engravillado a diferencia del anterior, presenta la variante de que se extiende una segunda capa de árido más fino que el primero previo al pasado de rastra y compactación.

El tratamiento simple es especialmente aconsejable para tráfico livianos y como un procedimiento provisional de mantenimiento; puede usarse también en las operaciones de sellado de grietas. Para conseguir su buena calidad se recomienda tomar en cuenta los siguientes consejos:

- Al seleccionar el grado de asfalto se deben considerar factores tales como características superficiales, temperatura del aire, humedad, etc. Los **materiales asfálticos** más comúnmente usados y recomendados en la ejecución de Tratamientos Simples son: CRS-1, CRS-2, RS-1, RS-2, RC-250, C.A. 120-150, C.A. 200-300, AC-2.5, AC-5,
- El **tipo de agregado** aconsejado es el de tamaño nominal TN 10-2.5 mm., cuyas especificaciones granulométricas son las mostradas en la siguientes tabla:

TABLA N°2.6 FAJA GRANULOMÉTRICA PARA TRATAMIENTOS SIMPLES

tamiz (mm.)	US	TN 10 - 2,5mm. TN 3/8" - N° 8 % que pasa
25	1"	
20	3/4"	
12,5	1/2"	100
10	3/8"	85 - 100
5	N° 4	10, - 30
2,5	N° 8	0 - 10
0,08	N° 200	0 - 2

- Puede ser utilizada como orientación la siguiente tabla para ver rangos de cantidades de asfalto y agregado de acuerdo al tamaño nominal para tratamientos superficiales simples y sello.

TABLA N° 2.7 CANTIDADES DE ASFALTO Y AGREGADO PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES SIMPLES

Tamaño Nominal (mm.)	US	Agregado kg/m²	Asfalto kg/m²
20 - 10,	3/4" - 3/8"	22 - 27	1,8 - 2,3
12,5 - 2,5	1/2" - N° 4	14 - 16	1,4 - 2,0
10 - 2,5	3/8 - N° 8	11 - 14	0,9 - 1,6
5 - 2,5	N° 4 - N° 8	8 - 11	0,7 - 1,1
	Arena	5 - 8	0,7 - 0,9

- La cantidad exacta de agregado y material asfáltico a usar en un tratamiento simple se obtendrá a través del procedimiento denominado “Método de la Dimensión Mínima Promedio”.

USOS SUGERIDOS

CRS-1: Tratamiento superficial, Macadam por penetración y riego de liga.

CRS-2: Tratamiento superficial, Macadam por penetración.

CMS-2 y CMS-2h: Mezcla en planta o en sitio con agregado grueso el cual sustancialmente es retenido en la malla 2.5mm. (N° 8).

CSS-1 y CSS-1h: Mezcla en planta o en sitio con graduación y agregados finos, con una cantidad sustancial pasando por malla 2.5mm.

RS-1: Tratamiento superficial, Macadam por penetración y riego de liga.

RS-2: Tratamiento superficial, Macadam por penetración.

MS-2 y MS-2h: Mezcla en planta o en sitio con agregado grueso el cual es retenido sustancialmente en malla 2.5mm. (N°8). Y no pasa prácticamente nada por la malla 0.08mm. (N°200).

SS-1 y SS-1h: Mezcla en planta o en sitio con gradación y agregados finos, con una cantidad sustancial pasando por malla 2.5mm. (N°8) y con una porción pasando por malla 0.08 (N°200).

Grado MC-70: Viscosidad Saybolt Furol a 50°C

Grado MC-30: Viscosidad Saybolt Furol a 25°C

Grado MC-250: Viscosidad Saybold Furol a 60°C

Grado MC-800: Viscosidad Saybold Furol a 82°C

Grado MC-3000: Viscosidad Saybold Furol a 82°C

2.23.4. Tratamiento Superficial Multicapa

Un tratamiento superficial multicapa (doble o triple) consiste en dos o más aplicaciones alternadas de asfalto y agregado. Este tipo de tratamiento puede llegar a tener espesores hasta 2.5cm., los cuales, colocados sobre una buena base, pueden soportar la acción de grandes volúmenes de tránsito durante largo tiempo siendo económicos, fáciles de construir y de larga duración. Como impermeabilizan la base, permiten que esta trabaje a su máxima capacidad en cuanto a soporte, aunque no aportan estructura al pavimento.

El **agregado pétreo** para cada aplicación debe ser granulométricamente lo más uniforme posible y el tamaño máximo de cada aplicación sucesiva debe estar en proporción 2:1, respectivamente. El espesor total del tratamiento es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal de la primera aplicación. Para el tratamiento doble se usa generalmente la combinación TN 20-10 mm. y 10-2 mm., cuyas especificaciones granulométricas son:

TABLA N°2.8 FAJAS GRANULOMÉTRICAS PARA TRATAMIENTOS DOBLES

Tamiz (mm.)	US	TN 10 - 2,5mm. TN 3/8" - N° 8 % que pasa	TN 20 - 10mm. TN 3/4" - 3/8" % que pasa
25	1"		100
20	3/4"		90 - 100
12,5	1/2"	100	20 - 55
10	3/8"	85 - 100	0 - 15
5	N° 4	10 -- 30	0 - 5
2,5	N° 8	0 - 10	----
0,08	N° 200	0 - 2	0 - 2

Los materiales asfálticos usados son del tipo RS-1, RS-2, CRS-1, CRS-2, RC-250, RC-800, C.A. 120 – 150.

La cantidad exacta de agregado y asfalto a usar en un tratamiento múltiple se obtendrá a través del procedimiento denominado “Método de la Dimensión Mínima Promedio”. Sin embargo, para este tipo de tratamiento se deberán tomar en cuenta, además, las siguientes consideraciones del método:

- Se supone que cada sucesiva se construye inmediatamente después que se ha terminado la capa precedente, sin permitir el tránsito entre capas. Si después de colocada la primera capa se decide colocar la segunda al año siguiente, se deberá

considerar al doble tratamiento tanto en el diseño como en la construcción, como dos aplicaciones simples.

- Se supone que cada capa es el espesor de una partícula.
- El tamaño de cada aplicación debe ser aproximadamente la mitad de la aplicación precedente.
- Las cantidades de ligante asfáltico y agregado para el tratamiento múltiple se determinan suponiendo que cada corresponde a un tratamiento simple independiente.
- La corrección por textura se aplica solamente a la primera aplicación basándose en la superficie en que se colocará el tratamiento. No se debe hacer corrección por textura superficial a las capas restantes (segunda, tercera).
- Después que se ha determinado el ligante para cada capa se determina la cantidad total de ligante sumando cada una de las aplicaciones. Para un tratamiento doble se recomienda colocar un 40% del asfalto total en la primera aplicación y un 60% en la segunda. Para tratamientos triples e recomienda repartir el asfalto total en 30-40-30. No obstante lo anterior, estos porcentajes pueden variarse de acuerdo a las condiciones locales del clima, tránsito o topografía.

2.23.5. Tratamientos Profundos

Antes de emplearse las mezclas bituminosas en carreteras, el único sistema para disponer de capas espesas tratadas con ligantes bituminosos, consistía en conseguir que un ligante bituminoso frío o caliente (según la viscosidad necesaria) penetrará entre los huecos de la capa granular (de macadam normalmente) mojando y envolviendo las partículas del árido en el espesor que se había previsto.

Con este sistema de riego que se da en llamar profundo o de penetración, se consiguen las capas denominadas “bases tratadas por penetración” o bien de “Macadam Asfáltico por penetración”. Una degeneración muy poco aconsejable de estos sistemas que consiste esencialmente en reducir la cantidad de ligante es la llamada técnica de las

semipenetraciones. Aunque estos tratamientos no pueden considerarse superficiales, se han incluido en esta sección por realizarse según la técnica de riego.

2.23.5.1.- Macadam Asfáltico por Penetración.- Consiste en una base o una superficie de rodamiento de piedra triturada o escoria de un solo tamaño en la que los fragmentos están ligados con asfalto. Estas capas de macadam tienen un espesor aproximado de una piedra, cercano a los 75 mm. (3”). Se pueden emplear como capa superficial para caminos de tránsito medio a pesado, pero para caminos de tránsito pesado a muy pesado es sustituido por concreto asfáltico. Su alta estabilidad, que deriva de la trabazón mecánica de las partículas de agregado relativamente grandes y de la capa de asfalto de gran espesor, lo convierte en un tipo de construcción recomendable cuando se dispone, en condiciones económicamente aceptables, de agregado triturado del tamaño requerido.

En la fabricación de macadam por penetración el *agregado* que se debe usar es piedra limpia triturada o escoria, de tamaño y calidad uniformes. Las exigencias de tamaño y granulometría para el agregado grueso dependen del espesor deseado de la capa. La selección del agregado más pequeño para la 2ª aplicación está gobernada por el tamaño del agregado mayor, el desgaste de Los Ángeles no debe ser > que 40.

En el caso de usar emulsificados de baja viscosidad, se debe usar un agregado de granulometría uniforme que varíe entre 9.5 a 12.5 mm. (3/8” a 1/2”) y un tamaño aproximadamente igual al espesor de la capa en su porción principal.

Los **materiales asfálticos** usados son los asfaltos emulsionados del tipo RS-1, RS-2, CRS-1 ó CRS-2, y los Cementos Asfálticos del tipo AC-10, AR-4000, C.A. 85-100 para tiempos normales de verano y AC-05, AR-2000, C.A. 120-150, para construcción en tiempo frío.

2.23.6. Tratamiento Auxiliares con Riego

Entre los tratamientos auxiliares con riego se tienen:

2.23.6.1.- Riego de Liga.- Es una aplicación ligera de un riego asfáltico sobre un pavimento existente para asegurar la adherencia entre la superficie asfáltica vieja y la nueva

capa asfáltica que se superpone. Éste debe ser muy delgado y debe cubrir uniformemente el área entera a ser repavimentada. Para cumplir este proyecto la emulsión asfáltica es diluida en partes iguales con agua, lo que asegura un riego uniforme y ligero. Generalmente es suficiente para un riego de liga de 0.20 a 0.70 lts/m² de emulsión asfáltica diluida, usando asfaltos emulsificados como el MS-1, SS-1, SS-1h, CSS-1 ó CSS-1h.

El trabajo debe organizarse de manera tal que no aplique el riego de liga a una superficie mayor que la que vaya a cubrirse con el trabajo de día. Debe evitarse el paso sobre el riego de cualquier tránsito no esencial para la obra.

2.23.6.2.- Riego de Imprimación.- Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base estabilizada que va a ser cubierta por una carpeta o cualquier tratamiento asfáltico. Su propósito es facilitar la unión del material granular con la capa asfáltica, además de:

- Taponar los vacíos capilares.
- Aumentar la cohesión de la superficie de la base.
- Recubrir y unir las partículas sueltas de agregado.
- Ayudar en la compactación y conservación de la base sin un excesivo uso de agua.

Normalmente los **materiales asfálticos** usados para imprimación son los asfaltos diluidos MC-30, para bases de textura “cerrada” y MC-70 para las “abiertas”. Sin embargo, en algunas superficies altamente absorbentes con mala trabazón de sus partículas y textura abierta puede emplearse MC-250. La aplicación unitaria ideal es la cantidad que absorberá completamente una base en un periodo de 24 hrs. En general esta cantidad está entre 0.90 y 2.25 lts/m².

Los asfaltos emulsificados de rotura lenta (SS-1, SS-1h, CSS-1 ó CSS-1h) pueden ser usados para una imprimación tipo mezcla. La cantidad de emulsión a ser usada depende de la naturaleza de la base granular y de las condiciones del tiempo. La granulometría del agregado, tamaño de los vacíos y absorción del mismo afectan dicha cantidad. Generalmente se mezclan, con este propósito los 25 mm. (1”) superiores de la base suelta

con una cantidad de emulsión entre 0.3 y 0.9 lts/m². Si se encuentra un exceso de residuo asfáltico en la superficie cuando ha roto la emulsión, se espolvorea arena ligeramente, para absorber el material sobrante.

2.23.6.3.- Riego de Curado.- Es un tipo de riego sin gravilla. Están destinados a evitar la evaporación del agua cuando se ejecutan capas tratadas con ligantes hidráulicos. Pueden a su vez constituir estos mismos riegos una imprimación de la capa tratada para la futura aplicación de capas asfálticas. Puede hacerse una imprimación reforzada mediante la distribución de arena para soportar el tráfico de obra.

Las emulsiones a usar deberán ser del tipo: SS-1, SS-1h. La cantidad a usar debe ser de 600 g/m².

Riegos antipolvo: es un riego de asfalto líquido sobre una superficie de suelo compactado. Su objetivo es cohesionar las partículas superficiales del suelo y servir de paliativo del polvo. Se efectúa en caminos de tercer orden, como preparación de una mejora progresiva del camino.

El *material asfáltico* indicado para este tipo de riego es el SC-70 para superficies confeccionadas con suelo fino y el SC-250 para superficies de suelo grueso. La cantidad a usar varía desde 1.5 a 3.0 kg/m², dependiendo de la textura de la plataforma. Sin embargo también se utilizan las emulsiones SS-1, SS-1h, CSS-1 ó CSS-1h.

2.23.6.4.- Riego Pulverizado (Fig. Seal): Se emplea para renovar viejos pavimentos asfálticos y cerrar pequeñas grietas y huecos superficiales.

2.23.7.- Lechada Bituminosa

La Lechada Bituminosa consiste en una suspensión en agua de un mortero bituminoso, de apropiada consistencia, fabricado con áridos que no es necesario calentar, agua de preenvuelta y emulsión asfáltica, de forma que las partículas minerales queden recubiertas homogéneamente por una película de ligante. Su aplicación es en tratamientos superficiales

para trabajos de conservación, rejuvenecimiento y acondicionamiento de diferentes tipos de pavimentos en servicio o de nueva construcción.

En la fabricación de la lechada bituminosa, siempre que es preciso, se utiliza material filler o polvo mineral, natural o artificial, para aumentar la cohesión e impermeabilidad de la mezcla de lechada. También se emplean productos aditivos para regular la velocidad de rotura de la mezcla y/o mejorar las condiciones de adhesividad en el sistema árido-ligante.

Los factores que se deberán considerar al estudiar una obra con lechada bituminosa son:

- Relativos a la superficie primitiva: regularidad superficial, permeabilidad, textura, contenido de ligante.
- Climatología, época del año, temperatura del pavimento, riego de precipitaciones.
- Selección de materiales y fórmulas de trabajo.
- La dosificación de la cantidad necesaria de ligante puede establecerse a partir de la granulometría del árido (vacíos) o bien con un ensayo de superficie específica.

2.23.8. Mezclas Abiertas

Se entiende por mezclas abiertas a las mezclas que tienen un porcentaje de huecos superior al doce por ciento (>12 %).

En general estas mezclas están compuestas por un betún lo suficientemente fluidificado con derivados del petróleo o con aceites de alquitrán como para permitir una almacenabilidad suficiente y una trabajabilidad fácil.

Las mezclas abiertas resisten fundamentalmente por rozamiento interno entre las partículas del árido. El ligante colabora a proporcionar una cohesión mínima y a evitar la degradación típica del árido cuando éste se utiliza sin ningún tipo de ligante. La durabilidad depende de:

- a) Envejecimiento del ligante (depende de la dotación del mismo).
- b) Adhesividad pasiva árido-ligante (depende de la naturaleza y limpieza del árido).

En general los agregados a utilizar consistirán de roca chancada , grava chancada o angulosa natural de canto vivo y de una calidad uniforme debiendo estar libre de arcilla, limos, material vegetal u orgánico y cualquier materia extraña ya sea suelta o adherida, el

desgaste de los Ángeles será como máximo el 35%, Lajas máximo 10%, material chancado mínimo 70%.

En el caso de trabajar con una mezcla abierta en frío, los materiales asfálticos a utilizar podrán ser emulsiones de rotura lenta ya sean aniónicas o catiónicas. También se podrán usar asfaltos diluidos del tipo MC-250, MC-800, SC-250, SC-800, MC-3000 ó SC-3000 y la granulometría a utilizar será la mostrada en la siguiente tabla.

Lo fundamental en mezclas con emulsión es exigir en 2 mm (N° 10) que pase entre 0-6% y en 0.008 mm (N° 200) entre 0-2%, fijando el tamaño máximo según espesor y uso.

**TABLA N° 2.9 USOS GRANULOMÉTRICOS PARA MEZCLAS ABIERTAS
EN FRÍO**

Mezcla N°		IX - 12a	IX - 12b	IX - 20
USO		Superficie	Superficie	Capa Nivelante
Espesor compactado recomendado para capas individuales		25 - 50mm.	25 - 50mm.	40 - 80mm.
Tamaño Tamices				
mm.	US			
25	1"			100
20	3/4"	100	100	65 - 85
12,5	1/2"	70 - 90	60 - 80	25 - 60
10	3/8"			15 - 40
5	N° 4	10 -- 40	5 -- 35	0 - 10
2	N° 10	0 - 6	0 - 6	0 - 6
0,08	N° 200	0 - 2	0 - 2	0 - 2

Contenido de asfalto: referido a la mezcla entre 5- 7%

Aplicaciones visuales: Para tránsitos liviano a medio

Textura superficial: Abierta

Agregados requeridos: sanos, roca angular chancada, grava a escoria chancada y agregados finos.

Desgaste de Los Ángeles Máx. 35%

Lajas Máx. 10%

Chancado Min. 70%

Equivalente de arena Min. 50%

Si la mezcla a elaborar es una mezcla abierta en caliente, los agregados tendrán las siguientes granulometrías de acuerdo al uso que se les dé:

TABLA N° 2.10 GRANULOMETRÍAS PARA MEZCLAS ABIERTAS EN CALIENTE

Mezcla N°	II - 5	II - 10	II - 12	II - 20	II - 25
USO	Sello de mezcla	Superficie Sello de mezcla	Superficie	Base	Base
Espesor compactado recomendado para capas individuales	10 - 20mm.	20 - 40mm.	25 - 50mm.	40-80mm.	80-100mm.
Tamaño Tamices	Porcentaje que pasa en peso				
mm					
US					
40					100
25				100	70 - 100
20			100	70 - 100	50 - 80
12,5		100	70 - 100		
10	100	70 - 100	45 - 75	35 - 60	25 - 50
5	40 - 85	20 - 40	20 - 40	15 - 35	10 -- 30
2,5	5 -- 20	5 --20	5 --20	5 --20	5 --20
0,63					

0,16	Nº 100					
0,08	Nº 200,	0 - 4	0 - 4	0 - 4	0 - 4	0 - 4

En cuanto a su aplicación, las mezclas abiertas pueden ser usadas tanto en capas de rodamiento, como en capas de base.

2.23.8.1. Mezclas Abiertas en Capas de Rodamiento Fina. En empleo de estas capas ha venido a sustituir la función de los tratamientos bituminosos superficiales multicapa en numerosos casos. Convenientemente proyectadas, presenta diversas ventajas.

- Posibilidad de empleo sobre pavimentos con mala regularidad superficial, con evidente ventaja sobre los tratamientos bituminosos superficiales.
- Flexibilidad ante deflexiones altas de pavimento y ante asentos lentos, lo que permite una gran versatilidad de empleo sobre pavimentos de distintas características.
- Aportación de un espesor adicional al del firme primitivo.

La extensión y compactación de estas capas superficiales puede hacerse por los medios habituales en la técnica de las mezclas bituminosas, esto es, entendedoras y compactadoras con altos rendimientos, buena calidad y homogeneidad del trabajo.

2.23.8.2.- Mezclas Abiertas para Capas Espesas de Base.- Sustituyen a las antiguas bases de madacam tratadas por penetración, teniendo la ventaja de un mejor sistema de fabricación, una puerta en obra más rentable y eficaz ya que se realiza mediante motoniveladora o mejor aún con entendedora de mezcla asfáltica. Son capas muy abiertas y con escasa rigidez. Tienen el inconveniente que debido a su escasa rigidez, las cargas lentas sobrecargan las capas inferiores.

2.23.9. Mezclas Densas

Las mezclas densas no son nada más que mezclas formadas con agregado pétreo bien graduado, las cuales deben ser estables. Además, deben tener poca cantidad de huecos. Estas mezclas son más convenientes para capas de rodado, pues resultan ser mezclas asfálticas más estables y duraderas debido a que los tamaños más pequeños llenan los huecos dejados por los tamaños más gruesos, obteniéndose una capa de rodamiento más cerrada dentro de una variación determinada de tamaños. Sin embargo, las mezclas densas se pueden aplicar también en:

Estabilización de suelos: Es la aplicación más elemental. Es más conveniente de emulsión por lo difícil de eliminar los fluidificantes en suelo fino.

Grava emulsión: Tiene un esqueleto mineral en el que todas las partículas están cubiertas uniformemente por una película de ligante bituminoso y una vez compactado tiene un porcentaje de vacíos del 3 al 8%. Tienen mayor cantidad de ligante que la grava-emulsión. Se dosifica según los métodos de dosificación de mezcla en caliente (Método Marshall) y se utilizan como capa de rodamiento.

