



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
**PIRHUA**

# PROPUESTA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS PARA LA CIUDAD DE PIURA

Dante Jesús Castro Arballo

Piura, 10 de Marzo de 2003

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil



Esta obra está bajo una [licencia](#)  
[Creative Commons Atribución-](#)  
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

# **UNIVERSIDAD DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**



**“Propuesta de gestión de pavimentos para la ciudad de Piura”**

**Tesis**

**Que presenta el Bachiller en Ciencias de la  
Ingeniería**

**Dante Jesús Castro Arballo**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Asesor: Jorge Timaná**

**PIURA – PERÚ**

**2003**

Dedico esta tesis a mis padres y hermana: Dante,  
Martha y Milagros por su esfuerzo y dedicación.  
También a Brenda por incentivar me a culminar este  
trabajo.

## **Prólogo**

A fines del año 2001 y a inicios del año 2002, la municipalidad de Piura ha venido realizando una serie de reparaciones de pistas en todo el casco urbano de la ciudad de Piura, observándose algunas irregularidades.

El problema del mantenimiento de la infraestructura vial en el Perú y en particular de la ciudad de Piura, necesita de una atención primordial y seria, dada las consecuencias que este ha provocado.

Actualmente en la ciudad de Piura no se ofrece una solución técnica al problema. Hemos podido comprobar que la rehabilitación de las pistas del casco urbano, presentan las mismas fallas que se apreciaban hace cinco meses.

Por tanto, la presente tesis, tiene como objetivo principal, brindar una alternativa al problema del mantenimiento de la infraestructura vial, mediante un sistema de gestión de pavimentos, dentro de la organización municipal.

Finalmente quisiera agradecer sinceramente a mi asesor, el ingeniero Jorge Timaná, quien me proporcionó valiosos consejos, bibliografía principal y asistencia durante la elaboración de mi tesis, al ingeniero Guillermo Sandoval, quien me facilitó información necesaria para el desarrollo del tema, así como a todas las personas que de alguna manera hicieron posible la elaboración de esta tesis.

## **Resumen**

El desarrollo de la presente tesis se ha dividido en cuatro partes. La primera es un capítulo de repaso de los Pavimentos y sus fallas. La segunda presenta la esencia de lo que es la gestión de Pavimentos. Una tercera que nos muestra la problemática de la ciudad de Piura en infraestructura vial y transporte. Finalmente se plantea una alternativa de solución los problemas antes mencionados.

Se concluye que trabajar con un sistema de gestión de pavimentos, es la manera más ordenada del manejo de Pavimentos, y a los habitantes de la ciudad de Piura los ayudaría a tener un mejor nivel de vida.

# **ÍNDICE GENERAL**

Introducción.

## **CÁPITULO I: Los Pavimentos y sus fallas**

1.1 Tipos de Pavimentos.

1.1.1 Pavimentos Flexibles.

1.1.2 Pavimentos Rígidos.

1.2 Ciclo de diseño de un Pavimento

1.3 Origen de fallas en los Pavimentos.

1.3.1 Causas probables.

1.4 Fallas más comunes.

1.5 El deterioro de los caminos.

1.5.1 Pavimentar o no pavimentar.

## **CAPITULO II: GESTIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

2.1 Introducción.

2.2 Control de calidad de los pavimentos.

2.2.1 Introducción.

2.2.2 Evaluación y mantenimiento de los pavimentos.

2.2.2.1 Índice de estado.

2.2.2.2 Índice de serviciabilidad.

2.2.2.3 Índice de rugosidad.

2.2.2.4 Transitabilidad.

2.3 Conservación y rehabilitación.

- 2.3.1 Explotación y Conservación de la carretera.
- 2.3.2 Organización.
  - 2.3.2.1 Actividades generales de conservación y explotación.
  - 2.3.2.2 Elementos para el desarrollo de la conservación.
  - 2.3.2.3 Formas de ejecución de la conservación.
- 2.3.3 Actuaciones de conservación.
- 2.3.4 Rehabilitación de los pavimentos.
- 2.4 Gestión de la conservación.
  - 2.4.1 Sistemas de Gestión.
  - 2.4.2 Base de datos.
  - 2.4.3 Estrategias de conservación.
  - 2.4.4 Criterios de actuación
  - 2.4.5 Identificación y catálogos de deterioros. Inspección visual.
  - 2.4.6 Auscultación con aparatos.
  - 2.4.7 Programas de evaluación y seguimiento.
- 2.5 Evaluación económica de las estrategias alternativas para el diseño de pavimentos.
- 2.6 Pavimentos resistentes o débiles
  - 2.6.1 Criterios para la adopción de decisiones sobre la resistencia del pavimento
- 2.7 Optimización de los gastos de mantenimiento en situación de limitaciones presupuestarias.
- 2.8 Programa de obras de rehabilitación.

## CAPITULO III: EL MANTENIMIENTO VIAL EN LA CIUDAD DE PIURA

### 3.1 Problemática del transporte en la ciudad de Piura.

3.1.1 De la operatividad del transporte publico.

3.1.2 De la infraestructura vial.

### 3.2 Influencias de la infraestructura vial en la operatividad del transporte.

3.2.1 Influencias directas e indirectas.

3.2.2 Efectos en el funcionamiento.

### 3.3 Programa de rehabilitación de pavimentos en Piura.

3.3.1 Manejo del Programa en la Municipalidad de Piura.

3.3.2 Etapa de rehabilitación.

3.3.3 Estado de las pistas meses después de la rehabilitación.

## CAPITULO IV: PROPUESTA DE UN SISTEMA MUNICIPAL DE PAVIMENTOS

### 4.1 Desde el punto de vista de la gestión de los pavimentos.

4.1.1 Elaboración de una base de datos

4.1.2 Implementar estrategias de inversión y mantenimiento de caminos.

4.1.2.1 Tácticas que se pueden emplear cuando hay limitaciones presupuestarias.

### 4.2 Desde el punto de vista de la infraestructura vial.

4.2.1 Aseguramiento de la calidad de obras viales.

4.2.2 Actuaciones de conservación y rehabilitación.

### 4.3 Desde el punto de vista de las empresas de transporte.

4.4 Puesta en marcha del sistema de gestión de Pavimentos

4.4.1 Organigrama del sistema

4.4.2 Equipamiento mínimo

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

REFERENCIAS

## **Introducción**

El problema del deterioro de la infraestructura vial en la ciudad de Piura y las consecuencias que este a provocado son tan notorias que no se puede dejar pasar más tiempo, y debemos hacer notar que estamos dispuestos a aportar ideas para mejorar esta situación de la cual padecemos ya mas de 15 años.

Más del 60% de las pistas en la ciudad de Piura se encuentran deterioradas.

El 90% de las calles rehabilitadas por la Municipalidad de Piura han presentado deterioros en menos de cinco meses de haberse efectuado la rehabilitación,

Se observa también como la atractividad del transporte público a decaído mucho en nuestra ciudad, debido a que los vehículos no prestan seguridad y los tiempos de llegada se han incrementado. Por ello el costo de operación de los vehículos se incrementa día a día y uno de sus causales más fuertes es la infraestructura vial.

Entre el desarrollo económico de una ciudad y el desarrollo de la infraestructura vial existe una estrecha relación de ahí el interés nuestro de desarrollar en tema como” El sistema de gestión de pavimentos”, el cual se relaciona con todas las actividades involucradas en el planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento, evaluación y rehabilitación de una porción de pavimento de un programa público de trabajo.

Este sistema de gestión de pavimentos es un conjunto de herramientas o métodos que asisten a la persona encargada de la toma de decisiones, en hallar las estrategias óptimas para proporcionar, evaluar y mantener a los pavimentos en una condición útil durante un período de tiempo.

## CAPITULO I

### LOS PAVIMENTOS Y SUS FALLAS

#### 1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

La parte más importante de una carretera o calle, es su pavimento. Sin esta estructura no se puede pensar en un tránsito rápido, cómodo y seguro. Los pavimentos, como cualquier estructura tienen un proceso de diseño y deben seguir también un proceso un proceso de conservación.

Para intentar relacionar las degradaciones o fallas en los pavimentos, es útil clasificarlos en dos tipos: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

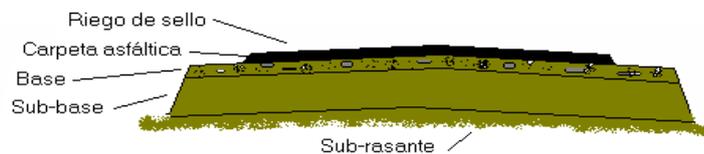
##### 1.1.1 Pavimentos Flexibles

En este tipo de pavimento la capa superior está conformada por material bituminoso y debe tener resistencia al corte, absorber los esfuerzos horizontales además de las presiones verticales que se transmiten a los estratos inferiores, los cuales son solicitados bajo la acción repetitiva de las cargas de los vehículos.

Este tipo de pavimento es particularmente sensible a las variaciones climáticas y efecto de saturación continuada.

En la figura 1 vemos como es la estructura de los pavimentos flexibles.

**Figura1.1**

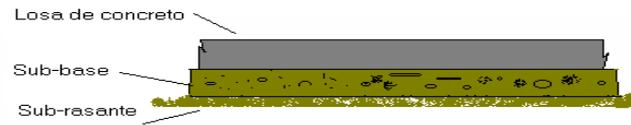


##### 1.1.2 Pavimentos Rígidos

En este caso la capa de rodadura está conformada por una losa de concreto de cemento Pórtland y además de resistir los esfuerzos de corte, debe soportar sin daño, los esfuerzos de tracción por flexión.

En estos pavimentos las juntas y bordes constituyen sus puntos más débiles. La aptitud para una buena duración y servicio del pavimento depende en gran parte de los espesores adoptados y de las condiciones de ejecución y control de calidad de los materiales utilizados en su construcción. Cuando estas condiciones no se cumplen, las degradaciones o fallas se manifiestan tarde o temprano sobre la capa de rodadura, produciendo una sensación de incomodidad para el usuario y un problema de mantenimiento para el técnico.

En la figura 2 vemos la estructura de los pavimentos rígidos

**Figura 1.2**

## 1.2 CICLO DE DISEÑO DE UN PAVIMENTO

Antes de la puesta en marcha de una obra de pavimentación primero se deberá planificar todo el proceso a seguir para garantizar la calidad del proyecto y después de empezado comenzar a improvisar detalles que a la larga nos ocasionarán problemas.

En la figura 1.3 se muestra de manera sincronizada todos los aspectos relevantes que deberán participar de dicha planificación para un resultado óptimo del proyecto a realizar y evitar que este se deteriore rápidamente.

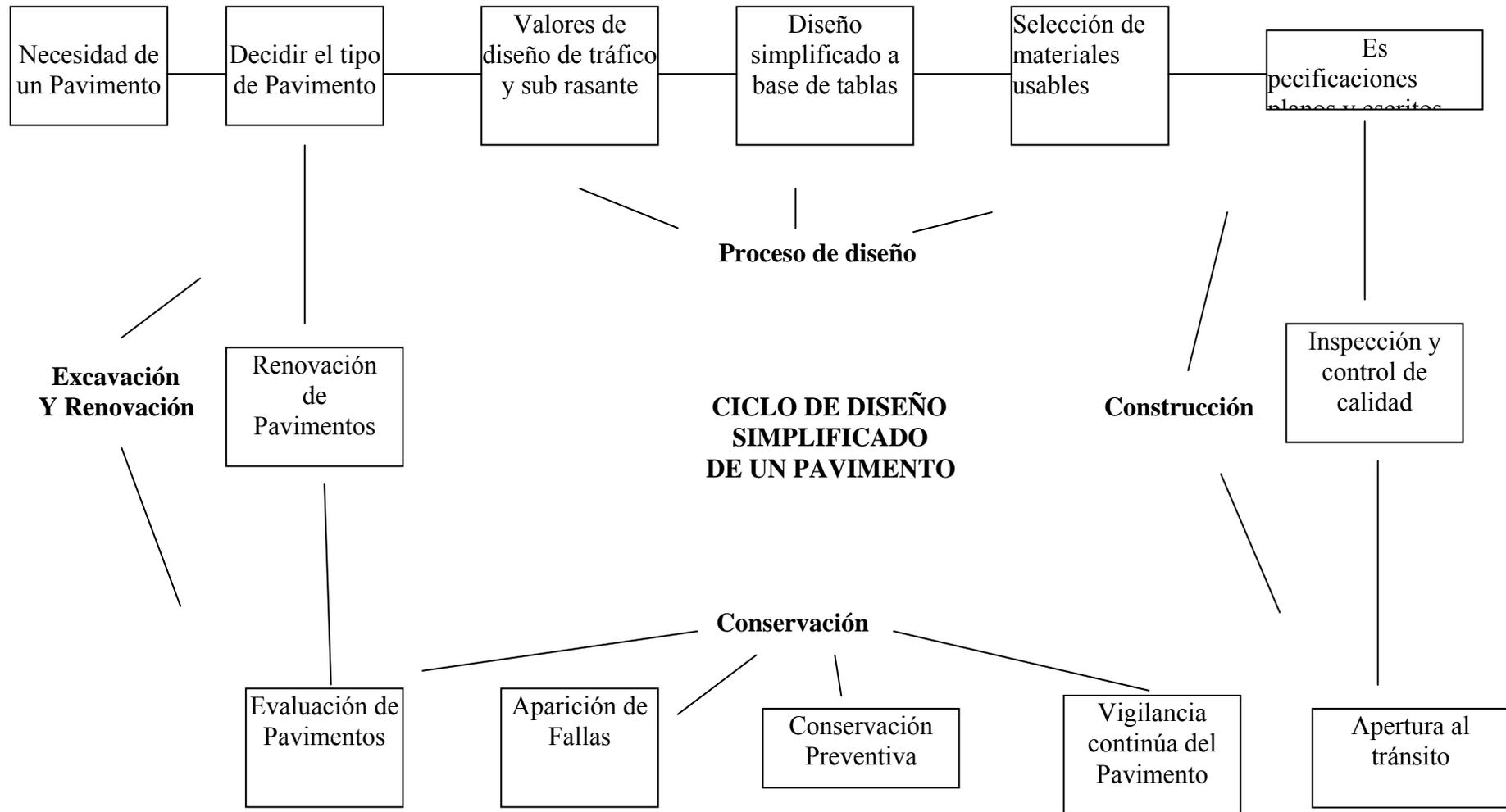
Explicaremos de manera general este ciclo planificado de diseño de un pavimento:

- Primero se identifica en que lugares se necesita pavimentar y en cuales no, para poder tomar la decisión de que tipo de pavimento usar.
- Luego viene el diseño en sí del pavimento de acuerdo a las normas establecidas como la AASHTO; una vez diseñado el pavimento, entendiéndose por diseño, espesor de capas (base, sub-base, rasante y sub-rasante).
- Seguidamente viene la elección de los materiales a utilizar para su construcción, para que de acuerdo a todo lo antes mencionado poder armar las especificaciones y los planos con los cuales se construirá proyecto. Siempre tener en cuenta las canteras más cercanas y analizar en laboratorio los agregados.
- Luego se lanza el proyecto a licitación, en la cual se debe tener en cuenta que un proyecto de pavimentación requiere de un contratista que nos asegure la calidad a largo plazo del pavimento. También es importante el aspecto económico pero nunca se deberá de separar este aspecto con la calidad del proyecto.
- Luego, cuando todo esta listo para la construcción se debe poner una supervisión que este pendiente de la construcción de este pavimento para que no ocurra nada que perjudique la calidad y eficiencia del pavimento.

- Una vez terminada la construcción se procede a la apertura al tráfico, que es cuando el pavimento comienza a trabajar, para esto es conveniente colocar una persona que este constantemente vigilando el comportamiento del pavimento para poder tomar decisiones rápidas.
- También se debe hacer una conservación preventiva, que no es otra cosa mas que hacerle mantenimiento preventivo al pavimento para evitar daños prematuros.
- Cuando comienzan a aparecer las fallas lo más conveniente es evaluar estas fallas para poder posteriormente proceder a la renovación del pavimento.

Como vemos todo esto deberá de estar previsto para que cuando ocurra tengamos las herramientas necesarias para actuar asegurar un buen proyecto a largo plazo.

**Figura 1.3**



## **1.3 ORIGEN DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS**

### **1.3.1 CAUSAS PROBABLES**

Las causas de las degradaciones son numerosas y variadas y pueden deberse a factores de orden cuantitativo ( tráfico, cargas, etc.); cualitativo ( tipo de material constituyente) o aleatorias ( aniegos, lluvias, saturación continuada, etc).

Estos factores son simultáneamente causa y efecto, es decir que de algunas degradaciones existentes pueden devenir nuevas degradaciones. Esto será un desarrollo continuado de daños si no se toman las medidas y precauciones convenientes.

Cada factor tiene una acción preponderante pero temporal, y conviene ser muy prudente en cuanto al valor de su influencia. Si se hace un balance de estos factores en función a los diferentes tipos de degradaciones es posible clasificar las causas de las degradaciones siguiendo cuatro criterios:

- El Tráfico.
- Las condiciones de humedad o saturación continuada y sus consecuencias.
- El dimensionamiento del paquete estructural del pavimento.
- La calidad de los materiales y su control y puesta en obra.

#### **1. - El Tráfico**

El tráfico es un parámetro cuya influencia es muy importante. Desde un principio los resultados del ensayo AASHTO han demostrado que la evolución de las deformaciones y de las fisuras en un pavimento están ligadas a la magnitud de la carga por eje y a la duración de su aplicación, así como al número de pasadas.

#### **2.- Las condiciones de humedad o saturación continuada y sus consecuencias.**

El parámetro más influyente sobre la estructura de los pavimentos es la presencia de agua en grandes magnitudes, ya que ésta es el peor enemigo de un pavimento estable y duradero.

El agua que se infiltra en la estructura del pavimento, puede ser debida a percolación por rotura de instalaciones domiciliarias, por canales de regadío, cercanía a jardines o áreas verdes.

Se deduce que cuando el contenido de humedad aumenta, se detecta una reducción en la capacidad portante del suelo y un aumento en la tasa de pérdida de serviciabilidad de los pavimentos.

### 3.- El Dimensionamiento de la estructura del pavimento.

Hace algunos años el dimensionamiento del paquete estructural del pavimento intervenía de forma menos sensible en las causas de las degradaciones, el tráfico pesado era menos intenso, la carga promedio por eje menos elevada.

Actualmente el dimensionamiento puede considerarse como uno de los factores más preponderantes, sobre todo en el caso de los pavimentos antiguos de muy poco espesor (10 a 15cm), en los que la estructura está casi totalmente destruida.

### 4. La calidad de los materiales, control y puesta en obra.

Estableciendo un balance de los diferentes tipos de degradaciones encontrados, se constata que en la mayoría de los casos los desordenes y defectos más comunes se deben al uso de materiales de mala calidad, debido a que no existe un adecuado control de calidad después de su explotación en las canteras o bancos de préstamo, lo que redundo en agregados con granulometría incorrecta, porcentaje elevado de elementos redondeados y de mayor diámetro que el mismo exigido por las especificaciones. Esto lo podemos ver en la mayoría de fallas de los pavimentos de nuestra ciudad.

#### 1.4 FALLAS MÁS COMUNES

En la tabla 1.1 se presentan las manifestaciones de fallas, mecanismo y causas en los pavimentos flexibles.

**Tabla 1.1 FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.**

<b><u>MANIFESTACIÓN</u></b>	<b><u>MECANISMO</u></b>	<b><u>CAUSAS POSIBLES</u></b>
<b><i>1.- DEFORMACIONES</i></b>		
<b><i>Ahuellamiento</i></b>	- Compactación por el tránsito de una o varias capas o deformación plástica de una o varias capas.	- Deficiente compactación de una o varias capas o relación estabilidad fluencia deficiente o valor soporte no acorde con espesores (diseño estructural insuficientes o disminución del valor soporte por

		degradación del material).
<b><i>Ondulación longitudinal “corrugación”</i></b>	- Deformación plástica de capas asfálticas.	- Relación estabilidad fluencia deficiente.
<b><i>Hundimiento “deformaciones de borde”</i></b>	- Falla por corte de una o varias capas.	-Valor soporte no acorde con espesores (diseño estructural insuficiente o disminución del valor soporte por entrada de agua y/o degradación del material) o relación estabilidad fluencia deficiente.
<b><i>Asentamiento</i></b>	- Asentamiento diferencial.	- Consolidación del terraplén o de su fundación.
<b><i>Levantamiento.</i></b>	- Levantamiento diferencial	- Hinchamiento de subrasante o capas estructurales (debido a acción del agua en suelos expansivos o congelamiento en suelos susceptibles).
<b><u>2.- FISURACIONES</u></b>		
<b><i>Fisuración formando panes pequeños “piel de cocodrilo”</i></b>	- Rotura por tracción de capas asfálticas	- Fatiga por deflexiones altas y/o radios de curvatura bajos (diseño estructural deficiente o entrada de agua o degradación de materiales) o mezcla asfáltica inadecuada
<b><i>Fisuración formando panes amplios.</i></b>	- Contracción térmica de capa asfáltica	- Material asfáltico inadecuado (por provisión o envejecimiento durante manipuleo o servicio) o exceso de relleno mineral
<b><i>Fisuración en forma de media luna</i></b>	- Deslizamiento de capa asfáltica.	- Falta de adherencia entre capas (falta de riego de liga o suciedad en el mismo) o resistencia a esfuerzos tangenciales deficiente en capa inferior.
<b><i>Fisuración transversal y longitudinal formando losas.</i></b>	- Reflexión de juntas o fisuras de contracción de capas cementadas	- Fisuras de contracción en capas cementadas inferiores.

	inferiores.	
<b><i>Fisura longitudinal junto a borde externo.</i></b>	- Reflexión de fisura longitudinal de capa inferior cementada o no.	- Fisuración de borde de capa inferior por hundimiento del terraplén o por contracción del mismo por desecación o por ensanche de trocha.
<b><i>Fisura longitudinal central.</i></b>	- Apertura de junta de construcción.	- Construcción deficiente de capa de rodamiento.
<b>3.- <u>DESINTEGRACIONES</u></b>		
<b><i>Desintegración superficial “peladura”</i></b>	- Desprendimiento de agregado.	- Porcentaje de asfalto deficiente (por inadecuada dosificación o construcción) o falta de adherencia asfalto agregado o acción de agua (por inadecuado drenaje superficial) o acción de otros agentes agresivos (solventes, etc.).
<b><i>Desintegración generalizada “bache” Cavidad de forma redondeada, bordes netos, sin hundimientos aledaños “nido de gallina” o “bache aislado”</i></b>	- Desintegración localizada de capa superficial, que puede progresar en profundidad.	- Defectos constructivos localizados (insuficiencia de material asfáltico, segregación, suciedad en agregados, etc.
<b>4.- <u>EXUDACIONES</u></b>		
<b><i>De asfalto</i></b>	- Ascenso de material asfáltico hasta formar una capa en superficie.	- Exceso de material asfáltico (en mezcla o riego).
<b><i>De mortero</i></b>	- Ascenso del mortero hasta la superficie	- Granulometría (exceso de finos) o construcción deficiente de capa de rodamiento.

