

GIMP: UN SISTEMA DE GESTION PARA LA CONSERVACION DE PAVIMENTOS

Hernán de Solminihaç T., Rodrigo Gaete P.
Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción
Casilla 306 Correo 22, Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile
Fono - Fax: (56-2) 686-4806

Mario Droguett C.
COMCOR, Dictuc S.A., Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile.
Fono 686-4051

Aldo Delgado S.
Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas, Morande 59, Santiago, Chile.
Fono 361-3222

RESUMEN

El desarrollo económico y social de un país está íntimamente relacionado con el estado de sus vías de comunicación. El avance tecnológico ha permitido incorporar equipos de alto rendimiento en las actividades de auscultación de caminos, lo cual posibilita contar con la información necesaria para identificar el estado del pavimento y determinar, con anticipación, las acciones de conservación que requerirá cada tramo de carretera de una red vial. Esto crea la necesidad de automatizar la gestión vial, de manera de posibilitar la administración de la abundante información requerida para el diagnóstico y la asignación y evaluación técnico-económica de distintas alternativas de conservación, optimizando la inversión de los recursos disponibles.

Este trabajo describe, en líneas generales, el estado actual de los últimos desarrollos realizados a la fecha, del sistema de gestión integral para la conservación de pavimentos (GIMP) en su reciente versión para ambiente MS Windows, abordando los aspectos relativos a su diseño e implementación computacional, cuya principal característica, además de su mejoramiento computacional, es la incorporación de pavimentos de hormigón y asfalto en un mismo sistema.

1. INTRODUCCION

Dada la importancia del estado de las carreteras para la economía de un país y la imposibilidad de contar con fondos para cubrir todas las necesidades de conservación, se hace imperativa la optimización de la asignación de los recursos destinados a este efecto, de modo de mantener los caminos en distintos niveles de condiciones de servicio para que la red, como un todo, minimice los costos de transporte de los usuarios dados los recursos disponibles. Esto ha llevado al establecimiento de sistemas de gestión de pavimentos en distintos países del mundo, lo cual a su vez ha generado el desarrollo de dispositivos auscultadores, de alto rendimiento, que hacen posible el inventario detallado del estado de cada tramo de la red vial (Haas, 1994).

Lo anterior requiere automatizar el sistema de gestión vial y utilizar métodos de administración de la conservación cada vez más refinados, y aprovechar así en forma eficiente la abundante información generada, para comparar y evaluar cuidadosamente las posibles alternativas de conservación, optimizando la inversión de recursos y minimizando el costo de los usuarios de carreteras.

Este trabajo describe el estado actual de los últimos desarrollos realizados en el desarrollo de un sistema de gestión integral para la conservación de pavimentos denominado GIMP, en su reciente versión para ambiente MS Windows, abordando los aspectos relativos a su diseño e implementación computacional, lo cual tiene como principal característica, la posibilidad de evaluar a nivel de red pavimentos de asfalto y hormigón en un mismo sistema.

2. RESEÑA HISTORICA

El primer prototipo del sistema computacional GIMP se comenzó a desarrollar en el año 1987 como parte de las actividades contempladas en el proyecto de investigación "Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos Asfálticos" (De Solminihaac et al., 1989), y posteriormente el proyecto "Estudio para la Evaluación de la Eficacia de la Conservación en Pavimentos Asfálticos" (Videla et al., 1991), llevados a cabo por el Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile para la Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile, el cual tenía como principal objetivo desarrollar una herramienta que permitiera a Vialidad optimizar la inversión de recursos destinados a la conservación de pavimentos asfálticos, determinando para cada tramo o sector el momento oportuno para realizar las conservaciones, el tipo de solución a materializar, y finalmente los montos monetarios involucrados para un determinado período de evaluación. La razón principal de su aplicación únicamente a pavimentos asfálticos, se debió a que el GIMP utilizaba como herramienta de evaluación el programa HDM-III (Watanatada et al, 1987), el cual no consideraba los pavimentos de hormigón.