Si se tratan de mezclas densas en frío, la colocación en obra deberá hacerse antes de que se rompa la emulsión, ya que sino el material es intrabajable e incompatible (ocurre en las mezclas más ricas en ligante). Es por eso que se permite utilizar aditivos especiales que mejoren la adhesividad y demoren la rotura. También es importante considerar los mecanismos básicos de la mezcla cerrada con emulsión ya que tienen gran importancia en el comportamiento de la mezcla, es por eso que se deben considerar tres puntos:

- En primer lugar debe conseguirse un buen reparto de la emulsión sobre el árido y que forme un buen mortero con la fracción más fina.
- El segundo punto importante que se debe considerar en la realización de la mezcla es el sistema de agitación y la energía empleada. Existen en general dos sistemas de mezclado:
 - a) In situ, especialmente para los materiales menos elaborados, recurriendo al uso de mezcladoras móviles que pueden ir desde una simple rastra de discos de uso agrícola hasta máquinas especiales.

b) En planta.

- El tercer punto a tener en cuenta es la eliminación del agua y la compactación. Deberá comprobarse la afinidad entre la emulsión y el árido mediante ensayos de resistencia sobre probetas sumergidas en agua en un tiempo determinado.

Los **asfaltos** a usar para mezclas densas en frío estarán en función al clima en el que serán aplicados los cuales se detallan en la siguiente tabla:

TABLA N°2.10.1 MATERIALES ASFÁLTICOS USADOS PARA MEZCLAS DENSAS EN FRÍO

RC - 250	Clima: Cálido y hasta medianamente húmedo. Material: Poca cantidad de finos bajo tamiz 0,08mm.
MC - 250 MC - 800	Clima: Templado y medianamente húmedo. Material: Mediana cantidad finos bajo tamiz 0,08mm.
Emulsión CSS - 10 SS - 1 (CS - 1h O SS - 1h)	Clima: frío, templado y húmedo. Material: Baja cantidad de finos bajo tamiz 0,08mm.

OBSERVACIÓN: Cuando se habla de clima seco o húmedo se refiere a precipitaciones pluviométricas, menos o más de 350mm.

Si se trata de mezclas densas en caliente se utilizan con preferencia cementos asfálticos del tipo AC-2.5 ó C.A. 120-150.

El agregado a usar, tanto en mezclas densas en frío como en caliente, deberá estar en cualquiera de las siguientes fajas granulométricas dependiendo del uso que se le piensa dar:

TABLA N° 2.11 FAJAS GRANULOMÉTRICAS PARA MEZCLAS DENSAS

Mezcla N°	IV - 10	IV - 12	IV - 20	IV - 25	
USO	Superficie	Superficie	Superficie o base	Base	
Espesor compactado recomendado para capas individuales	25-40mm.	25-50mm.	40-80mm.	80-100mm.	
Tamaño Tamices	Porcentaje que pasa en peso				
mm.	US				
40	11/2"			100	
25	1"		100	80 - 100	
20	3/4"	100	80 - 100		
12,5	1/2"	100	80 -100		
10	3/8"	80 -100	70 - 90	60 - 80	55 - 75
5	N° 4	55 -75	50 - 70	48 - 65	45 - 62
2,5	N° 8	35 - 50	35 - 50	35 - 50	35 - 50
0,63	N° 30	18 -29	18 - 29	19 - 30	19 - 30
0,315	N° 50	13 -23	13 - 23	13 - 23	13 - 23
0,16	N° 100	8 -- 16	8 -- 16	7 -- 15	7 --15
0,08	N° 200	4 --10	4 -- 10	0 - 8	0 - 8

Contenido de asfalto normal: 3.5 – 7.0% en peso de la mezcla total.

Limitaciones de tránsito: Ninguna.

Textura superficial: Media a fina.

Agregados requeridos: sanos, roca angular chancada, grava a escoria chancada y agregados fino.

Se podría considerar como mezcla densa en caliente al **concreto asfáltico** que es el producto resultante de una mezcla en caliente en planta de agregado pétreo bien graduado, filler y cemento asfáltico, esparcido y compactado en caliente, satisfaciendo determinadas exigencias constantes de especificaciones. Éste consiste en un revestimiento o capa de rodado destinada a: resistir las acciones del tráfico, impermeabilizar, mejorar las

condiciones de rodado en cuanto al confort y seguridad, y a transmitir en forma atenuada, las acciones del tráfico sobre las capas inferiores.

2.23.10. Propiedades Deseadas En El Diseño De Mezclas Asfálticas

El diseño adecuado de una mezcla asfáltica de pavimentación, para un uso específico, debe considerar las siguientes propiedades deseables de la mezcla:

1. Estabilidad.
2. Durabilidad.
3. Flexibilidad.
4. Resistencia a la fatiga.
5. Resistencia al deslizamiento.
6. Impermeabilidad.
7. Trabajabilidad.

1. Estabilidad.- Capacidad de una mezcla asfáltica para resistir deformaciones provocadas por las cargas impuestas. Los pavimentos sin estabilidad sufren deformaciones (ahuellamiento y desplazamientos u ondulaciones). La estabilidad depende de la fricción interna y de la cohesión.

La **fricción interna** depende de la estructura superficial, granulometría del agregado, forma de las partículas, densidad de la mezcla y cantidad de asfalto. Es una combinación de la resistencia friccional y de la trabazón del agregado en la mezcla. Dicha resistencia friccional aumenta con la rugosidad superficial de las partículas del agregado. También aumenta con el área de contacto entre partículas. La resistencia por trabazón depende del tamaño y forma de las partículas.

Para cualquier agregado dado, la estabilidad aumenta con la densificación de las partículas confinadas, lo cual se logra mediante granulometrías cerradas y una adecuada compactación. Excesivo asfalto en la mezcla, tiende a lubricar las partículas y a disminuir la fricción interna del esqueleto pétreo.

La cohesión es la fuerza aglutinante propia de una mezcla asfáltica para pavimentación. El asfalto sirve para mantener las presiones de contacto desarrolladas entre las partículas del agregado. La cohesión varía directamente con la intensidad de la carga, el área cargada y la viscosidad del asfalto.

2. Durabilidad.- Propiedad de una mezcla asfáltica que indica su capacidad de resistir la desintegración debida al tránsito y al clima. El deterioro debido al clima se basa en los cambios de las características del asfalto, tales como su oxidación y volatilización, que determinan una alteración del pavimento y agregados, sumado a la acción del agua, incluso su congelamiento y deshielo.

La durabilidad se incrementa por lo común mediante aumento en el contenido del asfalto, granulometrías cerradas del agregado y mezclas bien compactadas e impermeables.

Una mezcla que tiene un alto contenido de asfalto, con vacíos completamente ocupados con el mismo, pueden proveer una mayor durabilidad; sin embargo, esto podría no ser conveniente desde el punto de vista de la estabilidad. Cuando el material se coloca en el camino, puede ahuellarse o fluir bajo tránsito. También puede tener lugar el afloramiento o exudación del asfalto a la superficie.

La estabilidad máxima en una masa de agregados no se alcanza hasta que la cantidad de asfalto que recubre las partículas ha llegado a un valor crítico. Un porcentaje adicional del mismo actúa como lubricante más que como ligante, reduciendo la estabilidad de la mezcla, pero aumentando su durabilidad. Por esta razón frecuentemente es necesario mantener el contenido de asfalto tan alto como sea posible, conservando una adecuada estabilidad.

3. Flexibilidad.- Capacidad de una mezcla asfáltica de adaptarse a asentamientos graduales y movimientos en la base y la subrasante. Los asentamientos diferenciales en el relleno de un terraplén ocurren ocasionalmente. Es así imposible desarrollar una densidad uniforme en la subrasante durante su construcción porque las secciones o

posiciones de pavimento tienden a comprimirse y asentarse bajo tránsito. Por esta razón un pavimento asfáltico debe tener la capacidad de adaptarse a asentamientos localizados o diferenciales, sin quebrarse. Generalmente la flexibilidad de una mezcla asfáltica se incrementa con altos contenidos de asfalto y agregados de granulometría relativamente abierta.

4. Resistencia a la fatiga.- Capacidad del pavimento asfáltico de soportar flexiones repetidas causadas por el paso de las cargas de ruedas. Las pruebas han demostrado que la cantidad de asfalto es extremadamente importante cuando se considera la resistencia a fatiga en una mezcla para pavimentación. Como regla general, cuanto mayor es el contenido de asfalto, mayor la resistencia a fatiga. Las pruebas indican que las mezclas de graduación cerrada tienen mayor resistencia a fatiga que las de graduación abierta. A la mezcla deben incorporarse agregados bien graduados que permitan un mayor contenido de asfalto, sin causar exudación o afloramiento en el pavimento compactado.

5. Resistencia al deslizamiento.- Capacidad del pavimento asfáltico de ofrecer resistencia al resbalamiento o deslizamiento, especialmente cuando está húmeda. Los factores para la obtención de alta resistencia al deslizamiento son generalmente los mismos que aquellos con los que se obtiene una alta estabilidad.

Los principales contribuyentes son: adecuados contenidos de asfalto y agregados con textura superficial rugosa. Sin embargo, el agregado no solamente debe tener una superficie rugosa, sino que también debe ser resistente al pulimento.

6. Impermeabilidad.- Resistencia que tiene un pavimento asfáltico al pasaje de agua dentro o a través del mismo. Ya que el contenido de vacíos puede ser un índice de la susceptibilidad de una mezcla compacta al pasaje de agua, es de mucha importancia la interconexión de vacíos y su comunicación con la superficie. La impermeabilidad al

agua es extremadamente importante desde el punto de vista de la durabilidad de las mezclas asfálticas.

7. Trabajabilidad.- Facilidad con que las mezclas para pavimentación pueden ser colocadas y compactadas. Si se pone especial cuidado en un diseño apropiado y se coloca con una máquina distribuidora, la trabajabilidad no será un problema. Algunas veces, las propiedades de los agregados que aseguran su alta estabilidad, hacen que las mezclas asfálticas que contienen dichos agregados sean difíciles de distribuir o compactar. Como los problemas de trabajabilidad se descubren con mayor frecuencia durante las operaciones de pavimentación, los ajustes en el diseño de la mezcla deben ser realizados rápidamente para permitir la prosecución del trabajo tan eficientemente como sea posible.

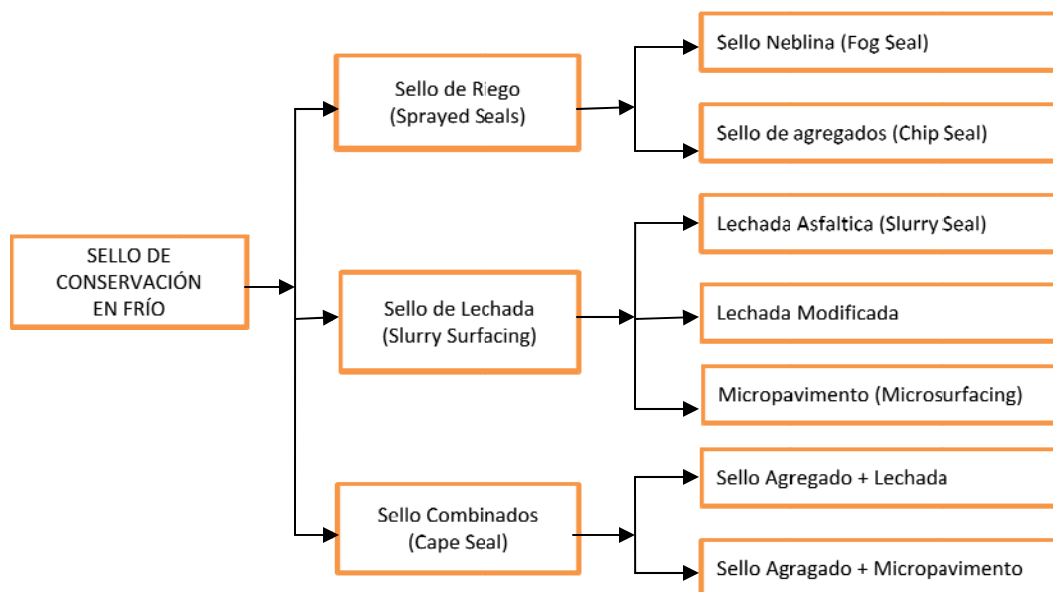
2.24. SELLOS ASFÁLTICOS

2.24.1. Introducción

Un sello asfáltico de conservación se define como una aplicación superficial que incluye un material asfáltico entre sus componentes, en forma individual o como mezcla, sobre un pavimento asfáltico existente. Los objetivos de los sellos asfálticos son proteger la estructura subyacente de la acción del tráfico y de los efectos del clima, reduciendo la tasa de deterioro del pavimento y mejorando las condiciones de rodadura.

2.24.2. Tipos de Sellos Asfálticos

Hay varias técnicas que responden a la definición de sello asfáltico de conservación, las que se pueden agrupar de acuerdo al esquema que se presenta a continuación:



CUADRO N° 2.9 SELLO DE CONSERVACIÓN EN FRÍO

También se tienen a los sellos en caliente y los selladores de juntas. A continuación se hará la descripción de cada uno de los sellos asfálticos recién mencionados.

2.24.3.-Sellos de Riego (Sprayed Seals)

2.24.3.1.- Sello Neblina (Fog Seal).- Es la aplicación más básica que existe y consiste en un riego de emulsión asfáltica diluida sobre la superficie del pavimento asfáltico con el fin de rejuvenecerlo, sellar pequeñas grietas y huecos superficiales, siendo el mismo, especialmente útil para pavimentos sometidos a un volumen de tráfico ligero, donde los mismos muestran bajos a moderados niveles de desgaste. Este sello es realmente efectivo cuando la superficie existente es suficientemente porosa para absorber la emulsión.

Este tipo de sello también puede emplearse con el objeto de:

- Proteger al pavimento contra la acción del tráfico y del medio ambiente.
- Evitar la producción de polvo en los tratamientos superficiales después de distribuido el agregado pétreo en zonas densamente pobladas, mejorando la retención de las partículas y dando al conjunto un color oscuro uniforme.
- Prevenir daños de pavimentos en climas fríos.

- Dar una protección añadida a nuevas superficies.

Un oportuno riego de este sello cuando el pavimento lleva cerca de 6 o 7 años de servicio (u otro tiempo intermedio, dependiendo del estado de la superficie original y de las condiciones locales) puede detener efectivamente el deterioro adicionado 1 a 4 años más hasta que sea el momento de aplicar nuevamente otro riego de Fog Seal o cualquier otro tratamiento superficial.

2.24.3.2.- Sello de Agregado (Chip Seal).- El sello de agregados, más conocido como Chip Seal, es una técnica de mantenimiento relativamente económica usada para incrementar la resistencia al deslizamiento, prolongar la vida del pavimento o simplemente para proteger pavimentos nuevos. Este sello consiste en el riego de un ligante y una cobertura de agregados, pero en el caso de ser un sello doble o triple se repite el riego del ligante y la cobertura de agregados en forma consecutiva.

Entre otras características importantes que tiene el Chip Seal y caben destacar están:

- Impermeabiliza la superficie y mejora la textura superficial.
- Protege al pavimento subyacente de la oxidación, envejecimiento y abrasión debido al tráfico, proporcionando más años de vida y superficies resistentes.
- Sella pequeñas grietas e imperfecciones.
- Mejora el confort de circulación disminuyendo los tiempos de viaje, los costos de mantenimiento de vehículos y los costos de combustible, a demás aumenta la seguridad de circulación al mejorar la resistencia al deslizamiento.
- Es un método relativamente rápido de recapado.

Tradicionalmente, el sellado con Chip Seal fue usado en carreteras de bajo volumen de tráfico, pero con el desarrollo de tecnologías y materiales mejorados el uso de Chip Seal se está haciendo más popular en carreteras de alto volumen de tráfico. El éxito de un buen sellado se logrará seleccionando los materiales y procesos constructivos correctos.

La expectativa típica de la vida es de 5 a 7 años, pero algunos sellos de agregados (Chip Seal) hechas con emulsiones modificadas con polímeros están durando aún más.

2.24.4.- Sellos de Lechada (Slurry Surfacing)

2.24.4.1.- Lechada Asfáltica (Slurry Seal).-

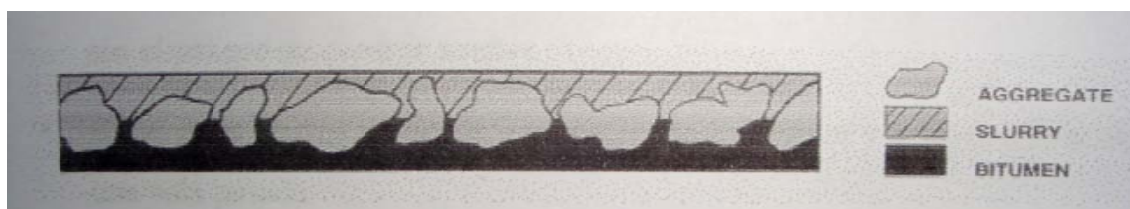


FIGURA N°2.15 DETALLE GRÁFICO DEL SLURRY SEAL

La ISSA (Internacional Slurry Surfacing Association), define las lechadas asfálticas como una mezcla de agregado (incluyendo el filler), emulsión asfáltica de quiebre lento, agua y aditivo, la que es distribuida uniformemente sobre la superficie de un pavimento existente en espesores que van desde los 3 a 10 mm., siendo realmente efectivas cuando se aplican a superficies de pavimentos viejos.

Si su aplicación es oportuna ayudará a reducir los peligros causados por la oxidación del asfalto y el resquebrajamiento de la mezcla asfáltica del pavimento, prolongará significativamente la vida de los pavimentos existentes, protegiendo las capas inferiores de los daños ocasionados por filtraciones del agua (*ver Fig.2.16*). Un mejor rendimiento del pavimento es un beneficio añadido.

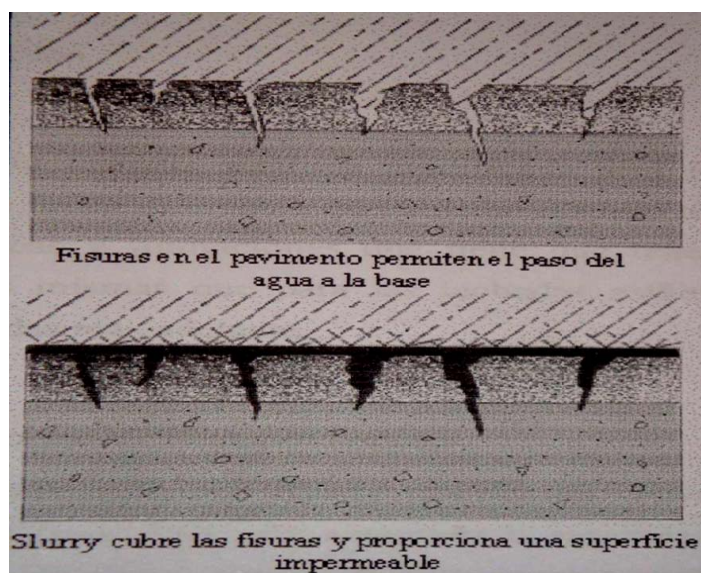
Un programa de conservación de pavimentos empleando lechada asfáltica no solamente ayudará a proteger su pavimento, sino que también ayudará a proteger su inversión en pavimentaciones. Entre otros beneficios que tiene:

- Es el sistema de tratamiento de pavimentos más versátil que hay.
- Alta eficacia de la inversión.
- Proporciona una superficie duradera, apropiada para toda clase de climas.
- Lista para ser usada poco después de ser aplicada.

- Mejora las propiedades anti-deslizantes y las características de la conducción, sin el peligro de piedras sueltas.
- Rellena las grietas y huecos proporcionando el color y la textura deseados en una sola pasada.
- Es una solución económica para la preservación de pavimentos difíciles.
- Utilización rápida; ya que su fácil y rápida aplicación convierten a la lechada especialmente atractiva para la rehabilitación de las vías públicas con mucho tráfico, aparcamientos y pistas de aeropuertos.
- Con una sola aplicación el pavimento existente recibe una nueva capa de rodadura de color negro y textura uniforme. Una mejor apariencia significa un mayor valor de la propiedad, del potencial comercial y una mayor aceptación por parte de los compradores.

Sin embargo, la lechada asfáltica, pese a ser una técnica de conservación eficiente que permite retardar el deterioro del pavimento, no aporta capacidad estructural al pavimento y no corrige significativamente la serviciabilidad del mismo.