En la tabla 1.2 se presentan las manifestaciones de fallas, mecanismo y causas en los pavimentos rígidos.

**Tabla 1.2 FALLAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS.**

<u>MANIFESTACION</u>	<u>MECANISMO y CAUSAS PROBABLES</u>
<b><u>1.- DEFORMACIONES</u></b>	
<i>Escalón, en coincidencia con juntas transversales o longitudinales.</i>	- Asentamiento o levantamiento diferencial de las losas.
<i>Sobre elevación abrupta, de gran magnitud, generalmente en juntas transversales.</i>	- Dilatación excesiva de las losas unida a espesor insuficiente de juntas o presencia de material incompresible en las mismas o incorrecta ubicación de “juntas de dilatación”.
<i>Asentamiento, relativamente extenso.</i>	- Asentamiento diferencial por consolidación del terraplén o capas estructurales.
<b><u>2.- FISURACIONES</u></b>	
<i>Fisuración transversal.</i>	- Excesiva distancia entre juntas de contracción o demora en su aserrado o insuficiencia de apoyo de las losas en proximidad de las juntas debido a “bombeo” o contracciones e hinchamientos de la subrasante.
<i>Fisuración transversal con algunas fisuras longitudinales entre juntas y fisuras transversales.</i>	- Excesiva repetición de cargas pesadas sobre las losas con insuficiencia de apoyo debido a “bombeo

<p><b><i>Fisuración longitudinal.</i></b></p> <p>-</p>	<p>- Asentamiento lateral del terraplén o contracciones e hinchamientos de la subrasante o contracciones y expansiones de la losa unidas a juntas transversales en malas condiciones o incorrecta ubicación de juntas longitudinales.</p>
<p><b><i>Fisuración diagonal o de esquina.</i></b></p>	<p>- Insuficiente resistencia del hormigón o insuficiencia de apoyo de las losas en proximidades de la esquina debido a “bombeo”.</p>
<p><b><i>Fisuración generalizada, en forma de malla, irregular.</i></b></p>	<p>- Evolución final de situaciones anteriores por insuficiencia de resistencia del hormigón o insuficiencia de apoyo de las losas debido a “bombeo”.</p>
<p><b><i>Fisuración superficial, muy fina, formando malla de reticulado pequeño.</i></b></p>	<p>- Capa superficial débil (por inadecuada terminación constructiva)</p>
<p><b><u>4.- DESINTEGRACIONES</u></b></p>	
<p><b><i>Desintegración de bordes de losa en correspondencia de juntas o grietas.</i></b></p>	<p>Capa superficial débil en correspondencia de junta (por inadecuada terminación constructiva) o dilatación excesiva de las losas unida a espesor insuficiente de juntas o presencia de material incomprensible en las mismas o falta de alineación de barras de unión.</p>
<p><b><i>Desintegración superficial.</i></b></p>	<p>Capa superficial débil (por inadecuada terminación constructiva) o desintegración de partículas de agregado o efecto de congelamiento y deshielo.</p>

## **1.5 El deterioro de los caminos.**

A través del deterioro de sus caminos los países en desarrollo, como el nuestro, han perdido infraestructura valiosísima. Podemos estar hablando de miles de millones de dólares. Si no se comienza de inmediato a ocuparse mas seriamente de la preservación de los caminos, se perderán miles de millones más. Grandes redes de caminos, construidas a un costo elevado, no han recibido el mantenimiento suficiente y han sido usadas y maltratadas en mayor medida que la prevista. Si este descuido continúa, el deterioro de los caminos se acelera pues los pavimentos viejos se desmoronan y los nuevos pasan por un período inicial bastante largo durante el cual los efectos del descuido son apenas perceptibles.

La restauración de estos caminos costará entre tres y cinco veces más de lo que habría costado el mantenimiento oportuno, y es solo una parte del costo. El costo de operación de los vehículos supera rápidamente al costo de reparación de los caminos a medida que estos pasan del buen estado, al regular estado y al mal estado. En conjunto, estos costos evitables constituirán un pesado lastre para el desarrollo económico de los países.

Muchos caminos están en tal mal estado que el mantenimiento normal ya no bastaría ni sería eficaz. Esos caminos requieren ahora rehabilitación o reconstrucción, a un costo igual a tres o cinco veces el mantenimiento y refuerzo preventivos oportunos. Y muchos caminos más, cuyo deterioro todavía no es visible, pronto llegarán a ese punto si el mantenimiento y la rehabilitación no mejoran.

Las necesidades de mantenimiento de una red vial pueden predecirse con bastante exactitud basándose en un conjunto de características estructurales como edad, clima, tráfico, normas de diseño, calidad de la construcción y mantenimiento. Entre estas, la edad, el tráfico y la calidad de la construcción son particularmente importantes en los países en desarrollo.

La edad es importante en lo que respecta al estado de los caminos pavimentados debido a la trayectoria del deterioro de estos con el transcurso del tiempo. Típicamente las dos terceras partes del deterioro del pavimento (y una proporción aún mayor del costo de mantenimiento) se concentran en el último tercio de la vida nominal del pavimento, por eso se debe tener mucho cuidado cuando se toma la decisión pavimentar o no un pavimento.

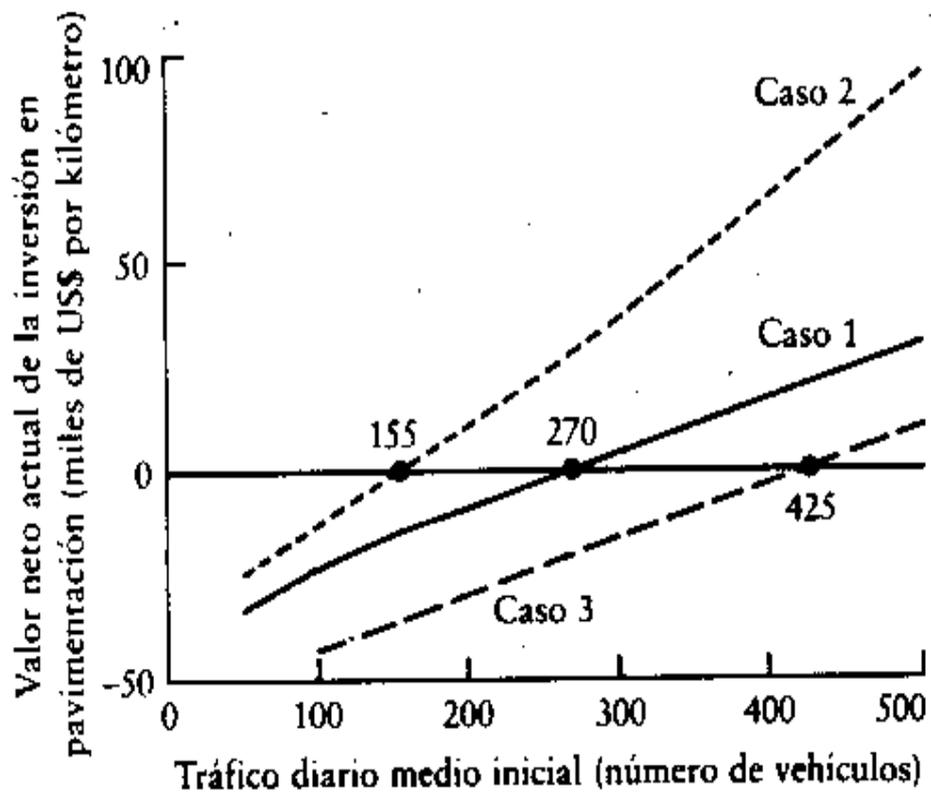
### **1.5.1 Pavimentar o no pavimentar**

La decisión respecto a si se debe pavimentar o no un camino depende de muchos factores, uno de los cuales es el aumento de tráfico que se prevea para el futuro. En la figura 1.4, se presenta un ejemplo del valor neto actual de la pavimentación de un camino de grava en función del tráfico.<sup>3</sup> Al

comparar los casos 1 (ningún aumento del tráfico) y 2 (aumento anual del 6%) se observa que el nivel de tráfico exacto al cual la pavimentación del camino se torna óptima es sensible a la tasa de crecimiento prevista del tráfico. Se supone en todos los casos que el camino será mantenido adecuadamente, se pavimente o no. El costo de la pavimentación también es importante: en el caso 3 (aumento nulo del tráfico y un aumento del costo del 50%), el tráfico óptimo para la pavimentación pasa de 270 vehículos diarios a 425. Pero el precio que se paga por no pavimentar cuando el tráfico está a su nivel óptimo no es elevado. Por lo tanto, hay consideraciones distintas del tráfico que intervienen a veces en la elección.

Una de esas consideraciones es la probabilidad de que el mantenimiento futuro vaya a ser de un nivel aceptable, tanto en los caminos pavimentados como en los sin pavimentar. Si, por una parte, la disponibilidad de fondos para mantenimiento en el futuro es incierta, será mejor aplazar la pavimentación. El valor actual del costo del transporte durante todo el ciclo de vida de un camino de grava (aunque su mantenimiento sea subóptimo) será inferior al de un camino pavimentado si no hay seguridad de disponer de los fondos necesarios en la etapa en que el deterioro del camino pavimentado comienza a acelerarse considerablemente. Si, por otra parte, lo incierto es la capacidad de los municipios para planificar y efectuar trabajos de mantenimiento, la pavimentación temprana (y, por consiguiente, un número menor de caminos) será lo acertado. El valor actual del costo del transporte durante todo el ciclo de vida relacionado con un camino de grava sin mantener será superior al de un camino pavimentado sin mantener hasta el punto a partir del cual ambos dejen de ser transitables.

Figura 1.4

**Volumen de tráfico de equilibrio para  
pavimentar un camino de grava**

## **CAPITULO II**

### **GESTION DE LOS PAVIMENTOS**

#### **2.1 Introducción.**

La gestión de pavimentos y los sistemas de gestión de pavimentos han sido definidos de varias maneras, pero ha sido la “ American Association of State Highway and Transportation officials “ (AASHTO) quien ha publicado una definición muy adecuada.

La American Association of State Highway and Transportation officials, ha definido un sistema de gestión de pavimentos (SGP), como una serie de herramientas o métodos que asisten a quienes toman decisiones, a encontrar estrategias costo-efectivas para evaluar y mantener los pavimentos en buenas condiciones de serviciabilidad en un período determinado de tiempo.

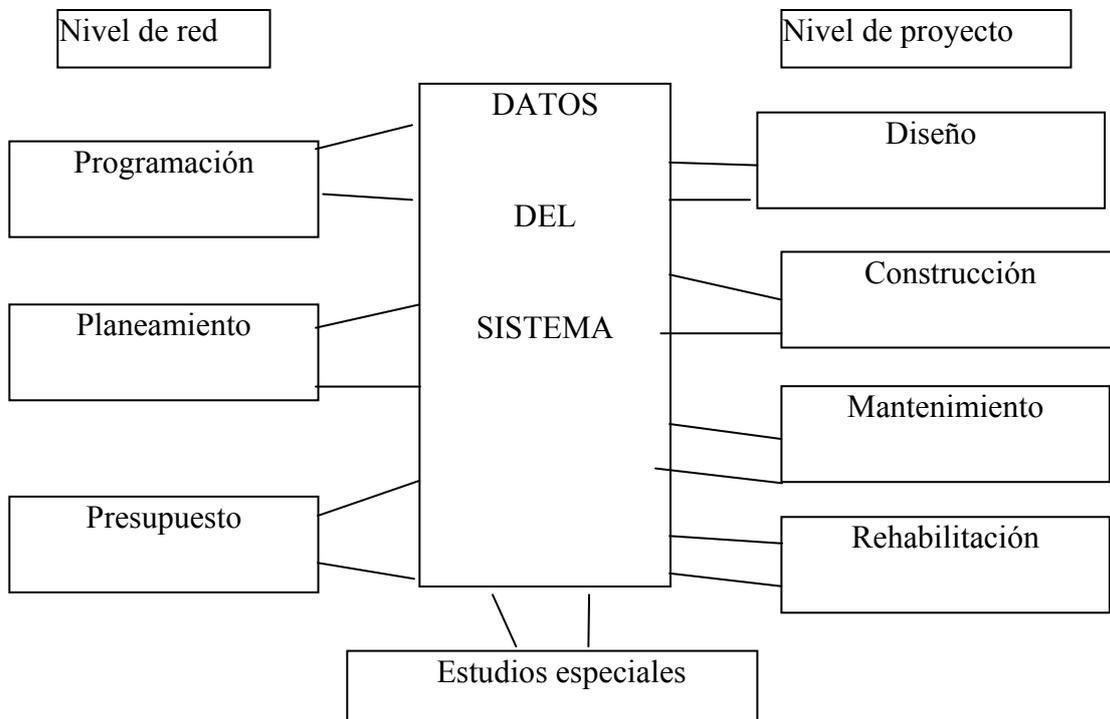
El uso del termino “Conjunto de herramientas” para describir un sistema de gestión, es importante para entender el rol de este sistema.

La gestión de pavimentos en su sentido más amplio, se relaciona con todas las actividades involucradas en el planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento, evaluación y rehabilitación de una porción de pavimento de un programa público de trabajo.

Es conveniente describir la gestión de pavimentos en términos de dos niveles generales, el primero es el nivel de gestión de la red general, a veces llamado el nivel del programa para las redes de carreteras; y el segundo es el nivel de gestión de proyecto, donde se toman decisiones técnicas para proyectos específicos. Algunos desarrollos de sistemas formales de gestión de pavimentos se han dado a nivel de proyecto. Más recientemente, un desarrollo extenso en la gestión del mantenimiento y la información de metodologías de gestión, proporcionan la oportunidad para el desarrollo de sistemas de gestión de pavimentos más comprensivos, en los que se puede incluir un mayor número de actividades, correlacionándolas mediante interfaces explícitas con los otros niveles de la red.

Los sistemas de gestión de pavimentos pueden proporcionar algunos beneficios a las entidades encargadas del manejo de carreteras, tanto en la red como en los niveles de proyecto. Uno de ellos es la selección de alternativas de costo-efectivo. En lo concerniente a construcción nueva, rehabilitación o mantenimiento, los sistemas de gestión pueden ayudar a gerenciar como alcanzar el mejor valor posible al dinero público. A nivel de red, el sistema de gestión proporciona información pertinente al desarrollo

de un programa regional, que optimizará el uso de los recursos disponibles. Esta relación la vemos en la figura 2.1.



**Figura 2.1**

## **2.2 Control de calidad de pavimentos terminados**

### **2.2.1 Introducción**

En la construcción de todas las obras de ingeniería, grandes o pequeñas, no hay fase más importante que la inspección del proceso constructivo. En una obra de ingeniería es más crítica la actividad de vigilar el bien hacer, que el mismo diseño.

La supervisión es la actividad por medio de la cual se logra que una obra se realice de acuerdo a los planos, materiales y procedimientos prescritos por el diseñador.

El control de calidad de un pavimento terminado debe entenderse como aquel que se realiza desde su superficie; entendiéndose con esto que todos los métodos a utilizar deben ser de tipo no destructivo y de medición continua (no puntuales) y la interpretación de sus resultados no puede hacerse de otra forma que no sea estadísticamente, ya que el número de muestras en juego no permite otro tipo de tratamiento. Se está desechando entonces como control de calidad de pavimentos terminados la realización exclusiva de perforaciones y ensayos sobre las muestras extraídas, tarea esta que más puede encuadrarse dentro de una "auditoria" de los controles que

normalmente hace la supervisión una especie de “supervisión de la supervisión”.

### **2.2.2 Evaluación y mantenimiento de los pavimentos**

Se entiende por evaluación y mantenimiento de pavimentos terminados a una serie de tareas y metodologías empleadas para poder dar un diagnóstico del estado del pavimento después de su construcción.

La evaluación y mantenimiento es la etapa más importante del control de calidad de pavimentos terminados, ya que con una exhaustiva evaluación de un pavimento, podremos asignar de una manera ordenada, el dinero a emplear para su mantenimiento y/o rehabilitación.

Para una adecuada evaluación de un pavimento, existen varias tareas y métodos, como lo son: el inventario vial, la clasificación funcional de caminos y el estudio de rango de suficiencia; estas tres tareas forman el esqueleto principal para una buena evaluación del pavimento, las cuales detallaremos más adelante.

Dos aspectos relevantes a tomar en cuenta son las mediciones de los índices de estado y de serviciabilidad, los cuales nos facilitan el manejo de la información acerca del estado del pavimento.

#### **2.2.2.1 El Índice de Estado “IE”.**

Para facilitar el manejo de la información en un nivel general, es de utilidad considerar en un solo indicador las fallas más significativas que afectan al pavimento. El mismo se denomina Índice de Estado (I.E.) y se determina para secciones de 2 km de longitud.

La expresión general IE, es la siguiente:

$$IE = 10 * e^{-\sum a_i D_i}$$

Siendo  $a_i$  coeficientes de peso de cada falla y  $D_i$  una nota de 1 a 10 que califica el grado de deterioro. Ambos parámetros difieren si el pavimento es rígido o flexible, y en este último caso varían según la capa de rodamiento, mezcla asfáltica o tratamiento bituminoso superficial.

En general este índice es muy importante porque nos permitirá hacer una evaluación muy específica del pavimento. Este es un parámetro que se basa en criterios ingenieriles como se muestra en la figura 2.2.

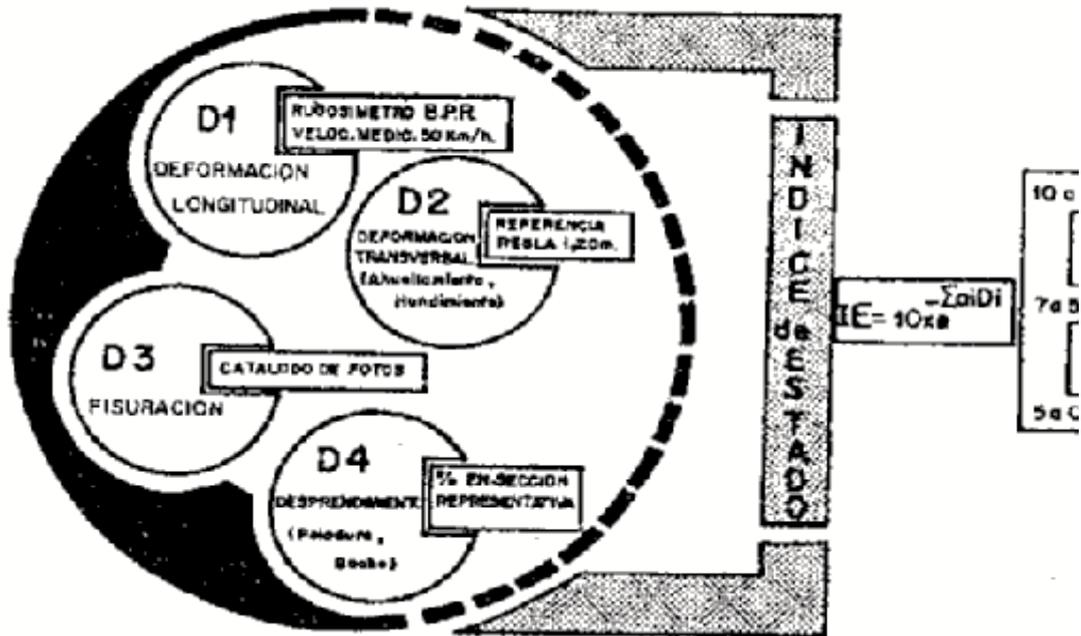


Figura 2.2

### 2.2.2.2 Índice de serviciabilidad presente "ISP"

El ISP da una orientación sobre el estado del pavimento desde el punto de vista del usuario y no del ingeniero, tal como lo indica en cambio el IE. Dicho índice adaptado a nuestro medio es semejante al presentado por el Instituto del Asfalto pero algo menos exigente en su calificación.

$$I.S.P. = 9 - \sqrt{2 + 32 \log.(2.5R^2 + 1)} \quad ; R = \text{Rugosidad en M/Km.}$$

- I.S.P. > 2.5 pavimentos buenos
- 2.5 ≥ I.S.P. > 1.5 pavimentos regulares
- I.S.P. ≤ 1.5 pavimentos malos

El mantenimiento en la gestión de pavimentos se refiere básicamente a tratamientos de mantenimiento, sellos asfálticos, tratamientos de fisuras, etc. Los sistemas de gestión de pavimentos normalmente no predicen donde aparecerá un bache, ni la frecuencia de las actividades de mantenimiento rutinario tales como, bacheos, reparaciones temporales, etc.

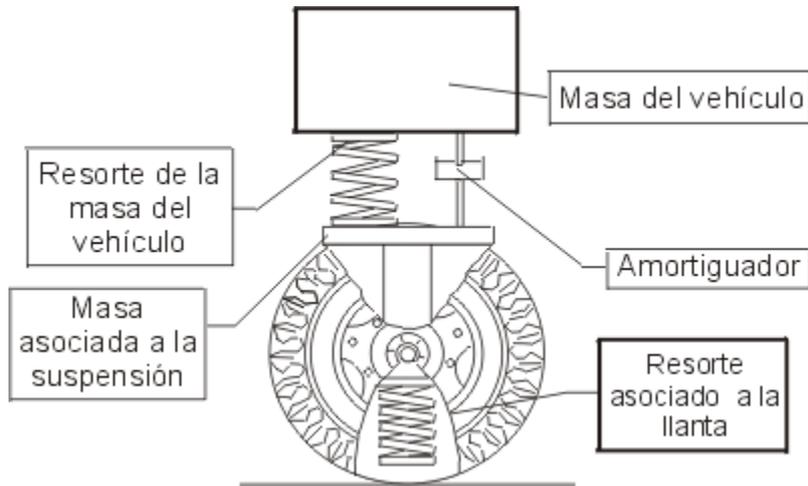
Sin embargo, la información proporcionada por los sistemas de gestión de pavimentos identificando en que tramos se requieren trabajos de rehabilitación, permiten determinar aquellos sectores que requieren de una mayor inversión.

