

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Facultad de Matemática, Física y Computación
Licenciatura en Ciencias de la Computación



TRABAJO DE DIPLOMA

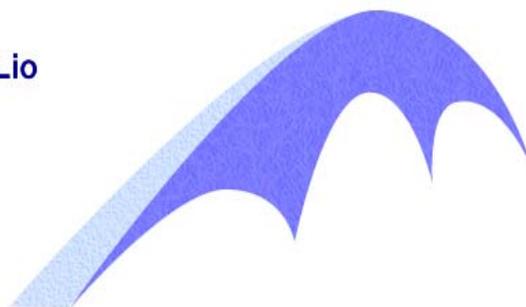
SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES

GIP V1.0

Autor: Lisdanay Lugo Herrera

Tutor: Dr. Daniel Gálvez Lio

Curso 2005 - 2006



El conocimiento es la virtud, y sólo si se sabe se puede divisar el bien.

Sócrates.

Resumen

En el presente trabajo se expone la elaboración de un Sistema de Gestión Integral de Puentes, basado en la metodología de Gestión Integral de Puentes planteada por el Doctor en Ciencias Técnicas Luis González Arestuche en su trabajo "Experiencias y métodos para la conservación de puentes de carretera en la República de Cuba".

Se realizó una revisión bibliográfica para conocer los criterios que tienen diversos autores sobre la confección y desarrollo de sistemas de gestión de puentes, así como una recopilación de las técnicas más eficientes y tecnologías más avanzadas en el diseño de sistemas de este género.

El software desarrollado (GIP versión 1.0) facilitará el trabajo a los especialistas de los Centros Provinciales de Vialidad del Ministerio de Transporte en la realización de estudios viales y el control de estas estructuras.

Abstract

In the present work the major development of a Bridge Management System is exposed, which is based on the methodology of Integral Management of Bridges raised by PhD Luis González Arestuche in his work "Experiences and methods for the conservation of highway bridges in the Republic of Cuba".

It was made a bibliographical revision to know the criteria that have diverse authors on the preparation and development of Bridge Management Systems, as well as a compilation the most efficient techniques and technologies more outposts in the design of systems of this sort.

Developed software (GIP version 1.0) improves the work to the specialists of the Provincial Centers of Road of the Ministry of Transport in the accomplishment of both the road studies and the control of the information on bridges.

Índice

<i>Introducción</i>	2
CAPÍTULO 1. LA GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES	7
1.1 <i>Los puentes, parte de la vida económica y tecnológica de la humanidad</i>	7
1.1.1 <i>Los puentes y su importancia</i>	7
1.1.2 <i>Caracterización de un puente y su estado físico</i>	9
1.1.3 <i>Conservación de puentes</i>	11
1.2 <i>Sistemas de Gestión de Puentes</i>	13
1.2.1 <i>Sistemas de Gestión</i>	13
1.2.2 <i>Sistemas de Gestión de Puentes</i>	14
1.2.3 <i>Objetivos de un Sistema de Gestión de Puentes</i>	15
1.2.4 <i>Características de un Sistema de Gestión de Puentes</i>	16
1.2.5 <i>Aplicaciones de un Sistema de Gestión de Puentes</i>	18
1.2.6 <i>Ejemplos de Sistemas de Gestión de Puentes</i>	18
1.3 <i>La propuesta cubana para la Gestión Integral de Puentes</i>	20
1.3.1 <i>¿Qué es Gestión Integral de Puentes?</i>	21
1.3.2 <i>SAP, el primer Sistema de Gestión de Puentes en Cuba</i>	22
1.4 <i>Conclusiones Parciales</i>	28
CAPÍTULO 2. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES	30
2.1 <i>Descripción del problema a resolver</i>	30
2.2 <i>Análisis de la funcionalidad del sistema</i>	31
2.3 <i>Estructura estática del sistema</i>	39
2.4 <i>Comportamiento del sistema</i>	42
2.5 <i>Estructura de la capa de datos</i>	46
2.6 <i>Consideraciones del Capítulo</i>	52

<i>CAPÍTULO 3. MANUAL DE USUARIOS</i>	54
3.1 <i>Requerimientos del sistema</i>	54
3.2 <i>Características Generales</i>	54
3.3 <i>Iniciar la aplicación</i>	54
3.4 <i>Menú Administrar</i>	56
3.5 <i>Menú Maestros</i>	60
3.5.1 <i>Maestros Fijos</i>	60
3.5.1 <i>Maestros de Jerarquía</i>	61
3.6 <i>Menú Recursos Humanos</i>	65
3.7 <i>Menú Inventario</i>	65
3.8 <i>Menú Inspección</i>	70
3.9 <i>Menú Reportes</i>	73
<i>Conclusiones</i>	77
<i>Recomendaciones</i>	79
<i>Referencias Bibliográficas</i>	81
<i>Bibliografía</i>	84
<i>Anexos</i>	87

INTRODUCCIÓN

Introducción

En los últimos años, el uso de la computación en diferentes ramas del conocimiento humano ha marcado un salto cualitativo en el desarrollo de la ciencia y la técnica.

En la sociedad actual nos encontramos que el control de la información requiere apoyarse cada vez más en estas técnicas; dado el fenómeno del incremento de la cantidad de datos que se deben manipular para cualquier proceso económico o social. Por ello, en la medida en que seamos capaces de emplear las nuevas tecnologías de forma eficiente y de introducir rápidamente y con criterio económico los resultados de la investigación a la producción, estaremos contribuyendo a acelerar nuestro desarrollo socio-económico.

La infraestructura vial de un país constituye la plataforma más importante para su crecimiento económico, ya que permite la comunicación por vía terrestre y con ello la integración nacional. El elemento dentro del sistema de carreteras que garantiza la continuidad vial son los puentes. La creación de estas estructuras y más que eso, la conservación de las existentes, es una realidad insoslayable ante el ritmo de crecimiento potencial de la economía cubana. Los puentes de la red nacional de carreteras necesitan conservación de forma más o menos frecuente, como consecuencia de la acción agresiva de los agentes naturales, el desarrollo acelerado del turismo y el crecimiento desmesurado de las cargas. Por estas razones, en la actualidad no sólo se demanda una infraestructura adecuada de carreteras, sino también de una gestión de las mismas al mayor nivel.

La implantación en nuestro país de una estrategia para la conservación de carreteras y más específicamente de sus puentes, por ser el elemento más frágil dentro de la infraestructura vial, garantiza de su óptimo funcionamiento y con ello, la seguridad del tránsito.

Debido a las razones expuestas anteriormente, los ingenieros civiles de la Empresa de Proyectos de Ingeniería y Arquitectura de Matanzas, dirigidos por el Doctor en Ciencias Técnicas Luis R. González Arestuche, elaboraron una metodología de Gestión Integral de

Puentes (González Arestuche, 1999), cuyo objetivo fundamental es garantizar la conservación de estas estructuras.

Esta metodología (González Arestuche, 1999) plantea que para la conservación de un puente es importante llevar un registro detallado y exacto, creando un inventario de estas obras en el cual se definan sus características, y posteriormente efectuar inspecciones periódicas y sistemáticas, controlando su estado físico durante la explotación.

Para cumplir estos propósitos fue elaborado un software para la administración de puentes en lenguaje Visual Fox Pro 6.0, que corre sobre Windows 98. Esta versión está limitada porque no corre en las versiones actuales de Windows y la base de datos no soporta cambios de diseño con la flexibilidad necesaria.

En estos momentos es una prioridad del Ministerio del Transporte, específicamente de los Centros Provinciales de Vialidad, generalizar una aplicación de este tipo en todo el país que les permita manejar la información de las provincias, facilitando la realización de estudios viales regionales, evaluaciones periódicas de los puentes y la obtención de reportes sobre el estado físico de los mismos.

Como parte del presente trabajo de diploma se pretende realizar un sistema basado en la solución anterior pero que garantice portabilidad hacia las nuevas plataformas y sistemas operativos actuales. Se considera además que definiendo una estructura para la Base de Datos que incluya información sobre los datos a almacenar se puede lograr flexibilidad en el diseño de los aspectos técnicos que conforman un puente y que definiendo un módulo como capa de datos que implemente la comunicación entre la Base de Datos y el resto de los elementos de la aplicación (interfaz de usuario y módulos del negocio) se garantice independencia para la información manipulada, con grandes ventajas para la aplicación.

El trabajo a realizar tiene los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Desarrollar un sistema computacional para la Gestión Integral de Puentes de Carretera, utilizando un lenguaje de programación de alto nivel, con la asesoría de los expertos en materia de construcción y conservación de puentes, que supere las limitaciones de una versión ya existente con el fin de facilitar la gestión de los Puentes de la República de Cuba.