FIGURA. N° 2.16 PROTECCIÓN CONTRA INFILTRACIÓN QUE PROPORCIONA EL SLURRY SEAL AL PAVIMENTO



2.24.4.2.- Lechada Modificada (Polimer Modified , Slurry Seal).- Se consideran lechadas modificadas a aquellas que utilizan emulsiones asfálticas modificadas con polímeros (generalmente del tipo elastoméricos) con el objeto de reducir la susceptibilidad térmica del ligante residual y mejorar las propiedades mecánicas y de adherencia de la lechada. Las lechadas modificadas tienen el mismo campo de aplicación que las convencionales, la diferencia principal radica en que puede soportar mayores niveles de tráfico o prestar servicio en climas más exigentes (mayores diferenciales térmicos estacionales y/o día /noche). Además presenta otras ventajas como ser:

- Menores pérdidas a la abrasión, a igual tipo, granulometría de áridos y porcentajes de ligante usados en las lechadas tradicionales.
- Mayor resistencia a la fisuración, o lo que es lo mismo, mayor flexibilidad a bajas temperaturas.
- Mayor duración.

La elaboración de la lechada asfáltica modificada será igual a la de la lechada convencional, con la única diferencia que utilizan distinto tipo de emulsión. Por otro lado las características y limitaciones que tiene que tener las lechadas asfálticas modificadas son las mismas que para las lechadas asfálticas convencionales.

2.24.4.3.- Micropavimentos (Microsurfacing).- La ISSA (Internacional Slurry Surfacing Association), define los micropavimentos como un tipo más avanzado o superior de lechada asfáltica, de mayor estabilidad, capaz de ser distribuida en espesores variables de hasta 50 mm. En su forma más sencilla los micropavimentos consisten en una lechada de rompimiento controlado, fabricado con emulsiones asfálticas modificadas con polímeros. Su objetivo es el de proteger la capa estructural del pavimento mejorando las propiedades contra el desgaste alargando su vida útil.

Los micropavimentos son más resistentes a la fatiga, tienen mayor resistencia al efecto abrasivo de las llantas, mejora su desempeño, a altas temperaturas no se reblandece y a bajas temperaturas no se fractura. Éstos pueden corregir un mayor número de

irregularidades superficiales presentes en un pavimento y presentan varias ventajas similares a las de un recapado asfáltico del tipo funcional. Los aspectos que los diferencian con las lechadas convencionales son:

- **Uso de emulsión asfáltica modificada:** La emulsión necesariamente incorpora polímeros, por lo que el asfalto residual presenta mejor comportamiento reológico.

La emulsión no sólo incorpora polímeros, sino además requiere un tipo especial de emulsificador que permita el rápido quiebre y curado, y una alta compatibilidad con el agregado usado. Este tipo de sistemas agregado-emulsión se conocen como “Quick-Traffic”, y por lo general se pueden abrir al tráfico en una o dos horas.

- **Desempeño Mecánico:** Debido a la alta calidad del agregado y la incorporación de polímeros, el micropavimento exhibe mejores parámetros mecánicos que la lechada.
- **Apertura al tráfico:** Como ya se mencionó, el micropavimento es una mezcla que se clasifica como “Quick-Traffic”, lo que significa que desarrolla cohesión interna rápidamente y por ello el tiempo de apertura al tráfico es mucho menor. Por ejemplo un micropavimento normal podría ser abierto al tráfico en una hora (micropavimento de 12.7 mm de espesor, curado a 24° C y 50% de humedad).
- **Espesor de aplicación:** El micropavimento presenta una mayor consistencia durante el mezclado y colocación por lo tanto, mayor desempeño mecánico durante la vida de servicio. Su gran estabilidad permite la aplicación en espesores mayores, aproximadamente 1.5 veces el equivalente a la lechada para el mismo tamaño máximo de agregado.
- **Construcción:** Se requieren equipos que tengan mayor energía mecánica para distribuir el micropavimento, el diseño de la caja distribuidora debe ser más robusta y la potencia disponible mayor. Hoy en día, con el avance de la tecnología, los

equipos que se fabrican son capaces de aplicar tanto lechadas como micropavimentos, cosa que antes no se podía. Cualquier equipo que puede aplicar micropavimento puede aplicar lechadas asfálticas, pero no viceversa.

2.24.5. Sellos Combinados (Cape Seal)

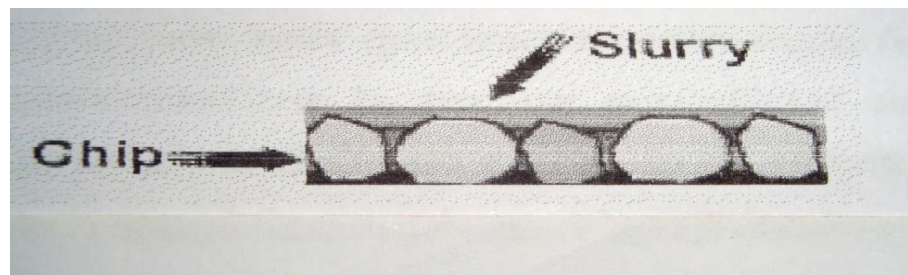
Los sellos combinados (Cape Seal) consisten en la aplicación de dos sellos distintos uno encima del otro. Son aplicaciones cuando el deterioro del pavimento es tal que el chip seal diseñado para corregirlo no puede hacerlo solo, pero a la vez el pavimento todavía no se ha deteriorado al punto de requerir un recubrimiento caro con asfalto. Su uso es aconsejable en carreteras con alto volumen de tráfico.

Entre sus ventajas se tiene que el Cape Seal previene la penetración del agua reduciendo subsecuentemente daños en la superficie del camino, a la vez proporciona una nueva cubierta de superficie obteniendo menor pérdida de agregados, menor ruido y proporcionando mayor vida de servicio.

De acuerdo a los tipos de sellos a combinar, se tienen los dos sellos que son descritos a continuación.

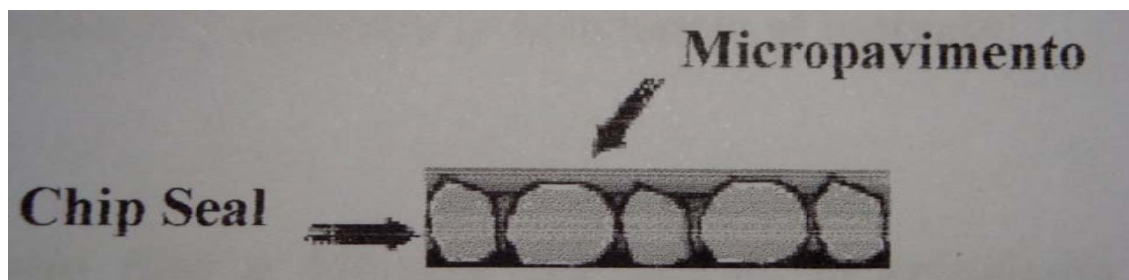
2.24.5.1.- Sello de Agregado – Lechada.- El Sello de agregados – lechada consiste en la aplicación del sello Chip Seal, seguido después de unas semanas por la aplicación del Slurry Seal, el cual llena los vacíos dejados en la superficie del sello de agregados. Es usado generalmente en calles residenciales gracias a su habilidad de poseer la fortaleza del chip seal y la suavidad del slurry seal.

**FIGURA N° 2.17 CONFORMACIÓN DEL SELLO DE AGREGADOS
LECHADA**



2.24.5.2.- Sello de Agregado – Micropavimentos.- El Sello de agregados – micropavimento consiste en la aplicación del sello Chip Seal, seguido después de unas semanas por la aplicación del Micropavimento. Su aplicación puede hacerse en carreteras con alto volumen de tráfico.

**FIGURA N° 2.18 CONFORMACIÓN DEL SELLO DE AGREGADOS-
MICROPAVIMENTO**



2.24.6. Sellos en Caliente

Los sellos en caliente no son más que tratamientos superficiales delgados, utilizados para mejorar e impermeabilizar la textura superficial de un pavimento asfáltico. Dentro de estos sellos están el Sello de agregado de Penetración invertida, los Sellos de Fricción y el Sello Fino o Mortero, los cuales serán descritos a continuación.

2.24.6.1.- Sello de Agregado de Penetración Invertida.- Consiste en una aplicación de asfalto recubierta con agregado generalmente del tamaño nominal 10 a 25 mm., aunque también este material puede ser arena de grano uniforme. El “tratamiento simple”, se puede considerar en esta categoría.

2.24.6.2.- Sello de Fricción.- Consiste en la aplicación de una capa delgada de mezcla en planta en caliente, de graduación abierta hasta 20% en 2.5 mm. sobre un pavimento nuevo o viejo. Tiene espesores de 20 a 30 mm. y no corrigen irregularidades apreciables en la superficie. Este tipo de sello permite drenar rápidamente el agua superficial de las lluvias hacia la berma, previene el hidroplaneo y aumenta la resistencia al patinaje.

2.24.6.3.- Sello Fino o Mortero.- Consiste en la aplicación de una capa delgada de mezcla en planta en caliente, de graduación cerrada sobre un pavimento nuevo o viejo. Corrige irregularidades apreciables en la superficie, mejora la resistencia al deslizamiento y proporciona un buen acabado superficial.

Los detalles técnicos y especificaciones se referirán más adelante.

2.24.7. Selladores de Juntas

Los selladores de juntas, como su nombre lo dice, sellan juntas además de grietas en pavimentos flexibles o rígidos.

Generalmente los selladores de juntas están formulados a partir de mezclas de asfaltos seleccionados con polímeros elastoméricos. Durante el proceso de elaboración el asfalto y el polímero elastomérico reaccionan para formar un compuesto muy adherente y flexible, que a través de una apropiada aplicación es capaz de sellar eficientemente juntas y grietas tanto en pavimentos de hormigón como de concreto asfáltico.

Estos selladores están también indicados para el tratamiento de fisuras y micro fisuras, presentando menor viscosidad a la temperatura de empleo, siendo su aplicación más

sencilla. Poseen gran flexibilidad a bajas temperaturas e intensa resistencia al arrastre en épocas estivales.

Los materiales requeridos para sellar o resellar las juntas y grietas en pavimentos estarán definidos principalmente por el ancho de las mismas.

2.24.8. Criterios de selección de Sellos Asfálticos de Conservación

Se pueden analizar metodológicamente una serie de factores o parámetros que deben considerarse al momento de seleccionar un sello. Entre estos factores están los parámetros de proyecto y los parámetros del tipo de sello los cuales serán descritos a continuación.

22.4.8.1.- Parámetros de proyecto

Es necesario analizar los siguientes parámetros de proyecto para tener una perspectiva más clara.

- **Condición de pavimento.-** Previo a la selección del sello se debe analizar la condición estructural y funcional presente del pavimento. Si el pavimento presenta deterioro generalizado de origen estructural se deberá aplicar una acción de rehabilitación y no una de conservación.
- **Clima.-** Aunque algunos estudios informan un mejor desempeño de los sellos en ciertos climas, el clima no necesariamente afecta la selección del tipo de sello. Sin embargo, en climas agresivos puede ser necesario considerar el uso de ligantes modificados lo que puede afectar la selección.
- **Tráfico.-** Ante niveles de tráfico elevados, el sello sufre fuertes tensiones, tendencia a perder agregados, desgaste, ahuellamiento (en caso de lechadas), etc. En estos casos puede ser necesario el uso de ligantes modificados para mejorar el desempeño del sello.

- **Geometría.**- Existen condiciones del camino que junto a un nivel de tráfico moderado o alto, pueden producir fuertes tensiones en el sello, haciendo necesario ya sea una modificación en el sello, o el uso de ligantes modificados. Algunos ejemplos de estas condiciones son fuertes pendientes (>8 – 10%), curvas cerradas (radio<100 m) y zonas de frenado – aceleración.

2.24.8.2.- Parámetros del tipo de sello

2.24.8.2.1- Introducción

Entre los impactos a evaluar del tipo de sello, se cuentan el tiempo de apertura al tráfico, efectos secundarios e impacto de la construcción.

La capacidad de conservación de un sello es limitada y depende entre otros parámetros del espesor, dosis asfálticas e incorporación de agregado.

2.24.8.2.2- Características

Las características serán distintas para cada tipo de sello. Es por eso que las siguientes tablas resumen estas características y las funciones atribuibles a cada tipo de sello. Los costos de los sellos son variables y dependen de las condiciones locales así como disponibilidad de equipos y materiales, entre otros factores.

Sellos Neblina (Fog Seal)

La capacidad del sello neblina (Fog Seal) está reflejada en la siguiente tabla, donde se considera su capacidad relacionada con la estructura y con su funcionalidad.

TABLA. N° 2.19 CAPACIDAD DEL SELLO NEBLINA (FOG SEAL)

Objetivo	Sello Neblina
RELACIONADO CON LA ESTRUCTURA	
Impermeabilizar	regular
Detener desintegración	regular
Nueva Superficie de desgaste	no
Retarda tasa de deterioro	regular
RELACIONADO CON LA FUNCIONALIDAD	
Aumentar resistencia al patinaje	no
Mejorar apariencia de la vía	bien
Recuperar ahuellamiento	no

Sellos de agregados (Chip Seal).

La capacidad del sello de Agregados (Chip Seal) está reflejada en al siguiente tabla, donde se considera su capacidad relacionada con la estructura y con su funcionalidad.

TABLA N°2.20 CAPACIDAD DE SELLO DE AGREGADOS (CHIP SEAL)

Objetivo	Sello de agregados
RELACIONADO CON LA ESTRUCTURA	
Impermeabilizar	regular
Detener desintegración	bien
Nueva Superficie de desgaste	bien
Retarda tasa de deterioro	bien
RELACIONADO CON LA FUNCIONALIDAD	
Aumentar resistencia al patinaje	bien
Mejorar apariencia de la vía	bien
Recuperar ahuellamiento	no

Lechada Asfáltica (Slurry Seal).

La capacidad, características y limitaciones de la lechada Asfáltica (Slurry Seal) están reflejadas en las siguientes tablas.

TABLA N° 2.21 CAPACIDAD DE LECHADA ASFÁLTICA (SLURRY SEAL)

Objetivo	Lechada Asfáltica
RELACIONADO CON LA ESTRUCTURA	
Impermeabilizar	regular
Detener desintegración	bien
Nueva Superficie de desgaste	bien
Retarda tasa de deterioro	bien
RELACIONADO CON LA FUNCIONALIDAD	
Aumentar resistencia al patinaje	bien
Mejorar apariencia de la vía	bien
Recuperar ahuellamiento	no

TABLA N°2.22 CARACTERÍSTICAS Y LIMITACIONES DE LAS LECHADAS ASFÁLTICAS

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>LECHADAS ASFÁLTICAS</u>
MATERIALES	
<i>Agregado</i>	
* Graduación	tipo I, II o III (ISSA)
* Partículas chancadas	100% chancado
* Equivalente de arena	mínimo 45%
* Solidez sodio/magnesio	15% max. Suf. Sodio 25% max. Sul. Magnesio

* Desgaste De Los Ángeles	35% máximo
<i>Emulsión</i>	
* Tipo de emulsión	SS - 1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h, QS-1h o CQS-1h (para lechadas modificadas)
* Polímetro	opcional
* Residuo	60% mínimo
* Penetración (residuo)	40 - 90
* Punto de Ablandamiento	no requerido
REQUERIMIENTOS EN ENSAYOS DE DESEMPEÑO	
<i>Ensayos de trabajabilidad</i>	
* Consistencia	2 - 3cm. (no para QS o CQS)
* Tiempo de mezcla	180 seg. Mínimo
* Cohesímetro	solo para Quick-Traffic, igual a micropavimento
<i>Ensayos mecánicos</i>	
* Adhesión de arena	sólo para tráfico pesado
* Pérdida por abrasión	807 g/m ² máximo
* Desplazamiento lateral	no requerido
* Gravedad específica	no requerido
* Clasif. Compatibilidad	no requerido
CONSTRUCCIÓN	
<i>Equipos</i>	
* Caja mezcladora	cualquiera
* Caja extendora	cualquiera
<i>Colocación</i>	
* Espesor	tamaño máximo (TM)

Lechada Modificada (Polymer – Modified Slurry Seal).

Las características, limitaciones y capacidad de la Lechada Modificada (Polymer – Modified Slurry Seal), son las mismas reflejadas en las tablas de la Lechada Asfáltica (Slurry Seal).

Micropavimentos.

Las características y limitaciones de los micropavimentos (Microsurfacing) están reflejadas en las siguientes tablas.

TABLA N°2.22 CARACTERÍSTICAS Y LIMITACIONES DE LOS MICROPAVIMENTOS

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>LECHADAS ASFÁLTICAS</u>
MATERIALES	
<i>Agregado</i>	
* Graduación	tipo II o III (ISSA)
* Partículas chancadas	100% chancado
* Equivalente de arena	mínimo 65%
* Solidez sodio/magnesio	15% max. Suf. Sodio 25% max. Sul. Magnesio
* Desgaste De Los Ángeles	30% máximo
<i>Emulsión</i>	
* Tipo de emulsión	QS-1h Modificada (Sistema Quick-Traffic)
* Polímetro	3% mín. c/r contenido Asfalto
* Residuo	62% mínimo
* Penetración (residuo)	40 - 90
* Punto de Ablandamiento	57 °C mínimo
REQUERIMIENTOS EN ENSAYOS DE DESEMPEÑO	

<i>Ensayos de trabajabilidad</i>	
* Consistencia	no requerido
* Tiempo de mezcla	120 seg. Mínimo
* Cohesímetro	12kg-cm. mínimo 20kg-cm. mínimo
<i>Ensayos mecánicos</i>	
* Adhesión de arena	537 g/m2 máximo
* Pérdida por abrasión	538 g/m2 máximo 1 día 807 g/m2 máximo 6 día
* Desplazamiento lateral	5% máximo
* Gravedad específica	2,10 máx. (1000 ciclos)
* Clasif. Compatibilidad	AAA, BAA (ptos. Mín.)
CONSTRUCCIÓN	
<i>Equipos</i>	
* Caja mezcladora	mezclador de paletas
* Caja extendedora	extendedor de paletas
<i>Colocación</i>	
* Espesor	1,5 TM

Sellos combinados (Cape Seal).

Las características y limitaciones de los sellos combinados (Cape Seal) están reflejadas en las tablas anteriores considerando que son 2 tipos de sellos que se aplican por separado: uno después del otro, siendo para sellos agregados – lechada las tablas del sello de agregados y sello de lechada (Slurry Seal). Y para sellos agregados – micropavimento las tablas de sello de agregados y micropavimento.

Sellos en caliente.

La capacidad de los sellos en caliente está reflejada en la siguiente tabla, donde se considera su capacidad relacionada con la estructura y con su funcionalidad.

TABLA N°2.23 CAPACIDAD DE LOS SELLOS EN CALIENTE

Objetivo	Sello en caliente
RELACIONADO CON LA ESTRUCTURA	
Impermeabilizar	Regular
Detener desintegración	Bien
Nueva Superficie de desgaste	Bien
Retarda tasa de deterioro	Bien
RELACIONADO CON LA FUNCIONALIDAD	
Aumentar resistencia al patinaje	Bien
Mejorar apariencia de la vía	bien

Selladores de juntas.

La capacidad de los selladores de juntas está reflejada en la siguiente tabla.

TABLA N°2.24 CAPACIDAD DE LOS SELLADORES DE JUNTAS

Objetivo	Sello de juntas
Evitar la infiltración del agua superficial	bien
Proteger el relleno de las juntas	bien
Mantener a las juntas limpias de materias extrañas	bien
Poseer buena adherencia	bien
Resistir a cambios climáticos	bien

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. UBICACIÓN

Es necesaria la ubicación de la zona en estudio para poder realizar la aplicación práctica del estudio de conservación de pavimentos, dicha aplicación se la realiza en el Aeropuerto Cáp. Oriel Lea Plaza de la ciudad de Tarija, el aeropuerto tiene como punto referencial de latitud $21^{\circ} 32' 51''$ S, Longitud $64^{\circ} 42' 26''$ W que está ubicado a 650 m. del umbral 13 en la intersección de la calle de rodaje y de plataforma, la distancia de pista de aterrizaje es de 3,05 Km.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO EN ESTUDIO

El relevamiento periódico de la condición, en forma ordenada y sistemática es una tarea muy importante. Con la disponibilidad de dicha información es que puede evaluarse el comportamiento del tramo de pista en análisis y de esta manera se pueden determinar las tareas de mantenimiento necesarias en magnitud y momento.

Las características superficiales pueden distinguirse en la función que el pavimento proporciona a las aeronaves y la protección superficial de la estructura del pavimento.

Las técnicas pueden ser desde muy rudimentarias, como un examen visual, hasta muy sofisticadas como pueden ser las pruebas sísmicas o tipo radar.

Las características meteorológicas del lugar de análisis condicionan que en ciertas épocas del año, se les preste una determinada atención en especial a lo que respecta a movimientos termo hidrométrico del ambiente.

3.3. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

3.3.1. Evaluación Superficial

Para la evaluación de la superficie se utiliza el método visual y la recopilación de los datos de elevación. Fig. 3.1.

FIG. N° 3.1. FORMA DE MEDICIÓN DE UNA DEPRESIÓN



Fuente: Trabajo de Campo

Autor: Elaboración Propia

Para las fallas cuyas formas de medición están expresadas en metros lineales (m), se utilizó un flexómetro o huincha. Este tipo de fallas encontradas en el tramo fueron: Grietas longitudinales y transversales y para la determinación de sus niveles de severidad se midió el ancho de éstas grietas con un flexómetro.