Los sistemas integrales de gestión de mantenimiento normalmente, si comprenden el mantenimiento de emergencia. Para algunas actividades de mantenimiento programadas, tales como sello superficial, el trabajo podría ser controlado y administrado a través de un sistema de gestión administrativa; pero la determinación del tipo de tratamiento y el momento más oportuno para aplicarlo deberían ser determinados con la asistencia de un sistema de gestión de pavimentos. El sistema de gestión administrativa debe interconectarse con el sistema de gestión de pavimentos, para que ambos sistemas estén informados de que trabajos son requeridos y cuales son programados para su ejecución.

Un concepto que esta muy ligado a la evaluación y mantenimiento de pavimentos es el de la transitabilidad que es la condición más importante de una red vial de la cual dependen todas sus actividades como comercio, industria, etc.

### **2.2.2.3 Índice de rugosidad**

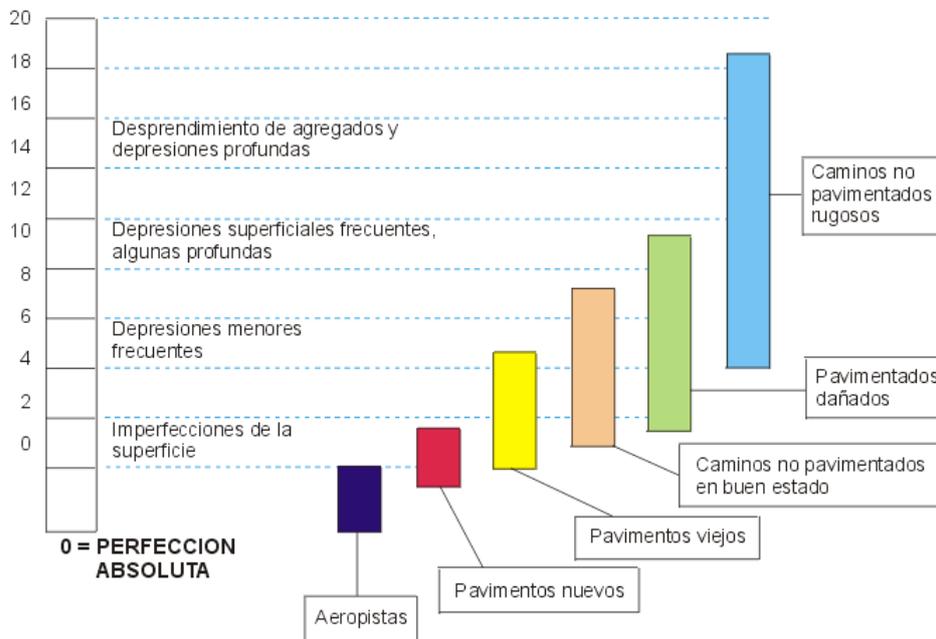
La irregularidad o rugosidad de la superficie de un camino refleja adecuadamente el grado de comodidad del tránsito; se ha desarrollado una gran variedad de equipos para medir la regularidad superficial de los pavimentos y se ha adoptado mundialmente un índice único conocido como “Índice de Rugosidad Internacional” (IRI), y fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en 1986. El cálculo matemático del IRI relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo (ver figura N° 2.3), dividida entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr, y se expresa en mm/m o m/km. Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para no pavimentados la escala se puede extender hasta el valor 20.



**Figura 2.3**

En la figura 2.4 se presenta una clasificación que hace el Banco Mundial de las carreteras y aeropistas, dependiendo de los valores típicos del IRI, según las experiencias obtenidas en diversos países.

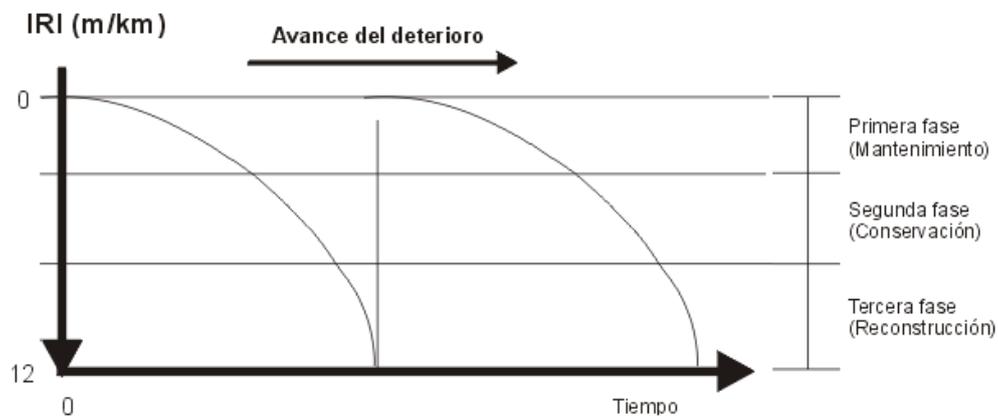
**IRI = (m/km = mm/m)**



**Figura 2.4**

## Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos

El comportamiento típico de la condición superficial de un pavimento respecto al tiempo se muestra en la Figura 2.5, en la que se observa que partiendo de un cierto valor del IRI, éste va decreciendo al paso del tiempo, como resultado de los avances de los deterioros en la superficie del pavimento, teniendo así una disminución de la calidad superficial. Esta disminución no es lineal sino que se puede dividir en tres etapas, donde la primera tiene un deterioro poco significativo con el tiempo; la segunda presenta un deterioro más evidente que en la primera, y requiere comenzar a programar un mantenimiento para no dejar avanzar el deterioro; la tercera significa una etapa de deterioro acelerado, ya que en pocos años el nivel de servicio cae en forma importante.



**Gráfica típica del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo**

Es importante que los sistemas de gestión de pavimentos contemplen este parámetro como un elemento más que ayude a definir con objetividad los trabajos que son necesarios llevar a cabo y con la oportunidad requerida, y así garantizar una buena calidad de servicio y la optimización de los recursos disponibles.

### 2.2.2.4 La Transitabilidad

Es bien conocido que el adecuado estado de transitabilidad de la red de caminos es condición básica para la mayoría de las actividades de la comunidad de nuestra ciudad, en el que particularmente su economía está fuertemente influenciada por las grandes distancias de su territorio.

En muchos casos la planificación de importantes actividades productivas está condicionada a la futura ejecución de programas de obras viales nuevas, pero la incertidumbre de la fecha de su realización es hoy, lamentablemente, un hecho aceptado.

Pero cuando la existencia de la red actual de caminos que establece ciertas condiciones que deben ser consideradas como un derecho adquirido de sus usuarios, se ven alteradas seriamente por su mal estado de transitabilidad, producen un hecho imprevisto, cuyo impacto negativo se prolonga hasta que la deficiencia del camino es corregida.

Este importante costo, llegada a una situación de grave deterioro como la descrita, se suma a las tareas de conservación rutinaria que resultan onerosas e inadecuadas para restablecer al camino su estado deseable de serviciabilidad. Además el costo de la obra de renovación necesaria se ve acrecentado al haberse permitido el agotamiento de la estructura existente.

Lamentablemente los programas de mantenimiento así determinados están condicionados por las actuales circunstancias a proporcionar un nivel de transitabilidad menor que el deseable. Sin embargo es posible programar racionalmente las intervenciones de la Administración desde la aparición de los primeros deterioros dándole a las obras un carácter esencialmente preventivo.

## **2.3 Conservación y Rehabilitación**

### **2.3.1 Explotación y Conservación de la carretera**

Las características iniciales de una carretera se van degradando con el transcurso del tiempo debido al paso de los vehículos y a las acciones climáticas. Todas las operaciones tendentes a restituir en lo posible esas características pueden ser consideradas como parte de la conservación de la carretera. Con un criterio más amplio pueden incluirse también las actuaciones dirigidas a tratar de homogeneizar la calidad de la red, las que tienen como objetivo una adecuación a los nuevos criterios de trazado, las de adaptación del firme a las crecientes solicitudes del tráfico, las que se refieren a la corrección de errores de insuficiencias de la construcción, etc.

Algunas situaciones de conservación deben ser ejecutadas ya al poco tiempo de la puesta en servicio de la carretera y a partir de ese momento con una cierta periodicidad; se trata en general de actuaciones de reducida envergadura, menor que las llevadas a cabo en la fase de construcción. Sin embargo, otras actuaciones, llevadas a cabo solo en determinados momentos de la vida de la carretera y en general no antes de que haya transcurrido un cierto número de años, tienen una entidad comparable a la de la construcción inicial. Estas últimas actividades reciben el nombre de rehabilitaciones.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la construcción y la conservación están en estrecha relación. Una carretera proyectada y construida con generosidad para el tráfico que va a soportar tendrá probablemente unos gastos de conservación menores, pero que es preciso analizar, si la reducción de gastos de conservación compensa el mayor coste

inicial. Al contrario, una carretera proyectada y construida con un coste reducido puede llevar a gastos de conservación excesivos e incluso prohibitivos.

En este sentido, hay que considerar además que los trabajos de conservación originan costes adicionales en los usuarios como consecuencia de las demoras y accidentes que se pueden producir. En cualquier caso, al ir completándose las redes de carreteras planificadas en nuestro país las necesidades de inversión se desplazan de la construcción de nuevas vías a la conservación de las ya existentes.

El objetivo fundamental de la infraestructura vial es prestar a los ciudadanos un servicio de calidad que satisfaga sus necesidades de movilidad. Sea un adecuado soporte de las actividades económicas y contribuya a la integración territorial. Para ello, una vez creada la infraestructura, hay que gestionarla, desarrollando una serie de actividades de explotación y conservación. Si se entiende la explotación en un sentido amplio la conservación constituiría una parte de aquella, aunque tenga entidad propia y difiera notablemente de otras actividades de explotación.

Desde un punto de vista general las actividades de conservación y de explotación han de cubrir dos grupos de objetivos generales. El primero de ellos se relaciona con el servicio a prestar a los usuarios. En ese sentido las actuaciones se dirigirán a asegurar una circulación segura, fluida y cómoda por la red existente, de manera que los costes globales del transporte sean lo menores posibles. En el segundo grupo de objetivos hay que incluir fundamentalmente la preservación del valor patrimonial de las carreteras, que forman parte de la riqueza (capital fijo) de una ciudad.

Desde el punto de vista concreto de los pavimentos las actuaciones de conservación se dirigen a tres objetivos particulares:

- Una adecuada resistencia al deslizamiento de la superficie a fin de que el pavimento proporcione una seguridad suficiente a los vehículos.
- Una regularidad superficial acorde con el trazado de la vía y las velocidades normales de recorrido, de manera que la rodadura sea cómoda para el usuario, sin olvidar que la falta de comodidad puede redundar también en inseguridad.
- Una resistencia estructural suficiente para el tráfico que ha de soportar la carretera, considerando que en caso contrario se produce una disminución del valor patrimonial de la carretera. En definitiva, se debe perseguir la máxima durabilidad al menor coste.

## 2.3.2 Organización

### 2.3.2.1 Actividades generales de conservación y explotación

Para la consecución de los objetivos generales señalados anteriormente, hay que desarrollar una serie de actividades que se pueden agrupar en cinco bloques:

- **Vialidad e información.** Son actividades destinadas a hacer posible el mantenimiento del servicio, dentro de determinados límites en circunstancias adversas: situaciones de congestión del tráfico, obras en la calzada, desprendimientos, climatología desfavorable (niebla, nieve o hielo), etc.
- **Conservación ordinaria.** Incluye actuaciones, con un carácter fundamentalmente preventivo, destinadas a retrasar lo más posible el proceso de degradación, de manera que la infraestructura no baje nunca de un determinado umbral de aceptabilidad.
- **Rehabilitación.** Se refiere a actuaciones con un cierto carácter extraordinario cuyo objetivo es recuperar los niveles de calidad que se han ido perdiendo con el tiempo a pesar incluso de que se haya realizado una conservación preventiva.
- **Aumento de los estándares de calidad.** Se pretende tanto la corrección de situaciones anómalas, en especial las relacionadas con la seguridad, como el subsanar carencias o deficiencias existentes desde el principio de la vida útil.
- **Actividades de uso y defensa.** Comprenden todo lo relacionado con la vigilancia de la carretera y la regulación de sus zonas de influencia, en aplicación de lo establecido en la legislación. Se trata de una labor de policía de carretera, propia de la correspondiente administración vial, que no hay que confundir con la labor de policía de tráfico encomendada a las fuerzas de seguridad.

Mientras que el primero y el último de los bloques citados se refieren a tareas que son básicamente de explotación, los otros están en relación directa con la conservación.

### 2.3.2.2 Elementos para el desarrollo de la conservación

Para poder desarrollar adecuadamente las actividades de conservación y por tanto poder alcanzar los objetivos fijados es preciso contar en primer lugar con una política definida de conservación, que formule jerárquicamente esos objetivos y sobre la cual se pueda apoyar una adecuada planificación de

actividades. Los instrumentos que esa política debe poner a disposición de los gestores de la conservación son los siguientes:

- **Organización.** Se debe contar con una estructura operativa específicamente dedicada a la conservación.
- **Medios humanos y materiales.** Las actividades de conservación requieren personal especializado para las diversas tareas a realizar y en los distintos niveles de responsabilidad. Así mismo, hay que disponer de maquinaria, materiales, centros de control de las actividades, etc.
- **Recursos financieros.** Se necesita contar con fondos conocidos con antelación y a ser posible garantizados por períodos de varios años. Pueden proceder de los presupuestos ordinarios de la administración correspondiente u obtenerse por otras vías: tasas o peajes, deuda pública específica, préstamos bancarios, etc.
- **Tecnología.** La complejidad de los procesos y actividades de conservación requiere disponer de una tecnología para garantizar los objetivos con un aprovechamiento óptimo de los recursos. Se está haciendo referencia por un lado a la ingeniería especializada en estos temas y por otro a la gestión, tanto técnica como económica.

### 2.3.2.3 Formas de ejecución de la conservación

Tradicionalmente las actividades de conservación eran desarrolladas directamente por la propia administración responsable de la red correspondiente. Desde hace algunos años en España y en otros países se ha ido implantando un modelo diferente, en el cual la administración se sigue reservando la planificación y el control de las actividades, pero estas son ejecutadas por un contratista al que en un proceso de licitación pública se le adjudica la ejecución integral de las tareas.

Se establecen contratos, denominados de conservación integral, que tienen carácter plurianual, con lo que se garantiza la disposición de fondos durante el período de vigencia del contrato y se puede así contar con la agilidad en la gestión que se le supone a la empresa privada. El desarrollo del contrato está básicamente regulado por las correspondientes cláusulas administrativas y prescripciones técnicas, en las que se fijan las obligaciones del contratista y el modo de realizar cada una de las tareas previstas.

En algunos países se están experimentando otras fórmulas. Debe destacarse el caso de Argentina, donde desde finales de los años ochenta se han otorgado en régimen de concesión a empresas privadas carreteras de primer orden ya construidas, estableciéndose a continuación un peaje con el que se financian la explotación y la conservación.<sup>4</sup>

### 2.3.3 Actuaciones de conservación.

Dentro de las tareas de conservación se pueden distinguir dos grupos diferentes: las que constituyen la conservación ordinaria y las actuaciones extraordinarias. El primer grupo hace referencia a actuaciones que las entidades responsables llevan a cabo de manera rutinaria y con regularidad: semanal o mensualmente, antes o después de una temporada de lluvias, etc.

Las actuaciones extraordinarias responden a la aparición de deterioros importantes o generalizados. Como es lógico, el concepto puede variar en función de las responsabilidades y medios asignados para la conservación.

Por otro lado, considerada la conservación en su sentido más amplio pueden distinguirse diferentes niveles. En primer lugar, se sitúa la conservación propiamente dicha, en la cual las actuaciones no conducen a modificaciones sustanciales. Se realizan actuaciones periódicas que impiden la aparición de deterioros (conservación preventiva) o bien se actúa lo antes posible cuando esos deterioros han aparecido (conservación curativa). A su vez, la conservación curativa puede dirigirse a la corrección de deterioros localizados (operaciones puntuales) o al tratamiento de tramos de una longitud apreciable (operaciones generales).

En un segundo nivel de la conservación se sitúan las rehabilitaciones. En general, se recurre a ellas cuando el paso del tráfico y las acciones climáticas han provocado una disminución apreciable de las características iniciales o se requiere hacer frente a nuevas solicitudes no contempladas con anterioridad.

Un tercer nivel de la conservación, aunque ya no cabe incluirlo en ella con propiedad, es el de la reconstrucción. A esta situación se puede tener que llegar por diversas razones:

- Existencia de graves defectos de construcción.
- Cuando no se ha actuado a tiempo, conservando o rehabilitando, y se ha alcanzado un alto grado de deterioro que no es posible abordar con una rehabilitación.
  - Cuando se ha llegado a un punto en el que rehabilitar, aunque sea técnicamente viable, resulta más costoso que demoler y reconstruir.

La reconstrucción puede ser total o parcial. Este último caso se da cuando afecta sólo a un pequeño tramo o a parte de la selección transversal.

Finalmente, hay que señalar que el alcance de la conservación de carreteras es muy amplio y en ella hay que incluir la explanada y los sistemas de drenaje, los puentes y estructuras, el firme de calzadas, la señalización y el balizamiento, el alumbrado, las plantaciones de márgenes y taludes, la lucha contra la nieve y el hielo, etc.

Sin embargo, en este capítulo se hace fundamentalmente referencia a la conservación del pavimento, la cual en general requiere la inversión más importante.

#### **2.3.4 Rehabilitación de los pavimentos**

Una vez identificados aquellos tramos que presentan deficiencias, en base a la evaluación de las características geométricas de la red y del estado de sus pavimentos, corresponde definir, sobre estos tramos, las mejoras a efectuarse; en otras palabras, corresponde efectuar sobre los tramos seleccionados, las tareas de ingeniería de proyecto conducentes al diseño de las mejoras necesarias.

En términos generales, estas mejoras podrán ser de dos tipos, de carácter geométrico, o bien obras tendientes a rehabilitar el pavimento.

En lo que se refiere a las primeras, mejoras de tipo geométrico, para el caso de una red pavimentada, las mismas se limitan generalmente a la corrección de algunas curvas o pendientes que se encuentran fuera de las normas o parámetros de diseño, pudiéndose llegar en algunos casos a modificaciones parciales de trazado.<sup>7</sup>

Entrando entonces al tema central, esto es el diseño de las mejoras tendientes a la rehabilitación de los pavimentos, será necesario que previamente marquemos la diferencia entre el proceso de diseño de un pavimento nuevo y el proceso de diseño de la rehabilitación de un pavimento existente.

En el primer caso, a los fines del diseño se hace necesario adoptar ciertas hipótesis acerca de las características y procesos constructivos de los materiales y sus mezclas, hipótesis éstas que posteriormente se vuelcan a las especificaciones del proyecto; un claro ejemplo de esto lo constituye la hipótesis de alcanzar un determinado grado de compactación de un material al colocarlo en el camino, lo que a los efectos de la concretación de la obra se refleja a modo de exigencia constructiva. En el caso de un pavimento existente, se cuenta ya con un conjunto de materiales colocados de un cierto modo, y que habrá sufrido una determinada acción destructiva por efectos del tránsito y de los agentes climáticos, que podrá ser en conjunto muy diferente de la supuesta al momento de su proyecto: se cuenta entonces con un conjunto de materiales que presentan un cierto valor estructural remanente que será necesario considerar como aporte a los fines del diseño de la rehabilitación de ese pavimento existente; por lo tanto, se impone como tarea previa en estos casos, a diferencia del diseño de un pavimento nuevo, la valoración o evaluación del pavimento existente en cuestión.<sup>7</sup>

### **Evaluación del pavimento existente.**

Tal como se manifiesta en el párrafo anterior, la evaluación del pavimento existente lleva como objeto el análisis del valor estructural remanente de la estructura; pero además de ello esta evaluación debe proporcionar también información necesaria para la investigación de las causas que originaron la falla del pavimento a rehabilitar, es decir debe aportar elementos de juicio necesarios para el diagnóstico de las fallas observadas, a fin de poder prever el tipo de mejora acorde al problema existente.<sup>7</sup>

En esta etapa de definición de la mejora para un cierto tramo en particular, la evaluación del pavimento difiere de la efectuada a nivel de red de caminos; en efecto, mientras esta última se realiza sobre la totalidad de la red, de un modo general, con el objeto fundamental de detectar aquellos tramos que presentan deficiencia, en esta etapa la evaluación del pavimento se efectúa sobre un tramo ya definido, de una longitud mucho menor, y con objetivos completamente diferentes; mientras que en el primer caso la evaluación debe presentar características expeditivas a fin de lograr un alto rendimiento acorde a la extensa longitud de la red a analizar, en la etapa de definición de la mejora la evaluación presenta un carácter más detallado y profundo, acorde a los objetivos enunciados en el párrafo anterior.<sup>7</sup>

En esta etapa, la evaluación del pavimento existente comprende necesariamente las siguientes tareas:

- Evaluación del estado superficial
- Análisis de drenaje
- Auscultación deflectométrica
- Perforaciones

En lo referente a la evaluación del estado superficial, se dispone en esta etapa de la evaluación efectuada a nivel de red para la determinación del índice de Estado, donde se valoraron las deformaciones longitudinales y transversales, fisuraciones y desprendimientos, como así también se tomó debida nota de las exudaciones y bacheos efectuados.