Objetivos específicos:

1. Analizar los requerimientos que no fueron planificados en la primera versión del software.
2. Efectuar una revisión bibliográfica donde se evalúe la existencia y eficacia de sistemas profesionales, tanto nacionales como internacionales, que permitan la Gestión Integral de Puentes.
3. Realizar un diseño de bases de datos que garantice flexibilidad en la incorporación de nuevos aspectos técnicos y de daños.
4. Análisis, diseño e implementación del Sistema de Gestión Integral de Puentes: GIP 1.0.

Campo de aplicación:

Los resultados obtenidos facilitarán el trabajo a los ingenieros civiles de los Centros Provinciales de Vialidad para la realización de estudios viales y la toma de decisiones para efectuar acciones de conservación. En estos momentos el sistema está en fase de implantación en el Centro Provincial de Vialidad de Matanzas.

Este documento está compuesto por tres capítulos: Capítulo 1. "La Gestión Integral de Puentes", Capítulo 2. "Implementación de un Sistema de Gestión Integral de Puentes", Capítulo 3 "Manual de Usuario".

En el capítulo 1 se abordan ciertos conceptos fundamentales referentes a los puentes, las metodologías de gestión de puentes y algunos Sistemas de Gestión de Puentes que han sido implementados en el mundo, aspectos que fueron analizados para la construcción del sistema.

En el capítulo 2 se explica cómo se implementó la aplicación, es decir, qué herramientas se utilizaron y se describe el sistema desde el punto de vista computacional.

Finalmente el capítulo 3, es el Manual de Usuario, describe cómo lograr un uso óptimo del sistema, el hardware necesario y las áreas de aplicación.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1. LA GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES

En este capítulo se define qué es un puente y cómo caracterizarlo. Se destaca además la importancia de estas estructuras y de su conservación. También se hace un análisis del estado del arte de los Sistemas de Gestión de Puentes en la actualidad y los principios de la gestión integral de puentes como estrategia vital para la conservación de estos elementos de la infraestructura vial.

1.1 Los puentes, parte de la vida económica y tecnológica de la humanidad

Se hace imprescindible para el desarrollo de este trabajo explicar algunos conceptos referentes a los puentes, ya que son el objeto de esta investigación. ¿Qué es un puente? ¿Qué importancia tienen? ¿Cómo caracterizar un puente? Son algunas de las preguntas a las que se les dará respuesta en estas páginas.

1.1.1. Los puentes y su importancia

Los puentes siempre han fascinado a la humanidad, ya que son como los pies alargados y colectivos de los seres humanos. A veces no nos percatamos de su importancia porque están ahí, silenciosamente, sin notarse apenas su existencia. El puente se interpone entre las dos cosas que son su razón de ser y de estar donde está: el obstáculo sobre el cual atraviesa y el sistema de transportación al cual sirve.

Se define un puente como “una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos de viajeros, animales y mercancías”. (Flores, 1998: 1)

Los puentes unen a las sociedades. Son un símbolo de vida y esperanza. Han permitido levantar caminos en el aire, volar sobre el territorio sin despegar los pies del suelo, salvar

valles y caminar sobre las aguas. La circulación de personas, vehículos, datos, mercancías e información define nuestro tiempo, de manera que una sociedad moderna no puede concebirse sin la continua mejora de los canales de comunicación. El puente se ha convertido en el paradigma de la movilidad, en la herramienta que permite transitar el territorio superando los obstáculos físicos, extendiendo las diferentes redes de conexión en niveles superpuestos sin que encuentren impedimentos, estableciendo nuevos nexos y abriendo caminos que parecían imposibles para incrementar la capacidad de desplazamiento e intercambio.

Los puentes no son proyectos aislados, sino partes de un sistema, y se diseñan y construyen dentro del contexto y del presupuesto del sistema y la ruta a la cual sirven. El puente de carreteras tiene que verse como parte de una carretera, del sistema de carreteras, y aún como parte del esquema general de transportación del país.

La infraestructura de un país y su desarrollo constituyen la plataforma más importante para su crecimiento económico. En este contexto, la infraestructura que permite la comunicación por vía terrestre, se ha convertido en un elemento de gran trascendencia de integración nacional, al permitir el desplazamiento de su población a lo largo del territorio nacional y al poner en contacto a productores, distribuidores y consumidores para hacer realidad la actividad económica.

En el aspecto militar, los puentes también desempeñan un papel de gran importancia, ya que en condiciones de guerra, no siempre basta con los llamados “camino militares”. Estos pueden resultar insuficientes, porque generalmente son construidos, mantenidos y reparados por dichas unidades. Por razones obvias una gran parte de las redes viales en explotación en tiempo de paz, se ve utilizada y envuelta en confrontaciones bélicas, cuestión que ha tomado mayor fuerza en la etapa actual, atendiendo al alto nivel de motorización y mecanización de los ejércitos. De esta manera se puede intuir que la interrupción de una tropa se logra de manera más eficaz destruyendo total o parcialmente los puentes en los tramos de más difícil acceso.

El desarrollo del turismo en nuestro país, alcanzado al inicio de la década de los noventa del pasado siglo, así como el proceso de reanimación de la economía, exigen el buen estado y la regularidad del funcionamiento de los puentes especialmente los de carretera. Por tal razón, muchos especialistas han hecho énfasis en la creación de sistemas y mecanismos que garanticen la observación, el estudio periódico de la capacidad para su explotación, la resistencia y sobre todo la detección de todos los posibles defectos y averías que presentan estas estructuras.

1.1.2. Caracterización de un puente y su estado físico

Para lograr un mejor funcionamiento de los puentes es preciso tener un registro de estas estructuras. Ahora, ¿cómo se puede controlar la información de un puente? Es preciso destacar que para describir estas construcciones y el estado físico en el que se encuentran se deben tener en cuenta diversos elementos que, aunque a simple vista no lo parezca, influyen de forma más o menos notable en su desempeño. El Dr. Ingeniero Luis R. González Arestuche en 1998 realizó una propuesta para caracterizar un puente siguiendo una hoja de inventario (Anexo 1). No obstante, con la práctica, esta hoja de inventario fue insuficiente, dada la rigidez de la misma, ya que podían aparecer elementos que no se habían tenido presentes en la confección del inventario, lo mismo en la descripción de su estructura básica, como al caracterizar los daños en él. En estos casos se debía adicionar una hoja con observaciones, ya que afortunadamente siempre existe en el papel la posibilidad de adicionar todo lo que falta.

Ante esta situación, pero dando continuidad a la hoja de inventario, el mencionado especialista Luis R. González Arestuche realizó una nueva propuesta más flexible, la cual se expone en la figura 1.1. En esta imagen se puede ver que los elementos que componen un puente son agrupados en lo que el autor antes mencionado, en su trabajo “Experiencias y métodos para la conservación de puentes de carretera en la República de Cuba” llama **aspectos**, estos abarcan las funciones del puente teniendo en cuenta el obstáculo que supera, por ejemplo: Aspectos Estructurales, Aspectos Hidráulicos, Aspectos Socio-

Económicos, etc. Estos aspectos son caracterizados por **atributos**, que son los elementos como tal, ya clasificados. Los atributos toman **valores**, que son los que describen al puente. A los atributos se les puede asignar, de un conjunto de valores, sólo uno de ellos. En otros casos varios de esos valores pueden describirlo. Existen ciertos atributos donde la persona que está caracterizando el puente incorpora el valor que le será asignado. Esto último sucede generalmente para las longitudes, cantidades, etc.

Se ejemplificará esto con el caso del elemento superestructura del puente. Entre los aspectos estructurales, deben tenerse en cuenta todas las partes de la estructura del puente, o sea, la parte física de su construcción. Una de las partes más importantes del puente es la superestructura. Por lo que uno de los atributos a controlar dentro de los aspectos estructurales es el material de la superestructura. Este atributo, a su vez, puede tomar disímiles valores y con el desarrollo de la ciencia y los materiales cada día se incrementan aún más. Un mismo puente puede estar compuesto por varios de estos materiales en su superestructura. Algunos de los valores para caracterizar el material de la superestructura son:

- ✓ Hormigón prefabricado
- ✓ Acero
- ✓ Madera

Para una mejor comprensión de la forma de agrupar los elementos para describir un puente consulte la figura 1.1.