Los huecos se midieron por área afectada en (m^2) existentes en cada sub-tramo, y sus niveles de severidad se obtuvieron del resultado de la medición de la profundidad y diámetro que tiene el hueco.

Los tipos de fallas que existen generalmente una carretera con pavimento asfáltico son:

CUADRO N° 3.1. FALLAS FRECUENTES EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES

FALLA N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Grieta Piel de Cocodrilo	m ²
2	Grieta de Contracción	m ²
3	Exudación o Sangrado de Asfalto	m ²
4	Fisuración en Bloque	m ²
5	Baches y Zanjas Reparadas	m ² .
6	Agregado Pulidos	m ² .
7	Peladuras	m ²
8	Corrugaciones	m ² .
9	Elevaciones – Hundimiento	m.
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m.
11	Por Chorro de Jet	m ² .
12	Ahuellamiento	m ² .
13	Deformación por Deslizamiento	m ² .
14	Hinchamiento	m ² .
15	Grietas de Reflexión de Juntas	m.
16	Desnivel Calzada – Hombrillo	m.

Fuente: Estructuración de Vías Terrestres

Autor: Instituto del Asfalto

3.3.2. Evaluación del Estado

Para la evaluación de cada unidad se comenzaron con una inspección visual a pie, contando con los respectivos manuales para la ubicación y verificación de las distintas fallas, llevando un control respectivamente en planillas, se toman fotografías para el respaldo del estudio realizado.

3.4. DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE EVALUACIÓN

Para la evaluación se tuvo que obtener información sobre las características geométricas del aeropuerto en AASANA, obtenida tal información se dibujo los planos para los cuales se tendrán que trabajar para ubicar las unidades de evaluación como se indica a continuación.

Área de evaluación: Estas áreas de evaluación en nuestro caso se determinan de acuerdo al uso en cuatro zonas como ser: Pistas, Calles de rodaje, Apartamento de espera y la Plataforma.

Sección de evaluación: En la pista 13-31 se tuvo que dividir en tres secciones es decir (franjas A, B y C) cada una de ellas tiene un ancho de 15m. por 3050m. de longitud, puesto que el ancho de pista es de 45m. para mayor detalle ver plano en planta (anexo 2).

Unidades de evaluación: Para encontrar las unidades de evaluación se procedió según norma ASTM 5340-98 en pavimentos asfálticos donde se especifica que cada unidad debe ser de 450m². ±180m². de tolerancia o por acomodación de condiciones especiales de campo.

Y para los pavimentos de hormigón 20 losas ±8 losas de tolerancia o por acomodación de condiciones especiales de campo.

En función a las condiciones de tipo de pavimento se saca un número mínimo de unidades utilizando la fórmula siguiente, la cual es válida para pavimentos asfálticos y rígidos

$$n = \frac{N * s^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right) * (N - 1) + s^2}$$

Donde:

n = Número mínimo de unidades de evaluación

e = Error de estimación del PCI de la sección ± 5 PCI

s = Desvío estándar del PCI de las unidades de una sección (si no existe información de evaluaciones anteriores se adopta s = 10 para pavimentos asfálticos y s = 15 para pavimentos de hormigón).

N = Número total de unidades de la sección.

UNIDADES DE EVALUACIÓN EN LA PISTA “13 – 31”

Área de evaluación es de: 45m. * 3050.....AT = 137250 m².

La sección de evaluación es de: 15m. * 3050.....AS = 45750 m².

La unidad de evaluación es de: 15m. * 25.....AU = 375 m².

FRANJA	NÚMERO TOTAL DE UNIDADES	NÚMERO DE UNIDADES A EVALUAR
A	122	15
B	122	15
C	122	15

UNIDADES DE EVALUACIÓN EN LA CALLE DE RODAJE SUDESTE

La sección de evaluación es de: 23m. * 210m..... AS = 4830 m².

La unidad de evaluación es de: 21m. * 23m.....AU = 483 m².

Número total de unidades = 10

UNIDADES DE EVALUACIÓN EN CALLE DE RODAJE NORESTE

La sección de evaluación es de: 23m. * 210m.....AS = 4830 m².

La unidad de evaluación es de: 21m. * 23m.....AU = 483 m².

Número total de unidades = 10

UNIDADES DE EVALUACIÓN EN APARTADERO DE ESPERA

En esta área de evaluación se tuvo que acomodar a las condiciones de campo puesto que no se podía dividir en forma uniforme.

De donde podemos indicar que el número total de unidades a evaluar es de 12, de las cuales podemos citar que las unidades de evaluación desde F1 hasta F8 tienen cada una una área de $18.20 * 22.50$ (409.50 m^2), y los cuatro restantes tienen áreas diferentes como ser:

La unidad: F9a = 393.15 m^2 .

La unidad: F10a = 358.86 m^2 .

La unidad: F11a = 248.04 m^2 .

La unidad: F12a = 360.19 m^2 .

UNIDADES DE EVALUACIÓN EN LA PLATAFORMA

La sección de plataforma es de $200\text{m.} * 90\text{m.}$

Número total de losas = 986

Sección de una losa = $3.75\text{m.} * 455\text{m.}$

Cada unidad de evaluación es de 17 losas

Número total de unidades de evaluación 58 losas

Número mínimo de unidades de evaluación 24

TABLA N° 3.1 RESUMEN DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

FALLA N°	DENOMINACIÓN	NIVELES DE SEVERIDAD			OBSERVACIONES
		BAJA(L)	MEDIA(M)	ALTA(H)	
1	Piel de cocodrilo o fisuración por fatiga	Longitudes finas paralelas, poco interconectadas, sin pérdida de material.	Interconectadas, leve pérdida de material.	Bordes redondeados, con pérdida de material.	
2	Exudación				No se define ningún grado de severidad
3	Fisuración en bloque	Sin P.M. Sin S. ancho < que 6mm. Buen S. ancho > que 6mm.	Leve PM. Pueden estar sin S o mal S ancho > de 6mm.	Con PM boque bien definidos por fisuras muy severas	PM = Pérdida de material S= sellado bloque de 0,30m*0,30m hasta 3m*3m
4	Corrugación	H < a 6mm.	H entre 6 a 13 mm.	H > que 13 mm.	Pistas y calles de Rodaje
		H < a 13mm.	H entre 13 a 25 mm.	H > que 25 mm.	Cabeceras H: Altura
5	Hundimiento o Depresiones	Profundidad entre 3mm. a 13 mm.	Profundidad entre 13mm. a 25 mm.	Profundidad > a 25 mm.	Pistas y Calles de Rodaje
		Profundidad entre 3mm. a 25 mm.	Profundidad entre 25mm. a 51 mm.	Profundidad > a 51mm.	Cabeceras
6	Por chorro de Jet				No se define ningún grado de severidad. -Área oscura profundidad aprox. 13 mm.
7	Fisura por flexión de articulación de PCC longitudinal y transversal	Sin S, las fisuras tienen anchura < a 6 mm. Con S, las fisuras son de cualquier anchura, el material de relleno está en condición satisfactoria	Poca PM alrededor de las juntas, la anchura de la fisura es > a 6 mm	Las fisuras son severas de cualquier anchura	PM = Pérdida de material S= Sellado
8	Fisura Longitudinal y Transversal.	Poca PM. Sin S ancho < a 6mm. Con S Fisuras de cualquier anchura	Leve PM. Con S o sin S de cualquier anchura. Con S malo o sin S, las fisuras son > 6mm.	Con PM los pedazos están sueltos las fisuras pueden estar con o sin S de cualquier anchura.	PM = Pérdida de Material S = Sellado
9	Por derrame de Combustible				No define ningún grado de severidad, es suficiente indicar que el derrame existe.
10	Bacheo	Buen Estado	Algo deteriorado	Muy deteriorado	
11	Áridos Pulidos				Apreciación al tacto
12	Peladuras	Agregado con desgaste pequeño. Es expuesto a una profundidad de ½ del diámetro del agregado expuesto.	La textura de la superficie es, MA Es expuesto a una profundidad de ½ del diámetro del agregado expuesto.	La textura de la superficie es, SA Pérdida total del agregado.	MA = Moderadamente áspera SA = severamente áspera
13	Ahuellamiento	Profundidad entre 6 mm y 13 mm	Profundidad entre 13 mm. y 25 mm.	Profundidad > a 25 mm.	Medir con regla de 3 m.
14	Desplazamiento por crecimiento de losas.	Elevación < 20mm. sin fisuras	Elevación entre 20mm. y 40mm. con fisuración leve	Elevación > 40 mm. gran fisuración	
15	Fisuración por deslizamiento.				No se define ningún grado de severidad.
16	Levantamiento por Hinchazón.	Elevación < 20mm. Elevación < 40mm.	Elevación entre 20mm. y 40mm.	Elevación > 40 mm. Elevación > 80 mm.	Pistas y Calles de Rodaje Cabeceras.

TABLA N° 3.2 RESUMEN DE DETERIOROS DE PAVIMENTO RÍGIDO

FALLA N°	DENOMINACIÓN	NIVELES DE SEVERIDAD			OBSERVACIONES
		BAJA(L)	MEDIA(M)	ALTA(H)	
1	Blawup	Movimiento menor a 13 mm.	Movimiento entre 13 y 25 mm.	Movimiento mayor a 25 mm.	Pista y Calles de Rodaje
		Movimiento menor a 25 mm.	Movimiento entre 25 y 50 mm.	Movimiento mayor a 50 mm.	Cabeceras y Plataforma
2	Fisuración de Esquina	Sin bordes rotos, sin sellado, con ancho menor de 3mm. Buen sellado, sin fisuras en las esquinas.	Borde algo roto sin sellado, ancho de 3 a 25 mm. Fisuras leves en la esquina.	Bordes rotos ancho > de 25mm. Fisuras en esquina mov. > de 13mm.	Aumentar severidad si el movimiento es mayor a 13 mm.
3	Fisuración Lineal(longitudinal, transversal y diagonal)	Sin bordes rotos, sin sellado, con ancho menor de 3mm. Buen sellado.	Borde algo roto sin sellado, ancho de 3 a 25 mm.	Bordes rotos ancho > de 25mm.	Losas divididas en 2 ó 3 partes.
4	Fisuración por durabilidad	Pequeña área con desintegración.	Mayor área con desintegración.	Gran área con desintegración.	Fisuras finas cerca de esquinas o bordes.
5	Deterioro de sellado	Leve deterioro sin vegetación.	Mayor deterioro, bombo, vegetación.	Gran deterioro long. > 10% sin sellado.	Global
6	Bacheo pequeño	Sin deterioro	Leve deterioro	Gran deterioro	Área < a 0,50m².
7	Bacheo grande	Sin deterioro	Leve deterioro	Gran deterioro	Área > a 0,50m².
8	Desprendimientos	Más de 3 desprendimientos por m² en toda la losa			Diámetro entre 25 y 100 mm y profundidad entre 13 y 500 mm.
9	Bombo				No define ningún grado de severidad, es suficiente indicar.
10	Fisuración en mapa descascaramiento	Sólo fisuras sin descascaramiento.	Descascaramiento < al 15%	Descascaramiento > al 15%	Red de fisuras finas descascaramiento entre 6 y 13 mm.
11	Acenso y descenso de bordes	Movimiento < a 6 mm.	Movimiento entre 6 y 13 mm.	Movimiento > a 13 mm.	Pistas y Calles de Rodaje
		Movimiento < a 13 mm.	Movimiento entre 13 y 25 mm.	Movimiento > a 25 mm.	Cabeceras y Plataforma.
12	Losa fracturada	Idem 3 4 ó 5 partes.	Idem 3 4 ó 5 partes y 15 % fisuras(M) 6 ó más partes y 85% fisuras (L)	Idem 3 4 ó 5 partes y 15 % fisuras(H) 6 ó más partes y 15% fisuras (M)	No clasificar por otros deterioros. Losas divididas en 4 ó más.
13	Fisuración de contracción				Fisuras finas y cortadas que no ocupan toda la losa.
14	Rotura de bordes de juntas	Baja fisuración, poca o ninguna pérdida de material.	Moderada fisuración, algo de pérdida de material.	Alta fisuración, gran pérdida de material.	Hasta 0,60m de la junta, longitud mayor de 0,60m.
15	Rotura de esquina	Idem 14	Idem 14	Idem 14	Hasta 0,60m. de la junta, longitud mayor de 0,75mm.

Las planillas que se muestran es el resumen de las diferentes fallas que presenta la norma ASTM D-5340, para la evaluación de pavimentos flexibles y rígidos, mayor información de estas fallas podemos ver (Anexo 2).

3.5. RESUMEN Y PORCENTAJE DE FALLAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE

RESUMEN DE FALLAS DE LA SECCIÓN "A" DE LA "PISTA 13-31"																
UNIDAD	1L	1M	1H	2	4L	5L	5M	8L	8M	8H	10M	11	12L	12M	13L	16L
A1	125,00							15,00	15,00				25,00			
A2	17,25				10,50			80,35	21,00			175,00			18,00	
A3	13,00	29,40			24,20			94,50				180,00				0,30
A4	100,00					2,00					0,09				16,00	
A5								6,35	10,70				21,00	18,00		
A6	119,75	35,56						67,50	8,50							133,62
A7	106,25	212,50						50,20					1,50		6,00	16,99
A8	38,25	25,00					2,25	57,55				80,25				28,50
A9	51,00							27,00						106,25		9,30
A10	2,00							104,50	54,00	35,00						
A11			73,60	7,00				12,00	6,00							32,77
A12	25,50							11,10				262,00		15,00		0,66
A13	80,00							18,00	20,00	45,00		8,30				
A14								6,50	4,00	14,00						10,00
A15	125,00	135,00						40,80	12,00				28,02	0,11		
Total	803,00	437,46	73,60	7,00	34,70	2,00	2,25	591,35	151,20	94,00	0,09	705,55	75,52	139,36	40,00	232,14
Área de evaluación = 5625 m ² .																

TABLA N° 3.3

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FALLAS EN LA SECCIÓN A “PISTA 13-31”

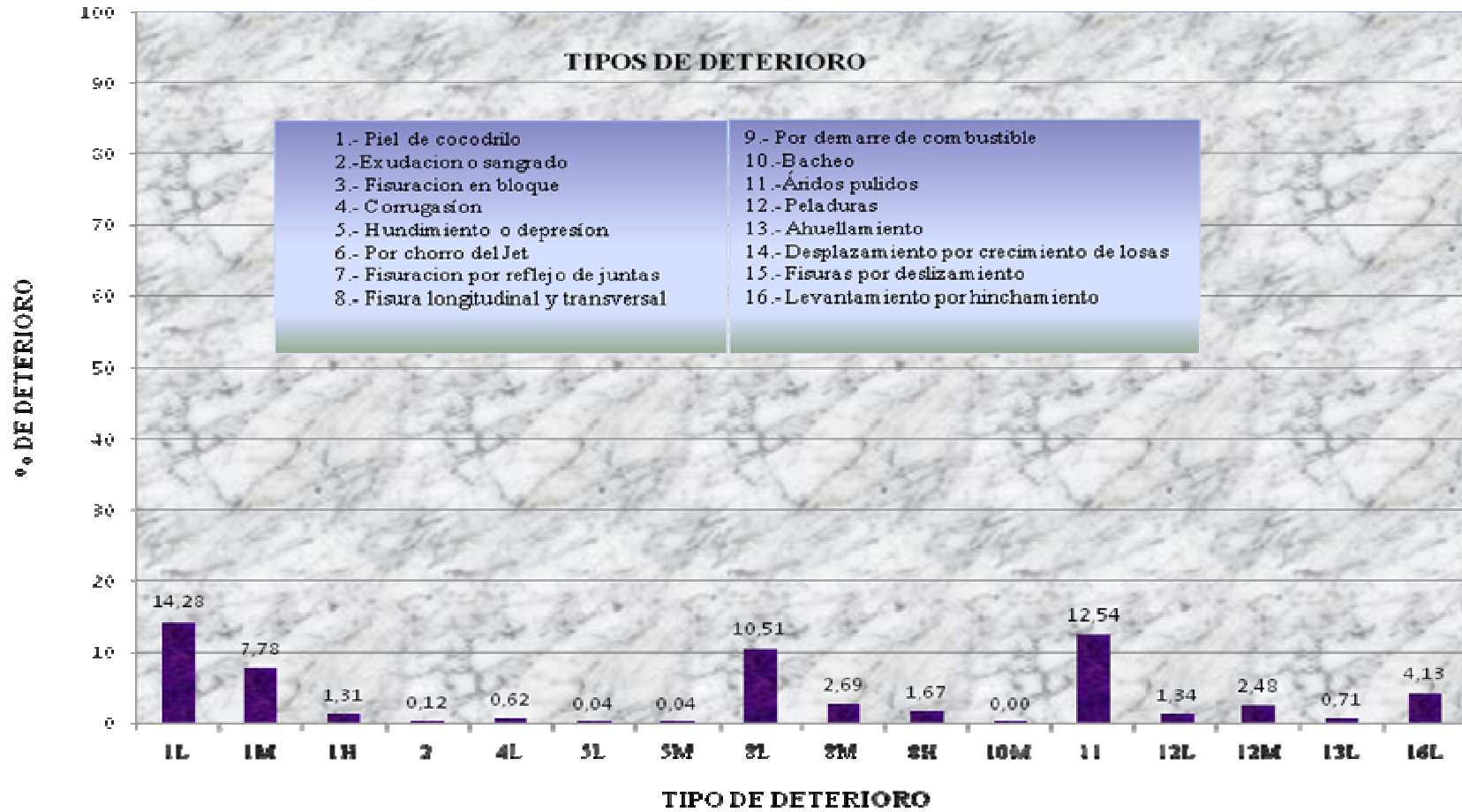


GRÁFICO N° 3.1

RESUMEN DE FALLAS DE LA SECCIÓN "B" DE LA "PISTA 13-61"													
UNIDAD	1L	1M	3M	4L	4M	8L	8H	11	12L	12H	13L	13M	16L
B1	49,41	62,59	43,99			5,21							
B2	86,75	101,50		5,00							22,50		
B3	300,00				45,00						40,00		14,00
B4	190,00	20,00		7,00				200,00			15,00		3,00
B5	5,00			12,00			0,80	212,50			62,50		6,00
B6	35,00	20,00		18,00		4,00		212,50			4,40		21,50
B7	13,50	4,20				53,00							
B8		3,90				2,80		212,50			24,00	48,50	
B9	4,00	4,80						212,50			75,00		8,40
B10	8,50	34,80				12,00		106,25			75,00		0,65
B11		4,50				25,00		156,50			79,00		30,35
B12	25,40	90,00				4,25		106,25			41,50		56,50
B13	3,50	4,80						106,25			33,00		
B14	120,00					15,00			0,09	0,50			
B15	125,00					80,00			35,00				
Total	966,06	351,09	43,99	42,00	45,00	201,26	0,80	1525,25	35,09	0,50	471,90	48,50	140,40
Área de evaluación = 5625 m².													