Esta información debe complementarse con una nueva recorrida del tramo que permita una observación y registro más detallado de las fallas observadas originalmente; esta inspección visual del pavimento será conveniente efectuarla con los resultados de la auscultación deflectométrica a la vista, a fin de establecer posibles correlaciones entre estado de falla y deformabilidad del pavimento.<sup>7</sup>

En lo que respecta al análisis de drenaje puede manifestarse que esta tarea constituye uno de los puntos de mayor importancia dentro de la evaluación a realizar; en efecto, de nada valdrá la realización de ensayos con

complicados equipos ni el análisis de la información mediante elaboradas teorías, si no se tiene en cuenta la capacidad o aptitud de la obra para eliminar rápida y eficientemente las aguas superficiales y/o subterráneas, que como es sabido constituyen uno de los principales agentes contribuyentes a la degradación del pavimento. En relación a esta tarea deberá analizarse cuidadosamente alturas de rasante, estado y diseño de préstamos, capacidad de alcantarillas, necesidad de subdrenes, etc.<sup>7</sup>

En lo que se refiere a la auscultación deflectométrica, la misma consiste en un análisis de la deformabilidad de la estructura del pavimento, midiendo las deflexiones verticales del mismo producidas por una carga de ensayo normalizada; esta medición se realiza en forma no destructiva, lo cual permite aumentar el número de ensayos de modo tal que la auscultación que se realiza cubre en forma efectiva, con una elevada densidad de resultados, la superficie de pavimento a analizar.<sup>7</sup>

Para el caso del análisis de grandes longitudes de camino resulta indispensable la utilización, a los efectos de esta auscultación, de equipos automatizados de alto rendimiento como es el caso del deflectógrafo Lacroix; no obstante, para muchas situaciones particulares de caminos de mediana longitud, para los que no se puede disponer en forma rápida de un equipamiento del tipo del deflectógrafo mencionado, resulta de inestimable ayuda la utilización de la tradicional regla Benkelman, ampliamente conocida en nuestro medio.<sup>7</sup>

## **2.4 GESTION DE LA CONSERVACION**

### **2.4.1 Sistemas de Gestión**

La noción de gestión va asociada en cualquier ámbito a la administración de unos recursos para alcanzar unos objetivos determinados. Cuando las actividades que se realizan para la consecución de esos objetivos están sistematizadas y por tanto se desarrollan de acuerdo con un plan preestablecido en el cual las distintas fases están interrelacionadas se habla entonces de Sistemas de gestión.

Se define el sistema de gestión de la conservación como el procedimiento consistente en coordinar y controlar todas las actividades encaminadas a conservar los pavimentos, asegurando la mejor utilización posible de los recursos disponibles, es decir, haciendo máximo el beneficio para la sociedad.

Dentro del objetivo global señalado, se pueden definir objetivos específicos de diverso tipo: técnicos, económicos y administrativos. Desde el punto de vista técnico un sistema de gestión de la conservación debe dirigirse al establecimiento de estrategias. Es preciso por tanto disponer de modelos de comportamiento de los firmes, con datos sobre la evolución real de los mismos y su estado en un momento dado.

## 2.4.2 Base de datos

La forma operativa para conseguir el aprovechamiento de la información necesaria para el funcionamiento de un sistema de gestión, es la creación de Bancos de datos. Son conjuntos de ficheros informativos interrelacionados, accesibles a numerosos usuarios, modificables en función de las necesidades y actualizados permanentemente. Si estos bancos de datos están organizados con una determinada lógica interna que permita su acceso informativo son denominados **bases de datos**.

Con relación a los pavimentos, las fuentes de una base de datos son por un lado la inspección visual y la auscultación con aparatos y por otro el propio proyecto de construcción y los informes del control de calidad, así como los de todas las actuaciones de conservación llevadas a cabo durante la vida del firme.

La información mínima disponible en una base de datos ha de estar constituida por:

- Inventario de la red, con datos geométricos y puntos singulares existentes.
- Datos del tráfico.
- Secciones estructurales de los firmes.
- Deterioros superficiales.

### 2.4.2.1 Inventario vial

El primer paso para efectuar la evaluación de una red vial consiste en conocer las características de los caminos de dicha red.

Quien posibilita tal circunstancia es el inventario vial cuyo propósito es suministrar una completa, exacta y actualizada información respecto de la ubicación y descripción física de todas las rutas que integran el sistema de caminos a evaluar.

Un inventario vial correctamente ejecutado permite conocer, entre otras cosas, las rutas que integran la red, la longitud que ellas poseen, su tipo y ancho de pavimento, el ancho de la zona camino, las alcantarillas, los puentes y todo aquel dato que se desee obtener de acuerdo a los fines del estudio.

Básicamente existen dos métodos para concretar un inventario vial:

Uno de ellos se basa en la recopilación, en la oficina, de la documentación de obra existente a fin de darle una forma que la haga más manejable.

Este método tiene el grave problema de que normalmente esa documentación o bien no existe en su totalidad o no está actualizada.

Resulta asimismo engorrosa de manejar pues extraer información de un expediente de obra es una tarea larga y costosa, corriéndose el riesgo de cometer errores en la transcripción de la información.

El otro método consiste en efectuar dicho trabajo en campo recorriendo las rutas con unidades apropiadas y recogiendo la información correspondiente.

Aquí resulta capital definir perfectamente la envergadura que se le desea dar al trabajo con el fin de no recopilar información que no va a ser utilizada. Este es el método que en realidad se utiliza pues es poco probable que un ente vial disponga de archivos de obra actualizados.

Por tal razón se recomienda optar por el segundo método, debido a que normalmente esa documentación o bien no existe en su totalidad o no está actualizada y como ya vimos en el capítulo III, en nuestra ciudad no existe información existente.

Un procedimiento que puede adaptarse fácilmente a nuestro medio es el que ha sido desarrollado por la Dirección de vialidad de La Plata en Argentina (DNV).

Para ello se planteó una filosofía que guiaría al trabajo y que esta sustentada en las siguientes pautas:

- El método de trabajo está basado en la plena utilización del equipo de computación de datos que posee la municipalidad, con lo cual al amén de agilizar las tareas se obviarían las anotaciones hechas en campo en registros en la oficina, eliminándose así en los diferentes pasos posibles errores de transcripción. Por otra parte, el volumen de información que presumiblemente se iba a manejar obliga a la utilización de la sistematización electrónica de datos.
- Se recogerán sólo aquellos datos de los cuales hubiera una necesidad aceptada y bien definida.
- El tipo de inventario a realizar debería ser tal que permitiera resolver los problemas presentes y futuros sin caer en una sofisticación documental.
- El tiempo para la realización del relevamiento debería ser tal que hiciera contemporáneo al primer y último dato que se levantase.

Con estas pautas fundamentales la información que se deberá recoger es:

Longitud de las rutas; tipo y ancho de pavimento; señales de tránsito; estructuras, o sea alcantarillas, puentes, túneles con una completa descripción de cada una de ellas.

La información es recogida por personal entrenado en planillas especiales donde las mismas se ordenan en forma codificada, facilitándose las tareas de revisión .

Con el apoyo programas de computación y de actualización de datos se procesa la información obtenida, disponiéndose finalmente del inventario vial, el cual nos permite, como se dijera antes, conocer la red que vamos a evaluar.

Sin embargo es habitual que en estas bases de datos estén también disponibles los relativos a medidas de regularidad superficial, medidas de resistencia al deslizamiento, características del drenaje y señalización y balizamiento. Finalmente puede haber también datos de accidentes, medida de deflexiones y ensayos sobre probetas testigo.

Debe aclararse que si bien la medida de deflexiones no constituye una información fundamental para el funcionamiento del sistema de gestión, si lo es cuando han de proyectarse actuaciones concretas de rehabilitación estructural, al menos en firmes flexibles.

### **2.4.3 Estrategias de conservación**

La conservación no puede dejarse al azar ni a una coyuntura favorable en las disponibilidades presupuestarias ni a la existencia de situaciones irreversibles que incluso hayan podido provocar accidentes. Desde el momento mismo del proyecto debe contarse con una estrategia de conservación de la carretera destinada a mantener su calidad técnica por encima de unos mínimos.

La estrategia de conservación de una carretera o de un tramo con características homogéneas se puede definir como el conjunto de actuaciones a desarrollar durante la vida de la carretera o del tramo para que el índice de comportamiento no baje del mínimo admisible. Su elaboración está vinculada a numerosos factores, tanto de índole técnica como económica: tráfico, disponibilidades de materiales, tipología de la sección estructural del firme, medios humanos y materiales disponibles, asignaciones presupuestarias anuales o plurianuales, etc.

El objetivo de la estrategia de conservación debe ser, con las restricciones existentes, lograr la vida más larga del pavimento con el menor costo. Esto lleva lógicamente a que no todas las estrategias que pudieran plantearse técnicamente sean económicamente adecuadas, pero todas ellas pueden incluirse en dos grandes grupos.

El primer grupo de estrategias en las que se prevén fundamentalmente grandes operaciones de conservación a realizar en momentos concretos y

muy separados en el tiempo, de manera que con esas operaciones se intenten restituir prácticamente las condiciones iniciales del firme.

El otro grupo comprende las estrategias en las que se prevén principalmente operaciones frecuentes, de manera que las características iniciales del firme se vayan perdiendo con la mayor lentitud posible.

La comparación económica entre estrategias de conservación técnicamente viables se lleva a cabo considerando los costos de construcción de las secciones del pavimento ( en caso de que se evalúen diversas posibilidades) y los costos de conservación previstos en la estrategia correspondiente para un determinado período de análisis económico. Entre estos últimos hay que considerar tanto los de la conservación ordinaria como los de las posibles rehabilitaciones.

Por otro lado, habría que incluir los costos adicionales que las operaciones de conservación producen en los usuarios, pero sobre este aspecto apenas se dispone de datos ni tan siquiera de metodologías apropiadas, aunque ya se han iniciado algunos trabajos al respecto. Así mismo, con signo contrario, hay que tener en cuenta el valor residual de sección al final del período considerado.

De entre las posibles técnicas de análisis económico la más adecuada en este caso resulta ser la del valor actualizado neto ( VAN ), consiste en establecer la diferencia entre los ingresos y los costes, unos y otros convenientemente actualizados o de descuento. Normalmente se consideran períodos de análisis económicos de 30 o 40 años y en el caso de países europeos tasa de actualización que se sitúan en torno al 6%.<sup>4</sup>

#### **2.4.4 Criterios de actuación**

La fase final de la aplicación de un sistema de gestión consiste en la determinación de la actuación prioritaria en cada momento, tanto en el conjunto

De una red como en un tramo en concreto. Paralelamente hay que determinar el modo y el momento de llevar a cabo esas actuaciones.

Existen dos grupos de métodos para la selección de prioridades. Por un lado están los métodos de clasificación que se basan en la información sobre el estado de la red en su conjunto como elemento de comparación entre tramos que se encuentran en peores condiciones. Por otro lado están los métodos de optimización ( en períodos anuales o en tiempo real) en los que se plantean unos determinados objetivos globales ( accesibilidad, por ejemplo) con restricciones de aplicación.<sup>4</sup>

#### **2.4.5 Identificación y catálogos de deterioros. Inspección visual.**

Como se ha indicado anteriormente, entre la información que como mínimo ha de tener una base de datos de un sistema de gestión de firmes está la

relativa a los deterioros superficiales, es decir, los que pueden ser detectados mediante una inspección visual directa o mediante sistemas automáticos de detección visual. En general se pueden distinguir cinco grandes grupos de deterioros:

**- Desintegración de los materiales de la capa de rodadura.**

Tiene lugar por pérdida de la cohesión existente entre las partículas superficiales y su evolución puede conducir en ocasiones a la formación de importantes irregularidades (baches.). También se incluyen en este grupo las peladuras en capas de rodadura de reducido espesor, las pérdidas de gravilla de los riesgos, etc.

**- Agrietamientos de la capa de rodadura.**

Pueden ser de diferentes tipos y tener diversos orígenes. Así, puede tratarse de grietas aisladas, secuenciales o agrupadas formando mallas o bloques (piel de cocodrilo.) Pueden tener su origen en el agotamiento estructural por fatiga de la propia capa de rodadura o de capas inferiores, desplazamiento lateral del terraplén, apoyo defectuoso de losas de hormigón, deterioro de juntas, fenómenos de retracción, fatiga térmica, envejecimiento, reflexión de las grietas de retracción de capas inferiores tratadas con cemento, etc.

**- Deformaciones superficiales, localizadas o no.**

Se pueden producir por asientos diferenciales de las capas granulares o de la explanada debidos a sollicitaciones que llegan a esas capas y superan sus resistencias a esfuerzo cortante. Esos asientos pueden ocasionar también agrietamientos. Muy a menudo el origen de las deformaciones está en defectos de puesta en obra.

**- Deformaciones de la capa de rodadura bituminosa en forma de roderas.**

Se deben a la canalización de cargas elevadas en asociación con altas temperaturas, que puede originar primero una deformación permanente y posteriormente una fluencia lateral si se trata de materiales bituminosos inestables.

**- Pulimento de la textura superficial.**

Aparece por la abrasión que producen los neumáticos combinada con el agua y las partículas minerales que se encuentran sueltas en la superficie. Este deterioro se puede llegar a manifestar de forma generalizada en un tramo debido a la naturaleza de los áridos y a la intensidad del tráfico.

La forma tradicional de detección e identificación de deterioros se basa en la inspección visual realizada directamente sobre el terreno por técnicos cualificados que recorren la carretera a pie o en vehículo a marcha lenta, con objeto de detectar e incluso cuantificar los deterioros existentes siguiendo criterios preestablecidos. Para que una inspección visual sea eficaz debe responder a unos criterios que a la vez sean sencillos y no introduzcan una subjetividad grande.

En cualquier caso, un apoyo fundamental para la inspección visual es la existencia de catálogos de deterioros. Se trata de colecciones de fichas en cada una de las cuales se incluye la denominación del deterioro correspondiente, una descripción del mismo, una explicación de sus posibles causas, el modo de cuantificación y una fotografía de un firme afectado por dicho deterioro.<sup>4</sup>

#### **2.4.6 Auscultación con aparatos**

La auscultación con aparatos del pavimento de una carretera es un paso más sobre la inspección visual, aunque en ningún caso puede prescindirse de ésta en la determinación del estado de dicho pavimento. Gracias a la auscultación con aparatos es posible proceder a cuantificaciones, absolutamente imprescindibles por ejemplo en el caso de rehabilitaciones, y llegar a rendimientos elevados en la obtención de datos, lo que permite el seguimiento de una red de carreteras.

Auscultación debe basarse en trabajos desarrollados de una manera continua en el espacio y con una periodicidad preestablecida. Es lo que se denomina auscultación sistemática, que se lleva a cabo con aparatos que permiten elevados rendimientos. Seguidamente, en las zonas o tramos en que dicha auscultación sistemática o la propia inspección visual han detectado singularidades se procede a una auscultación puntual de menor rendimiento, pero que proporciona mayor precisión.

##### **- Auscultación del estado estructural.**

La auscultación de la sección estructural se suele realizar con equipos que aplican una sollicitación tipo y miden la respuesta de la estructura del pavimento. Salvo para pavimentos rígidos, se suele tratar de medir la deformación vertical elástica recuperada o deflexión que produce una carga tipo en la superficie del pavimento: un par de ruedas gemelas, una placa circular cargada, etc.

Entre los equipos que miden la deflexión como parámetro de la capacidad resistente del pavimento se puede citar los siguientes: vigas Benkelman, deflectógrafos, deflectómetros de impacto, curvímetros, etc.

El equipo cuya medida se ha utilizado tradicionalmente como deflexión patrón para la determinación de las necesidades de rehabilitación estructural de pavimentos flexibles es la viga Benkelman. No es más que un brazo de palanca en cuyo extremo final existe un comparador en el que se realiza la medida de la deflexión producida en el extremo inicial, que se sitúa entre las dos ruedas gemelas de un eje tipo de 13 tn.

#### **2.4.7 Programas de evaluación y seguimiento**

Para que un sistema de gestión resulte operativo requiere la actualización permanente de la información contenida en su base de datos. Pero independientemente de una valoración individual de éstos, es necesario un análisis integral de los mismos que permita en su caso corregir los modelos de comportamiento, modificar los criterios generales de elaboración de estrategias de conservación, pudiendo a su vez incidir estos cambios en los criterios de proyecto.

Por tanto, para poder llevar a cabo dicho análisis integral hay que desarrollar programas específicos de evaluación y seguimiento de los firmes, a fin de obtener conclusiones sobre su comportamiento en unas determinadas condiciones de tráfico y de clima. Se puede citar por ejemplo el programa COPEs ( Portland Cement Concrete Pavement Evaluation Systems), promovido por Estados Unidos para el seguimiento específico de los pavimentos de hormigón. Dentro del programa SHRP se ha desarrollado un programa de evaluación y seguimiento denominado LTPP (Long-Term Pavement Performance.) Los objetivos establecidos en este programa han sido los siguientes:

- Evaluación de los métodos existentes.
- Mejora de las estrategias de conservación y de los procedimientos de proyecto de rehabilitación de firmes.
- Desarrollo de nuevos algoritmos para el cálculo de pavimentos nuevos.
- Determinación de cómo influyen en el comportamiento y en el deterioro de los firmes las cargas, las condiciones ambientales, las propiedades de los materiales, la calidad de la construcción y el nivel de conservación.
- Establecimiento de procedimientos específicos de proyecto para mejorar el comportamiento de los firmes.

- Creación de una base de datos como apoyo a la consecución de los objetivos anteriores y al conocimiento de las necesidades futuras.

En otros países, los trabajos de evaluación y seguimiento de firmes que se están desarrollando por parte de la dirección general de carreteras del ministerio de obras públicas se refieren a los siguientes aspectos:

- Características superficiales: regularidad superficial (determinación del IRI, calculado a partir de las medidas de equipos APL o de perfilómetros láser), perfil transversal (profundidad de roderas determinadas con perfilómetros láser), medida del coeficiente de rozamiento transversal con el SCRIM) y textura (profundidad de arena, determinada por el método de la mancha de arena o mediante texturómetros láser).
- Capacidad estructural: medida de deflexiones (con viga benkelman, deflectógrafos Lacroix, curviómetro y deflectómetros de impacto) y análisis de espesores y características mecánicas de las capas del firme (empleo de equipos de radar).
- Análisis de deterioros: inspección visual y obtención automática de imágenes (GERPHO y sistemas de video).

## **2.5 Evaluación económica de las estrategias alternativas para el diseño de pavimentos.**

Como introducción sería conveniente desarrollar el concepto de evaluación económica de proyectos, en su sentido más amplio.

En términos generales, podría decirse que la evaluación de proyectos consiste en la determinación de los costos y beneficios emanados de un proyecto, de manera de establecer la conveniencia o no de la realización de tal proyecto.

La segunda cuestión que surge naturalmente es acerca de la necesidad de realizar evaluación de proyectos.

Con respecto a este tema pueden presentarse los siguientes argumentos, todos ellos relacionados con la escasez de recursos:

- Determinar la conveniencia, desde el punto de vista económico, de la realización de un proyecto.
- Selección de la mejor alternativa de realización de un proyecto

- Determinar prioridades en la realización de proyectos independientes.
- Optimización del plan de inversiones, maximizando beneficios y respetando limitaciones presupuestarias.

Los conceptos antes enunciados se aplican a todo tipo de proyectos, sean ellos públicos o privados, sean industriales, comerciales o de infraestructura.

La evaluación económica desde el punto de vista de un inversionista privado se ocupa de cuantificar los costos y beneficios del proyecto de acuerdo al interés de dicho inversor, mientras que la evaluación económica desde el punto de vista de un organismo público tiene en cuenta los costos y beneficios del proyecto para la sociedad en su conjunto, como en el caso que nos ocupa.

Es importante señalar que en el caso de proyectos públicos todos los elementos cuantificables, esto es costos y beneficios, deberán estar valorizados desde el punto de vista social o económico, es decir que deberán utilizarse en los cálculos “costos de oportunidad” o “precios sombra”. Estos costos de oportunidad o precios sombra son los que reflejan el verdadero costo percibido por la sociedad en su conjunto, del bien que se está valorizando.

Estos costos y precios sociales deberán ser determinados para todos los casos en que por diversas distorsiones los precios de mercado no reflejen el verdadero costo económico.

Cuando se habla de costos y beneficios para la sociedad en su conjunto implica la consideración de una serie de elementos, además de los costos y beneficios directos que percibe un organismo público.

En el caso particular de un proyecto vial, además de los costos de construcción y mantenimiento, soportados por el organismo vial encargado de su realización, están los costos y beneficios de los usuarios y no usuarios de dicho proyecto vial y los efectos dentro del ámbito socio-económico a que pertenece la obra.

Con respecto a la metodología a aplicar en la evaluación económica se presentan dos alternativas, según las características del proyecto.

En el primer caso, es el que se basa en la cuantificación de los ahorros de los usuarios del campo, habitualmente denominado método del “excedente del consumidor”, siendo en este caso los usuarios del camino los consumidores del servicio prestado por éste. Este método se aplica al caso de caminos dentro de regiones con cierto grado de desarrollo relativo y que tiene tránsito establecido, siendo en este caso fácil la determinación de la cantidad de usuarios presentes y futuros que se beneficiarán por el proyecto.

La segunda alternativa se aplica al caso de zonas desvinculadas y sin desarrollo, a las que el proyecto vial permite integrar con el resto del territorio. En este caso los beneficios del proyecto se miden a través del valor del aumento de producción producido por el proyecto.

Ambas metodologías apuntan a un mismo objetivo, que es la medición de costos y beneficios del proyecto, sólo que lo hacen mediante indicadores económicos distintos.

El método excedente del consumidor implica el conocimiento de lo que se denomina la demanda de transporte, que es a su vez una demanda derivada. Esto significa que el transporte es un servicio necesario a la actividad económica.

Las técnicas de evaluación de proyectos se han venido aplicando en el campo vial, mayoritariamente para obras nuevas y mejoramiento, pero no eran tradicionalmente utilizados en el área de las rehabilitaciones de pavimentos.

En el transcurso de los últimos años la tecnología de la rehabilitación de pavimentos ha experimentado un gran avance, presionando por lo tanto el desarrollo de métodos de evaluación económica acordes con el estado de la tecnología.

#### **- Evaluación económica de proyectos de rehabilitación de pavimentos.**

Tradicionalmente la evaluación económica de proyectos viales se ha basado en la cuantificación de los ahorros de los usuarios en costos de operación de vehículos, debido a la mejora operada y en ahorros de costos de conservación.

En el estudio de caminos nuevos o mejoramiento de carreteras existentes, los costos de operación eran calculados para cada una de las alternativas consideradas, y se hacía la hipótesis de que las alternativas se encontrarían en buen estado de conservación durante todo el período de análisis. Para los casos antes apuntados, esta simplificación era aceptable, ya que facilitaba los cálculos y arrojaba valores aceptables en la mayoría de los casos.<sup>8</sup>

Obviamente la aplicación de tal esquema al caso particular de rehabilitación llevaría a la obtención de resultados nulos, dado que una rehabilitación de pavimento consiste en una mejora de las condiciones de transitabilidad y no en una elevación de la categoría del camino considerado.

Es por esta razón que fue necesario el desarrollo de nuevas técnicas de evaluación para superar este escollo.