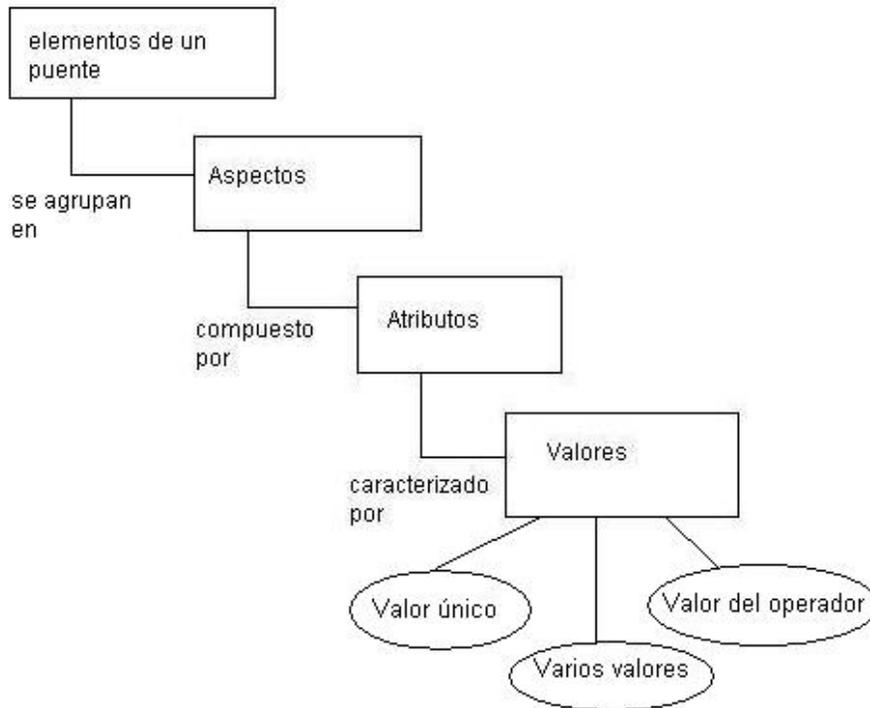


Figura 1.1: Propuesta para agrupar los elementos que caracterizan un puente.

1.1.3. Conservación de puentes

Desde épocas remotas el hombre ha tenido presente que las obras deben perdurar en el tiempo por un período largo, de modo tal que se amorticen los gastos incurridos en ellas.

La conservación de los puentes constituye una prueba difícil para diseñadores y constructores. La altura de algunos puentes y las anchas corrientes que atraviesan otros los convierten en problemas de construcción de considerable envergadura. Las condiciones de apoyo y subsuelo son a menudo difíciles. La ubicación de muchos puentes es, por necesidad, precisamente en los lugares menos indicados para la longevidad de cualquier estructura, por estar situados en entornos abruptos, con microclimas severos y deben resistir la acción del medio ambiente en la estructura: golpes de agua, salitre, desprendimientos de taludes, socavación por erosión, y otras condiciones que normalmente se trata de evitar. Esas onerosas condiciones van ganando terreno y comienzan a deteriorarse. Esto, unido a

las limitaciones de presupuesto y la exposición a terremotos y vientos, que los acosan al igual que a toda estructura, hacen que los puentes se encuentren entre las obras de ingeniería que más frecuentemente fallan en caso de huracanes y crecidas.

Sin embargo, aunque el daño es inevitable, los puentes deben permanecer en funcionamiento durante toda su vida activa, lo que significa que las desviaciones, deformaciones y grietas deben permanecer dentro de los límites aceptables tanto por la parte de la apariencia, como de su seguridad.

Para la conservación de una obra se realizan operaciones, las cuales pueden clasificarse en:

- **Mantenimiento:** No incluye acciones que eleven los niveles de servicios, se trata simplemente de “mantener” el estado de la obra. Se considera mantenimiento al conjunto de trabajos sistemáticos que se realizan a una obra, con el objetivo de que no ocurran fallos que ocasionen inversiones en reparaciones de mayor orden, en general incluyen los trabajos que deberán realizarse cuando se ha iniciado el fallo, como: desconchados, grietas de pequeñas amplitudes, etc.
- **Rehabilitación o recuperación:** Considera los trabajos que se realizan para “recuperar” el estado inicial perdido con el deterioro; de modo que los elementos readquieran su capacidad resistente.
- **Adaptación:** Trabajos que se relacionan con las nuevas exigencias del tráfico: por crecimiento de sus intensidades, superiores a las previstas por el diseñador en su capacidad de resistencia, por mejoras tecnológicas o funcionales justificadas o por mejoras en la seguridad de los usuarios.

El equipo de trabajo del Dr. Ingeniero Luis R. González, resalta la influencia que el estado de la carretera ejerce en los costos de operación de los vehículos. De ahí la importancia que la inversión en carreteras tiene, tanto en construcción como en conservación. Esta última tiene un doble objetivo, por una parte, preservar el patrimonio existente y de otra, garantizar una circulación de vehículos que cumpla con los requisitos de: seguridad, comodidad, fluidez y economía. (González Arestuche et al., 2000)

Estos especialistas recomiendan que el volumen de inversión a destinar a la conservación vial en el país sea el 25% del valor patrimonial de la red de carreteras, atendiendo al nivel de interés nacional. En consecuencia con esta proposición, se considera además que entre el 15 y el 25% de ese volumen de inversión debe ser dedicado a las acciones de conservación de los puentes y alcantarillas de la red considerada o en estudio. (González Arestuche et al., 2000)

En Cuba, la realidad de la política inversora ha sido muy diferente a la planteada, teniendo en cuenta que el país ha estado en una situación especial, condicionada por el bloqueo económico y la desaparición del campo socialista. Se ha priorizado la construcción de infraestructuras, relacionadas con el desarrollo turístico en las cayerías frente a la conservación, lo cual ha afectado a la red de carreteras no vinculadas con esta actividad económica.

Conservar la red de carreteras y conjuntamente sus puentes en estado aceptable no resulta un trabajo sencillo y ésta debe apoyarse en los datos, inventarios e inspecciones, recopilados o efectuados, tanto por las administraciones adscriptas al Centro Nacional de Vialidad del Ministerio de Transporte, como por otros organismos y entidades especializadas. Es precisamente este criterio el que ha motivado la realización de este trabajo, ya que hoy en día no sólo se demanda una infraestructura adecuada de carreteras, sino también de una gestión de las mismas al mayor nivel.

1.2 Sistemas de Gestión de Puentes

1.2.1 Sistemas de Gestión

Gestión son las actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. Por su parte, “un **sistema de gestión** es el conjunto de procedimientos, protocolos y registros que documentan de forma estructurada las actividades llevadas a cabo por la empresa”

(González Pérez, 2003). Este mismo autor comenta además que en todos los sistemas de gestión el concepto general es crear documentalmente un círculo cerrado en el cual la empresa se controle internamente y practique una política hacia a la mejora continua.

Para mejorar el funcionamiento de la infraestructura vial, diversos especialistas tomaron este término empresarial y lo ajustaron a las necesidades de estas construcciones. Así surgen los Sistemas de Gestión de Puentes (SGP), como una vía para aplicar los conocimientos adquiridos a la búsqueda de la mayor rentabilidad para la conservación de estas estructuras y así obtener la mejor calidad basándose en la utilización óptima de los recursos disponibles.

1.2.2 Sistemas de Gestión de Puentes

Para la realización de las operaciones de conservación de puentes, es requisito primordial contar con un registro detallado y exacto de cada uno de los puentes de la vía o red de vías en estudio o análisis. Es preciso además tener una estrategia: la **gestión de puentes**. Los ingenieros civiles que han dedicado sus esfuerzos a estas estructuras han expresado que: “la gestión de puentes direcciona todas las actividades a través de la vida de un puente desde su construcción hasta su reemplazo y está encaminado a asegurar su seguridad y funcionalidad.” (Woodward et al, 2001: 10).

La gestión de puentes requiere procedimientos que aseguren que estas estructuras sean regularmente inspeccionadas y evaluadas, y se efectúe un mantenimiento apropiado para que cada puente cumpla con las condiciones estándares requeridas a través de su vida de servicio. Para realizar esto de manera eficiente y efectiva, se necesita que esta información sea de fácil acceso. Hace algunos años, esto se hacía utilizando catálogos manuales. Esta situación era aceptable, pero tenía ciertas desventajas, como que la información era menos accesible y segura, el procesamiento de datos era muy difícil, etc. El crecimiento del número de puentes y el desarrollo de las computadoras han impulsado el desarrollo de

sistemas automatizados para el mantenimiento de los puentes. Dados estos antecedentes es posible definir los Sistemas de Gestión de Puentes.