El diseño de las primeras versiones consistió en establecer un sistema de información que permitiera visualizar y coordinar, en detalle, la información y procesos involucrados, desde la medición en terreno hasta la conformación de un programa de conservación nacional. Este sistema se modeló teniendo en cuenta la intervención de distintos departamentos de la Dirección

de Vialidad, por lo cual el diseño consideró sus intereses y recursos disponibles (fundamentalmente el recurso computacional). En la Figura 1 se presenta un esquema general con el flujo básico para la información.

La implementación computacional estableció ambientes de desarrollo y estructuración de bases de datos que aseguren la flexibilidad y portabilidad del producto disponible a la fecha del inicio del desarrollo (sistema administrador de bases de datos relacional basado en el estandar EMPRESS/SQL y lenguaje C) (Boehm, 1981). Se dió especial importancia al diseño de interfaces amigables (Interfaz IANSI creada en lenguaje C) basadas en sistemas de ventanas, menús y gráficos. Estas primeras versiones del sistema GIMP fueron desarrolladas para equipos IBM PC o compatibles, para trabajar en ambiente DOS.

Los avances registrados posteriormente en el mundo de la computación, tanto en el hardware, como en el software, en cuanto a disponibilidad de computadores personales más rápidos y con mayor capacidad de memoria, y nuevos programas de bases de datos en ambiente MS Windows, más amigables y eficientes, hicieron plantear la conveniencia de construir una nueva versión del programa GIMP en esta plataforma, la cual aprovecha gran parte del diseño lógico de la versión anterior. Otro punto importante a considerar en el nuevo desarrollo, fue la incorporación de los pavimentos de hormigón, debido a la disponibilidad de un programa evaluador para este tipo de pavimentos (HDM-h) desarrollado por el IDIEM para el MOP (GIMP, 1995)

Lo anterior se enmarcó dentro de un tercer proyecto global de investigación entre las principales universidades del país y la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, denominado "Investigación e Implementación Sistema de Gestión Vial".

3. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA GIMP v 3.2

La versión 3.2 del sistema GIMP desarrollada para trabajar en ambiente MS Windows, permite optimizar la inversión de recursos destinados a la conservación de caminos, determinando para cada tramo o sector de camino el momento oportuno para realizar las conservaciones, el tipo de solución a materializar, y finalmente los montos monetarios involucrados para un determinado período de evaluación.

Los procesos de tramificación y sectorización de caminos, la evaluación del estado estructural y funcional del pavimento y la asignación de las opciones de conservación correspondientes, se realiza en forma interactiva ingeniero-computador. Para tal efecto GIMP administra y utiliza bases de datos de: inventario, antecedentes de construcción, tránsito, auscultación continua, costos y catálogos de acciones de conservación.

Para simular el deterioro y realizar la comparación de los indicadores económicos de las diferentes alternativas de conservación, el sistema incorpora el modelo HDM-III "Highway Design and Maintenance Standards Study", tercera versión (Paterson, 1987; Watanatada et al., 1985) y adaptada a la realidad chilena HDM-IIIch (Videla et al, 1991) en el caso de los pavimentos asfálticos, y el HDM-h (referencia IDIEM) para los pavimentos de hormigón.

GIMP lleva a cabo la selección de las alternativas óptimas de conservación en condiciones de restricción presupuestaria, utilizando el modelo EBM (Expenditure Budgeting Model) (Watanatada et al, 1987).

Los procesos que conforman el sistema GIMP versión 3.2 son:

- Administrar Banco de Datos
- Administrar Catálogos
- Evaluación de Red sin Conservación
- Simulación de Conservación en Red
- Optimización Presupuestaria
- Explotación Ejecutiva

3.1. Administrar banco de datos

Permite el manejo de las bases de datos a utilizar en el estudio. Los procesos involucrados en la administración del banco de datos son:

- a) Crear Base de Datos: permite crear una nueva base de datos en cualquier directorio chequeando espacio disponible en el disco.
- b) Activar Base de Datos: lee las bases disponibles en el sistema.
- c) Administrar Caminos: permite definir, eliminar y revisar los caminos existentes en la base de datos de trabajo.
- d) Importar Datos de Caminos: permite importar la información básica procesada y entregada por la Dirección de Vialidad en archivos tipo *.DBF (DBASE-III), correspondiente a inventario vial, datos de construcción, historia de mantenciones, inspección visual, deflexiones, rugosidad, y tránsito.
- e) Editar Datos Generales: permite modificar, eliminar, insertar y desplegar información de los registros de la base de datos de trabajo.