TABLA N° 3.4

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FALLAS EN LA SECCIÓN B “PISTA 13-31”

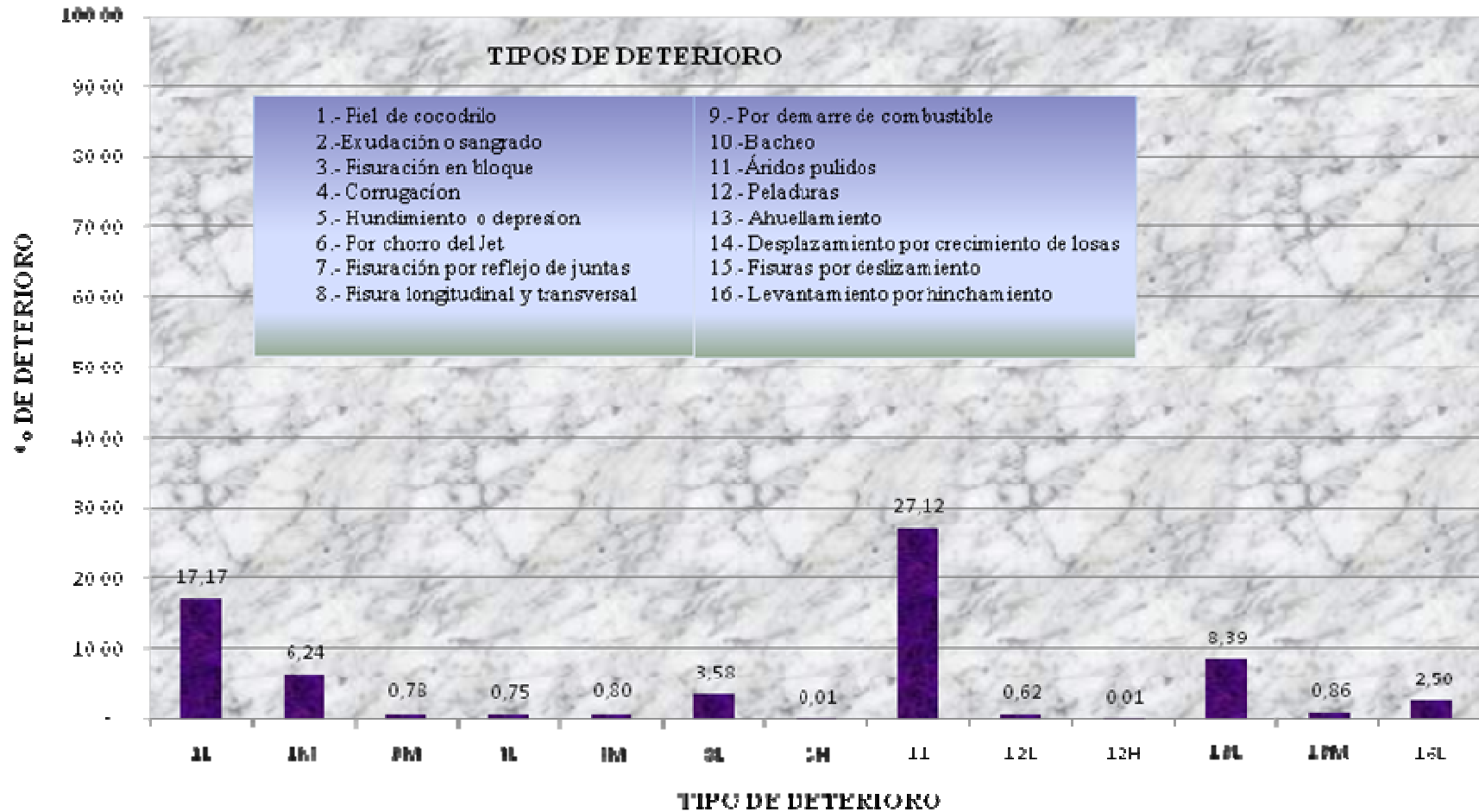


GRÁFICO N° 3.2

RESUMEN DE FALLAS DE LA SECCIÓN "C" DE LA "PISTA 13-31"																	
UNIDAD	1L	1M	1H	4L	4M	5L	8L	8M	8H	10L	10M	11	12L	12M	13L	13M	16L
C1	0,60	43,13			1,88		1,00	39,60			0,63	225,00				22,50	
C2	22,50		4,05				13,10			1,15	0,06				15,00		12,50
C3				7,50		2,76	7,50					187,50					74
C4					12,00	2,40	15,80										
C5	80,00	56,44				50,00			50,00								
C6	32,50	106,25				10,00	150,00		60,00								
C7	24,00					22,63	109,55	74,00	25,00								111,50
C8	33,40					29,82	77,20	53,53	37,00			106,25					11,46
C9	113,75	7,60				97,20	111,00	20,25	1,50								12,95
C10						15,20	91,00	23,00									6,00
C11	106,25	86,40				7,34	25,50	6,70									65,67
C12	32,50	106,25					46,00	7,00	53,80								8,00
C13	10,00					9,20	62,30	16,50	24,00								1,00
C14		22,50					51,00							0,21			
C15	80,00						85,00						23,30	0,09			
Total	535,50	428,57	4,05	7,50	13,88	246,55	845,95	240,58	251,30	1,15	0,69	518,75	23,30	0,30	15,00	22,50	303,08
Área de evaluación = 5625 m².																	

TABLA N° 3.5

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FALLAS EN LA SECCIÓN C “PISTA 13-31”

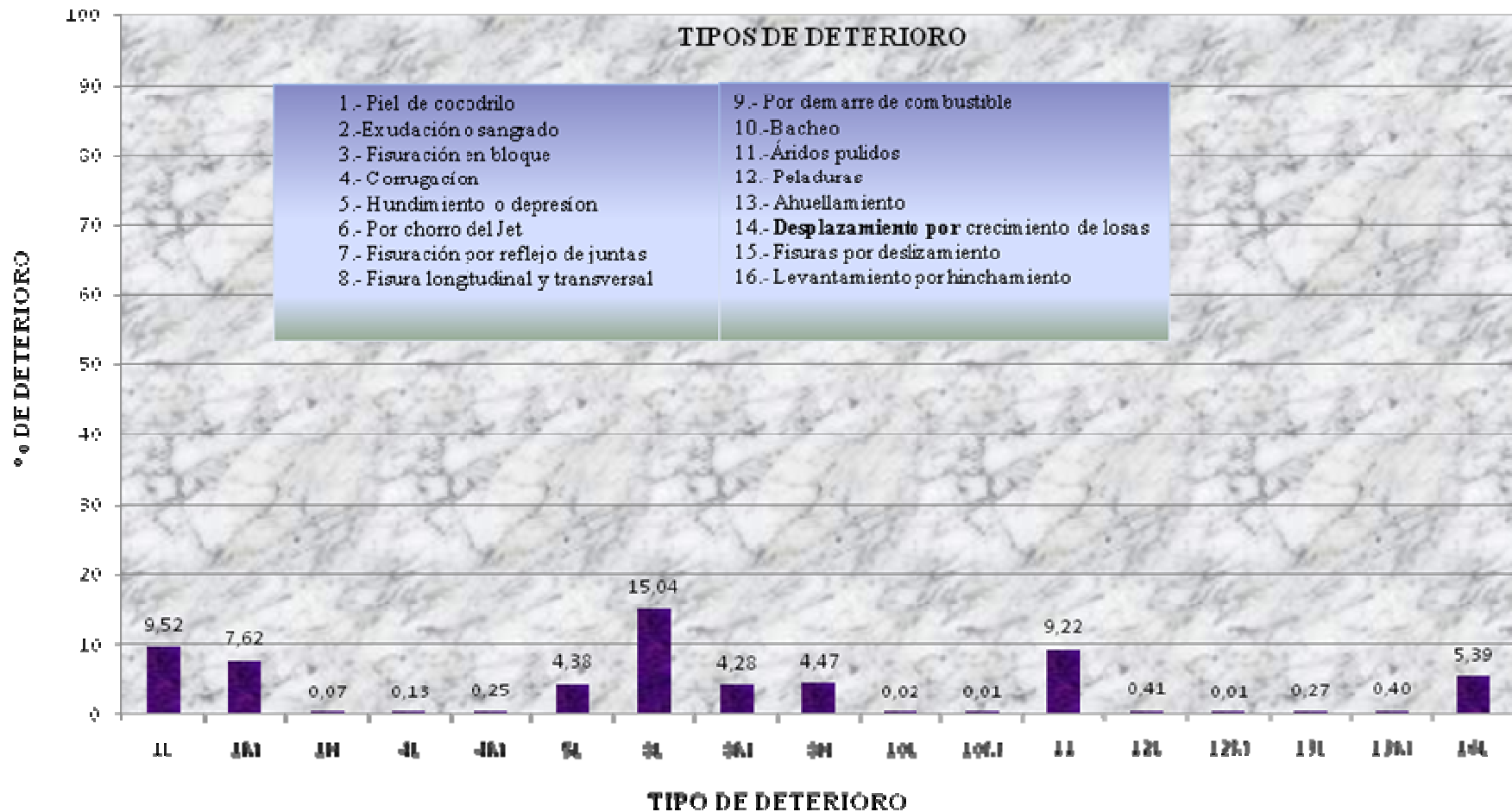


GRÁFICO N° 3.3

RESUMEN DE FALLAS EN LA CALLE DE RODAJE "SUDESTE"										
UNIDAD	1L	8L	8M	10L	10M	12L	12M	12H	13L	16L
D1	0,75					358,60		32,00		
D2		2,00	12,00			21,00		2,66		
D3			3,50	0,01		16,80				0,20
D4		5,30	2,00			12,60			8,40	
D5		7,20				20,50	0,36			
D6		7,50		0,02		9,45				
D7	53,10								18,00	0,01
D8		10,00		0,01		3,15				
D9		6,00				4,20			31,50	
D10		26,50		0,01	4,80	3,00		4,80	31,50	3,00
Total	53,85	64,50	17,50	0,05	4,80	449,30	0,36	39,46	89,40	3,21
Área de evaluación = 4830 m².										

TABLA N° 3.6

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FALLAS EN
CALLE DE RODAJE SUDESTE**

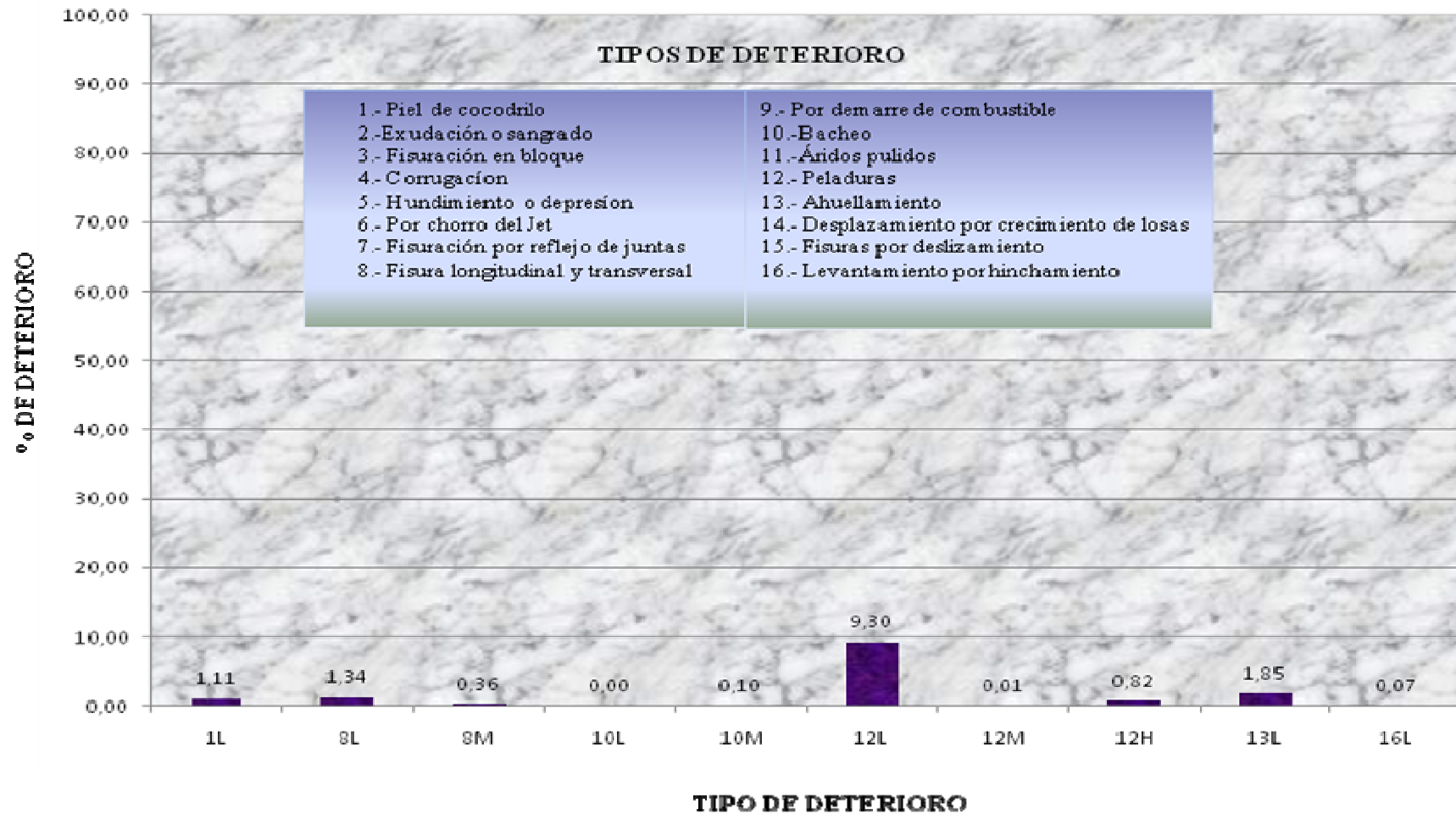


GRÁFICO N° 3.4

RESUMEN DE FALLAS EN LA CALLE DE RODAJE "NORESTE"										
UNIDAD	1L	1M	8L	8M	10L	12L	12M	12H	13L	16L
E1			17,40	1,50		47,00	40,80	28,60		
E2	0,70		31,10	1,00		34,84	24,00		22,50	
E3	8,00		5,10		0,01	12,60			9,00	0,04
E4		11,50	1,00			8,40				
E5			1,10			15,90				
E6			33,00		0,01	42,20				
E7			13,00			12,60			22,50	0,02
E8			11,30			18,90			57,00	
E9			56,50			18,90				
E10			7,20			8,40			31,50	
Total	8,70	11,50	176,70	2,50	0,02	219,74	64,80	28,60	142,50	0,06
Área de evaluación = 4830 m².										

TABLA N° 3.7

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FALLAS EN
CALLE DE RODAJE NORESTE**

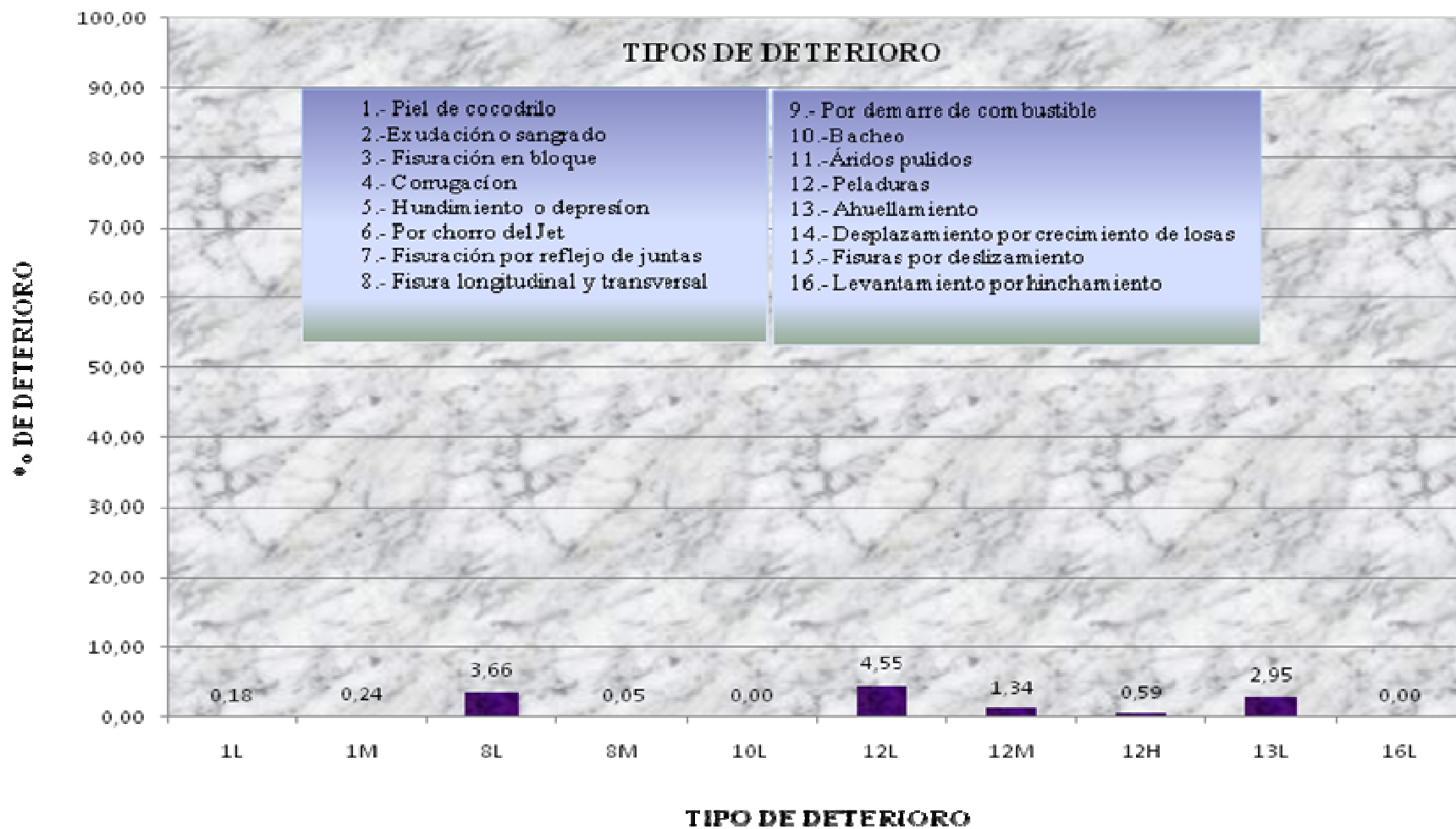
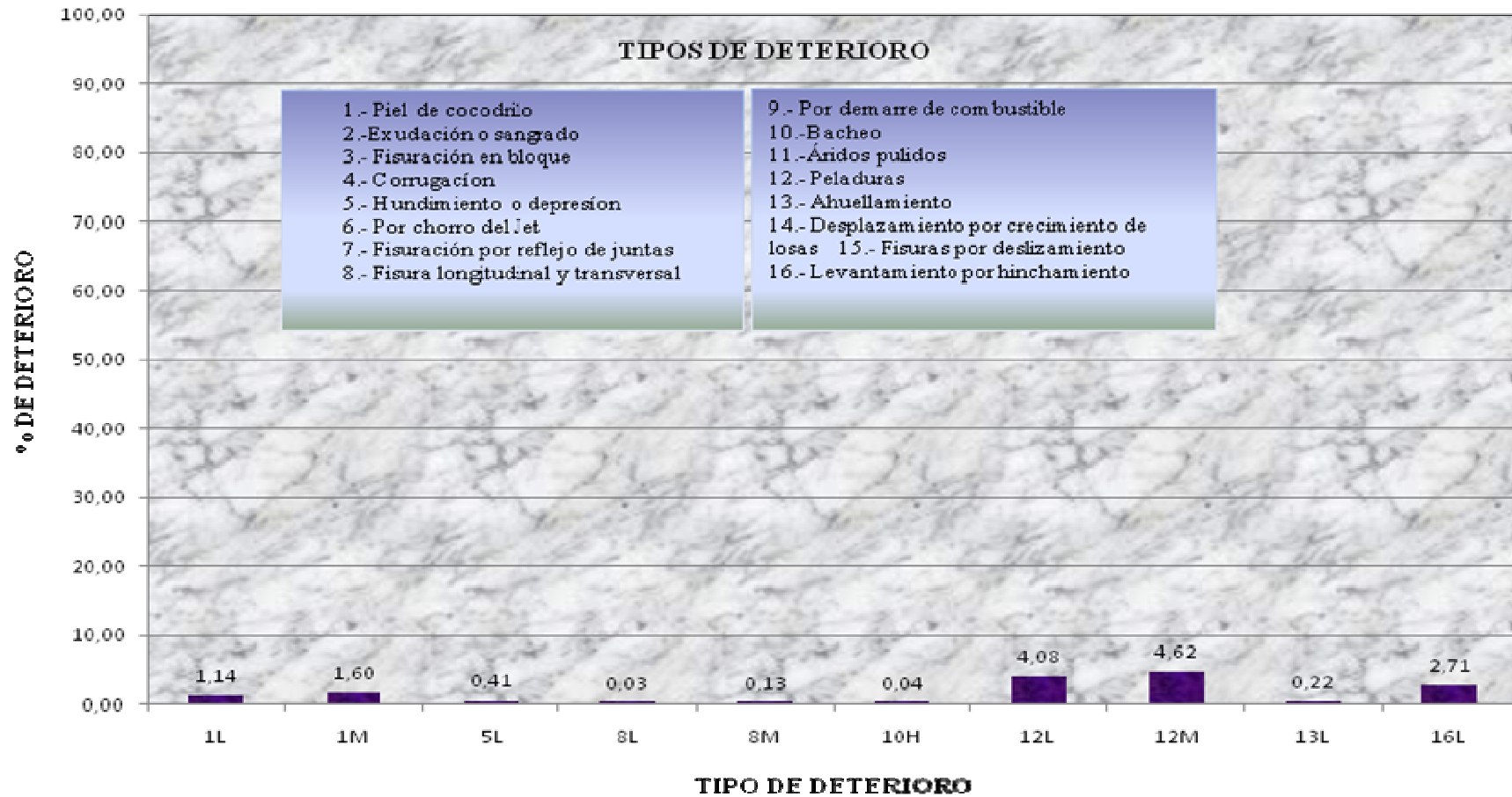


GRÁFICO N° 3.5

RESUMEN DE FALLAS EN "APARTADERO DE ESPRA"										
UNIDAD	1L	1M	5L	8L	8M	10H	12L	12M	13L	16L
F1							10,92	63,70		
F2							10,92	60,20		
F3	0,90						3,64	58,24		
F4	22,00	36,40					14,56			6,00
F5							10,92			3,00
F6			5,46				14,46			
F7		38,00		1,50			56,20			50,60
F8	11,00									27,30
F9a			2,00			2,00		32,00	1,50	
F10a			10,00				17,00		8,50	
F11a			0,75				9,10		0,10	38,90
F12a	19,00		0,70		6,00		41,40			
Total	52,90	74,40	18,91	1,50	6,00	2,00	189,12	214,14	10,10	125,80
Área de evaluación = 4636,24 m²										