En un principio, ante la falta de información sobre la variación de costos de operación de vehículos con el estado de la superficie de rodamiento y la

carencia de indicadores del estado, se recurrió a la calificación visual del estado de la superficie mediante grados tales como “bueno”, “regular” y “malo” y a la estimación de coeficientes, en concordancia en los estados anteriores, que aplicados a los costos de operación representarán las condiciones reales del camino.

Este método que si bien permitió salir adelante por un tiempo, tiene un alto grado de subjetividad en la calificación de los estados y en la estimación de los coeficientes, por lo que la variabilidad de los resultados era sensiblemente alta.

Estos inconvenientes fueron superados con la aparición de los denominados “modelos de comportamiento vial”. Dichos modelos están compuestos de submodelos que conjuntamente determinan el costo total de transporte carretero, incluyendo el costo de los usuarios, el costo de conservación y el de construcción o rehabilitación de la carretera.

El objetivo de estos modelos es el de encontrar los parámetros de diseño que minimicen el costo total percibido por la sociedad.

Entre este tipo de modelos el más difundido es el denominado HDM, desarrollado por el Banco Mundial, aunque existen otros menos conocidos, como el denominado OPAC, utilizado en Canadá.

Los modelos de comportamiento vial están usualmente formados por un submodelos de deterioro de la superficie de rodamiento, un submodelo de costos de operación de vehículos asociado con el deterioro, un submodelo de proyección del tránsito y el módulo de evaluación económica.

El submodelo de deterioro simula las condiciones de la superficie de rodamiento en función de la categoría inicial del camino, el estado de la superficie al inicio de la simulación, el volumen y composición del tránsito, el clima de la región y la política de mantenimiento a seguir.

El deterioro de la superficie de rodamiento se expresa a través de la rugosidad y la fisuración.

El submodelo de costos de operación de vehículos estima el costo de operación de vehículos en función del tipo de superficie de rodamiento y su condición.

El módulo de evaluación económica se encarga del cálculo de las corrientes de beneficios y costos y de la elaboración de los indicadores de evaluación.

La metodología en que se basan estos modelos de comportamiento vial se desarrolla a continuación.

Las fuentes de beneficios que se consideran en el análisis económico de proyectos de rehabilitación son las siguientes:

- Ahorro de costos de operación de vehículos debidos al mejor estado de la superficie de rodamiento.
- Ahorros en costos de conservación.
- Disminución de accidentes.
- Disminución de tiempos de viaje.

Por el lado de los costos, los items considerados son los siguientes:

- Costos de construcción de las obras de rehabilitación.
- Costos de construcción de futuros recubrimientos.
- Incremento de costos de operación y pérdidas de tiempo ocasionadas al tránsito por las obras de rehabilitación y futuros recubrimientos.

Los ahorros en costos de operación de los usuarios constituye generalmente la fuente de beneficios más importante, desde el punto de vista cuantitativo, y esos ahorros se basan en un menor consumo de combustible y lubricantes, un menor desgaste de neumáticos, menores costos de mantenimiento del vehículo y al poder circular a velocidades medias superiores se reduce la incidencia de los costos fijos, todo debido a la mejor condición de superficie de rodamiento.

Al poder circular sin variaciones de velocidad, el tiempo de viaje disminuye, por lo que se producen ahorros de tiempo de pasajeros.

Al mismo tiempo, superficies de rodamientos en buen estado inciden favorablemente en la reducción de accidentes. Para evaluar la incidencia de este aspecto es necesario darle valor monetario a la producción de un accidente, con sus consecuencias de muertos, heridos y daños materiales.

Los costos de conservación de caminos adecuadamente rehabilitados son menores que los correspondientes a superficies de rodamiento degradadas. Cuando los ciclos de rehabilitación se realizan adecuadamente, es decir anticipándose a la pérdida permanente de la capacidad portante del paquete estructural, la necesidad de operaciones de mantenimiento se reduce, reduciéndose por lo tanto los costos de conservación.

Las nuevas tecnologías desarrolladas en el campo de la rehabilitación de pavimentos, permiten plantear diversas alternativas de construcción por etapas, presentándose entonces la necesidad de evaluar económicamente múltiples variantes para un único proyecto.

Cada una de esas alternativas tendrá un costo de construcción inicial y futuro, una evolución esperada de la condición de la superficie de rodamiento, de acuerdo a la capacidad estructural de diseño, al volumen de

tránsito previsto para su vida útil y a la política de conservación que se prevé.<sup>8</sup>

Esta evolución esperada del estado de las superficie de rodamiento incidirá correspondientemente en los costos de los usuarios, el tiempo de viaje de pasajeros y mercadería, en la producción de accidentes y en los costos de conservación.

La aplicación de los conceptos antes desarrollados permitirá la selección de aquella alternativa que maximice el rendimiento económico, expresado generalmente por indicadores de evaluación. Los indicadores de evaluación más comúnmente utilizados son los siguientes:

- Valor Actualizado Neto (VAN): es la diferencia entre Beneficios y Costos actualizados y es el indicador adecuado para la selección entre alternativas mutuamente excluyentes.
- Tasa Interna de Retorno (TIR): constituye la tasa de descuento que iguala beneficios y costos actualizados. Se utiliza para expresar la factibilidad económica de un proyecto y para indicar prioridades.
- Relación Beneficio / Costo (B/C): es de uso similar a la TIR.

## **2.6 Pavimentos resistentes o débiles**

Una importante cuestión que se plantea al determinar la estrategia de pavimentación es la de si la construcción del pavimento por etapas tiene sentido económico o no. Esto significa comenzar con un diseño de poca resistencia y reforzar el pavimento más adelante para adaptarlo a un tráfico mayor y a una carga por eje más pesada. La respuesta depende de la calidad del mantenimiento que se pueda prever para el camino (inicialmente) menos resistente.

En investigaciones hechas se cita un ejemplo<sup>3</sup>; donde suponiendo un aumento anual del tráfico del 3% al 4% y dos niveles de carga por eje. Con una probabilidad del 75% al 90% de que el mantenimiento sea adecuado, la construcción por etapas sería económica para un volumen de tráfico de hasta 2000 ó 2500 vehículos diarios, según la carga por eje. Pero si la probabilidad de que el mantenimiento sea adecuado es de sólo el 30%, hay que construir inicialmente pavimentos resistentes, a pesar de que el costo de construcción sea más alto, para compensar la falta de seguridad respecto al mantenimiento.

En este caso la construcción por etapas sería la alternativa preferible solamente con volúmenes de tráfico inferiores a 1000 vehículos diarios y con una carga por eje liviana.

En todos los casos el pavimento debe conformarse a especificaciones mínimas de diseño y construcción. Una opción técnica que no ha sido suficientemente estudiada en los países en desarrollo, particularmente en los trópicos húmedos, es el uso de pavimentos de hormigón de cemento portland. Aunque son caros, los pavimentos de hormigón diseñados y construidos correctamente pueden tener un largo periodo inicial (15 a 20 años) durante el cual casi no necesitan mantenimiento.

Las cargas pesadas aceleran el deterioro de los caminos e incluso con un mantenimiento óptimo la rugosidad media del ciclo de vida sigue siendo mayor cuando la carga por eje es más pesada. Las pruebas empíricas demuestran que el daño al pavimento aumenta exponencialmente (hasta la cuarta potencia) a medida que aumenta la carga por eje, pero la regulación de la carga por eje ha resultado ser extremadamente difícil y costosa.

### **2.6.1 Criterios para la adopción de decisiones sobre la resistencia del pavimento.**

Cuando se construye un nuevo pavimento o se reemplaza o reviste uno ya existente, para determinar la resistencia de diseño debe tomarse en cuenta la seguridad del mantenimiento futuro. Si es pequeña la probabilidad de que en el futuro haya un mantenimiento adecuado y se proceda oportunamente a reforzar el pavimento, conviene construir inicialmente un pavimento más resistente, ya que entonces se cuenta con un periodo de gracia más largo durante el cual las necesidades de mantenimiento son mínimas.

Un pavimento de resistencia alta se define como uno diseñado para acarrear un número específico de ejes equivalentes acumulados, a un nivel de servicio apropiado.

A fin de contrarrestar las deficiencias de mantenimiento, en ciertas situaciones puede haber justificación para que la resistencia del pavimento sea mayor que la indicada por las normas usuales de diseño. La alta probabilidad de que haya un buen mantenimiento favorece la adopción de un sistema por etapas, consistente en gastar menos en el pavimento inicialmente y reforzarlo después a medida que sea necesario. La construcción por etapas sólo es eficaz cuando se observa y evalúa el estado del pavimento sobre una base regular. Y cuando no hay un sistema de gestión apropiado es difícil predecir las fases críticas en la vida útil del pavimento en las que se necesitarán actividades de mantenimiento de gran envergadura para evitar fallas estructurales prematuras.

## **2.7 Optimización de los gastos de mantenimiento en situación de limitaciones presupuestarias.**

Cuando el presupuesto de mantenimiento para una red vial es inferior al necesario para mantener un nivel global óptimo, es preciso reducir las asignaciones a categorías específicas de caminos (agrupados con base en la similitud de características de diseño, tráfico y estado y, en los casos en que corresponde, también estratificados con arreglo a factores regionales, climáticos u otros factores pertinentes) con respecto a su nivel óptimo. Sin embargo, los gastos de mantenimiento no deben reducirse en forma uniforme para todas las categorías de caminos.

La pérdida de valor neto actual puede minimizarse si en primer término se reducen las asignaciones a las categorías de caminos en las cuales el límite de eficiencia es menos pronunciado.

En general, la reducción debe considerarse en el caso de caminos con elevados costos unitarios de mantenimiento, bajos volúmenes de tráfico y superficies en buen estado. Una vez que el nivel óptimo de mantenimiento ha sido completamente reemplazado por el nivel subóptimo inmediatamente siguiente en una categoría dada de caminos, las consecuencias adversas de las reducciones ulteriores serán proporcionalmente mayores –el límite será más pronunciado– y puede resultar económico reducir las asignaciones también a otras categorías de caminos.

Los caminos con volúmenes de tráfico muy altos y superficies en mal estado experimentan las pérdidas mayores de beneficios por cada dólar de reducción de los gastos de mantenimiento, y las asignaciones para estos caminos deberían reducirse en última instancia.

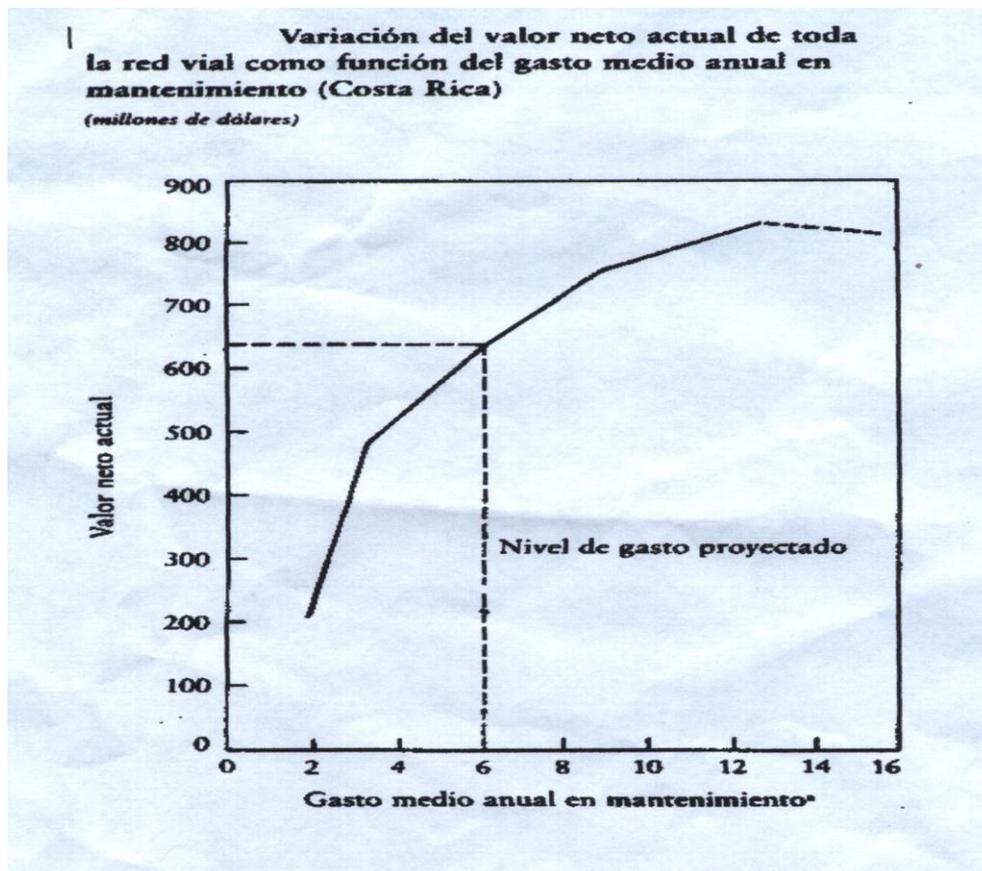
En la figura 2.6, se muestra un ejemplo<sup>3</sup> específico de la variación del valor neto actual de toda una red vial como función del gasto medio anual en mantenimiento, en la que si el presupuesto se eleva del nivel actualmente planeado de US\$6 millones anuales al nivel óptimo de US\$12.5 millones anuales en un plazo de 25 años (o en US\$ 51 millones al valor actual), el valor neto actual que podría alcanzarse (con un empleo óptimo de los fondos en ambos casos) aumenta en US\$200 millones, de US\$ 635 millones a US\$ 835 millones. El programa óptimo, incluso con fondos ilimitados, no permitiría mantener todos los caminos en buen estado. En este caso posibilitaría un alto nivel de mantenimiento que permitiría conservar dos tercios de los caminos pavimentados en buen estado y el otro tercio con arreglo a normas más bajas.

Durante periodos de austeridad, con frecuencia se aplazan los trabajos de mantenimiento. En el caso de los caminos sin pavimentar, siempre que se lleven a cabo sobre una base regular las actividades básicas de mantenimiento de rutina, la consecuencia principal de la postergación de los pases de motoniveladora y, en menor medida, de la reaplicación de grava, es

el incremento del costo de operación de los vehículos durante el período correspondiente.

El efecto en los costos posteriores de restauración no es considerable a menos que se deje que el camino llegue a quedar en tal mal estado que resulte necesario reconstruirlo, generalmente con una nueva alineación. Por otra parte, en el caso de los caminos pavimentados ambos efectos pueden ser importantes: el costo de operación de los vehículos aumenta en el periodo de postergación y el costo de la rehabilitación posterior del pavimento puede variar considerablemente, según la etapa del proceso deterioro en la cual se produzca dicho periodo de postergación.

En pavimentos recién construidos o rehabilitados con una carga de tráfico ligera, el efecto de la postergación de las actividades de mantenimiento (distintas de las actividades básicas, como las de drenaje) son insignificantes en un periodo de entre un año y cinco años. Pero las consecuencias son importantes cuando el pavimento se encuentra en estado regular o malo.



## **2.8 Programación de obras de rehabilitación.**

La metodología, brevemente desarrollada, se aplica a proyectos individuales de rehabilitación de pavimentos.

Es necesario resolver un problema adicional que se presenta al ejecutor de una red vial, y es el de realizar un programa de rehabilitación que maximice los beneficios del programa sin superar las limitaciones presupuestarias.

Este tema, entendemos que de poca aplicación en nuestro país y mucho menos en nuestra ciudad, constituye un campo propicio para el desarrollo de mejoras técnicas que permitan, conjuntamente con el desarrollo de la tecnología de los pavimentos, optimizar la utilización de los recursos viales, de por sí habitualmente escasos, protegiendo e incrementando el patrimonio vial.

A continuación presentamos las actuaciones que se deben realizar para una buena rehabilitación de los pavimentos.

### **- Actuaciones en el entorno de la carretera.-**

Se incluyen aquí tareas aparentemente sencillas, pero que se refieren a aspectos que a menudo se descuidan y que sin embargo son percibidos por los usuarios muy directamente.

Se trata de que la relación de la carretera con su espacio circundante sea lo más armoniosa posible.

Estas actuaciones se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Actuaciones sobre las plantaciones: riego, tratamientos herbicidas y limitadores del crecimiento, despeje de vegetación, segado de hierba, poda de árboles y arbustos, etc.
- Tareas de limpieza: retirada de basuras de márgenes y medianas, limpieza de parámetros, barrido de la calzada y de otras superficies, etc.

### **- Actuaciones en los elementos de señalización y de seguridad.**

En paralelo con otros grupos de actuaciones, éstas atañen a la conservación de elementos de la superestructura que inciden directamente en la seguridad a fin de mantenerlos en los niveles de calidad más próximos a los deseables. Por otro lado, se pueden incluir en este grupo operaciones tendentes al mantenimiento o restitución en su caso de las condiciones normales de vialidad y seguridad, es decir, se trata de actuaciones no tanto de

conservación como de explotación. Entre éstas cabe citar las siguientes: recolocación y reposición de señales verticales y de carteles, reparación de instalaciones semafóricas y de señalización, reparación de postes de socorro, actuaciones urgentes sobre barreras de seguridad, barandillas y cerramientos, etc.

En cuanto a las que son operaciones más propiamente de conservación se pueden relacionar las siguientes: repintado de marcas viales, limpieza de señales verticales, carteles y elementos de balizamiento, actuaciones programadas sobre barreras de seguridad, barandillas y cerramientos, limpieza de semáforos y paneles de señalización de mensaje variable, limpieza de luminarias, etc.

**- Actuaciones en obras de arte, obras de tierra y drenaje.**

Se agrupan aquí operaciones de muy diversa índole, pero que tienen en común el estar referidas todas ellas a las infraestructura. Muchas tienen por objeto la lucha contra la acción del agua, por lo que con carácter preventivo tendrían que desarrollarse fundamentalmente antes de las épocas de lluvia, mientras que con carácter curativo se llevarían a cabo después de las mismas.

Se pueden citar, en relación a las obras de fábrica, actuaciones tales como repintado de barandillas, reposición o reparación de juntas de puentes, reparación de parámetros deteriorados, reconstrucción de soleras, recalces, etc.

Dentro de las operaciones de conservación de las obras de tierra estarían el reperfilado de taludes, las plantaciones de taludes con técnicas de hidrosiembra, la limpieza de aterramientos al pie de desmontes, la reparación o reposición de elementos de protección contra desprendimientos (mallas, escolleras), etc.

Finalmente, en cuanto al drenaje hay que actuar limpiando obras transversales de desagüe, limpiando o revistiendo cunetas, limpiando sumideros, arquetas y pozos, sistemas de drenaje subterráneo, etc. Otras veces hay que disponer nuevos elementos de drenaje donde sean necesarios.

**- Actuaciones ordinarias en firmes y pavimentos.**

**- Bacheos.**

Un bache es una irregularidad superficial localizada provocada por la desintegración de los materiales del pavimento. En la medida en que no se actúe, dicha desintegración continuará tanto en superficie como en profundidad.

La operación por la que se repara un bache se denomina bacheo. No debe limitarse al relleno y compactación del hueco existente, sino que requiere la ejecución de las siguientes fases:

- Corte de los bordes del bache, para darle en planta una forma cuadrada o rectangular, con un área suficiente para poder rellenar y compactar con comodidad. Si el bache afecta a varias capas, el corte de cada una de ellas debe abarcar menor superficie que en la capa superior. Este escalonamiento impedirá que exista una junta que vaya de arriba abajo.
- Limpieza de las paredes y del fondo del bache con aire a presión.
- Relleno capa a capa. En su caso, debe aplicarse previamente el correspondiente riego de adherencia o de imprimación al fondo y a las paredes. Antes de rellenar una nueva capa la anterior ha debido ser perfectamente compactada con pequeños compactadores o con pisones manuales.
- Terminación de la superficies para que su textura y aspecto sean parecidos a los de la calzada circundante. La rasante tiene que quedar algunos milímetros por encima, pues el tráfico siempre producirá una cierta poscompactación.

Aunque en principio los materiales empleados para el bacheo han de ser similares a los preexistentes, ha de primar el criterio de facilidad en la ejecución y de rapidez en la apertura al tráfico.

- **Sellado de grietas.**

Cuando las grietas no son de origen estructural (porque en ese caso el problema y su tratamiento son muy distintos) conviene sellarlas lo antes posible para impedir la entrada de agua y de suciedad, así como para evitar la degradación de los bordes de las grietas que puede afectar a la regularidad superficial.

El sellado consiste en la aplicación de un producto en frío o en caliente que cierre la grieta, quede adherido a sus bordes y sea capaz de soportar los movimientos posteriores de los mismos sin perder esa adherencia. Los productos de sellado pueden ser polímeros bicomponentes de aplicación en frío (resinas de baja viscosidad) o másticos de betún modificado con polímeros que se aplican en caliente.

En los pavimentos bituminosos, a veces el tratamiento finaliza con la extensión de un árido de cubrición sobre el producto de sellado, a fin de protegerlo y lograr un mejor resultado estético.<sup>4</sup>

- **Sellado de Juntas.**

Cuando se trata de juntas de trabajo degradadas por la acción del tráfico (por ejemplo, las longitudinales entre carriles en un pavimento de mezcla bituminosa), el tratamiento es en todo análogo al indicado para las grietas. Si se trata de juntas longitudinales de alabeo o transversales de contracción en un pavimento de hormigón, una vez eliminados los restos de eventuales productos de sellado. En cuanto a las juntas que han de soportar movimientos importantes (por ejemplo, en los extremos de obras de fábrica) lo que se requiere es la instalación de una junta especial, no siendo ya suficiente un mero sellado.

- **Fresados localizados.**

Cuando en el pavimento existen resaltos o elevaciones localizados, a menudo como consecuencia de una defectuosa puesta en obra, es preciso eliminarlos para que no perturben la regularidad superficial. Se emplean pequeñas fresadoras, en las que el elemento fundamental es un tambor cilíndrico con dientes en su periferia, o equipos que lo que realizan es un cepillado de la superficie en los puntos sometidos a tratamiento.<sup>4</sup>

- **Limpieza de pavimentos drenantes.**

Se trata de una operación que hay que realizar periódicamente sobre los pavimentos porosos o drenantes, a fin de retrasar al máximo su colmatación consiste en el paso de un equipo montado sobre camión que combina el riego con agua a presión y la aspiración.<sup>4</sup>

## CAPITULO III

### EL PROBLEMA VIAL URBANO DE LA CIUDAD DE PIURA

#### 3.1 INTRODUCCION

Como hemos visto en el capítulo I y II, las fallas de los pavimentos y lo necesario que es el mantenimiento y conservación, así como la gestión de los pavimentos; analizaremos el caso de la ciudad de Piura, que sufre de muchos problemas como la infraestructura vial y la operatividad del transporte público.