“Un **Sistema de Gestión de Puentes** (SGP) es una herramienta para ayudar a las instituciones encargadas de carreteras y puentes en su labor de mejorar continuamente la red de puentes, siguiendo la política de la institución, objetivos a largo plazo y limitaciones de presupuesto” (Woodward et al, 2001: 10)

En los últimos años, el número de puentes que requiere mantenimiento se ha incrementado y se han reducido los gastos públicos bajo esta justificación. Esto significa que se ha convertido en esencial estimar el mantenimiento de puentes en términos económicos. Las tasaciones económicas son hechas a menudo comparando el costo y el beneficio del trabajo de mantenimiento propuesto. El uso de computadoras para realizar la priorización del mantenimiento basado en un análisis costo beneficio garantiza factibilidad en cuanto a la administración del presupuesto para estos fines. Los especialistas no dudan que “es necesario mejorar la práctica de gestión de puentes y los sistemas computarizados juegan un papel importante en esto” (Smith, N. y L. Silva, 1999)

1.2.3 Objetivos de un Sistema de Gestión de Puentes

No existe un SGP genérico, o sea, que abarque las necesidades de los puentes de cada país, porque en este sentido cada nación tiene sus normas, sus métodos de evaluación y todo un conjunto de parámetros, por lo que se difiere, incluso de una región a otra dentro de las mismas fronteras. Sin embargo, el objetivo fundamental de un SGP sin lugar a dudas es garantizar y facilitar la conservación de puentes en sus tres variantes: mantenimiento, rehabilitación y adaptación. Los objetivos específicos para esta actividad pueden variar, pero de manera general puede resumirse en:

1. Automatizar el control de la información referente a los puentes de una región determinada.

2. La creación de un inventario de puentes con la información de las características de cada puente.
3. Revisar y actualizar fácilmente la información de este inventario.
4. Generar a través del uso del sistema necesidades anuales confiables respecto a las actividades de mantenimiento y cantidades de trabajo, brindando programas de inversión priorizados para períodos semestrales o anuales basados en las asignaciones de costos estimados para los trabajos requeridos para cada puente o grupo de puentes.
5. Desarrollar programas de inspección futuros para controlar el avance de los parámetros que posibilitan la calificación de las estructuras.
6. Identificación de riesgos potenciales en los puentes.
7. Facilitar la definición de soluciones para la red de carreteras, para manejar situaciones en caso de colapsos de puentes o durante la ocurrencia de desastres naturales.
8. Proveer la decisión óptima para asignar fondos para las actividades de conservación de puentes.
9. Establecer prioridades para proyectos de puentes.

1.2.4 Características de un Sistema de Gestión de Puentes

“Un Sistema de Gestión de Puentes se compone de tres elementos: Un sistema administrativo, una base de datos, y un soporte decisional, los cuales interactúan entre si en diversas ventanas de tiempo.” (Echaveguren et al, 2003: 2)

La figura 1.2 muestra la estructura básica de un SGP. La entrada de la información requiere determinar los programas de mantenimiento optimizado para las diferentes partes de un puente (por ejemplo condición de la estructura, capacidad de carga) y la salida provee la base para desarrollar un programa de mantenimiento óptimo con el presupuesto disponible (por ejemplo, índice de deterioro, costo de las opciones de mantenimiento). (Woodward et al., 2001: 26)

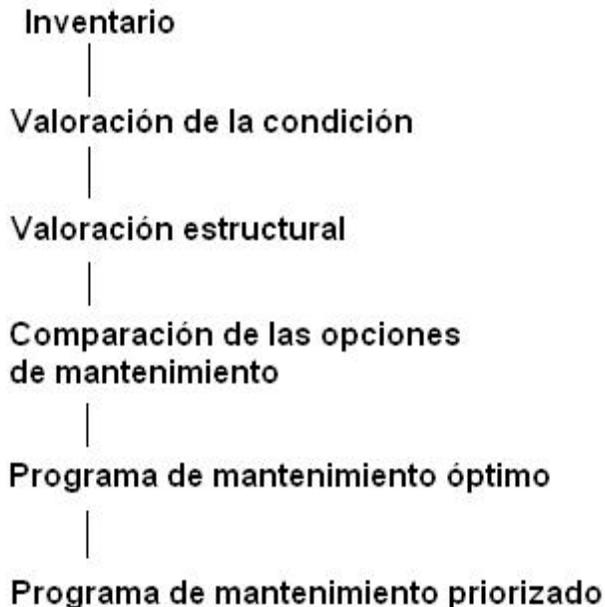


Figura 1.2 Esquema de un sistema de gestión de puentes (Woodward et al, 2001: 12)

Independientemente de los módulos necesarios para su funcionamiento, un SGP necesariamente incluye acceso a bases de datos para almacenar la información, más facilidades adicionales para realizar la entrada de datos, teniendo en cuenta los diversos elementos que caracterizan un puente. Por lo que un SGP debe satisfacer un conjunto de principios que se mencionan a continuación:

1. Simple (fácil de utilizar).
2. Completo (no deben existir omisiones de actividades imprescindibles).
3. Robusto (el sistema debe recuperarse de errores en el trabajo del usuario).
4. Flexible (garantizar la incorporación de nuevos elementos para la caracterización de los puentes y sus daños)
5. Eficiente (respuesta rápida y precisa).
6. Económico (los sistemas deben ser lo suficientemente pequeños y baratos para lograr que su uso no sea limitado).

1.2.5 Aplicaciones de un Sistema de Gestión de Puentes

Como puede percibirse al leer los epígrafes anteriores, las aplicaciones de un SGP dentro de la gestión vial son diversas y abarcan varios aspectos fundamentales de esta tarea. A continuación se mencionan algunos de ellas:

- Conocimiento del estado de conservación del puente y sus diferentes elementos.
- Predicción del deterioro del puente y sus elementos.
- Evaluación de la capacidad portante de la estructura en un determinado período.
- Evaluación de los riesgos de los usuarios en función de su estado de conservación y su capacidad portante.
- Gestión de restricciones operativas y rutas para convoyes de transportes especiales.
- Evaluación de los costos de varias estrategias de mantenimiento y su predicción con el tiempo.
- Evaluación de los costos indirectos asociados a aspectos socioeconómicos como la seguridad e impacto económico derivados de las restricciones o cortes de tráfico (en función de la importancia del puente)
- Optimización bajo restricciones presupuestarias.
- Establecimiento de prioridades de mantenimiento.
- Análisis de las inversiones en operaciones de mantenimiento, reparación, rehabilitación y sustitución a corto y largo plazo.

1.2.6 Ejemplos de Sistemas de Gestión de Puentes

Varios diseños de SGP han sido desarrollados y adoptados, con diferente aceptación en el mundo. Mientras generalmente aún se mantienen como grandes bases de datos, los SGP tienen aún que ser aceptados por lo que representan, una herramienta para lograr de forma eficiente y económica la preservación y seguridad de una red de puentes.

En Estados Unidos se han desarrollado varios SGP, prácticamente uno en cada estado. De todos estos, vale destacar PONTIS y BRIDGIT, los cuales han sido ampliamente adoptados

por muchas de las autoridades de la gestión de puentes. En Europa, por su parte se puede destacar DANBRO y BRIME. Este último, los países miembros de la Unión Europea esperan establecerlo como el sistema que unifique esta rama en la región y satisfaga las necesidades de todas estas naciones.

Sin embargo, a pesar de la notable cantidad de implementaciones existentes de SGP, hay limitaciones notables en ellos. Algunos expertos que poseen experiencia con los sistemas comerciales existentes los consideran inapropiados y necesitados de cambios (Smith, N. y L. Silva, 1999). Algunas de las dificultades señaladas por estos autores son:

- Rigidez inherente a su arquitectura: algunos sistemas no son capaces desempeñarse con suficiente flexibilidad cuando se enfrenta a situaciones novedosas, en la priorización y en la programación del mantenimiento de puentes.
- Síndrome de la caja negra: caracterizado por la falta de capacidad de los usuarios de identificar y comprender, de una manera clara, los procedimientos que está efectuando la computadora. Esta situación hace que el usuario perciba el sistema como una entidad cerrada, sobre la cual tiene muy poco control y pequeña influencia.
- Ausencia de una arquitectura común entre sus partes constituyentes: esto sucede cuando el desarrollo del sistema fue gradual, ya que se conoce de muchas funciones de los SGP que fueron automatizadas en diferentes momentos y tratadas, en cierta medida, como sistemas independientes. Esto crea para la organización dificultades para su utilización, coordinación y actualización del sistema.
- La falta de capacidad para enfrentar los aspectos menos estructurados del problema, lo cual crea decepciones entre los gestores de puentes y aboga por el cambio.