3.2. Administrar catálogos

Permite definir Acciones y Estándares de Conservación, administrar los Vehículos en la red, y la definición de Flotas de vehículos, administración de Climas, Estratigrafía y Nivel de Servicio. Los procesos involucrados en la administración de catálogos son:

- a) Acciones de conservación: permite manejar el catálogo de acciones básicas de conservación en pavimentos de asfalto y hormigón.
- b) Estándares de conservación: permite manejar el catálogo de estándares de conservación (acciones + criterio de aplicación).
- c) Vehículos de la red: Este procedimiento otorga la posibilidad de agregar, modificar, eliminar o revisar una definición de un vehículos.

- d) Flotas de vehículos de la red: En él es posible agregar, modificar, eliminar o revisar una definición de una flota vehicular compuesta por los códigos de los vehículos que se encuentran en el catálogo.
- e) Costos: permite mantener el registro de los costos asociados a las acciones de conservación de asfalto y hormigón.
- f) Climas: permite manipular los datos de lluvias asociados a zonas geográficas.
- g) Estratigrafías: permite manipular datos de la distribución de pesos por eje de los vehículos.
- h) Nivel de Servicio: permite definir los niveles de TMDA que indican un nivel de servicio alto, medio y bajo.

3.3. Evaluación de red sin conservación

Efectua una evaluación del estado actual de la red. Los procesos asociados son los siguientes:

- a) Definición de tramos homogéneos: tramificación automática de un camino seleccionado por el usuario. Las variables que intervienen son: tránsito, edad y tipo de construcción, ancho de la calzada y la geometría del terreno (Figura 2).
- b) Definición de secciones homogéneas: sectorización automática de cada tramo homogéneo definido anteriormente. Las variables que intervienen para definir una sección son: agrietamiento, ahuellamiento, deflexión, % de losas agrietadas, escalonamiento, espesor de losa y rugosidad (Figura 3).
- c) Elaboración de Informes: permite la elaboración de informes técnicos anuales del estado de la red en estudio.
- d) Modelación del deterioro: permite predecir el deterioro sin conservación de las secciones homogéneas definidas..
- e) Graficar y listar: permite elaborar listados y gráficos del estado actual de la red según tipo de superficie, estado vial y categorías de camino.

3.4. Simulación de conservación en red

Efectua una simulación del deterioro y conservación de la red para distintas alternativas de mantención, y evalúa económicamente para cada una de ellas los costos asociados a conservación, usuarios y otros costos exógenos, indicando además su rentabilidad. La descripción de los procesos es la siguiente:

- a) Preparación: define alternativas de tramos y grupo, asigna beneficios y costos exógenos a las alternativas de tramos y se seleccionan los informes de salida.
- b) Generación de series: permite la generación de archivos con la información de entrada requerida por el modelo HDM-III en el caso de pavimentos asfálticos y HDM-h para los pavimentos de hormigón. Esta información se genera interactuando con las bases de datos.

- c) Modelación y Evaluación: Ejecuta el HDM. Su función principal es realizar la modelación y evaluación de un estudio. Para efectuar la modelación, es necesario acceder a los datos de los estudio de la base de datos
- d) Procesamiento de salidas HDM-III: Procesa los archivos generados por el módulo Hdm-H y genera los informes tipo 1, 2, 4, 6, 7, 11 y EBM.
- e) Despliegue de informes: Permite visualizar a través de informes, las salidas del HDM, producto de la corrida de un estudio.