#### 3.2 Problemática de la ciudad de Piura.

El problema del mal estado de la infraestructura vial que trae consigo la mala operatividad del transporte público y privado en la ciudad de Piura es tan notorio que no podemos dejar de citar lo que viene sucediendo por años, ya que hasta el momento no se observan las medidas necesarias para que nuestra ciudad tenga una adecuada red vial y duradera.

##### 3.2.1 De la operatividad del transporte

- El transporte público urbano “convencional” (ómnibus es), no es un modo difundido de transporte en Piura y Castilla, ya que existen pocas líneas y pocas unidades.

No existen paraderos y las unidades se detienen a pedido de los pasajeros en cualquier punto e su ruta.

Adicionalmente los paraderos iniciales y finales se encuentran ubicados en zonas residenciales, perturbando la tranquilidad de los moradores de estas.

- Otro problema muy importante de la ciudad de Piura, es el elevado número de moto taxis, y las consecuencias que estos generan, puesto que estos actúan de manera indiferente a las reglas de tránsito.
- Existe una relación importante entre el tipo de demanda existente y los tipos de transporte que se pueden utilizar para servir la demanda. Los tipos de transporte utilizados actualmente en la ciudad de Piura no están acordes con la forma de la demanda de viajes de la ciudad. Este aspecto técnico ha sido ignorado por los operadores del transporte y esto es debido a dos razones básicas:

- Falta de un manejo técnico de las empresas de transporte; este no es un problema solo de la ciudad de Piura, sino que es una constante en nuestro país.
- La forma en que operan las diferentes empresas de transporte es un reflejo de la difícil situación económica por la que atraviesa el país.
- En lo que respecta al transporte público, la metodología empleada por el consejo provincial de Piura en lo que respecta a la autorización de rutas no es la más conveniente. El problema principal se presenta al querer verificar si existe o no superposición de rutas, esto se debe a que la información se encuentra en forma desordenada e incompleta. Además, no existe un control efectivo del número de unidades, su estado, y si cumplen con el recorrido autorizado; así como también el estado de las pistas que influyen bastante en la operatividad del transporte público como veremos mas adelante.
- El transporte público masivo por ómnibus no es atractivo para los usuarios, lo que explica la preferencia por otros modos de transporte tales como las Kombis y los mototaxis. Este problema de origina debido a:
  - Las unidades son muy antiguas, sucias, incómodas y tanto el cobrador como el conductor no trabajan en forma presentable.
  - La velocidad comercial es muy baja (de 10 a 12 km/h), la confiabilidad no es buena, y las unidades no ofrecen seguridad a los usuarios, esto debido al mal estado de las vías por donde transitan estos vehículos.
  - Las rutas no están bien diseñadas, no cubren toda la demanda, y están superpuestas con el servicio rápido que prestan las Kombis, que al tener una mayor frecuencia de vehículos se hacen más atractivas.
  - Al pasar la mayoría de rutas por el mercado, los usuarios potenciales del sistema de clase media (que no viajan de o al mercado) no utilizan los omnibuses por la incomodidad de los paquetes, así como de los olores que se originan de los comestibles.
  - Como resultado de la fuerte competencia que tienen los omnibuses por parte de las Kombis, taxi-colectivos, y los mototaxis, el servicio de omnibuses no resulta económicamente rentable, lo cual se traduce en unidades sin mantenimiento, que no pueden ser reemplazadas debido a que no existe un fondo de depreciación del vehículo y aparte no existe tampoco un mantenimiento adecuado de la infraestructura vial, y consecuentemente el servicio es cada día peor. Si las condiciones de operación no cambian, este tipo de servicio tenderá a desaparecer.

- La mala semaforización es otro problema de la ciudad debido a que vemos calles en las que no debería haber semaforización y en las cuales este urge por los continuos accidentes, no existe semaforización.
- Otro problema a tener en cuenta es el turismo en la ciudad de Piura, ya que esta deja de ser atractiva cuando se da a notar el deterioro de la infraestructura vial.
- El congestionamiento de los vehículos que repercute en el tiempo de llegada de los vehículos hasta su paradero final, lo cual influye

### **3.2.2 De la infraestructura vial**

- Comenzamos citando el caso de los sistemas de drenaje de aguas pluviales; nuestra ciudad carece de un adecuado sistema de aguas pluviales, sobre todo en las urbanizaciones que se encuentran situadas en las partes bajas de la ciudad como son: El Chilcal e Ignacio Merino, donde sus pistas y caminos son intransitables ante las lluvias de estación que en nuestra ciudad nos llegan todos los veranos.

El problema está en que solo tenemos sistema de agua y desagüe, y este tiene una capacidad límite, por tanto cuando llegan las lluvias, ambas aguas llegan a estos sistemas, colapsando por falta de capacidad.

Ya son mas de 20 años los que vienen sufriendo los pobladores de estas urbanizaciones y hasta la fecha las autoridades no solucionan el problema, las personas tienen que abandonar sus viviendas hasta que paren estas lluvias.

- Otro aspecto a tener en cuenta es el sistema de agua y desagüe de la ciudad; todas las personas involucradas en el campo de la ingeniería civil sabemos que cuando se diseñan estos sistemas y toda obra de construcción civil se proyectan para un tiempo de vida determinado y en el caso de la ciudad de Piura este ya colapsó, debido a que en los últimos años es una constante la reparación de estas tuberías ya sea por que están colmatadas o ya cumplieron su ciclo de vida y se encuentran destrozadas.

Al colapsar estas tuberías, las pistas sufren mucho debido a que el sistema pasa por debajo de estas y al colapsar el agua se infiltra por la base y sub-base de las pistas provocando el debilitamiento de estas y por consiguiente su hundimiento y fisuración.

El colapso de estos sistemas no solo lleva consigo el deterioro de la infraestructura vial sino también causa enfermedades en los seres

humanos debido a que las aguas servidas salen a la superficie provocando enfermedades respiratorias y otros tipos de enfermedades.

También perjudica de sobremanera al transporte público que tiene sus rutas definidas y por causas de estos desastres tienen que cambiar sus rutas que les incrementan sus gastos de operación de sus vehículos como veremos mas adelante en este capitulo.

- Podemos notar la irregularidad superficial que muestran los pavimentos en nuestra ciudad ya sea por mala distribución de los agregados, mala mezcla asfáltica, etc. Esto da a notar la mala supervisión que se le está dando a estos proyectos, y esto es un problema muy grave.
- La escasez de recursos es otro problema que ocupa un lugar muy importante en estos proyecto y nos debe llevar a valorar más los pocos fondos públicos por invertir.
- Otro problema grave es la indiferencia de las autoridades municipales de nuestra ciudad acerca de la infraestructura vial. Este es un problema que viene de años y hasta ahora no lo podemos solucionar, y ya es hora de tomar cartas en el asunto.

Por ejemplo en la Municipalidad de Piura no existe ningún archivo de mantenimiento de pistas, mucho menos informes acerca del deterioro de estas a causa del Fenómeno del Niño.

En esta institución existen profesionales que se quejan de no poder trabajar como se debe acerca de la infraestructura vial, ya que todo se maneja políticamente mal y se deja de lado el aspecto técnico.

A continuación mostramos una ilustración mediante fotografías explicativas de la problemática de la infraestructura vial en la ciudad de Piura:

- En las fotografías de la No 3.1 a la 3.7 mostramos como el colapso de los sistemas de agua y desagüe influyen negativamente en la infraestructura vial existente en nuestra ciudad:

En las fotos No 3.1 y 3.2 vemos como debido al colapso de este sistema de desagüe en la calle Lima, se tuvo que perforar el pavimento existente que estaba bueno; luego se tendrá que reponer de la mejor manera asegurando una buena junta entre el pavimento viejo y el nuevo.

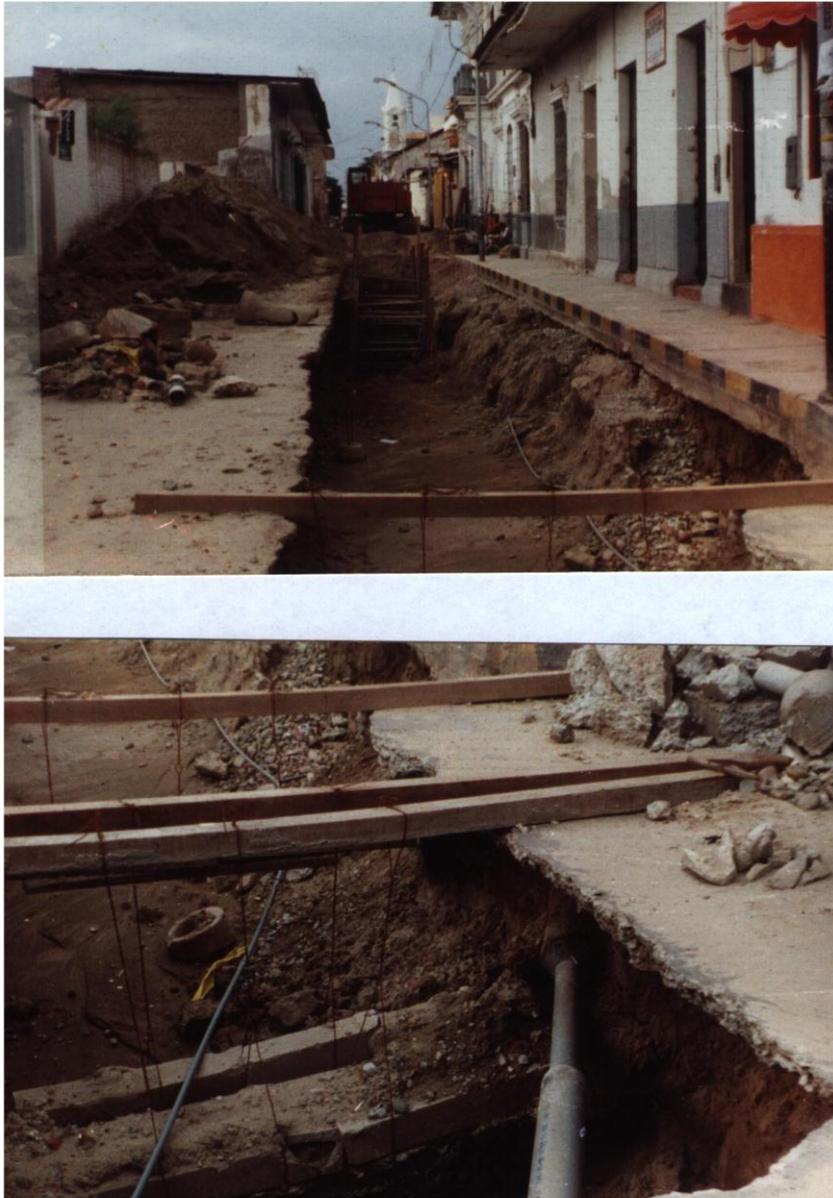
En las fotos No 3.3, 3.4 y 3.5, vemos como queda la reposición del pavimento luego de reparar el sistema de desagüe. Se muestra en todos los casos que la zona más crítica son los buzones de desagüe en los que se nota la mala calidad del parchado y la irregularidad geométrica de estos. Cuanto menos quiebres tenga el corte mejor será el acabado del parchado.

En la Foto No 3.7 se muestra un colapso total del sistema de desagüe en la calle Cuzco donde posteriormente se tendrá que perforar el pavimento para reparar este sistema.

- En las fotografías de la 3.8 a la 3.14 se muestra la irregularidad superficial del pavimento y la dejadez por mejorar la calidad de los trabajos.

En las fotos No3.8, 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12 se observa como no se trabaja bien en lo que respecta a la mezcla asfáltica y la calidad de los agregados; se ve una mala distribución de estos y el mal tratamiento que se le da al momento de juntar pavimentos flexibles con rígidos y/o bloques de concreto como se muestra en la foto No 3.8.

- En las fotos No 3.13 y 3.14 se muestra como después de tres meses de haber hecho estas perforaciones para parchar dichas zonas, se ha abandonado estos trabajos, esto traerá consigo que se malogre más dicha zona con la pasada de los vehículos y las lluvias.



**Figura 3.1 y 3.2**



Figura 3.3 y 3.4



**Figura 3.5 y 3.6**



**Figura 3.7 y 3.8**



**Figura 3.9 y 3.10**



**Figura 3.11 y 3.12**



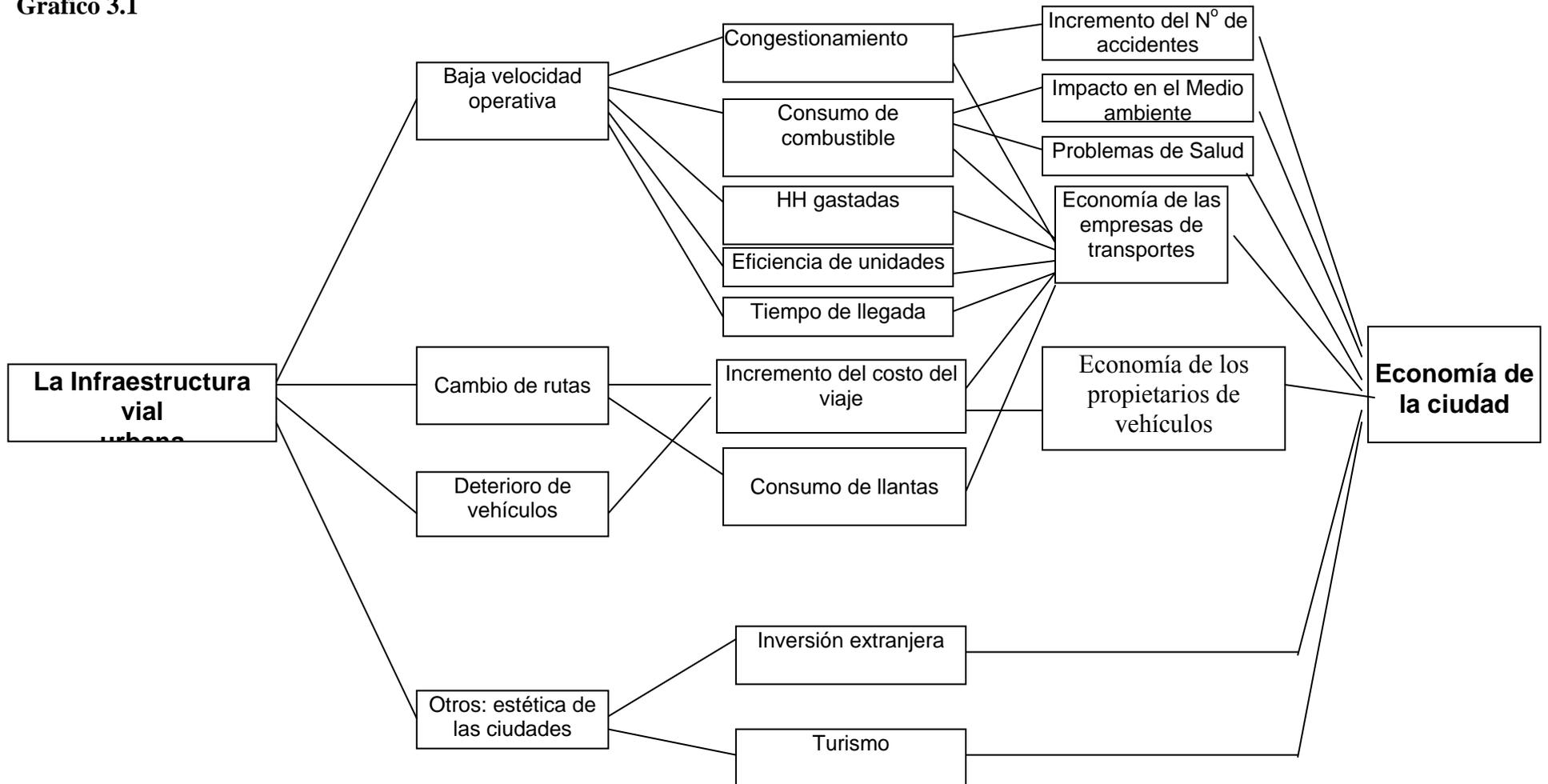
**Figura 3.13 y 3.14**

### 3.3 Influencias de la infraestructura vial en la operatividad del transporte.

#### 3.3.1 Influencias directas e indirectas.

A continuación se muestra un diagrama en el cual vemos la gran incidencia que tiene la infraestructura vial urbana en la operatividad del transporte.

**Grafico 3.1**



En este diagrama se ve de manera global la magnitud de la influencia que tiene la infraestructura vial en la operatividad del transporte; esto debido a que se muestra cada uno de los aspectos relacionados directamente con ambos rubros.

Como se ve todo apunta finalmente a la economía de la ciudad, pero no sin antes concentrarse en todos los aspectos que abarca la operatividad del transporte, que culminan en la economía del transporte público.

Todas estas influencias se explicaran en forma concreta en el siguiente apartado

### **3.3.2 Efectos en el funcionamiento**

En el diagrama mostrado anteriormente se muestran de manera general, las influencias de la infraestructura vial en una ciudad.

A continuación detallaremos cuales son los efectos que cada una de estas tiene en el funcionamiento del sistema.

#### **➤ Baja velocidad operativa**

Este es el principal problema puesto que trae consigo una cadena de dependencias que se muestran en el diagrama anterior.

La baja velocidad de las unidades perjudica no solo a la empresa de transporte sino también al usuario, así como al medio ambiente.

A la empresa de transporte le afecta en todo lo referente al tiempo de llegada de los vehículos a sus paraderos que por muchos motivos no llegan a la hora destinada y sus medias vueltas se reducen al máximo.

También le afecta por cuanto cuando uno acelera y desacelera constantemente para bajar y/o subir la velocidad el consumo de combustible aumenta y los costos operativos aumentan enormemente.

También se perjudica el chofer que le pagan según el dinero recaudado por media vuelta.

El usuario se perjudica por la comodidad y su horario de trabajo, puesto que podrían perder el empleo sino llegan a su hora de ingreso.

Lo que se refiere al medio ambiente esta relacionado con el quemado de aceite de las unidades deterioradas que contaminan el ambiente y pueden causar enfermedades.

También lo que se refiere a la empresa, el deterioro de sus unidades crece desmesuradamente y su servicio se vuelve menos atractivo.

### ➤ **Cambio de rutas**

Por miles de motivos, como mantenimiento de pistas, reparación de sistemas de agua y desagüe, las rutas de las unidades de transporte se ven afectadas y su nueva ruta o se hace mas corta o más larga, lo cual afecta en todo lo que se refiere a la empresa de transporte.

Por eso que todas estas influencias afectan el funcionamiento del sistema de transporte público y llegan como último y preocupante influencia a la economía de las ciudades.

Un sistema de transporte urbano, tiene por objetivo facilitar el intercambio de artículos y servicios en las zonas urbanas y está constituido generalmente por un sector mixto: público y privado.

- La oferta de transporte es una responsabilidad principalmente del sector público. Los gobiernos construyen, mantienen y poseen calles y carreteras y también poseen y reglamentan los medios públicos de tránsito.
- El usuario puede valorar los servicios (el transporte por el costo, tiempo, comodidad y conveniencia).
- El costo es afectado por el precio del pasaje, según el tamaño y tipo de vehículos, tales como autobuses, automóviles, trenes, etc.
- El tiempo es afectado por la congestión, la cual depende de las características de las carreteras, tales como anchura, pendiente, curvas y superficie; así como también por la densidad vehicular, debido a que el espaciamiento necesario entre vehículos para la seguridad a altas velocidades se reduce, reduciéndose también la velocidad hasta límites que estén de acuerdo al espacio disponible.
- La comodidad es afectada por el ruido, el amontonamiento, el viajar de pie, las condiciones del vehículo y la seguridad del mismo.
- La conveniencia es afectada por los itinerarios, frecuencias de línea y la variedad de destinos.

### ➤ **Consumo de llantas**

El consumo de llantas sube muchísimo cuando se tienen deterioradas las pistas, están disminuyen en un 60% su vida útil, la cual es necesaria sea larga para tener menos gastos en corto tiempo.

### ➤ **Estética de las ciudades**

Como todos sabemos la estética de la infraestructura de una ciudad es muy importante para su desarrollo, puesto que esta atrae mucho el turismo y la inversión extranjera.

Que turista va querer ir a conocer una ciudad donde el 80% de infraestructura vial esta deteriorada; a su vez un inversionista extranjero tampoco le convendría invertir en dicha ciudad donde las pistas deterioradas pueden afectar de sobremanera en su inversión.

## **3.4 Programa de rehabilitación de pavimentos en Piura.**

### **3.4.1 Manejo del Programa en la Municipalidad de Piura.**

Para efectos de esta tesis se hizo una visita a la Municipalidad de Piura con la finalidad de obtener información acerca del manejo de la infraestructura vial en la ciudad de Piura, de donde se constató lo siguiente.

En la Municipalidad de Piura no existe registro alguno del estado actual de las pistas en la ciudad de Piura.

No se a hecho ningún levantamiento del estado de la infraestructura vial, luego del fenómeno del niño, como por ejemplo cuanto pavimento flexible, rígido, bloques, etc, se ha perdido como consecuencia de dicho fenómeno o al menos no existe documento alguno de estos estudios.

No existe gestión alguna para el mantenimiento de las pistas, es más, los ingenieros que laboran en dicha institución reconocen la falta de interés por parte de las autoridades sobre este tema.

En esta institución nadie sabe donde pueda existir algún expediente técnico acerca de cuantos Km se encuentran asfaltados y cuantos sin asfaltar.