TABLA N° 3.8

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FALLAS EN APARTADERO DE ESPERA



GRFICO N° 3.6

3.6. RESUMEN Y PORCENTAJE DE FALLAS EN PAVIMENTO RÍGIDO

RESUMEN DE FALLAS EN "PLATAFORMA"																		
UNIDAD	3L	4L	5L	5M	5H	6L	7L	8	9	10L	11L	13	14L	14M	14H	15L	15M	15H
G1	1		2	7	1				1		1	1					1	
G2	1		8	3				1	2			6	1				1	
G3			9	2		1		2	4		1	5		2				
G4			7	1		1		1		1	4	5	4					1
G5			11	2		1		1	1		2	4	2					
G6			9					1			4	6	5	2		1	1	
G7	1		6	1		2					2	5	1			1		
G8			4			1		1	1		3	7		1	1	1		
G9			3	1					1		3	4	1		2	1		
G10	1	1	4	2					1			1	1			1		
G11			6	2							1	2	2					
G12		1	6	3			1				1	7	1			1		
G13	1		3	4							2	5						
G14			4	5	1							1				1		
G15			3	9							2	3		1		1		
G16	1		2	5	1							2	2			1		
G17			8	3							2	5	2			1		
G18			6	6							3	6	1		2			
G19			10	1							2	6			1	1		
G20			6	3							2	4				1		
G21		1	12	1						1	2	5	2			2		
G22			11	2							2	5	5			3		
G23			6	2							1	3	2			2		
G24			6	4							4	2	1	1		1		
TOTAL	6	3	152	69	3	6	1	7	11	2	44	100	33	7	6	20	3	1

NÚMERO DE LOSAS EVALUADAS = 408

TABLA N° 3.9

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FALLAS EN LA PLATAFORMA

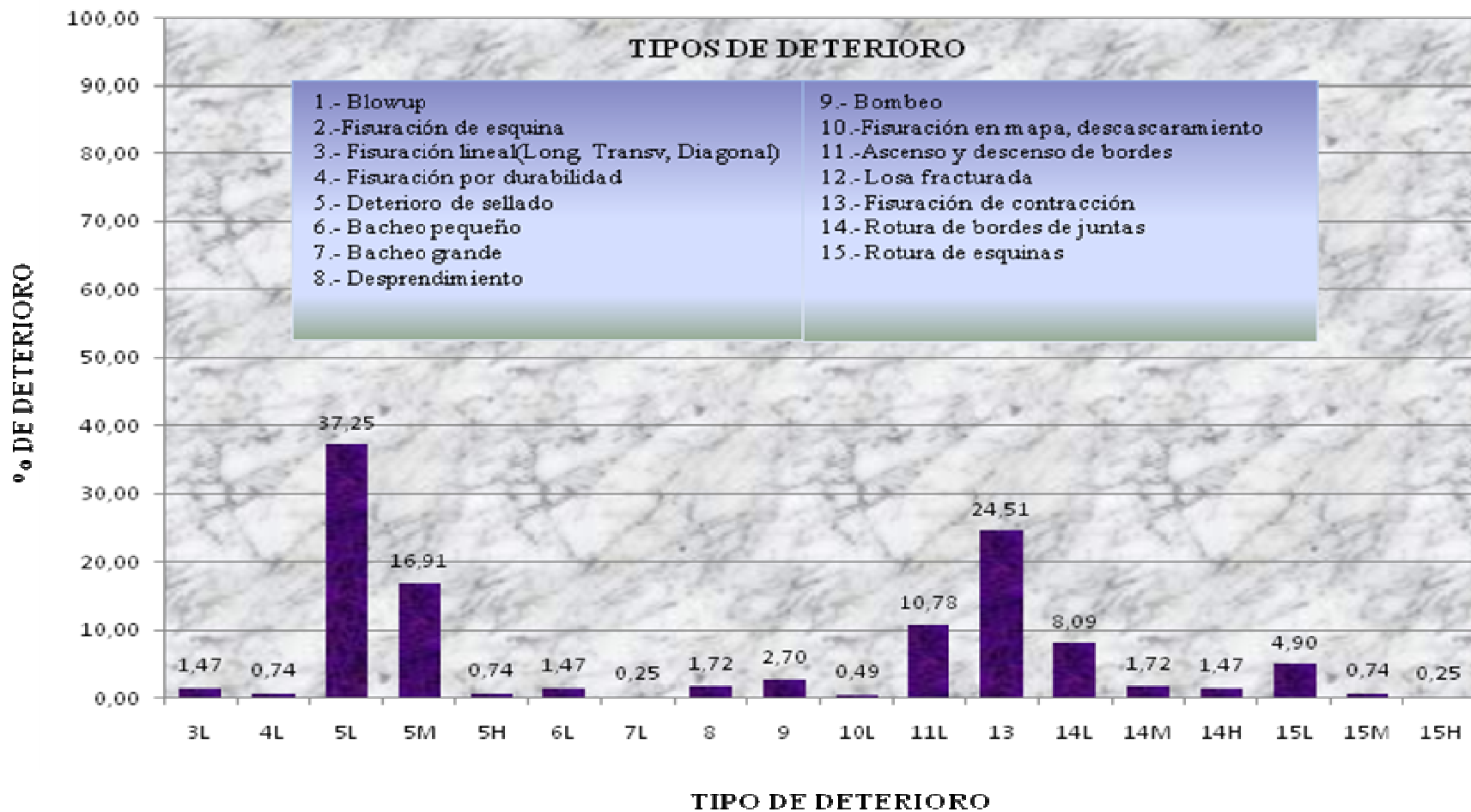


GRÁFICO N° 3.7

3.6.1. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE OCURRENCIA DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE DETERIOROS EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN PISTA 13-31

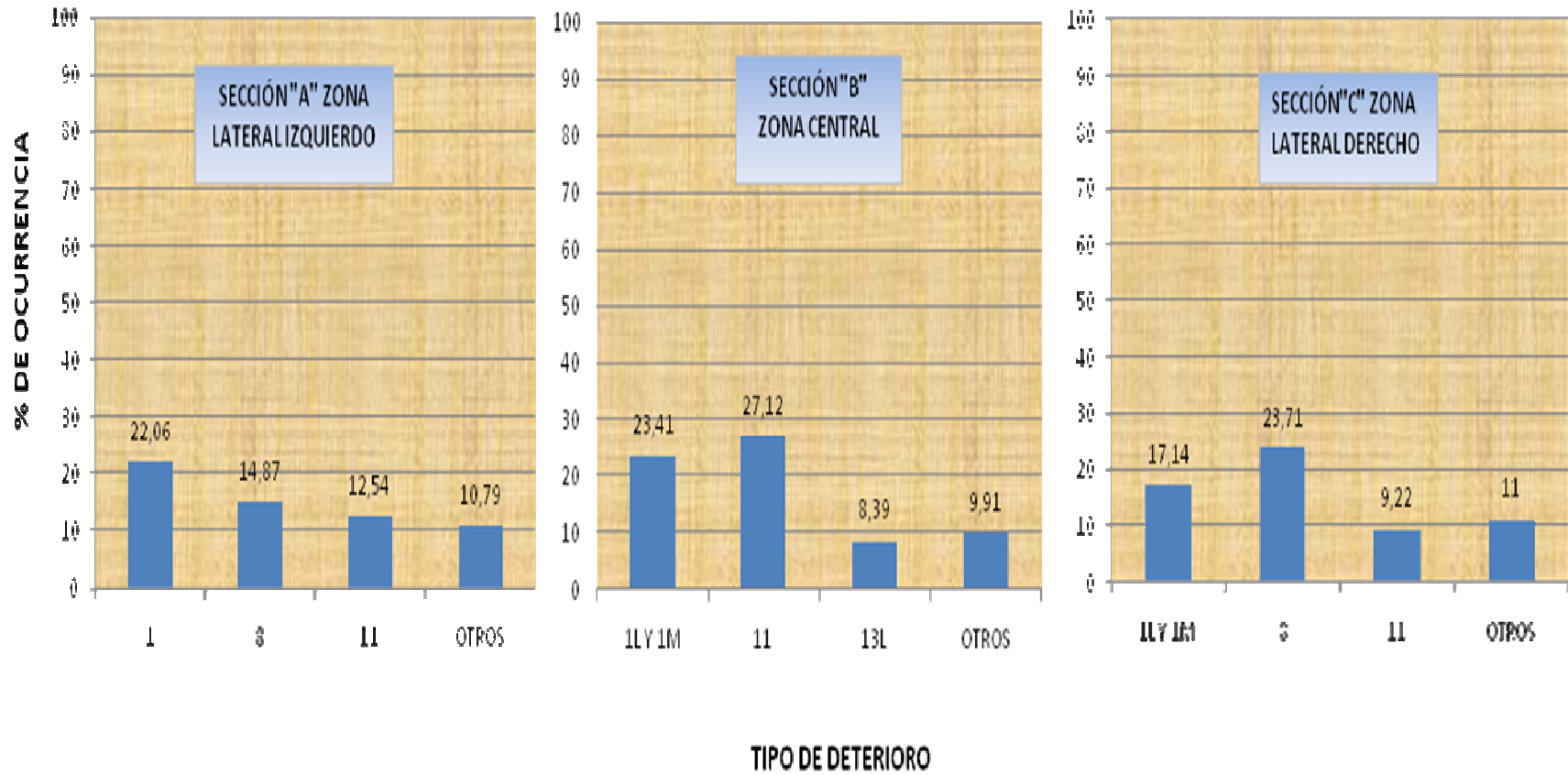


GRÁFICO 3.8

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE DETERIOROS EN PAVIMENTO FLEXIBLE CALLE DE RODAJE Y APARTADERO DE ESPERA

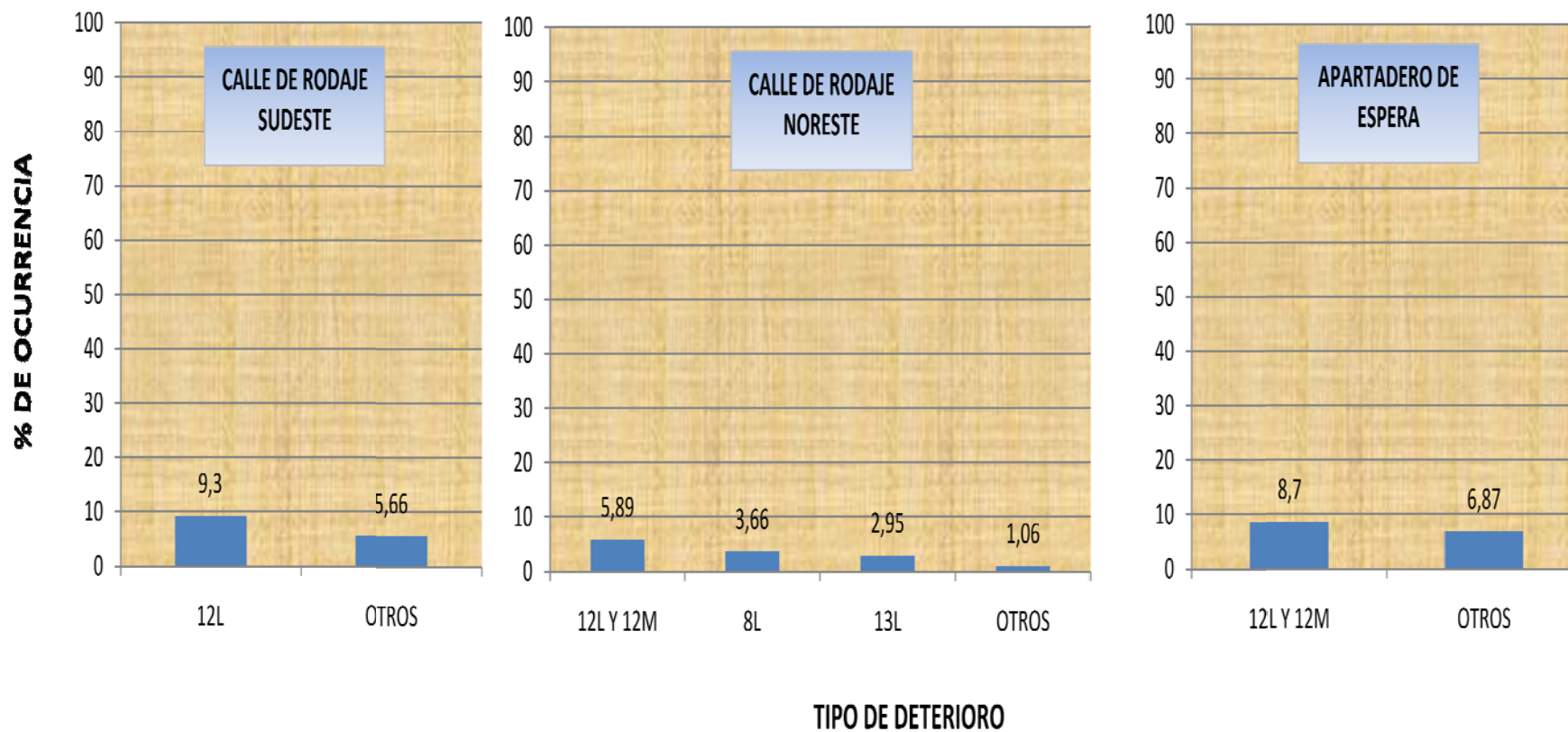


GRAFICO 3.9

3.6.2. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE OCURRENCIA DE FALLAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE DETERIOROS EN PAVIMENTO RÍGIDO “PLATAFORMA”

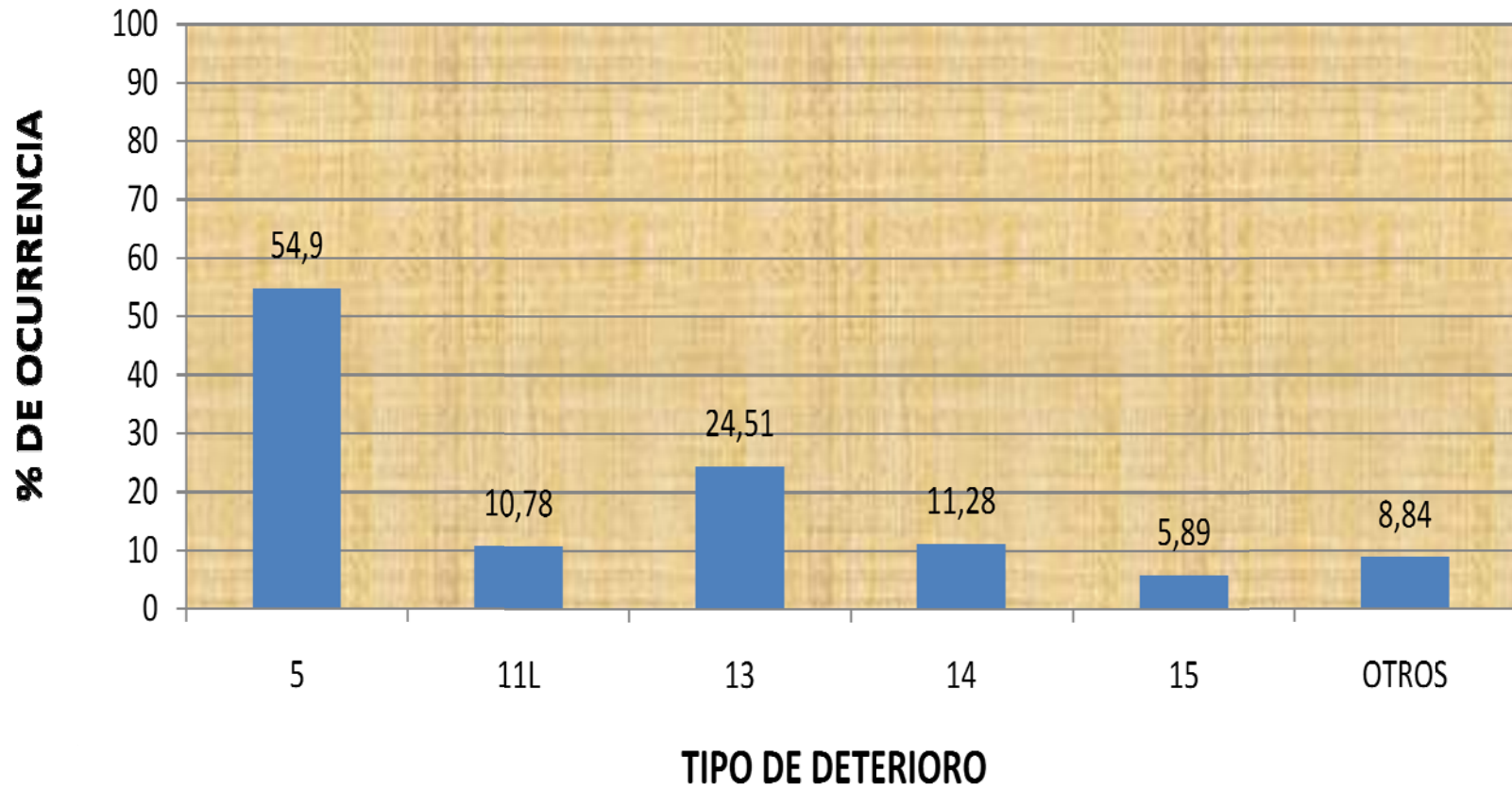


GRÁFICO 3.10

3.7. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

El análisis del estado estructural de la carpeta asfáltica de la pista del aeropuerto Cáp. Oriel Lea Plaza, es realizado por AASANA de (Cbba.), en el año 2005, en condiciones normales según especificaciones de la F.A.A.

Los resultados obtenidos fueron proporcionados por los encargados de la realización de los análisis de las condiciones de la estructura del pavimento.

3.7.1. Evaluación Estructural ASSANA Cbba.

1. Espesor Del Paquete Estructural:

Longitud total de la pista = 3050 m. (empezando en la progresiva 0+017.15)

Ancho de la pista = 45 m.

Franja de seguridad de 75 m a cada lado del eje de la pista

Espesor de carpeta asfáltica = 10 cm.

Espesor de capa base = 25 cm.

Espesor de capa Sub-base = 55 cm.

Capa de refuerzo = No existe

2. Ensayos de suelos:

A nivel de subrasante:

Progresiva 0+017.15 a 1+000

CBR de laboratorio promedio = 6% (al 95% de compactación)

Progresiva 1+000 a 2+150

CBR de laboratorio promedio = 16% (al 95% de compactación)

Progresiva 2+150 a 3+050

CBR de laboratorio promedio = 9% (al 95% de compactación)

A nivel de Sub-base:

CBR de laboratorio = 22% (al 100 % de compactación)

A nivel de Base:

CBR de laboratorio = 80% como mínimo especificado por la FAA (no se realizó)

Tipo de suelo:

Generalmente todos pozos de exploración mostraron suelos

Limo - arcillosos (SC)

Humedad natural del suelo:

Varía de 8 a 15%

3.8. DIMENSIONAMIENTO DEL RECAPADO

Para el cálculo del espesor de recapado con los diferentes métodos desarrollados en este capítulo, se tomará en cuenta la diferencia entre el espesor calculado y el espesor del paquete estructural actual, previamente se realizará el análisis de la proyección futura del tráfico aéreo para los próximos 8 años, es decir hasta el año 2014, según la proyección lineal se tiene una estimación de 1494 operaciones, significando una operación una llegada y una salida respectivamente

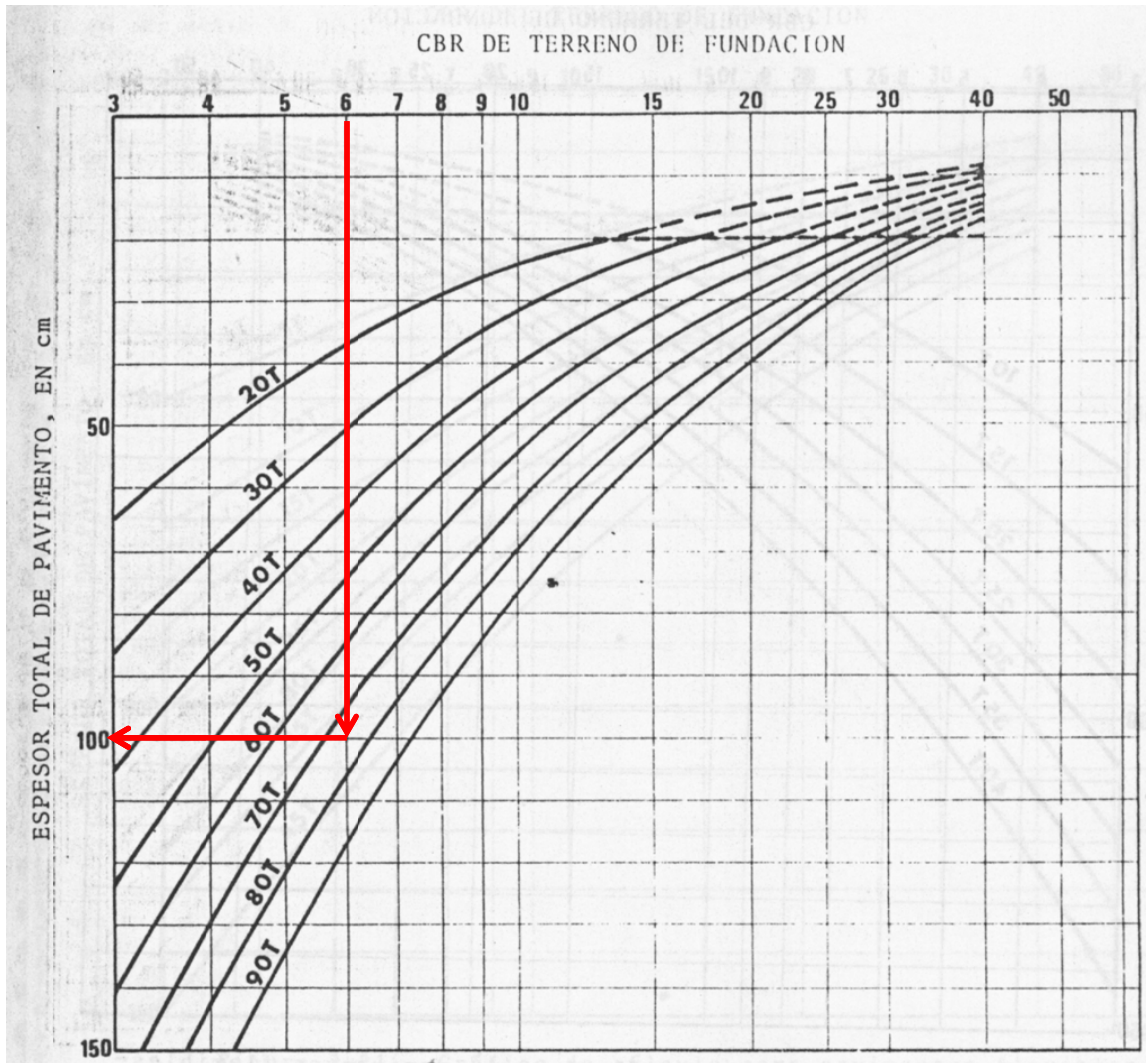
3.8.1. Método Francés.