Por otra parte, es poco probable que alguno de estos sistemas pueda utilizarse en nuestro país, primeramente porque es muy difícil adecuarlos a las particularidades geográficas, económicas y administrativas de Cuba, ya que han sido desarrollados siguiendo un patrón capitalista. Por otra parte el costo de compra, implantación y asesoría ascendería a millones de dólares, lo cual no es posible asumir y en caso de que se realizara esta inversión existen

posibilidades reales de que no se logre un funcionamiento con todos los requerimientos necesarios.

1.3 La propuesta cubana para la Gestión Integral de Puentes

Entre los años 1987 – 1995 especialistas de la Empresa de Proyectos de Ingeniería y Arquitectura No.9 (EMPROY) del Ministerio de la Construcción en la provincia de Villa Clara, realizaron para todo el territorio central un Inventario de Puentes de Carretera.

Uno de los participantes en este inventario, el Dr. Ingeniero Luis R. González Arestuche haciendo un análisis de los resultados observó que “para conocer de forma sistemática el estado actual de cada puente y sus necesidades de reparación por cualquier daño posible, el puente debe tenerse en cuenta dentro de un Sistema de Gestión de Puentes de una vía o región de estudio” (González Arestuche, 1999: 174). De esta forma este autor plantea por primera vez la necesidad de implantar un sistema de este género en nuestro país.

En Cuba, a partir de 1990, la actividad de Conservación Vial experimentó un notable descenso, pero a partir del año 1995 se inicia una recuperación que llevó implícita la aplicación de una nueva política vial, además de que se adoptaron formas organizativas y tratamientos financieros diferentes. (González Arestuche, 1999)

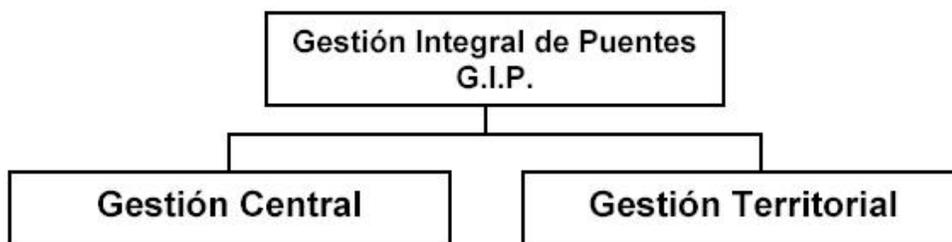
Los expertos cubanos teniendo en cuenta esta situación, considerando las particularidades políticas y administrativas de nuestra nación y con la determinación de que se tenía la preparación necesaria para realizar un planteamiento de esta índole, se crea nuestra estrategia de gestión, la Gestión Integral de Puentes Cubana (GIP).

1.3.1 ¿Qué es Gestión Integral de Puentes?

En el año 1999, el Ingeniero Luis R. González, con la colaboración de los Ingenieros Civiles Alfredo Moreno y Ela Ganzó Berges realizaron una propuesta de un modelo para la Gestión Integral de Puentes, el cual plantea:

Gestión Integral de Puentes (GIP) – Llámese así, al conjunto de elementos administrativos y organizacionales, normas y procedimientos, además de recomendaciones y especificaciones avaladas por la experiencia acumulada, implantados por una organización o dependencia en dos niveles de participación (central y territorial) para: planificar, ejecutar y controlar todas las actividades u operaciones relacionadas con los puentes a su responsabilidad, después que están puestos en explotación o servicio. (González Arestuche, 1999: 168)

En la figura 1.3 se muestra gráficamente la propuesta de Gestión Integral de Puentes realizada por estos especialistas, acorde con la realidad económica y política cubana.



- Establece las estrategias de conservación (para el mantenimiento y la reparación)
- Responsable de la creación del Banco de Datos; integrando el expediente de cada puente.
- Evalúa las obras a partir de los informes resultantes.
- Contempla la realización de
 1. Inventario original
 2. Inspecciones
- Evaluaciones de daños para el análisis de seguridad.
- Ejecuta los planes de actuación a corto y largo plazo.
 1. El mantenimiento de rutina (continuo)

- Define las acciones de conservación, fundamentalmente las reparaciones.
 - Determina el orden de prioridad de las reparaciones.
2. Las acciones de conservación preventivas (frecuentes)
 3. Las acciones correctivas o de reparación (ocasionales)

Figura 1.3: Modelo propuesto para la Gestión Integral de Puentes (González Arestuche, 1999).

Estos especialistas concibieron el modelo de modo que la Gestión Central, asuma la toma de decisiones sobre las acciones de conservación de todos los puentes de la red principal de carreteras del país, así como supervisar los trabajos de campo realizados por la Gestión Territorial. Esta última, a su vez, quedará encargada del inventario, las inspecciones y las evaluaciones para clasificar las obras, detectar y evaluar los daños.

“La Gestión Central deberá realizarse, en las condiciones de nuestro país, por el Centro Nacional de Vialidad, del Ministerio del Transporte, y la Gestión Territorial, por los Centros Provinciales.” (González Arestuche, 1999: 169)

1.3.2 SAP, el primer Sistema de Gestión de Puentes en Cuba

Con el fin de llevar a la práctica la teoría propuesta en GIP, en el año 2000 se implementó SAP: Sistema de Administración de Puentes.

En su propuesta inicial, SAP pretendía desarrollar un sistema con la estructura que se muestra en la figura 1.4.

ESQUEMA GENERAL PROPUESTO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES: GIP



Figura 1.4: Estructura propuesta para la implementación de SAP 1.0 (González Arestuche et al., 2000)

En la figura 1.4 se pueden observar los módulos o subsistemas que conformarían este sistema, de los que se ofrece a continuación una breve explicación:

1. *Inventario:*

El inventario de puentes son las observaciones y mediciones directas sobre los elementos componentes de la estructura. Dentro del sistema, es el módulo encargado de incorporar a la Base de Datos todo lo referente a la caracterización del puente.

“El inventario, incluirá sólo la toma de la información de carácter básico y permanente de los puentes en explotación, que permitirá adoptar las decisiones globales y no las propias de la ingeniería vial o estructural.” (González Arestuche, 1999: 169)

Objetivos:

1. El subsistema del inventario debe contener la información que no varía del puente, por ejemplo:

- Información administrativa: Información para la identificación del puente, localización geográfica;
- Información técnica: tipo de puente, dimensiones, materiales, etc.;

2. *Inspección:*

La inspección de un puente es “la determinación del estado físico de la estructura” (González Arestuche, 1999: 143), aplicando técnicas diseñadas para ello. “Estos procedimientos de inspección estarán asociados a la investigación de campo basadas en métodos sistemáticos, organizados y eficaces que consideren a todos los elementos del puente.” (González Arestuche, 1999: 143) Las observaciones que se realicen tendrán que ser claras, precisas, detalladas y de fácil interpretación en fechas posteriores. Los puentes deben ser inspeccionados periódicamente, nunca excediendo un intervalo mayor a los dos años. Siempre estas inspecciones serán realizadas por personal calificado controlado por el departamento de recursos humanos.

Este proceso es de suma importancia para un puente, ya que “la calidad y durabilidad de una reparación dependen de las inspecciones que se realizan para concretar la evaluación y diagnóstico correctos”. (González Arestuche, 1999: 389)

“Las inspecciones se realizarán para detectar y evaluar los daños que permitan decidir el carácter de las acciones de conservación: mantenimiento, reparación, o adaptación a los nuevos requerimientos de tránsito vehicular.” (González Arestuche, 1999:169)

Objetivos:

1. Incorporar a la Base de Datos las Inspecciones realizadas.
2. Controlar de forma detallada los daños en cada puente.

3. Tener un registro del historial de cada puente para controlar su deterioro con el tiempo en caso de que no haya acciones de conservación.

3. Datos sobre acciones de conservación

Módulo que se encarga de incorporar a la Base de Datos todo lo referente a las acciones de conservación (mantenimiento, rehabilitaciones o adaptaciones) de un puente. Controla las acciones realizadas para evitar el deterioro y en casos extremos, el colapso de un puente, garantizando su conservación, seguridad y funcionalidad.

Objetivos:

1. Incorporar a la Base de Datos las acciones de conservación realizadas a un puente.
2. Tener un registro de las acciones realizadas para controlar su deterioro con el tiempo.

4. Acciones de conservación para cada puente

Determina las acciones específicas de mantenimiento, rehabilitación o adaptación a efectuar para conservar cada puente en específico, teniendo en cuenta diversos factores, como la protección del medio ambiente y la inversión patrimonial, explotar al máximo la red vial existente y adecuarlas a las nuevas condiciones del tránsito, garantizar la continuidad de la circulación y la calidad del servicio y la optimización de todos los recursos disponibles.

Es el módulo que toma las decisiones específicas y garantiza la continuidad del funcionamiento de un puente.