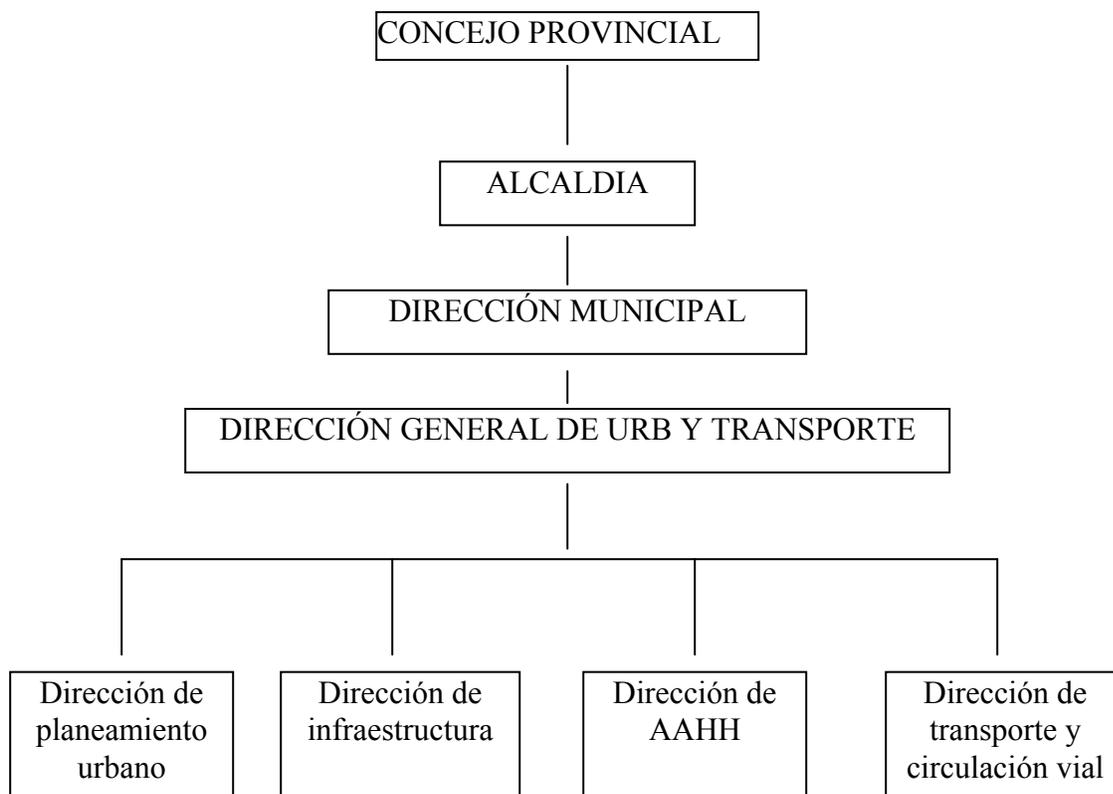
En la actualidad solo se ha venido haciendo el parchado el casco urbano de la ciudad de Piura

Y no en su totalidad puesto que no hay un manejo adecuado de este asunto que cada día se vuelve unos de los problemas más graves de nuestra ciudad.

Un caso real de esto es el parchado hecho a finales del año 2001, en el que se debieron parchar 5730 M2 y solo se parchó 3600M2; esto como bien nos dice un ingeniero de la entidad no se maneja técnicamente sino políticamente. Manejo que debemos desaparecer por completo en nuestra ciudad.

La estructura orgánica de la Municipalidad Provincial de Piura en lo que respecta a la operatividad del transporte y la infraestructura vial se muestra en el gráfico 3.2

**Gráfico 3.2**



A continuación veremos mediante fotografías explicativas como se maneja el programa de rehabilitación antes mencionado.

### **3.3.2 Etapa de rehabilitación.**

A continuación mostramos la etapa de rehabilitación hecha por la municipalidad de Piura a fines del 2001:

En las fotografías de la 3.15 a la 3.22 se muestra algunos aspectos de la etapa de rehabilitación hecha por la municipalidad de Piura a fines del año 2001.

En la fotografías No3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.20 se ve como solo se hace el parchado por pedazos, dejando débil la parte en que se pega el asfalto nuevo con el viejo, esto causa después que en esas zonas comience a haber filtraciones y por consiguiente el deterioro de esa pista.

En las fotografías No 3.19 y 3.21 se muestra como se debe de rehabilitar una calle de forma continua y no por pedazos.

También se puede apreciar que no hay supervisión alguna por parte de la municipalidad; esta supervisión debe estar en forma permanente en estas obras.

También se encontró personas que no tienen ningún conocimiento de ingeniería civil que estaban puestas de supervisores supervisando nada puesto que no tienen los conocimientos necesarios para realizar un buen trabajo de supervisión.

Cada fotografía presenta una leyenda con el tipo de falla observada.



**Figura 3.15**



**Figura 3.16 y 3.17**



**Figura 3.18 y 3.19**



**Figura 3.20 y 3.21**



**Figura 3.22**

### 3.3.3 Estado de las pistas meses después de la rehabilitación.

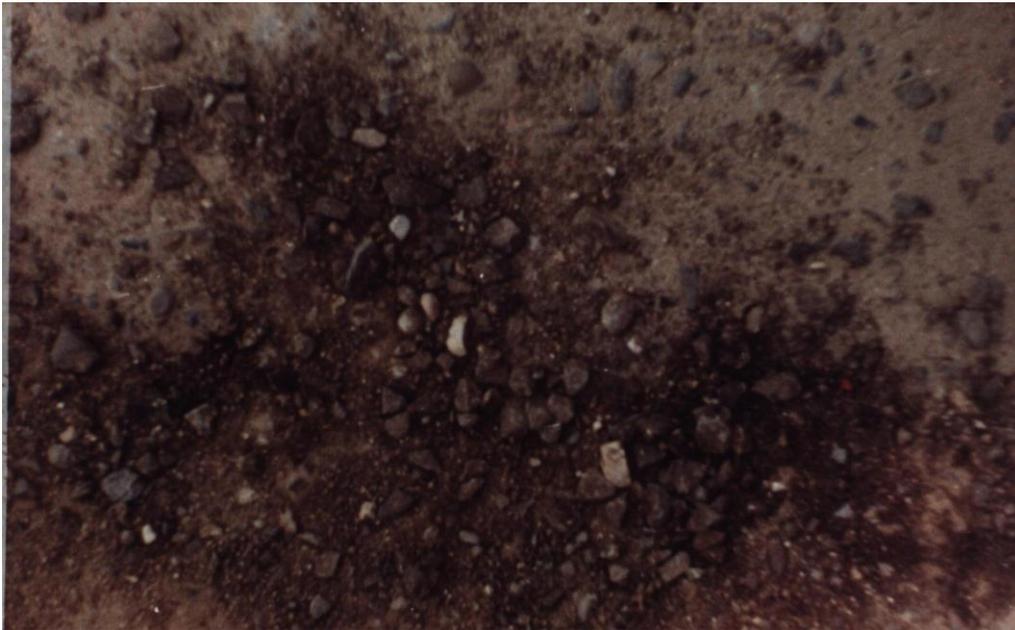
A continuación presentamos fotografías de las zonas rehabilitados hace 5 meses por la Municipalidad de Piura:

En las fotografías de la No 3.23 a la No 3.32, se muestran las zonas rehabilitadas hace 5 meses por la Municipalidad de Piura.

En las fotos No 3.23 y No 3.24 se muestra como es que la mezcla asfáltica es muy pobre debido a la gran cantidad de piedra y por consiguiente pobre mezcla asfáltica.

De la foto No 3.25 a la No 3.30 se muestra como se deterioran rápidamente los parchados por pedazos antes mencionados, y como se lava y rompe la carpeta asfáltica.

Y por último en las fotos No 3.31 y No 3.32 se ve como el parchado con concreto se ve mejor y durará mucho debido a que sus juntas han sido trabajadas como debe ser.



**Figura 3.23**



**Figura 3.24 y 3.25**



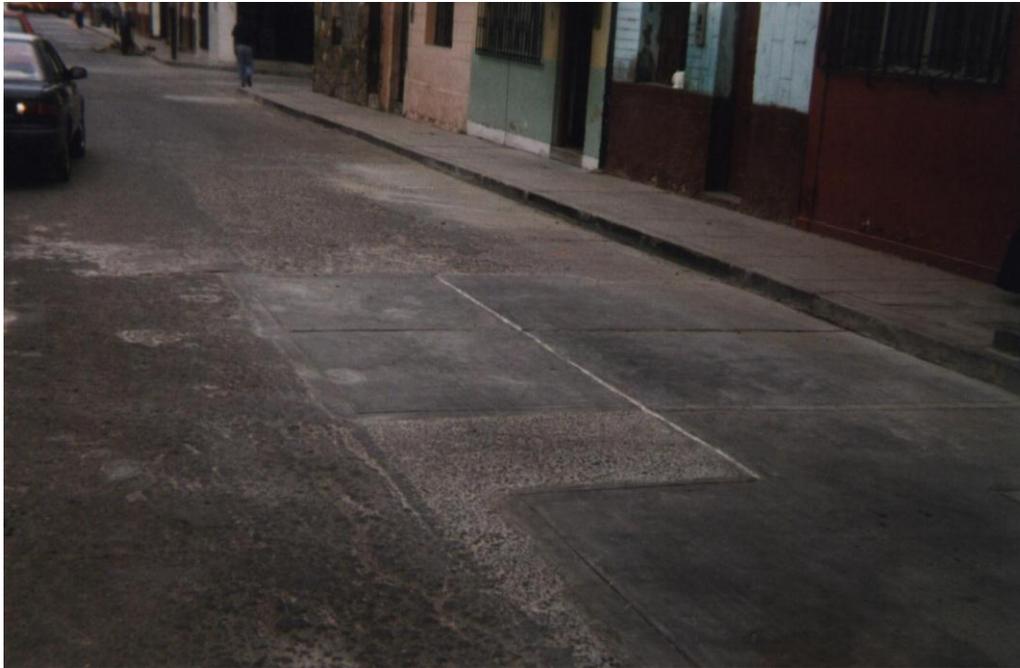
**Figura 3.26 y 3.27**



**Figura 3.28 y 3.29**



Figura 3.30 y 3.31



**Figura 3.32**

## CAPITULO IV

### PROPUESTA DE UN SISTEMA MUNICIPAL DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Con el fin de optimizar el manejo de recursos económicos orientados a solucionar el problema de la infraestructura vial en la ciudad de Piura se plantea como alternativa, un sistema de gestión que permita obtener el máximo valor posible de los fondos destinados a la infraestructura vial de la ciudad, pensando en mejorar la vida de las personas.

El sistema Municipal de gestión de pavimentos que se plantea se basan en la gestión del mantenimiento orientado a la mejora del sistema de transporte, en especial del transporte público.

De acuerdo con la estructura orgánica de la Municipalidad Provincial de Piura en lo que respecta a la operatividad del transporte y la infraestructura vial, el manejo de los pavimentos debe funcionar dentro del ámbito de la Dirección de Infraestructura, en estrecha coordinación con la Dirección de Transporte. En el gráfico 4.1 se muestra la propuesta de la estructura orgánica de la municipalidad provincial de Piura.

**Figura 4.1**



Este sistema de gestión de pavimentos deberá incorporarse como una nueva División y coordinar con las divisiones de obras, de proyectos, y de liquidación ( que están también dentro de la dirección de infraestructura ) coordinando también con la división de tránsito que esta dentro de la dirección de transporte. Las divisiones mencionadas programarán su trabajo en estrecha coordinación con el sistema de gestión.

En la figura 4.2 se presenta un esquema de la propuesta para el manejo de la División de gestión de pavimentos:

**Figura 4.2**



A continuación presentamos algunas propuestas para solucionar los problemas mencionados en el capítulo III; desde el punto de vista de la gestión de pavimentos, la infraestructura vial y las empresas de transportes.

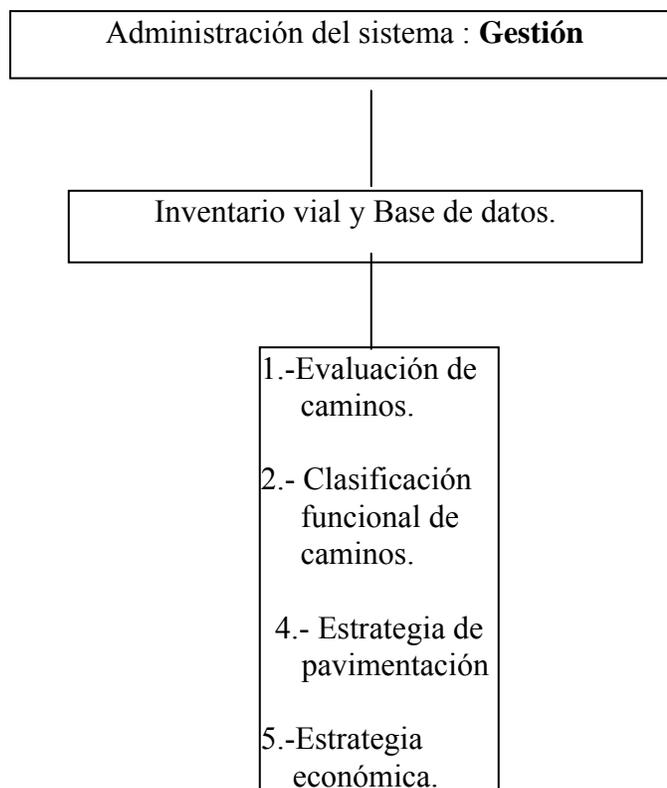
#### 4.1 Desde el punto de vista de la gestión de los pavimentos.

Como hemos visto en el capítulo III, la gestión de pavimentos será una nueva herramienta orientada a ordenar el funcionamiento de las entidades encargadas de la infraestructura vial en la ciudad de Piura.

El sistema de gestión propuesto sigue los siguientes pasos:

- Creación de una base de datos.
- Implementar metodologías de evaluación de caminos.
- Implementar estrategias para optimizar la inversión y programar el mantenimiento de caminos

**Figura 4.3**



#### **4.1.1 Elaboración de una base de datos**

Primero se debe realizar un inventario vial donde la fuente de nuestra base de datos son la inspección visual y la auscultación con aparatos por un lado, y por otra el mismo proceso de construcción y los informes de control de calidad, analizando todos los factores necesarios para poder tener una base de datos que posteriormente nos servirá para las actuaciones a realizar en mejora de nuestra red vial.

Un inventario vial correctamente ejecutado permite conocer, entre otras cosas, las rutas que integran la red, la longitud que ellas poseen, su tipo y ancho de pavimento, el ancho de la zona camino, las alcantarillas, los puentes y todo aquel dato que se desee obtener de acuerdo a los fines del estudio.

También longitud de las rutas; tipo y ancho de pavimento; señales de tránsito; estructuras, o sea alcantarillas, puentes, túneles con una completa descripción de cada una de ellas.

La información deberá ser recogida por personal entrenado en planillas especiales donde las mismas se ordenan en forma codificada, facilitándose las tareas de revisión .

Con el apoyo programas de computación y de actualización de datos se procesa la información obtenida, disponiéndose finalmente del inventario vial, el cual nos permite, como se dijera antes, conocer la red que vamos a evaluar.

Sin embargo es habitual que en estas bases de datos estén también disponibles los datos relativos a medidas de regularidad superficial, medidas de resistencia al deslizamiento, características del drenaje y señalización y balizamiento. Finalmente puede haber también datos de accidentes, medida de deflexiones y ensayos sobre probetas testigo.

Debe aclararse que si bien la medida de deflexiones no constituye una información fundamental para el funcionamiento del sistema de gestión, si lo es cuando han de proyectarse actuaciones concretas de rehabilitación estructural, al menos en pavimentos flexibles.

A continuación se presentan los formatos propuestos para que el levantamiento de la información sea ordenado y tener una apropiada base de datos.



Tabla 4.2

**DATOS ESTADÍSTICOS ( IRI)****Carretera:****Tramo:****Lado:**

DEFLEXIONES		RADIO DE CURVATURA	
MAX		MAX	
MIN		MIN	
PROMEDIO		PROMEDIO	
DESVIACIÓN		DESVIACIÓN	
COEFICIENTE $a_i$		COEFICIENTE $a_i$	
$D_i$		$D_i$	

**4.1.2 Implementar estrategias de inversión y mantenimiento de caminos.**

La importancia de tomar en cuenta la interdependencia de las decisiones sobre inversión y mantenimiento por una parte, y la función de la información sobre el estado de los caminos, el tráfico y el aumento de éste por otra, es muy importante para tomar decisiones que den resultados satisfactorios.

**4.1.2.1 Tácticas que se pueden emplear cuando hay limitaciones presupuestarias.**

Los fondos de que disponen las autoridades viales frecuentemente no son suficientes para efectuar un mantenimiento de nivel económico óptimo. Cuando los presupuestos son limitados como es el caso de la ciudad de Piura, la mejor política no es la de reducir simplemente, en la misma proporción, el gasto correspondiente a todas las categorías de mantenimiento, como suele suceder en nuestra ciudad.

Nuestra alternativa acerca de la situación en la ciudad de Piura exige revisar las políticas y usar distintas opciones en materia de mantenimiento. La gestión de los recursos cuando éstos son escasos no ha sido analizada a fondo, pero hay medidas que se pueden tomar para controlar el proceso de reducción de los gastos e impedir que éste sea fortuito.

Al establecer las prioridades del gasto normalmente no se examinan las soluciones de compromiso entre el costo que significan para la autoridad vial diferentes estrategias de mantenimiento y los beneficios netos de éstas. Mientras el valor neto actual de una opción de mantenimiento sea positivo ésta se considera justificable, sea cual sea su costo para el organismo en cuestión.

Pero si se analizan bien los gastos del organismo vial, aparece un gran margen para reducirlos sin reducir en la misma medida los beneficios de los usuarios de los caminos.

En la figura 4.4 se presenta el valor neto actual de diversas opciones de mantenimiento aplicada al caso de un camino pavimentado en buen estado, la línea que une los puntos más altos del valor neto actual para un gasto dado del organismo vial es el límite de eficiencia.<sup>3</sup> La estrategia óptima, suponiendo que los fondos sean ilimitados y que la tasa de actualización sea del 12%, sería el que aparece en el Punto I. Además del mantenimiento básico rutinario, esta estrategia requeriría la aplicación inmediata de un revestimiento de 80 mm, seguida de revestimientos de 40 mm cada vez que la rugosidad, medida según el IRI (Índice de Rugosidad), pasara de 3,5.<sup>3</sup>

El límite de eficiencia es bastante plano inmediatamente a la izquierda del punto máximo y con las alternativas de esta zona se puede reducir considerablemente el costo del organismo vial con sólo una pequeña repercusión en el costo total del transporte.

Algo que se deberá tener en cuenta es que a medida que se reduce el gasto del organismo vial aumenta el costo de operación de los vehículos, pero sólo en un monto un poco mayor que el del ahorro en el gasto de mantenimiento. Además, las soluciones para llegar a un estado óptimo no significan que la rehabilitación de los caminos vaya a ser más costosa en el futuro.

Se trata sencillamente de dejar los caminos a un nivel algo mayor de rugosidad, con lo cual el organismo vial ahorra y el costo de los usuarios de los caminos aumenta algo. En general, en la mayoría de los casos estudiados este tipo de solución se encontró en las proximidades de la estrategia óptima.

Pero a medida que el presupuesto se aleja más de la alternativa óptima y el mantenimiento se reduce correspondientemente, el costo de operación de los vehículos aumenta en un monto muy superior al del ahorro que obtiene el organismo vial. Además, los cambios de políticas de mantenimiento entrañan riesgos cada vez mayores de que el pavimento se dañe, lo que causa un gasto mucho mayor de reconstrucción en el futuro.

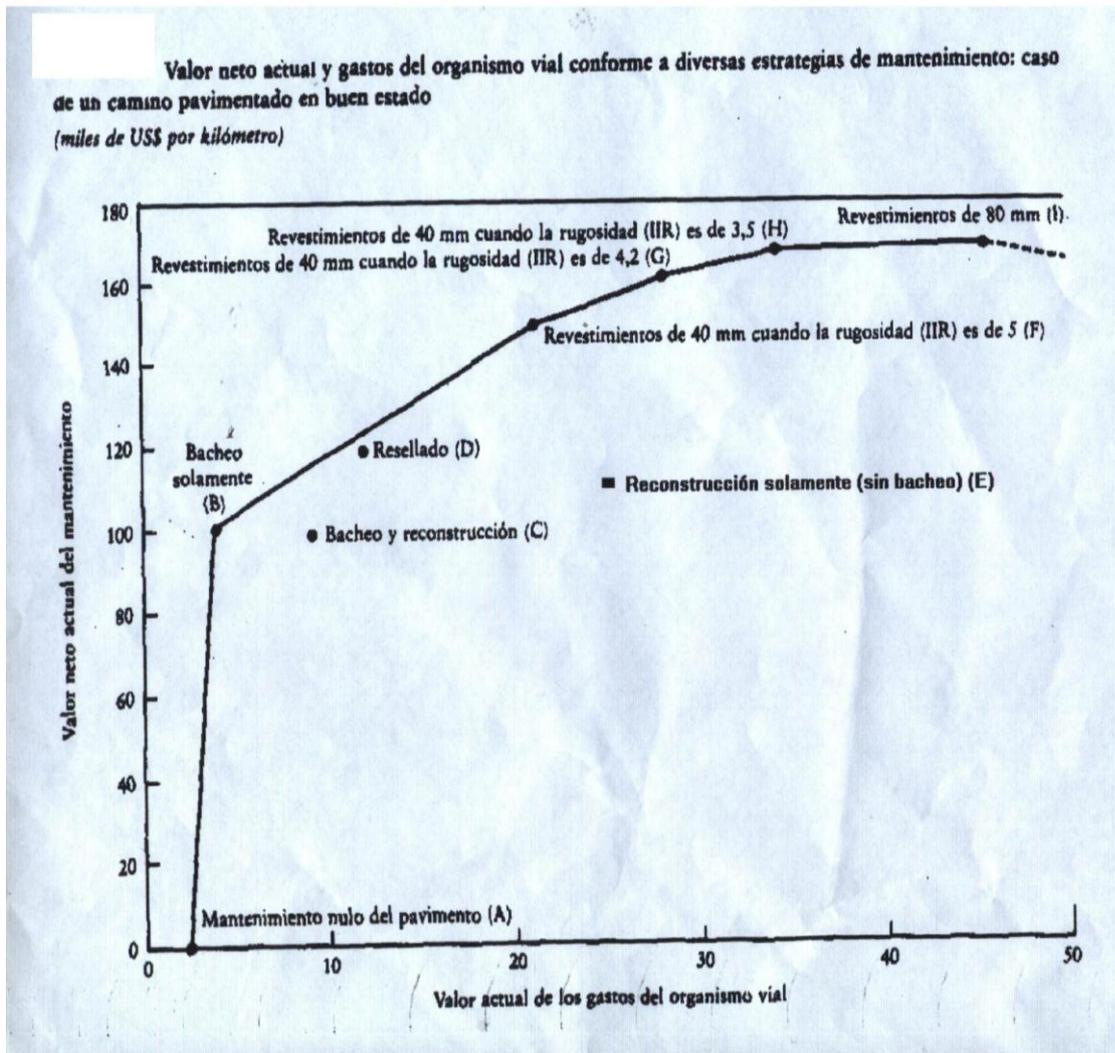
En resumen, la gama de las políticas de mantenimiento acertadas es amplia, pero las reducciones adicionales que exceden de un cierto nivel se tornan destructivas.