3.5. Optimización presupuestaria

Permite manejar la optimización, sujeta a una restricción presupuestaria, de todas las comparaciones de alternativas de tramo.

- a) Definición de proyectos: Define proyectos en base a la unión de varios estudios que contengan un mismo horizonte de tiempo.
- b) Optimización: Definición de parámetros y método de optimización y definición de las condiciones presupuestarias.
- c) Preparación Ejecución de EBM: Se encarga de efectuar el llamado al software de optimización EBM, con los parámetros y métodos definidos en los procesos anteriores.
- d) Interpretación de resultados: Interpretación de resultados arrojados por el EBM.

3.6. Explotación ejecutiva

Utiliza los resultados de HDM y EBM para la generación de reportes integrados. Para este último proceso, se ha desarrollado un módulo computacional separado de las anteriores etapas, de modo de poder facilitar el manejo de la información, integrando los resultados obtenidos de las evaluaciones técnicas y económicas. Se obtienen finalmente informes ejecutivos a nivel de proyecto y/o red en los siguientes aspectos:

- a) Estado: Tablas y gráficos del estado en un año determinado (Figura 4), evolución y comparación del deterioro para distintos escenarios de restricciones presupuestarias (Figura 5).
- b) Costos: Tablas y gráficos con la evolución y comparación de beneficios totales económicos, financieros, de usuarios y conservación para distintos escenarios de restricciones presupuestarias.
- c) Beneficios: Tablas y gráficos con la evolución y comparación de los beneficios económicos obtenidos para la red (ahorro de costos de usuarios) para distintos escenarios de restricciones presupuestarias.
- d) Plan de Conservación: Tablas y gráficos con cantidades de obra (Figura 6), costos financieros de obra y programa de conservación (Figura 7) para distintos escenarios de restricciones presupuestarias.

4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

El presente capítulo resume los principales aspectos y requerimientos técnicos involucrados en esta aplicación.

4.1 Líneas de código generadas y lenguaje utilizado

- Líneas de código generadas : 90.554 líneas.
- Lenguaje de programación : Visual Basic y Bases de Datos ACCESS.

4.2. Requerimientos mínimos de hardware

- Tipo de PC : 80486 o superior
- Velocidad de procesamiento : 25 MHz
- Memoria principal : 4MB Ram (Recomendable 16 MB)
- Memoria Disco Duro : 10 MB (Recomendable 20 MB)

4.3. Requerimientos mínimos de software

- | | |
|--------------------------------|---|
| Sistema Operativo: | MS-DOS versión 6.0 o superior |
| MS Windows | 3.X o Windows 95 |
| Software específico aplicación | HDM-IIIch (evaluación pav. asfálticos) |
| | HDM-h (evaluación pav. hormigón) |
| | EBM (optimización bajo restricciones presupuestarias) |

5. CONCLUSIONES

Se desarrolló una versión mejorada de un Sistema de Gestión Integral de la Mantenición de Pavimentos (GIMP), el cual permite un adecuado manejo de los recursos destinados a conservación de caminos. La nueva versión (GIMP v3.2) opera bajo ambiente MSWindows, e incorpora en la evaluación a los pavimentos de hormigón. El sistema GIMP organiza en forma computacional la información de construcción, mantención y comportamiento de los pavimentos, tanto en asfalto, como de hormigón, así como las solicitudes de tránsito y clima, para configurar los datos de entrada de los modelos de evaluación (HDM-IIIch y HDM-h), y en forma posterior el modelo de optimización económica bajo restricciones presupuestarias (EBM), los cuales se utilizan para la priorización económica de los sectores de pavimentos que serán mantenidos, permitiendo optimizar la inversión de recursos destinados a la conservación de caminos, determinando para cada tramo o sector el momento oportuno para realizar las conservaciones, el tipo de solución a materializar, y finalmente los montos monetarios involucrados para un determinado período de evaluación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección a Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile por el apoyo financiero y técnico dado a este estudio, a través de las investigaciones antes mencionadas y a todo el personal que ha trabajado en estos proyectos.