Objetivos:

1. Determinar las acciones de conservación concretas a efectuar en un puente determinado.

5. Prioridad en las acciones de conservación

Determina qué puentes deben ser priorizados en su conservación. Para ello no se plantean reglas únicas y en la actualidad, nuestros expertos están realizando un estudio profundo de qué factores deben ser tenidos en cuenta en la implementación del Sistema. Este módulo basa su funcionamiento en el cálculo del índice de deficiencia del puente.

Objetivos:

1. Calcular el Índice de Deficiencia de un puente.
2. Realizar una propuesta de prioridades para la realización de acciones de conservación.

6. Estrategias para la conservación

Aquí se controlan un conjunto de, llámese recomendaciones, que no son más que aspectos a tener en cuenta para tomar las decisiones de conservación de los puentes, tomando patrones que garantizarán el buen estado de las estructuras y condiciones de seguridad del tráfico por las carreteras que conforman la red. Garantiza que se tenga en cuenta ciertos factores que desde otro punto de vista podrían no ser importantes y lograr así equilibrio en la acciones de conservación.

Objetivos:

1. Establecer patrones que deben tenerse en cuenta para la toma de decisiones de las acciones de conservación.

7. Determinación de los costos de las acciones

Este módulo se encarga de la difícil tarea de predecir los costos asociados al ciclo de vida de este tipo de construcción civil. Aquí se tiene en cuenta cómo optimizar los recursos económicos y materiales, de forma que el resultado de las acciones de conservación sea el máximo y se multiplique, siempre teniendo presente las restricciones del presupuesto.

Objetivos:

1. Realizar un cálculo estimado de los costos de las acciones de conservación.
2. Tener presente las restricciones de recursos tanto presupuestarios como materiales.
3. Asignar recursos a las obras prioritarias.

SAP se propuso en una primera etapa considerar la información del inventario de puentes, los datos de las inspecciones y las acciones de conservación realizadas, y crear con ello una importante base de datos que incluyese toda esa información, contentiva de las diferentes degradaciones detectadas en cada puente, el estudio de las causas y los mecanismos que le dan origen, incluyendo su clasificación y su gravedad para el análisis de las posibles consecuencias sobre la estructura en caso de que no se ejecuten las acciones recomendadas. En la segunda etapa, se incorporan las diferentes acciones considerando las técnicas de rehabilitación particulares para cada uno de los daños o defectos, atendiendo a las características del puente, y finalmente completarlo con un sistema experto capaz de estimar el índice de deficiencias, proponer técnicas de rehabilitación, prever las consecuencias en la estructura en el caso de que no resulte factible una intervención inmediata y determinar las prioridades de las acciones a realizar, atendiendo a los financiamientos posibles y a las estrategias para la conservación. Este sistema experto reuniría la experiencia nacional acumulada en lo que se refiere a la conservación de este tipo de estructura.

SAP sólo logró implementar los módulos de inventario e inspección, por lo que desafortunadamente no llegó a culminar la primera de las dos etapas propuestas. Este sistema fue elaborado en lenguaje Visual Fox Pro 6.0, que corre sobre Windows 98. Sin embargo, esta versión está limitada porque no corre en las versiones actuales de Windows y la base de datos utilizada no soporta cambios de diseño con la flexibilidad necesaria.

1.4 Conclusiones Parciales

En este primer capítulo del trabajo de tesis se abordaron un conjunto de conceptos que servirán de base al resto de la investigación. A partir de revisión de bibliografía especializada se llega al concepto de puente, su caracterización, elementos que lo conforman, su tratamiento e importancia así como su conservación.

Los Sistemas de Gestión de Puentes forman parte también de este capítulo. A través de un breve análisis de los diferentes sistemas que se utilizan en el mundo se llega a la conclusión de la no aplicabilidad de estos a las condiciones económicas y administrativas de nuestro país.

Ante la necesidad de una herramienta de este tipo para lograr la conservación de los puentes en nuestro país, un equipo de especialistas, dirigido por el Doctor en Ciencias Técnicas Luis R. González Arestuche, perteneciente a la Empresa de Proyectos de Ingeniería y Arquitectura de Matanzas, crearon una contribución al enfoque sistémico de la conservación de este tipo de instalación, y abarca todas las etapas de su ciclo vital, desde el diseño y construcción hasta su rehabilitación y readaptación.

En estos momentos es una prioridad del MITRANS generalizar una aplicación de este tipo en todo el país que les permita a nivel central manejar la información de las provincias por lo que también el nuevo sistema debe poder utilizar las redes de computadoras garantizando la distribución adecuada de la información y su manipulación.

Este es el preámbulo para la realización de GIP, que es un sistema que solucionará las limitaciones de SAP y llevará a término la elaboración del sistema de gestión integral de puentes, concluyendo ambas etapas propuestas.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2. IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE PUENTES

Este capítulo describe el diseño de GIP 1.0, un Sistema de Gestión de Puentes basado en la estrategia de Gestión Integral de Puentes (González Arestuche, 1999). Se muestran los procesos del negocio y a través del Lenguaje Unificado de Modelación (UML), se presenta una descripción de las actividades a realizar por cada usuario del sistema, el comportamiento del mismo y el diseño de las clases utilizadas en la implementación. También se muestra la estructura estática utilizada para el almacenamiento de la información que manipula GIP 1.0.

2.1 Descripción del problema a resolver

Los procesos involucrados en la gestión integral de puentes de una región determinada es posible describirlos mediante un Modelo del Negocio. Este modelo, realizado en notación IDEF, fue de gran utilidad para identificar los requerimientos del sistema, obteniendo con el análisis que se realiza, los actores y casos de uso del negocio.

En el análisis de los procesos del negocio, se pudo conocer además que la información manipulada en la gestión integral de puentes es confidencial, dada la importancia de los puentes para la infraestructura vial del país.

En la figura 2.1 se puede observar el modelo del negocio realizado para representar los procesos relacionados con el inventario y la inspección de puentes dentro de la gestión de estas estructuras.

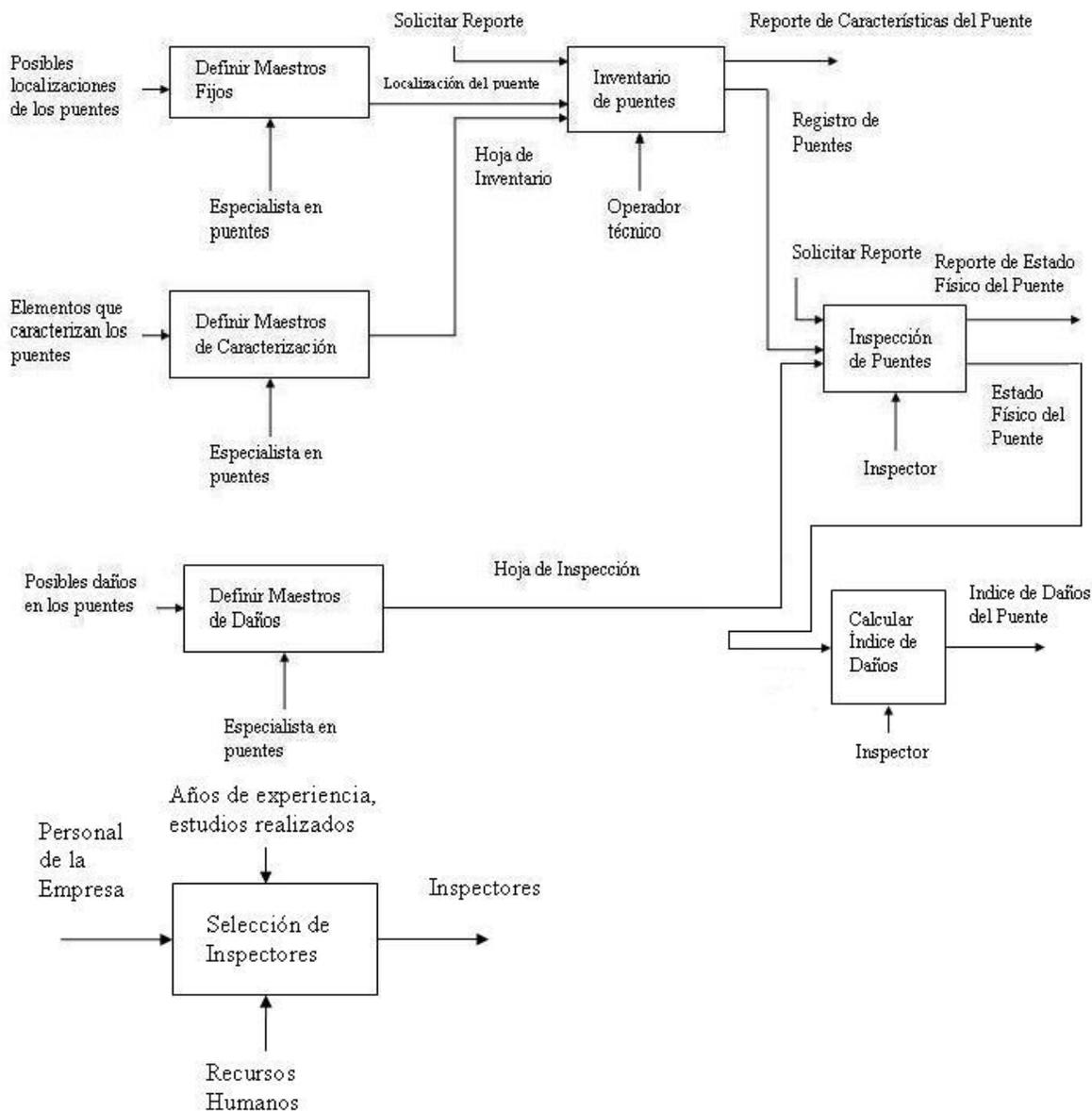


Figura 2.1: Modelo del Negocio de los procesos involucrados en la Gestión Integral de Puentes.