Como se detalla el método en el capítulo II, punto 2.12 de este trabajo, el análisis concerniente para el diseño con este método se detalla a continuación:

Para realizar el cálculo del pavimento flexible para este caso comprende tres fases:

1. Evaluación de la resistencia del terreno de fundación.
2. Determinación del espesor total del pavimento.
3. La selección de una estructura de pavimento que proporcione un espesor equivalente que corresponda al espesor determinado más adelante.

**FIGURA N° 2.10 GRÁFICO DE CÁLCULO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES
PATA TÍPICA DE RUEDAS GEMELAS**



Fuente: Manual de Aeródromos

Tomando en cuenta las tres fases anteriores, se realiza el cálculo gráfico con ayuda de la figuras proporcionadas para este fin, con el dato inicial del peso bruto de la aeronave de diseño como es el Boeing 727-100, que tiene un peso de 73.000 Kg (73 Ton), y para un CBR calculado con pruebas de laboratorio realizado el año 2005 por ASSANA Cbba, donde se obtuvo un CBR de 6%, para la subrasante.

Introduciendo los valores del CBR, obtenidos en la fig. 2.10, para después trazar una vertical hasta interceptar la curva generada por el peso de 70 T, inmediatamente después se trazar una línea horizontal hacia la derecha, llegando de esta manera a obtener el espesor total del pavimento.

Para llegar a calcular el espesor equivalente se multiplica los valores de cada capa por un coeficiente detallado en anteriores párrafos, como requisito indispensable se considera el espesor de la capa de rodadura como mínimo 3”, mientras que para las otras capas se determinan mediante análisis de exigencias.

A de construirse el pavimento flexible para la pista de la siguiente forma:

- 1). 8 cm. (3”) de bitumen, optando por el coeficiente 2, hace que el espesor final es de 16 cm.
- 2). 30 cm. de capa base, con un coeficiente 1, dando como espesor final los 30 cm.
- 3). La capa sub-base nos da un valor de 50 cm. Llegando de esta forma contemplar el espesor adoptado de la figura 4.6, 96 cm.

**CUADRO N° 3.2 ESPESORES DE DISEÑO DE PAVIMENTO
MÉTODO FRANCÉS**

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
16 cm.	30 cm.	50 cm.

Fuente: Elaboración Propia

Tomando en cuenta la evaluación realizada por ASSANA Cbba., donde se tiene:

CUADRO N° 3.3 ESPESORES ACTUALES DE PAVIMENTO

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
10 cm.	25 cm.	55 cm.

Fuente: Elaboración Propia

Se concluye que el espesor del paquete estructural es de 90 cm.

Tras el análisis de los resultados se puede evidenciar que no existe necesidad de un mantenimiento estructural, sin embargo si se presenta la posibilidad de una adición de espesor sobre la carpeta bituminosa de la rodadura, en un espesor de 6 cm.

3.8.2. Método De Diseño FAA

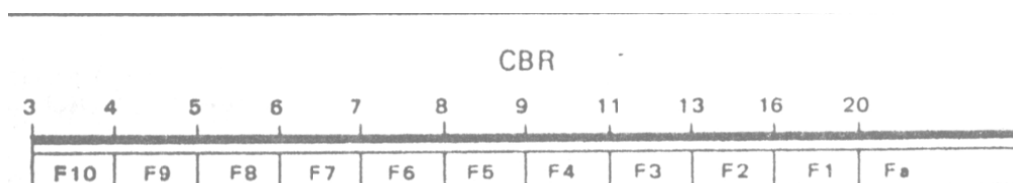
La Administración Federal de Aviación (FAA), de los Estados Unidos, ha adoptado un método para calcular la resistencia de los pavimentos de un aeropuerto en función del peso bruto de la aeronave, para cada tipo de tren de aterrizaje. Esta sección presenta una descripción detallada de los procedimientos y criterios vigentes que la FAA, ha considerado seguir para proyectar los pavimentos.

Dada la variación en la distribución de esfuerzos en aeronaves con trenes de aterrizaje de ruedas simples, ruedas gemelas y bogies, se ha preparado la curva de cálculo para pavimentos flexibles con trenes de aterrizaje de ruedas gemelas en este caso, los gráficos vienen análogamente en función de los pesos brutos de los aviones y de los tipos de suelos, también influyen las condiciones de drenaje y heladas.

El cálculo de pavimentos preconizado por la FAA se funda en la capacidad para soportar operaciones de la aeronave crítica, para la verificación de estos valores se emplean ensayos de índice CBR, en el laboratorio y en el campo, los valores de la FAA pueden compararse con el sistema CBR, a fin de que este sistema pueda ser considerado al método de la FAA, se aplica un grafico de comparación de los materiales que forman la capa subrazante con la Fig. N° 2.12.

FIGURA N° 2.12

Comparación de Clase de Terreno de Fundación CBR-FAA



Fuente: Aeropuertos López Pedraza

Para la realización del cálculo del espesor de pavimento propuesto por la FAA, se entra a la Fig. N° 2.13, con el valor de 73.000 Kgr. (160.000,00 Lb), de peso bruto que pertenece a un avión tipo Boeing 727-100, por la parte izquierda y trazar una horizontal hasta la intersección con la clasificación dada según la Fig. N° 2.12 que corresponde a un suelo F-8, del terreno de fundación; proceder luego verticalmente hacia abajo hasta la escala que da el espesor total del pavimento. En este caso para la aeronave antes mencionada con tren de aterrizaje con ruedas gemelas se necesita 95 cm. de espesor de pavimento. Luego a partir de la intersección de la curva de peso bruto correspondiente a 73.000 Kgr., y la curva de clasificación del terreno de fundación F-8, procédase hacia la derecha, paralelamente a las líneas de puntos, hasta cortar la línea de espesor de firme requerido que da un valor de 25 cm., para la zona que es considerada crítica, mientras que el espesor total para la zona no crítica se obtiene tomando el 0,9 de las capas de Sub base, Base del pavimento crítico más el espesor necesario de la capa de rodadura.

Pavimento Flexible

(T) Crítico	(0,9T) No crítico
10 cm. (4") Capa de Rodadura	8 cm. (3") Capa de Rodadura
25 cm. (10") Capa Base	23 cm. Capa Base
60 cm. (18") Capa Sub Base	55 a.m. Capa Sub Base

El proyecto supone que con un mantenimiento normal, el pavimento tiene una duración de 20 años. Según esta hipótesis, estos pavimentos permiten realizar anualmente 1200 a 6000 salidas, para pavimentos flexibles como rígidos respectivamente. La FAA sugiere que en vez de tratar de proporcionar a los pavimentos flexibles la misma capacidad que los pavimentos rígidos, por lo que toca a construcción original, el espesor añadido se reserve para completarlo por etapas, en el momento en que el revestimiento flexible saque provecho de un nuevo recubrimiento.

CUADRO N° 3.4 ESPESORES DE DISEÑO DE PAVIMENTO
MÉTODO F.A.A.

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
10 cm.	25 cm.	60 cm.

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el resultado gráficamente se tiene la diferencia de espesores:

$$e_n = e_1 - e_0$$

Donde:

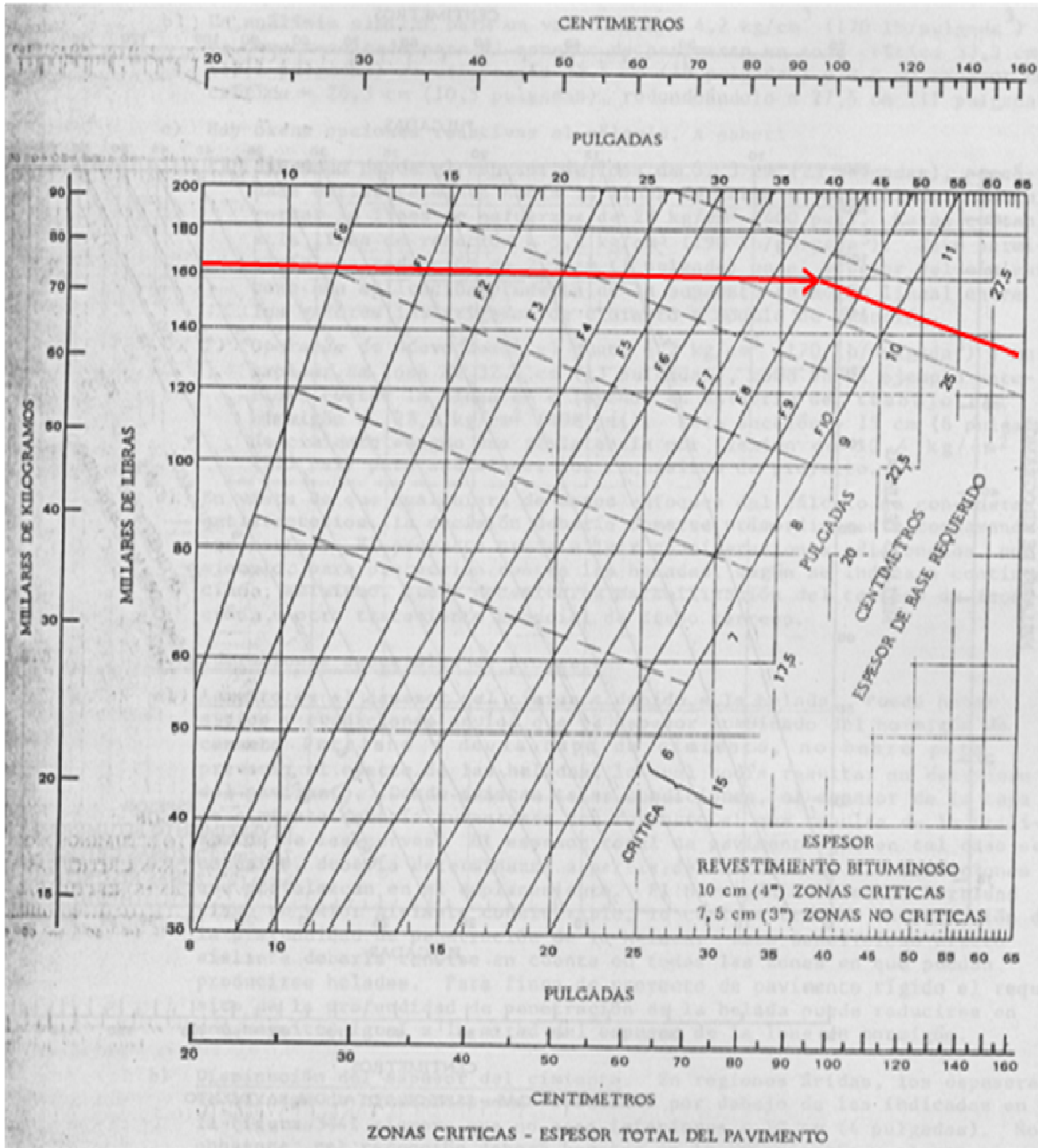
e_n = Diferencia entre espesores (cm.)

e_0 = Espesor actual del pavimento (90 cm.)

e_1 = Espesor del pavimento de diseño en (95 cm.)

$e_n = 95 \text{ cm.} - 90 \text{ cm.} = 5 \text{ cm.}$

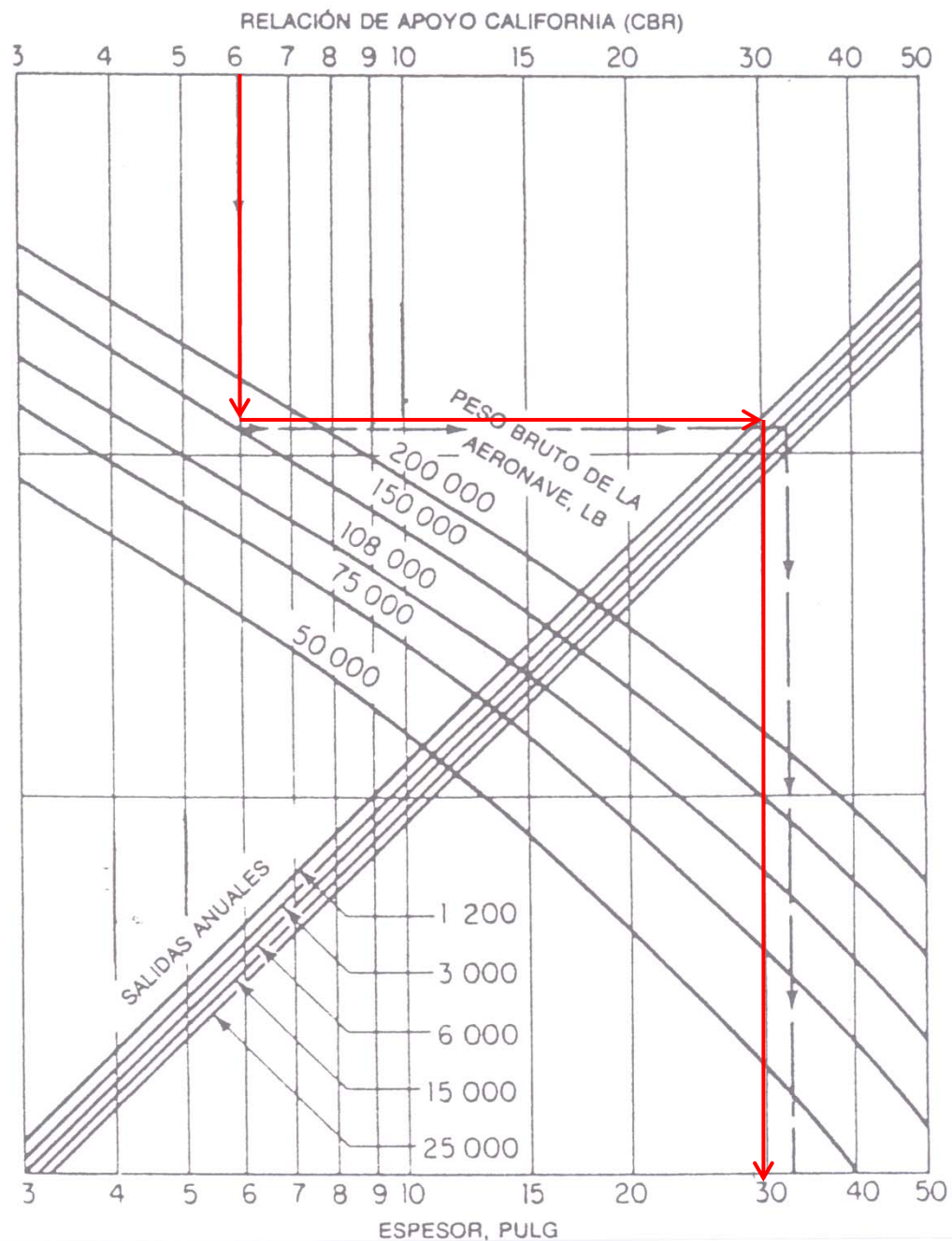
FIGURA N° 2.13
CURVAS DE CÁLCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES



Fuente: Manual de Aeródromo

3.8.3. Método CBR

FIGURA N° 2.14 CURVAS DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN AEROPUERTOS



Fuente: Manual del Ingeniero Civil Tomo III

Autor: Frederick Merritt

Para el dimensionamiento del espesor de pavimento por este método también gráfico se toma en cuenta la aplicación de la Fig. N° 2.14, es conveniente introducir primeramente el valor del CBR, determinado por ensayos obtenidos del análisis estructural realizado por AASANA, que da un CBR actual de 6%, prolongando una línea vertical hasta interceptar la curva que representa el peso bruto del avión que es de 73.000 Kg. (160000 Lb), inmediatamente verificar el punto de intersección con la curva se traza una horizontal hasta llegar a cortar la curva de salidas anuales que es de 1494 salidas, para luego prolongar nuevamente una vertical hacia abajo llegando al eje de abscisas donde se indica el espesor del pavimento en pulgadas, obteniendo en nuestro caso un espesor de 30 plg, aproximadamente de 77 cm.

**CUADRO N° 3.5 ESPESORES DE DISEÑO DE PAVIMENTO
MÉTODO C.B.R**

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
10 cm.	25 cm.	42 cm.

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el resultado gráficamente se tiene la diferencia de espesores es:

$$e_n = e_1 - e_0$$

Donde:

e_n = Diferencia entre espesores (cm.)

e_1 = Espesor actual del pavimento (90 cm.)

e_0 = Espesor del pavimento de diseño en (77 cm.)

$e_n = 90 \text{ cm.} - 77 \text{ cm.} = 13 \text{ cm.}$

Los resultados obtenidos por este método descartan la posibilidad de un refuerzo del pavimento

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la estructura del pavimento de la pista del aeropuerto verifican que no hay necesidad de un mejoramiento de la estructura del pavimento, los espesores de las diferentes capas conocidas se mantienen inalterables.

Estos resultados garantizan el buen funcionamiento del pavimento después de la rehabilitación mediante un recapado con una mezcla asfáltica de densidad media, de espesor de 2" (5cm), con agregado seleccionado y triturado de la chancadora A.I.T.A., con cemento asfáltico TK-116 85/100, proveniente de la planta de San Lorenzo de la Argentina de Tipo III, que cumplen con la especificación técnica de la norma aplicada en nuestro medio, proporcionada por el Servicio Nacional de Caminos (S. N. C.), llegando a proponer el recapado para un periodo de diseño de 8 años, aplicada sobre la superficie de la pista del aeropuerto.

3.9. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE RECAPADO

Para el análisis de costos en este trabajo, se recopiló información tanto de rendimientos del equipo como de mano de obra de Servicio Departamental de Caminos, quien a través de su larga experiencia en construcción y conservación de caminos, han hecho un análisis de dichos parámetros y sus rendimientos para las distintas actividades.

El análisis de precios unitarios para los diferentes ítems de construcción que se definieron en el presente estudio, se desarrolló teniendo en cuenta tres componentes específicos: Mano de Obra, Equipo y Materiales. Para cada componente se consideraron los Gastos Generales, Utilidades e Impuestos, donde cada uno de estos rubros se los analizó en forma particular.

El tipo de cambio utilizado es de 7,04 Bs. /\$us.

Se adjuntan los resultados del análisis de precios unitarios al final del presente capítulo.

3.9.1. Utilidad

Se adoptó como utilidad el 10% sobre el costo total de materiales, mano de obra y maquinaria.

3.9.2. Impuestos

El impuesto aplicable es el IVA, el que incide en un 14,94% del costo de la mano de obra, el impuesto a las transacciones, por su carácter global, se aplica al total del precio unitario correspondiente al 3,09% del mismo.

3.9.3. Desgaste de Herramientas y Equipo

Dentro de la estructura del análisis del precio unitario se tomó como desgaste de herramientas y equipo, un porcentaje correspondiente al 5% del costo total de la mano de obra directa.