REFERENCIAS

Boehm, B.(1981) **Software Engineering Economics**. Prentice-Hall, New Jersey.

De Solminihaç, H. et al (1989) Plan de Control y Seguimiento de Pavimentos Asfálticos. Informe Final, Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile.

GIMP (1995). Curso de capacitación Sistema Computacional GIMP. Apuntes de clases. Pontificia Universidad Católica de Chile, DICTUC. Universidad de Chile, IDIEM. 19 al 23 de Junio, Santiago.

Haas, R., W.R. Hudson y J. Zaniewski (1994) **Modern Pavement Management**. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida.

Paterson, W. (1987) Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management. **The Highway Design and Maintenance Standards Model HDM-III 3**, The World Bank, Washington.

Videla, C. et. al. (1990) Estudio para la Evaluación de la Eficacia de la Conservación en Pavimentos Asfálticos. Informe Anual N°1, Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Watanatada, T. et. al.(1985) Model Description and User's Manual. **The Highway Design and Maintenance Standards Model HDM-III 4**, The World Bank, Washington.

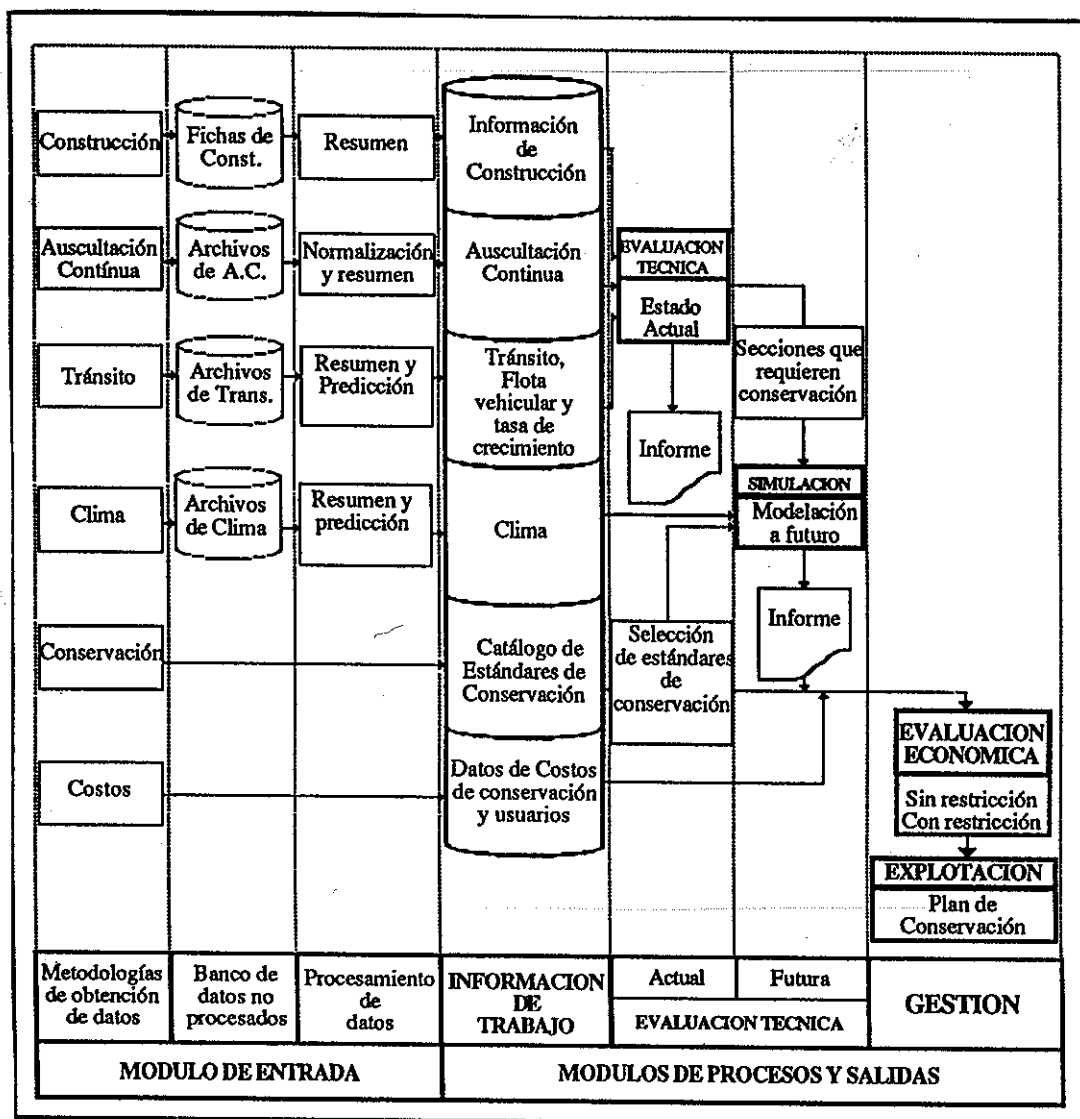


Figura 1 : Descripción general del Sistema GIMP. Lógica computacional básica (Videla et al, 1990)