2.2 Análisis de la funcionalidad del sistema

Para representar la funcionalidad del sistema y los requerimientos del mismo desde la perspectiva del usuario, se utilizan los diagramas de casos de uso. El modelo del negocio no muestra lo que puede ser automatizado, los diagramas de casos de uso se concentran justamente en la automatización de los procesos. Estos diagramas muestran la interacción

entre los casos de uso y los actores. Los actores representan las personas o el sistema que provee o recibe información desde el sistema en cuestión. Los diagramas de casos de uso muestran cuál actor comienza un caso de uso y también ilustra qué actor recibe la información del caso de uso.

Los actores que interactúan con el sistema son:

- **Administrador:** se encarga de definir las responsabilidades del resto de los actores del sistema, mediante el trabajo con los roles. Además debe incorporar los usuarios que realmente trabajarán con el sistema, asignándoles roles específicos. Un usuario puede tener uno o varios roles. Sin incorporar los usuarios al sistema el resto de los actores no puede interactuar con él.
- **Especialista en Puentes:** define los maestros, que es la información que constituye la base para la creación del inventario y las inspecciones. Si esta información no ha sido incorporada al sistema las otras actividades no se pueden realizar.
- **Operador de Recursos Humanos:** se encarga del trabajo con los inspectores. El control de los inspectores debe ser riguroso, porque es importante conocer quiénes realizan cada inspección que se incluya en el sistema.
- **Operador Técnico:** Trabaja con los puentes que se incorporan, modifican o eliminan en el inventario.
- **Operador Inspector:** Trabaja con las Inspecciones que se incorporan, modifican o eliminan en el sistema y proporciona la información para realizar el Cálculo del Índice de Daños.
- **Jefe Técnico:** Su responsabilidad es solicitar reportes, tanto los de caracterización de puentes, que son nutridos por la información del inventario, como los de levantamiento de los daños, que se obtienen a partir de las inspecciones. La finalidad de estos reportes puede ser para la realización de estudios, propuestas de acciones de conservación, etc.

En la figura 2.2 se puede observar los actores del sistema y los casos de uso de los que son responsables:

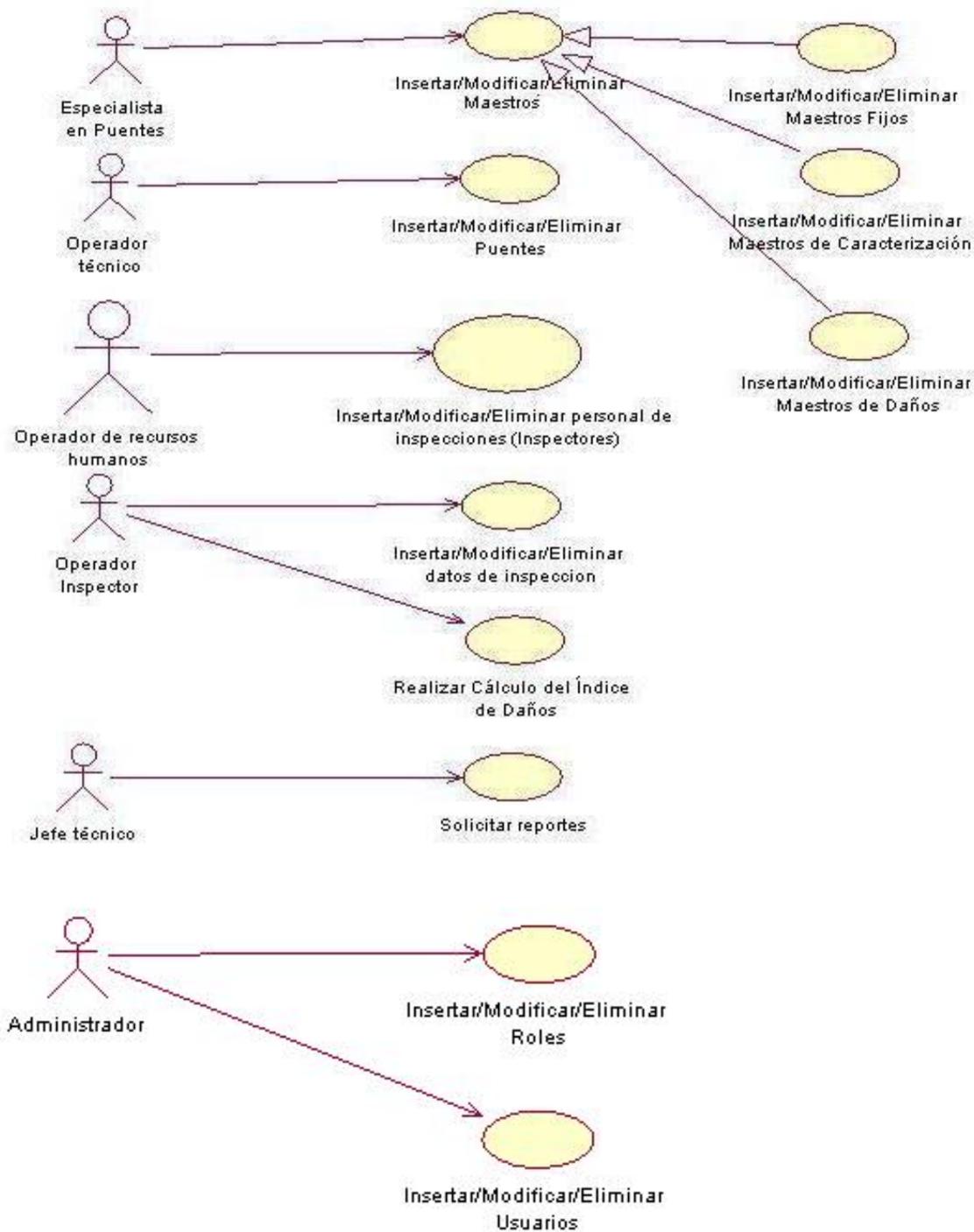


Figura 2.2: Caso de Uso y Actores del Sistema

En la figura 2.2 se puede observar que el actor Especialista en Puentes realiza el caso de uso Insertar/Modificar/Eliminar Maestros. Maestros es la manera que los especialistas (González Arestuche et al., 2000) emplean para nombrar al conjunto de elementos que conforman la descripción de los puentes y sus daños. Al definir los maestros se posibilita la realización del inventario y las inspecciones. Como se puede ver en la figura 2.3 existen tres clasificaciones para los Maestros:

- Maestros Fijos: determinan la localización fija de cada puente. Estos a su vez se desglosan en cinco clasificaciones más: Carretera y Tipo de Carretera, Tramo de la Carretera, Provincia y Municipio.
- Maestros de Caracterización: determinan los elementos que caracterizan los puentes de manera permanente, o sea, la información que no varía con el paso del tiempo.
- Maestros para Daños: determinan los daños que pueden encontrarse en un puente.

Los Maestros de Caracterización y los Maestros para Daños se denominan de forma general Maestros de Jerarquía, consecuencia del orden establecido entre Aspectos → Atributos → Valores (Figura 1.1).