Para reforzar esto, a veces un gobierno debe tomar medidas de austeridad para hacer frente a una emergencia nacional o adaptarse a una cierta situación económica. Es posible que reduzca un presupuesto normal durante un año o varios años, con la intención de restablecerlo más adelante. En estas circunstancias, frecuentemente el mantenimiento de los caminos se aplaza.

Si los caminos están en buen estado el aplazamiento quizá no sea muy costoso. El aumento de la rugosidad debido al mantenimiento insuficiente elevará algo el costo de operación de los vehículos, pero los caminos que se deterioran hasta llegar a un estado regular y pueden restaurarse con un moderado gasto adicional.

No obstante, si el aplazamiento se prolonga demasiado o si los caminos están sólo en regular estado para comenzar, las repercusiones en el costo de operación de los vehículos serán mayores. Los caminos pavimentados que se deterioran hasta llegar al mal estado requerirán una construcción mucho más cara posteriormente.

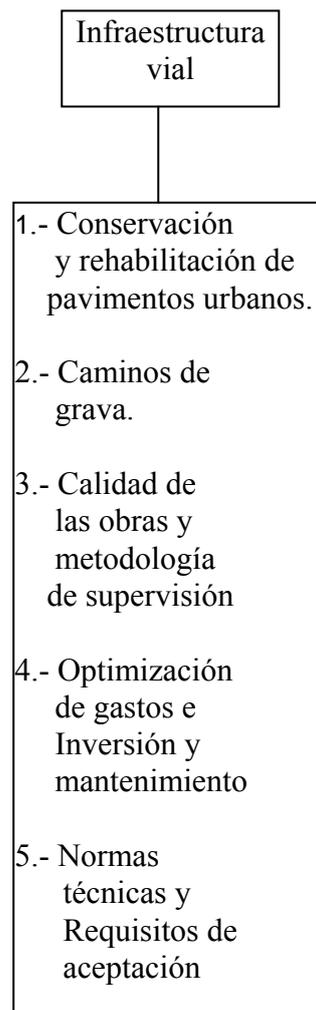
Esta es la razón por la cual los organismos viales, al decidir sobre el diseño y el mantenimiento de los caminos, deben considerar la posibilidad de que los fondos presupuestarios se interrumpan en el futuro. El buen mantenimiento en tiempos normales es una manera de atenuar el efecto de las interrupciones futuras del financiamiento.



**Figurar 4.4**

#### 4.2 Desde el punto de vista de la infraestructura vial.

Como hemos visto en el capítulo III, la infraestructura vial en la ciudad de Piura aqueja de muchos problemas vistos en el capítulo III; a continuación se muestra la propuesta para su mejor manejo.

**Figura 4.5**

A continuación damos alternativas de solución para los problemas mencionados en el capítulo III con una metodología ordenada tal como lo realizamos en el apartado 4.1 siguiendo los siguientes pasos vistos en el capítulo II:

- Aseguramiento de la calidad de obras viales.
- Actuaciones de conservación y rehabilitación.

#### **4.2.1 Aseguramiento de la calidad de obras viales.**

Nuestra alternativa se basa en la elaboración de un sistema de aseguramiento de la calidad de las obras viales, con vistas a obtener el nivel de calidad de servicio adecuado para estas obras.

Para lograr esto se debe imponer un plan de confección y elaboración de instrucciones metodológicas y procedimientos.

Para lograr el objetivo expuesto anteriormente se debe seguir los siguientes pasos:

1. Revisión de las normas e instrucciones técnicas existentes.
2. Redacción de instrucciones técnicas para los diferentes trabajos.
3. Establecimiento de los requisitos de aceptación de los diferentes trabajos.
4. Captación del personal tanto en el referente a los sistemas de calidad, como a la aplicación de las instrucciones y metodologías.

Mientras se realizan todas las tareas necesarias para la implantación de un sistema de aseguramiento de la calidad, nos hemos propuesto el establecimiento de planes, con vistas a lograr el aseguramiento de la misma.

Debemos entender como plan de calidad, la definición y establecimiento de todas aquellas tareas, actividades y procesos que permiten obtener la calidad de servicio deseada.

Deberemos comenzar por tener al día mucha documentación, que conforme la base para el establecimiento de los planes de calidad en las obras y del sistema de aseguramiento de la calidad que se concibe; dicha documentación consta de :

- Metodología para la supervisión y control de las obras de carretera.
- Estrategia y política ambiental.
- Guía de especificaciones ambientales en contratos de obras de conservación.
- Guía de especificaciones ambientales en contratos de obras de conservación.

Por tanto partiendo de un contrato en el que se encuentran especificados todos los actos inherentes a la obra, se comenzará el proceso constructivo, en el que para su control seguiremos los siguientes pasos:

1. Apertura del libro de obra.
2. Chequeo del replanteo del eje de la vía.
3. Chequeo del perfil longitudinal del eje de la vía.
4. Chequeo del perfil transversal del eje de la vía.
5. Controles de calidad de las obras de tierra.
6. Verificación de los controles de calidad de las obras de tierra.
7. Controles para la pavimentación: súbbase, base, etc.
8. Control del presupuesto.
9. Chequeo de la organización de la obra.

Esto en general constituye la ruta a seguir, partiendo de un contrato que como ya se ha señalado debe reflejar todo lo que tenga relación con la calidad de los materiales, su control, método constructivo recomendado, controles, chequeos y verificación que se realizaran así como los requisitos de aceptación para todos los aspectos de la obra.

Este aspecto reviste gran importancia en las tareas de conservación, ya que simplifica los estudios necesarios porque se conocerán todas las características que reúne la obra.

El trabajo lo realizarán especialistas en este tema; poniendo en marcha procedimientos de control y autocontrol, así como el chequeo y el auto chequeo, con vistas a asegurar la calidad en nuestras obras. Dentro de la estrategia a seguir está el diagnóstico por una entidad certificada, de tal forma de poder ver en que nivel nos encontramos respecto de otras ciudades.

#### **4.2.2 Actuaciones de conservación y rehabilitación**

Aquí planteamos a realizar al mismo tiempo las actuaciones vistas en el capítulo II, como son:

1. Actuaciones en el entorno de la carretera.
2. Actuaciones en los elementos de señalización y de seguridad.
  1. Actuaciones en obras de arte, obras de tierra y drenaje.
  2. Actuaciones ordinarias en firmes y pavimentos.

- Bacheos.
- Sellado de grietas.
- Sellado de Juntas.
- Fresados localizados.
- Limpieza de pavimentos drenantes.

#### **4.3 Desde el punto de vista de las empresas de transporte.**

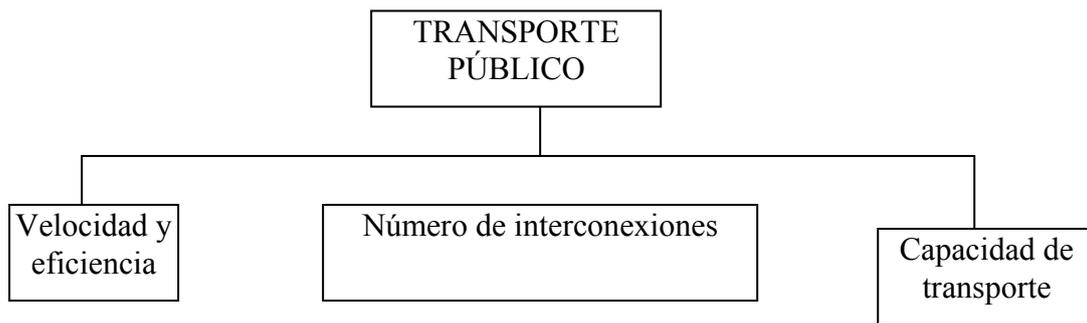
En este tema, vale la pena hacer mención de lo visto en el capítulo III, apartado 3.2; donde se deja notar que en los estudios de mercado que se realizan no contemplan el estado de la infraestructura vial en la ciudad en estudio.

Por tanto nuestra alternativa esta orientada para que la municipalidad y las empresas de transporte público no se lleven una sorpresa cuando se den cuenta que no les queda dinero ni siquiera para hacerle mantenimiento a sus vehículos.

Por tanto habrá que adicionar a los estudios de mercado, la incidencia que tiene el mal estado de las pistas en la economía de las empresas de transportes como ya vimos en el apartado 3.3.

También se deberá tener en cuenta la implementación de una base de datos igual a la que vimos en las alternativas de solución acerca de la Gestión; pero esta deberá estar dirigida a los datos solamente de la ruta que seguirán las unidades de dicha empresa.

Dentro de la problemática de las empresas de transporte está el tema del transporte público.



**Figura 4.6**

A continuación se dan alternativas de solución al problema del transporte visto en el capítulo III:

1. Aumento en la velocidad y eficiencia de los sistemas de transporte y comunicaciones.
2. Aumento en el número de interconexiones dentro del sistema vial urbano.
3. Regulación de la expansión de la capacidad de transporte y comunicaciones sobre zonas más grandes.

**Aumento en la velocidad y eficiencia de los sistemas de transporte y comunicaciones.**

- Si se cuenta con pistas de 2 vías y un solo sentido, cualquier estacionamiento o detención de vehículo originaria reducción de la velocidad en la vía rápida y embotellamiento en la de velocidad moderada reduciendo significativamente la eficiencia del sistema.
- Para evitar esto se deberá optar por la implementación de paraderos, áreas de estacionamiento temporal para emergencias en el lado derecho de la vía, incluyendo locales para estacionamiento vehicular, grifos y cocheras, en puntos adecuados, a lo largo de la vía y eliminar accesos y salidas bruscas.
- Por otro lado, se plantea aplicar esta premisa sin modificación de la infraestructura, convirtiendo avenidas de doble sentido, que

presenten problemas de congestión , en avenidas de un solo sentido, obteniéndose el mismo efecto que si se hubieran ensanchado, redistribuyéndose el reflujo del tránsito, en las vías paralelas a éstas.

- Implementar superficies lisas y continuas para lo cual se plantea eliminar todos los obstáculos de las carreteras, reparando baches, eliminando gibas o rompe muelles, bloques reflectantes, semáforos, los cruces vehiculares y peatonales a nivel, e implementando a su vez cruces subterráneos o elevados para vehículos, pases peatonales subterráneos y puentes peatonales sobre la vía principal. Esto se complementaría con bermas centrales enmalladas en las vías, para disuadir el cruce peatonal antirreglamentario.

#### **Aumento del número de interconexiones dentro del sistema vial urbano.**

Implica incrementar las alternativas de tránsito entre un lugar a otro y por lo tanto dotar de mayor eficiencia al sistema.

Por otro lado, está la regulación de la expansión de la capacidad de transporte y comunicaciones sobre zonas más grandes. Este principio, que tiene como objetivo reducir la densidad vehicular concentrada en pocas vías y distribuirla en un número mayor de vías, se puede combinar con la premisa de implementar carreteras más anchas, cambiando las principales avenidas de doble sentido con alta densidad de tránsito, a un solo sentido y estableciendo que el reflujo contrario correspondiente, sea absorbido por un número determinado de vías paralelas a éstas.

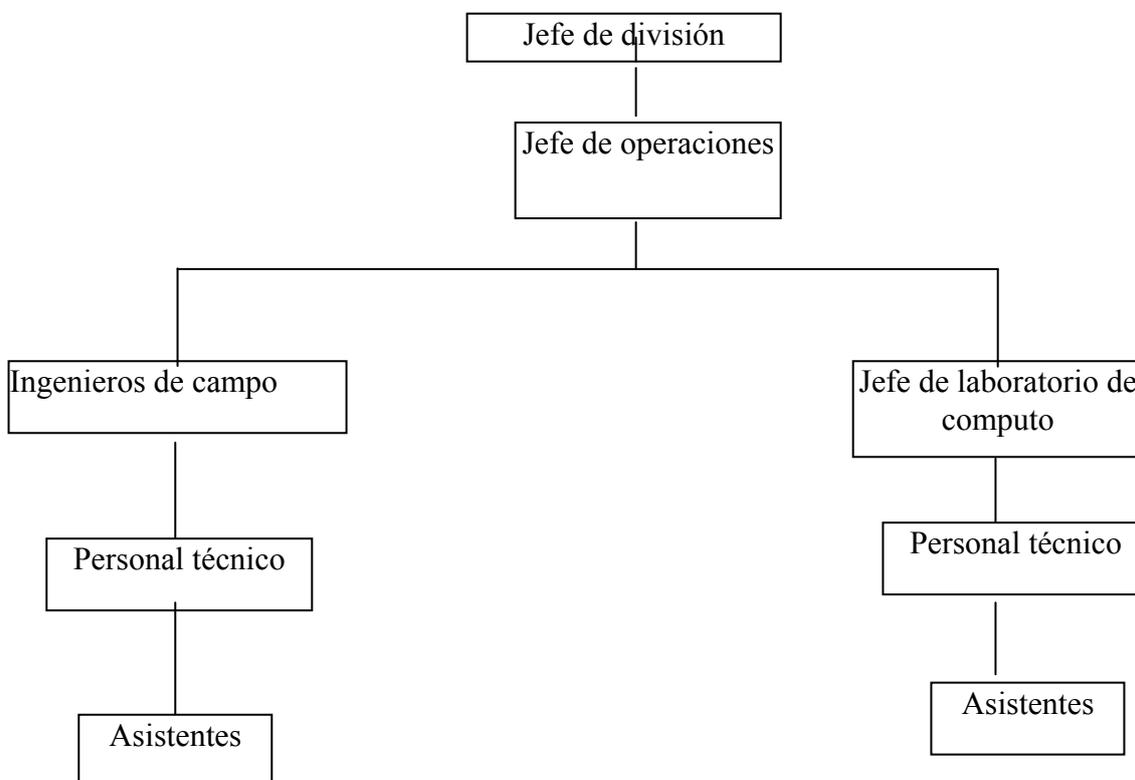
#### **4.4 Puesta en marcha del sistema de gestión de Pavimentos**

Ahora daremos una alternativa de puesta en marcha del sistema con los recursos mínimos necesarios para que los costos iniciales no sean elevados y poco a poco ir implementándose a medida que llega el presupuesto para los proyectos de la municipalidad.

Primeramente se deberá implementar un laboratorio de computo donde se pueda vaciar toda la información traída del campo y actualizar la base de datos.

#### 4.4.1 Organigrama del sistema

**Figura 4.7 Alternativa de organización**



El Jefe de división deberá ser un Ingeniero civil con amplio conocimiento en infraestructura vial y con capacidad de liderazgo, el cual tendrá a su cargo la responsabilidad de hacer cumplir las labores del Jefe de operaciones, también tendrá la responsabilidad de gestionar el apoyo no solo de la municipalidad sino de otras entidades para que el sistema funcione correctamente.

El jefe de operaciones se encargará de distribuir adecuadamente a los ingenieros encargados, ya sean de campo, laboratorio y computo. El se encargará de aprobar los proyectos del sistema y gestionará todos los insumos que hagan falta para la realización de los proyectos.

Los ejecutores propiamente dicho de los proyectos serán los Ingenieros de campo, laboratorio y computo, cada uno de ellos tendrá a su cargo personal técnico y asistentes que colaborarán directamente con los proyectos a realizar.

El personal técnico se encargará de levantar la información necesaria de las zonas para poder armar el proyecto.

#### **4.4.2 Equipamiento mínimo**

Para empezar la implementación del sistema, se necesitará contar con un mínimo de equipos, herramientas que especificamos a continuación:

##### **Para cómputo**

1. 2 Computadoras.
2. 2 Impresoras.
3. 2 Escritorios.
4. Otros, implementos mínimos de oficina.

##### **Para ensayos**

5. 1 Viga Benkelman.
6. 1 Rugosímetro.
7. 1 Deflectómetro.
8. 1 Juego de tamices.
9. 1 Horno.
10. 1 Balanza
11. Otros: Equipos de topografía, Cámaras fotográficas, Escritorios, etc.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que se presentan en este capítulo se basan en dos consideraciones: el ritmo cada vez más rápido de deterioro de los caminos en la ciudad de Piura, y el volumen considerable de los costos y las necesidades de financiamiento:

#### CONCLUSIONES

- Cuando se descuida el mantenimiento, la mayor parte del aumento de los costos totales de transporte (la suma de los costos de la infraestructura y de funcionamiento de los vehículos) recae sobre los usuarios, puesto que la participación de los organismos pertinentes en esos costos es pequeña.
- Si bien los costos de funcionamiento de los vehículos constituyen la proporción más importante de los costos totales del transporte vial en la ciudad de Piura, el mejoramiento de las condiciones de los caminos con escaso tráfico (no congestionados) permite una reducción menor de esos costos de lo que se había pensado anteriormente.
- Los analistas de proyectos en algunas ocasiones han cometido el error de atribuir a las inversiones viales beneficios mayores de los justificados en realidad. Por su parte las autoridades viales en nuestra ciudad con frecuencia han cometido el error de no tomar en cuenta el efecto que el descuido del mantenimiento tiene en los costos de los usuarios. Además, en el caso de la pavimentación de caminos estos dos tipos de errores no se anulan mutuamente, sino que en realidad se refuerzan: se procede a la pavimentación antes de que esté justificada y después se descuida el pavimento. Entonces cada vez resulta más costoso repararlo, lo que lleva a un mayor descuido y a fallas prematuras.
- Cuando se decide pavimentar o reforzar un camino con un tráfico de más de 500 vehículos diarios y es difícil controlar las cargas por eje, es probable que el ahorro económico que se derive de la construcción sea inferior al costo de las fallas prematuras del pavimento. Por lo tanto, en las ciudades, como Piura, en que es difícil hacer cumplir los límites de carga los caminos deben construirse inicialmente con arreglo a normas elevadas, aun cuando esto por lo general significa la construcción de menos caminos.
- Entre los factores que influyen en las decisiones en materia de mantenimiento, el volumen del tráfico suele ser más importante que

el estado de los caminos. De modo que cuando hay considerables limitaciones presupuestarias como es el caso de Piura, es posible que la solución no estribe en proceder a la reducción general de las actividades de mantenimiento. Puede ser más aconsejable mantener los caminos con un gran volumen de tráfico en estado regular o bueno y reducir considerablemente el mantenimiento de algunos caminos con un escaso volumen de tráfico.

- El mantenimiento inadecuado de los caminos en las ciudades como la nuestra obedece a varias causas, pero las deficiencias institucionales constituyen la única explicación del alcance de este fenómeno. El aspecto básico de esas deficiencias es la falta de una adecuada delimitación de responsabilidades en el sector público. Todas las actividades destinadas a promover el fortalecimiento institucional, incrementar los incentivos y mejorar el funcionamiento interno de los organismos viales deben juzgarse en función de sus posibilidades de mejorar esa delimitación de responsabilidades. El propio organismo vial debería estar sujeto a un sistema independiente de auditoria e inspección.

## RECOMENDACIONES

- La existencia de un sistema eficaz de información para la administración que abarque estos aspectos, así como el equipo, suministros y personal de los organismos de mantenimiento, es un requisito esencial para la eficiente planificación y asignación de los recursos.
- Para lograr un máximo de economía, la política de mantenimiento vial deben coordinarse con el diseño y la planificación de la construcción de los caminos, y los costos del ciclo de vida útil de éstos deben sopesarse frente a los costos de funcionamiento de los vehículos que transitan por ellos. Para lograr esta coordinación, se precisa una buena base de datos, personal idóneo y técnicas de análisis satisfactorias ( una verdadera Gestión de Pavimentos ).
- El uso del sistema propuesto de gestión de pavimentos no impedirá que se cometan errores como consecuencia del empleo de datos no fidedignos o de pronósticos incorrectos de tráfico, pero puede ayudar a evitar los errores que entraña la simplificación excesiva.
- Las características del deterioro vial y la separación de la función de administración de los caminos de su uso efectivo han aislado a las autoridades viales de las presiones del público y de las indicaciones del mercado. Tanto los grupos de usuarios como las entidades viales

deberían promover la concientización del público y dar a conocer sus necesidades y problemas a los responsables de las políticas.

- A fin de limitar las posibilidades de conflicto entre la función de planificación y control del organismo vial y su función de ejecución de obras, estas dos funciones deberían mantenerse separadas. El gobierno debería minimizar su participación directa en la ejecución de obras, incluso en las actividades de mantenimiento de rutina, y transferir esa responsabilidad a entidades independientes que operen en un entorno competitivo la flexibilidad y la eficiencia administrativa.
- En las ciudades como la de Piura en que hay una acumulación de obras de rehabilitación retrasadas y en aquellas en que los caminos más nuevos se están aproximando a la edad en que se multiplican las necesidades de mantenimiento, debe realizarse gastos adecuados de mantenimiento antes de que se empeore el estado de la red vial. Para ello con frecuencia es preciso reasignar fondos de nuevas obras de construcción a actividades de rehabilitación y mantenimiento.

**REFERENCIAS:**

1. “CONTROL DE CALIDAD DE PAVIMENTOS TERMINADOS”. Ing. Jorge R. Tosticarelli, de la Universidad Nacional de Rosario (Argentina).
2. “EL DETERIORO DE LOS CAMINOS EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO”. PROVIAL 2000.
3. Estudios realizados en Costa Rica, Chile, Mali. PROVIAL 2000.
4. Seminario de “Gestión de Pavimentos “. Ing. Jorge Botazo de la Universidad de la Plata (Argentina).
5. “EVALUACIÓN DE LA RED VIAL “. Ing. Diego Fernando Mazzitelli, de la dirección de vialidad de La Plata (DNV).
6. “EVALUACIÓN DE LA RED VIAL”. Ing. Alejandro L. Tagle. de la dirección de vialidad de La Plata (DNV).
7. “REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS: DEFINICIÓN DE LAS MEJORAS”. Ing. Martín Bruck, de Gagofonin S.A. (servicios generales de La Plata).
8. “EVALUACIÓN ECONÓMICA”. Ing. Luis M. Girardotti, de la sociedad Argentina de estudios S.A (SAE)
9. “Onceavo congreso Ibero – Latinoamericano del Asfalto “. Nov 2001(Lima – Perú )