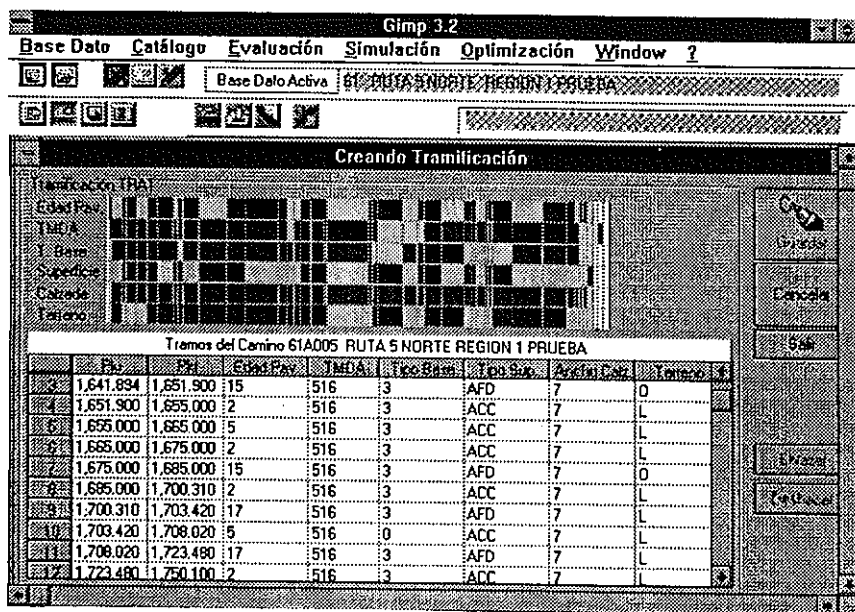


Figura 2 : Definición de tramos homogéneos

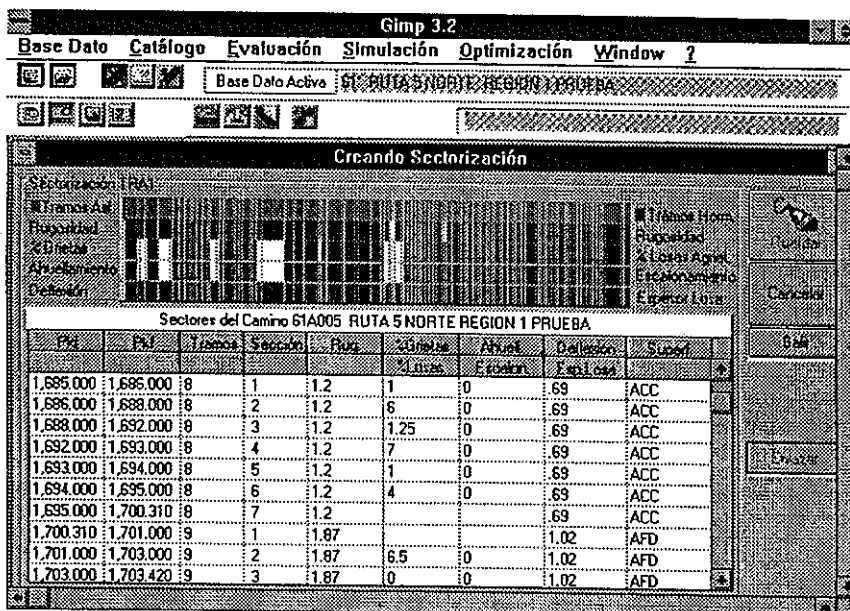


Figura 3 : Definición de secciones homogéneas

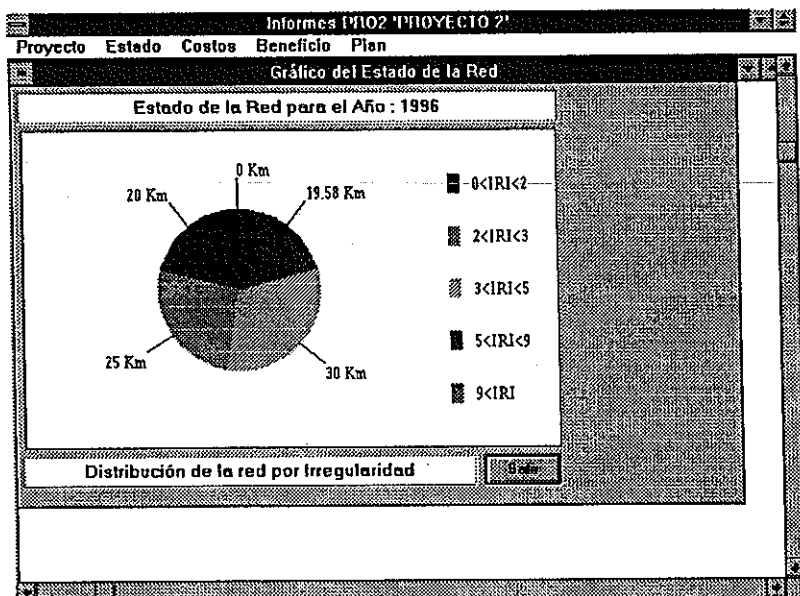