3.9.4. Costo de Materiales

Para hacer una buena selección del material, es preciso tomar en cuenta algunas condiciones particulares relacionadas con la calidad, la disponibilidad en el mercado, el grado de aceptación de los usuarios, las posibilidades de reposición en el futuro y otras, que sin duda ayudan a definir su elección.

CUADRO N° 3.6 COSTOS HORARIOS DE MATERIALES

Resumen Insumos : MATERIAL (RECAPADO PAVIMENTO FLEXIBLE)					
DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	UND.(Bs)	PARCIAL(Bs)	GRUPO
ARENA	m ³ .	3843	70,00	269010,00	Material
ASFALTO LÍQUIDO	l	205875	4,15	854381,25	Material
CEMENTO ASFÁLTICO TK-116 85/100	L	9950,63	59,77	594749,16	Material
GRAVA	m ³ .	4392	85,00	373320,00	Material
GRAVILLA	m ³	4392	85,00	373320,00	Material
KEROSENE	L	137250	3,72	510570,00	Material
DIESEL	L	41175	3,70	152347,50	Material

Total= 3127697,905 Bs.

Fuente: Elaboración Propia

3.9.5. Costo de Mano de Obra

Generalmente, para elegir el personal se toman en cuenta aspectos relacionados con el grado de formación, experiencia y nivel de entrenamiento.

Para establecer los tiempos necesarios de utilización de personal y los horarios que deben cumplir para el desarrollo de las actividades del proyecto, es necesario tomar en cuenta los días que el personal efectivamente trabajará durante el año, lo que significa descontar los días domingos, los feriados de ley, la previsión de licencias por enfermedades, días no trabajados por factores climatológicos, vacaciones y otros establecidos por leyes y normas que regulan las actividades económicas.

El total para la mano de obra será 55 % que se aplica sobre el jornal básico.

En el Cuadro 3.7, se resume los costos horarios de Mano de Obra, y se muestra el costo de mano de obra por especialidad.

Sobre la base de los lineamientos y costos básicos señalados en el acápite anterior se analizaron los precios unitarios para todos los ítems necesarios que conforman el proyecto. El análisis se halla afectado a una serie de factores de los cuales algunos se determinan fácilmente.

CUADRO N° 3.7 COSTOS HORARIOS DE MANO DE OBRA

Resumen Insumos : OBRERO (RECAPADO PAVIMENTO FLEXIBLE)					
DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	UND.(Bs)	PARCIAL(Bs)	GRUPO
AYUDANTE	hr	9607,5	8,75	84065,625	No Calificado
AYUDANTE DE EQUIPO PESADO	hr	26077,5	6,25	162984,375	No Calificado
CAPATAZ	hr	9211,75	15	138176,25	Obrero
CHOFER	hr	145,25	11,5	1670,375	Obrero
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hr	2058,75	12,5	25734,375	Obrero
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hr	5352,75	14	74938,5	Obrero
PEON	hr	221,25	7,25	1604,0625	No Calificado
TECNICO	hr	17156,5	16,25	278793,125	Calificado

Total=	767966,6875	Bs
--------	-------------	----

Fuente: Elaboración Propia

3.9.6. Costo de Equipo

La maquinaria y el Equipo empleado para este proyecto de recapamiento de pavimentos flexibles, es considerado el mínimo, para realizar un trabajo de acabado de la superficie de asfalto óptimo.

CUADRO N° 3.8 COSTOS DE EQUIPO

Resumen Insumos : EQUIPO (RECAPADO PAVIMENTO FLEXIBLE)					
DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	UND.(Bs)	PARCIAL(Bs)	GRUPO
BARREDORA MECANICA	hr	137,25	350	48037,5	Equipo
CAMIÓN IMPRIMADOR	hr	137,25	368,5	50576,625	Equipo
CAMIONETA 4*4	hr	41,18	50	2059	Equipo
COMPACTADOR NEUMATICO	hr	274,5	281,6	77299,2	Equipo
COMPACTADOR RODILLO LISO	hr	274,5	281,6	77299,2	Equipo
PALA CARGADORA (CAT 850)	hr	3431,25	387,2	1328580	Equipo
PAVIMENTADORA	hr	6862,5	492,8	3381840	Equipo
PLANTA DE CALENTAMIENTO DE ASFALTO	hr	343,12	246,4	84544,768	Equipo
VOLQUETA	hr	3431,25	88	301950	Equipo

Total=	5352186,29	Bs
--------	------------	----

Fuente: Elaboración Propia

3.10. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

3.10.1. Recapado de la pista del aeropuerto

A continuación se detalla el presupuesto con el análisis de precios unitarios estudiados para los siguientes rubros de construcción de recapado de pavimentos flexibles.

**CUADRO N° 3.9 PRESUPUESTO DE RECAPAMIENTO DE PAVIMENTO
FLEXIBLE**

RECAPADO PAVIMENTO FLEXIBLE PISTA AEROPUERTO CAP. ORIEL LEA PLAZA					
ITEM N°	DESCRIPCIÓN DEL ITEM	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	Glb	1	1.320,75	1320,75
2	IMPRIMACIÓN	m ²	137250,00	15,60	2141100
3	CARPETA ASFÁLTICA	m ²	137250,00	28,63	3929467,5
4	ESPARCIDO	m ²	137250,00	22,38	3071655
5	COMPACTADO	m ²	137250,00	4,68	642330
6	LIMPIEZA GRAL Y DESMOVILIZACIÓN	Glb	1,00	5.890,26	5890,26

TOTAL PRESUPUESTO=	9791763,5	Bs
TOTAL PRESUPUESTO=	1390875,499	\$us

Fuente: Elaboración Propia

3.10.2. Mantenimiento Periódico de la superficie de Pavimentado Flexible

Este mantenimiento consiste en la reparación selectiva y refuerzo del pavimento con previa demolición de la estructura existente con los trabajos de bacheos, sellado de grietas y fisuras, reemplazo de capa base, con el fin de mejorar la textura elevando el coeficiente de rozamiento.

Las planillas que se muestran es el resumen de las diferentes fallas que representan la norma ASTM D-5340, para la evaluación de pavimentos flexibles de las cuales se determino la cantidad para los diferentes ítems. Se tomó los siguientes deterioros:

1. Reparación de fisuras y grietas
 - 1 Piel de cocodrilo
 - 3 Fisuración de bloque
 - 8 Fisura longitudinal y transversal (se tomó el más crítico severidad alta 8H)
2. Demolición de pavimento flexible
 - 4 Corrugación

- 5 Hundimiento
- 6 Chorro del Jet
- 9 Por derrame de combustible
- 10 Bacheo
- 11 Áridos Pulidos
- 12 Peladuras
- 13 Ahuellamiento
- 16 Levantamiento por hinchamiento

3. Excavación para bacheos

- 4 Corrugación
- 5 Hundimiento
- 10 Bacheo
- 13 Ahuellamiento
- 16 Hinchamiento

CUADRO N° 3.10 PRESUPUESTO MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PISTA AEROPUERTO CAP. ORIEL LEA PLAZA					
ITEM N°	DESCRIPCIÓN DEL ITEM	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	REPARACION DE FISURAS Y GRIETAS	m ²	6493,26	55,35	359401,941
2	DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE	m ³	288,92	146,49	42323,8908
3	EXCAVACIÓN P/BACHEOS	m ³	519,34	24,66	12806,9244
4	CAPA BASE P/BACHEOS	m ³	519,34	87,96	45681,1464
5	IMPRIMACIÓN P/BACHEOS	m ²	5778,41	13,62	78701,9442
6	PAVIMENTO FLEXIBLE P/BACHEOS	m ²	5778,41	46,13	266558,0533
7	LIMPIEZA GRAL Y DESMOVILIZACIÓN	Glb	1	2.148,09	2148,09

TOTAL PRESUPUESTO=	807621,9901	Bs
TOTAL PRESUPUESTO=	114719,0327	\$us

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Una vez desarrollado el presente estudio de conservación se hará resaltar las conclusiones más importantes.

4.1.1. Generales

Siendo de gran importancia la conservación las superficies de pavimentos de pistas de aeropuertos, estos trabajos vienen sujetos a una buena planificación y programación de actividades para evitar la destrucción superficial de los pavimentos flexibles, por medio de un mantenimiento rutinario y periódico o en su defecto una actividad de rehabilitación.

Los excesivos gastos que ocasionan los mantenimientos rutinarios y la falta de espacios de trabajo por la secuencia de vuelos hacen que se busque la posibilidad de un mantenimiento periódico.

Es indispensable realizar la evaluación superficial para poder comprobar el daño del pavimento y poder brindar una solución acorde a las necesidades del pavimento flexible, al terminar la evaluación y la comparación se determina que el tramo elegido presenta una gran cantidad de fallas recogidas luego de una inspección visual.

Hemos indicado los aspectos a considerar tan solo hablando de recapado, pero también debemos indicar la gran importancia de la evaluación para poder conocer su estado actual y determinar las soluciones más factibles, se especifica concretamente en la evaluación superficial (manual y visual).

El daño causado por las aeronaves en el pavimento es causado por la magnitud de la carga del tren de aterrizaje y la frecuencia con que estas cargas se aplican.

Concluyendo entendemos que se produce mayor ahorro realizando los trabajos de mantenimiento, evitando en lo posible un deterioro inaceptable para las condiciones de operatividad, los excesivos gastos que ocasionan los mantenimientos rutinarios y la falta de espacios de trabajo por la secuencia de vuelos hacen que se busque la posibilidad de un mantenimiento periódico, que garanticen los estados superficiales por un tiempo prolongado.

Debido a la importancia que representa la evaluación de pavimentos para poder conocer el estado actual y determinar las soluciones más factibles se debe hacer hincapié en la aplicación de nuevas técnicas como las metodologías de evaluación superficial, semiautomatizada y automatizada, pero si hubiesen los recursos y los medios es aconsejable la utilización de los instrumentos de medición más actualizados tecnológicamente para la evaluación de condiciones superficiales como estructurales, proporcionando una información mas rápida y confiable del estado.

Para fijar una estrategia de diseño adecuada, es necesario fijar las pautas para lograr los óptimos resultados técnicos al menor costo posible por lo cual habrá que considerar cómo lograr encontrar la ocasión oportuna para efectuar un conservación para no permitir el deterioro de la estructura del pavimento, lo cual puede llegar a una reconstrucción total que implicaría una inversión mucho mayor que la que hubiese sido necesaria.

4.1.2. Técnicas.

Al analizar el estado superficial del “Aeropuerto Cap. Oriel Lea Plaza” de acuerdo a los resultados obtenidos de la inspección visual la capa de rodadura de la pista 13-31, muestra signos de deterioro y se recomienda una renovación a la brevedad posible de la superficie de rodadura.

Además como observación adicional de la evaluación de estas fallas se deduce que la mayor cantidad de fallas es de tipo:

- Áridos pulidos encontrándose la mayor cantidad en la margen central Sección “B” es decir con un 27.12%.
- Otra falla de mayor ocurrencia es de tipo Piel de Cocodrilo con niveles de severidad Leve y Moderado de 23.41% en la Sección B y en la Sección C con 17.14% de ocurrencia.
- La falla de Tipo Fisuración Longitudinal y Transversal con niveles de severidad baja, moderado y alta en la Sección “C” con 23.79% de ocurrencia.
- Además se pudo observar que el tipo de falla Ahuellamiento se encuentra en Sección B con 9.25% de ocurrencia.

Calles de Rodaje y Apartadero de Espera:

- Peladuras, encontrándose en la Calle de Rodaje Sudeste con nivel de severidad leve con 9.30% de ocurrencia.
- Apartadero de espera con niveles de severidad Leve y Moderado con un 8.70%.
- En Calle de Rodaje Noreste las fallas de mayor ocurrencia son de tipo “Fisuración Longitudinal y Transversal” y Ahuellamiento con un 3.66% y 2.95% con niveles de severidad bajo.

En Plataforma podemos indicar los tipos de fallas de mayor ocurrencia:

- Deterioro de sellado con 54.90% de ocurrencia con niveles de severidad Leve, Moderado y Alto.
- Fisuración por Contracción con un 24.51% de ocurrencia
- Rotura de Bordes de Junta con un 11.28% de ocurrencia con niveles de severidad Leve, Moderado y Alto.
- Ascenso y descenso de Bordes, con un nivel de severidad leve con un 10.78%.
- Roturas de Esquina con un 5.89% de ocurrencia.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas en las diferentes zonas del aeropuerto se llegó a detectar que la pista 13-31, es la que se encuentra más afectada, llegando a encontrar diferentes fallas con niveles de severidad Leve, Moderado y Alto, especialmente en las zonas laterales de la pista de aterrizaje.

Con este análisis de métodos de diseño de pavimentos flexibles para aeropuertos se pretende demostrar que la mejor alternativa de renovación es por medio de un recapado, para encarar y mejorar las condiciones superficiales de la pista.

En el capítulo III, punto 2.12 se detalla los métodos de diseño de espesores de pavimento flexible aplicados para pistas de aeropuertos, en el cual se hace referencia a tres métodos como el Francés, FAA y CBR, todos estos son métodos gráficos, de los cuales se obtienen varios resultados de espesores para las exigencias de tráfico y movimiento de operaciones aéreas, así como la envergadura de las aeronaves.

MÉTODO FRANCÉS

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
16 cm.	30 cm.	50 cm.

MÉTODO F.A.A.

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
10 cm.	25 cm.	60 cm.

MÉTODO C.B.R

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
10 cm.	25 cm.	42 cm.

ESPEORES ACTUALES DE PAVIMENTO

CAPA DE RODADURA	CAPA BASE	CAPA SUBBASE
10 cm.	25 cm.	55 cm.

Dados los resultados obtenidos por laboratorio de la capa base, subbase no se requiere ninguna adición de espesor, se mantienen las dimensiones actuales, no siendo la misma aseveración para el caso de la capa de rodadura, para lo cual se determina según un análisis diferencial de espesores detallado en el punto 2.12 de este trabajo de tesis, donde se constata que utilizando el método Francés se tiene una diferencia de espesor de capa de rodadura de 6 cm., mientras que para el método FAA se tiene una diferencia de 5 cm., no siendo así para el método CBR donde se tiene que la capa subbase es menor que la actual

por lo tanto las dimensiones son menores, esto hace que se tenga un sobre dimensionamiento actual.

Según el criterio del postulante y de acuerdo a espesores de trabajo de carpetas asfálticas se determina que el método que se acomoda a las exigencias es el de la FAA, por lo que se sugiere realizar un recapado de 5 cm. (2") de espesor de carpeta asfáltica, sobre el pavimento existente.

Las conclusiones económicas que se obtienen son de carácter, convencional ya que se realiza un análisis de dos alternativas trabajo de pavimento flexible, como el caso mencionado referente al recapado y un mantenimiento rutinario donde se realiza el bacheo y diferentes obras que respectan para el aumento del coeficiente de rugosidad.

Los análisis económicos se detallan en el capítulo III, punto 3.7, obteniendo el presupuesto de inversión para los dos tipos de trabajos de los cuales realizamos el análisis tomando en cuenta las diferentes actividades que son parte del movimiento de construcción para estos proyectos, se puede concluir que el caso de recapado flexible es el más conveniente el presupuesto propuesto para el recapado es el siguiente:

PRESUPUESTO RECAPAMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

RECAPADO PAVIMENTO FLEXIBLE PISTA AEROPUERTO CAP. ORIEL LEA PLAZA					
ITEM Nº	DESCRIPCIÓN DEL ITEM	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	INSTALACIÓN DE FAENAS	Glb	1	1.320,75	1320,75
2	IMPRIMACIÓN	m ²	137250,00	15,60	2141100
3	CARPETA ASFALTICA	m ²	137250,00	28,63	3929467,5
4	ESPARCIDO	m ²	137250,00	22,38	3071655
5	COMPACTADO	m ²	137250,00	4,68	642330
6	LIMPIEZA GRAL Y DESMOVILIZACIÓN	Glb	1,00	5.890,26	5890,26

TOTAL PRESUPUESTO=	9791763,5	Bs
TOTAL PRESUPUESTO=	1390875,499	\$us

Revisando los resultados del presupuesto, se puede apreciar que las actividades son las mínimas para el desarrollo de un proyecto de asfaltados común.

PRESUPUESTO MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE PISTA AEROPUERTO CAP. ORIEL LEA PLAZA					
ITEM Nº	DESCRIPCIÓN DEL ITEM	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	REPARACION DE FISURAS Y GRIETAS	m ²	6493,26	55,35	359401,941
2	DEMOLICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE	m ³	288,92	146,49	42323,8908
3	EXCAVACIÓN P/BACHEOS	m ³	519,34	24,66	12806,9244
4	CAPA BASE P/BACHEOS	m ³	519,34	87,96	45681,1464
5	IMPRIMACIÓN P/BACHEOS	m ²	5778,41	13,62	78701,9442
6	PAVIMENTO FLEXIBLE P/BACHEOS	m ²	5778,41	46,13	266558,0533
7	LIMPIEZA GRAL Y DESMOVILIZACIÓN	Glb	1	2.148,09	2148,09

TOTAL PRESUPUESTO=	807621,9901	Bs
---------------------------	--------------------	-----------

TOTAL PRESUPUESTO=	114719,0327	\$us
---------------------------	--------------------	-------------

Al realizar el análisis del trabajo de mantenimiento se determina que realizar un mantenimiento rutinario para pavimentos de aeropuertos, representa un trabajo insuficiente ya que los daños evaluados en la superficie son de consideración y los trabajos que conciernen a este mantenimiento de la capa de rodadura son de gran cantidad lo que significa que se realiza un despliegue de equipo de trabajo en las mismas condiciones, como para el recapado, la desventaja más significativa es el aspecto de la superficie después de dicho mantenimiento ya que en gran cantidad se verán desde el aire los trabajos de parchado demostrando de esta forma las malas condiciones superficiales y la poca importancia de seguridad para los beneficiarios de las aeronaves.

Es factible que existan algunas variaciones con los valores empleados en el análisis de insumos y la estimación de costos de las acciones; por ello, el usuario podrá modificar las

cantidades especificadas para mano de obra, materiales y equipo, buscando con ello que los resultados se ajusten a las condiciones locales.

Vale la pena recalcar que en caso de que no se tenga información confiable de los costos locales será mejor aceptar los recomendados por datos de experiencia en pavimentación, ya que se constituyen en un indicador válido del orden de la magnitud de la inversión requerida para conservar en buen estado las superficies asfálticas.

4.1.3. Ambientales

Dada que la magnitud de los impactos es negativa se consideran en una escala de evaluación, el procedimiento aplicado fue secuencial.

Cualquier desarrollo aeroportuario necesita preparar una memoria certificada sobre los efectos en el ambiente natural y en el humano, alternativas para el desarrollo propuesto, efectos adversos inevitables, efectos a corto y largo plazo, afectación de recursos no renovables y beneficios a largo plazo.

La ficha ambiental tiene como objetivo la identificación preliminar de impactos y posibles medidas de mitigación, procedimiento a través del cual se determina la categoría de EIA requerida.

4.2. RECOMENDACIONES

La metodología empleada en cada uno de los métodos de evaluación superficial de pavimentos flexibles, deberá ser seguida tomados en cuenta las condiciones particulares que requiera cada método, pues de esta forma se lograra la obtención de resultados favorables.

De acuerdo a los registros de la evaluación superficial del aeropuerto Cáp. Oriel Lea Plaza, podemos indicar que las recomendaciones que son necesarias tomar en cuenta, para una mejor administración del aeropuerto son:

- Las unidades anteriormente mencionadas deberán ser analizadas por la entidad encargada del mantenimiento, y ver la factibilidad de su respectivo mantenimiento o reparación de la misma.
- Por otra parte creemos por conveniente hacer una evaluación estructural para comprobar toda la información de la evaluación superficial y así tener una evaluación técnica para su respectiva reparación de las unidades que están deterioradas severamente.
- Queremos acotar que para la evaluación de un aeropuerto en cuestión es necesario aprobar toda la información respecto a los datos geométricos del aeropuerto, debido a que en la elaboración de las unidades a ser evaluadas es importante contar con toda la respectiva información.
- Para conseguir el mejoramiento de la superficie de rodadura se recomienda la rápida ejecución de un proyecto de recapado superficial con mezcla asfáltica de 5cm. de espesor o 2”, las cuales deben ser de una mezcla de agregados de alta calidad.
- En consecuencia y al contrario de lo que se pueda pensar a simple vista, aplicar una política de conservación sana representa, especialmente para los países en desarrollo, ahorrar grandes recursos, que serian útiles para su mejor desenvolvimiento.
- El monitoreo periódico de las deformaciones es conveniente, para un mejor conocimiento del comportamiento del pavimento, este monitoreo debe ir acompañado de un conteo de tráfico, para verificar si las proyecciones de proyecto siguen siendo válidas este proceso no sólo debe ser aplicado a pistas de pavimento flexible si no así también a pavimentos rígidos.