Figura 4 : Estado de la red en un año determinado

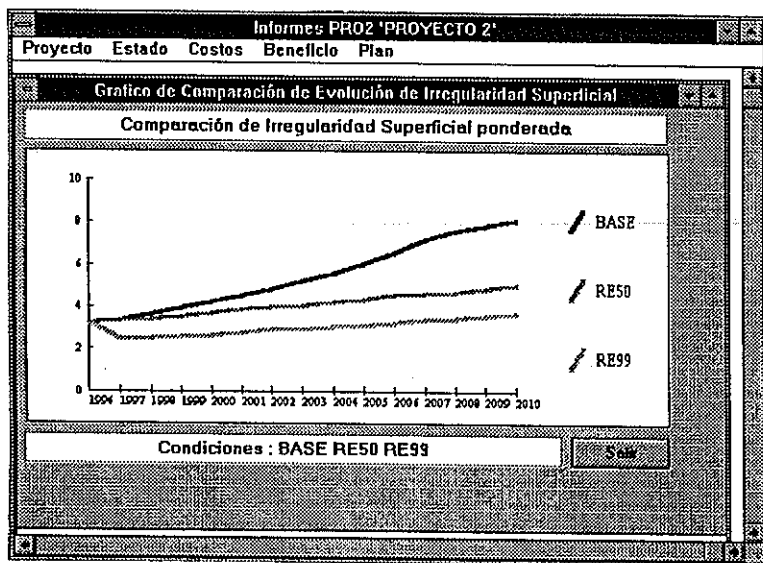


Figura 5 : Comparación del deterioro para distintos escenarios de restricciones presupuestarias