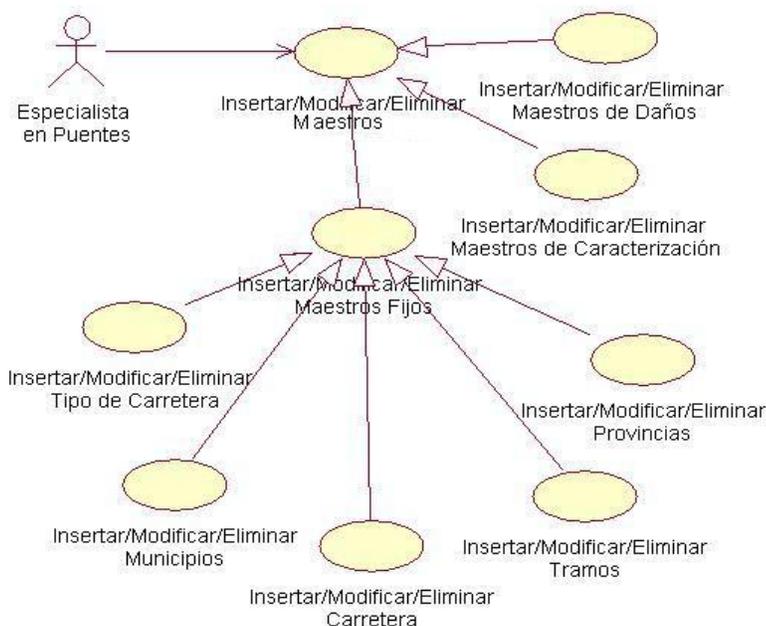


Figura 2.3: Caso de Uso Insertar/Modificar/Eliminar Maestros.

En la figura 2.4 es posible apreciar la relación entre los diferentes casos de uso y los actores que intervienen en estos casos de uso.

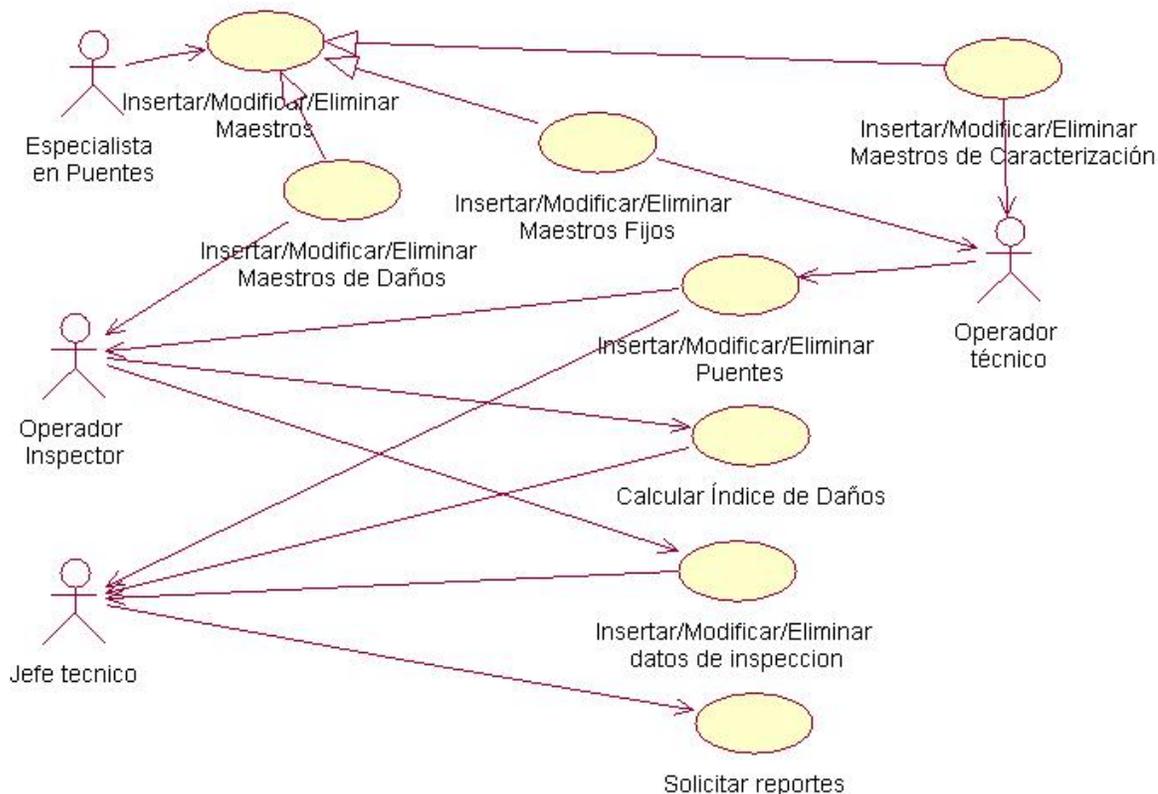


Figura 2.4 Relaciones entre los Casos de Uso y los Actores del Sistema.

Otro detalle a destacar es el del caso de uso Insertar/Modificar/Eliminar Personal de Inspecciones. Las inspecciones sólo pueden ser realizadas por determinadas personas, y estos datos sólo pueden ser incluidos en el sistema a través de este caso de uso y por el actor Operador de Recursos Humanos exclusivamente. En la figura 2.5 se grafica la explicación de este caso de uso.



Figura 2.5 Caso de uso Insertar/Modificar/Eliminar Personal de Inspecciones.

Especificación del Caso de Uso Insertar/Modificar/Eliminar Puentes

Este caso de uso conforma el módulo Inventario, el cual se inserta en la aplicación GIP 1.0 incluyendo una opción con este mismo nombre en el menú principal. Este módulo incluye las tres operaciones que le dan nombre al caso de uso:

1. Insertar Puente
2. Modificar Puente
3. Eliminar Puente

Cada una de estas opciones genera el caso de uso de igual nombre.

INSERTAR PUENTE

Este caso de uso comienza cuando el actor OPERADOR DE INVENTARIO da clic en el menú Inventario, en la opción INSERTAR PUENTE.

El caso de uso se presenta mostrando la ficha de maestros fijos y maestros de caracterización disponibles, tal como se muestra en la figura 2.6:

Figura 2.6: Ventana Opción Insertar Puente del Menú Inventario

Tabla de Eventos

QUÉ HACE EL ACTOR	QUÉ HACE EL SISTEMA
Seleccionar Provincia	Buscar municipios de esa provincia
Seleccionar Carretera	Buscar tramos de esa carretera
Seleccionar Aspectos que caracterizan al puente	Habilitar Botón Elementos
Elementos	Se obtienen los atributos que conforman los aspectos seleccionados y sus valores disponibles. Se visualiza la ventana con las fichas de los aspectos seleccionados, mostrándose en ellas los atributos que caracterizan dichos aspectos.
Aceptar	Se incorpora el puente con los atributos seleccionados y su ubicación geográfica en la base de datos.
Cancelar	Se cierra la ventana

Pre-Condiciones

Las acciones que deben ejecutarse antes de que el actor empiece el caso de uso son:

QUÉ HACE EL SISTEMA
Leer los datos necesarios para mostrar en la ventana: provincias, carreteras y aspectos disponibles.

Especificación del Caso de Uso Insertar/Modificar/Eliminar Inspectores

Este caso de uso conforma el módulo Recursos Humanos, el cual se inserta en la aplicación GIP 1.0 incluyendo una opción con este mismo nombre en el menú principal. Este módulo incluye las tres operaciones que le dan nombre al caso de uso:

1. Insertar Inspector

2. Modificar Inspector
3. Eliminar Inspector

Este caso de uso comienza cuando el actor OPERADOR DE RECURSOS HUMANOS da clic en el menú Recursos Humanos, en la opción INSPECTORES.

El caso de uso se presenta mostrando el listado de los inspectores disponibles, tal como se muestra en la figura 2.7:



Figura 2.7: Ventana Opción Inspectores del Menú Recursos Humanos

Tabla de Eventos

QUÉ HACE EL ACTOR	QUÉ HACE EL SISTEMA
Nuevo	Abre la ventana de captura de datos de Nuevo Inspector.
Editar	Verifica si hay un inspector seleccionado en el listado. Obtiene los datos del inspector seleccionado. Abre la ventana de captura de datos de Modificar Inspector. Pone los datos del inspector seleccionado en la ventana de captura.
Eliminar	Verifica si hay un inspector del listado seleccionado.

	<p>Solicitar confirmación al usuario.</p> <p>En caso positivo, eliminar el inspector seleccionado.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------

Pre-Condiciones

Las acciones que deben ejecutarse antes de que el actor empiece el caso de uso son:

<p>QUÉ HACE EL SISTEMA</p>
<p>Leer los datos de los inspectores existentes en la base de datos para mostrar en la ventana.</p>

2.3 Estructura estática del sistema

El diseño de la estructura estática que almacena la información vinculada a los procesos de gestión de puentes en la aplicación se muestra en la figura 2.8.

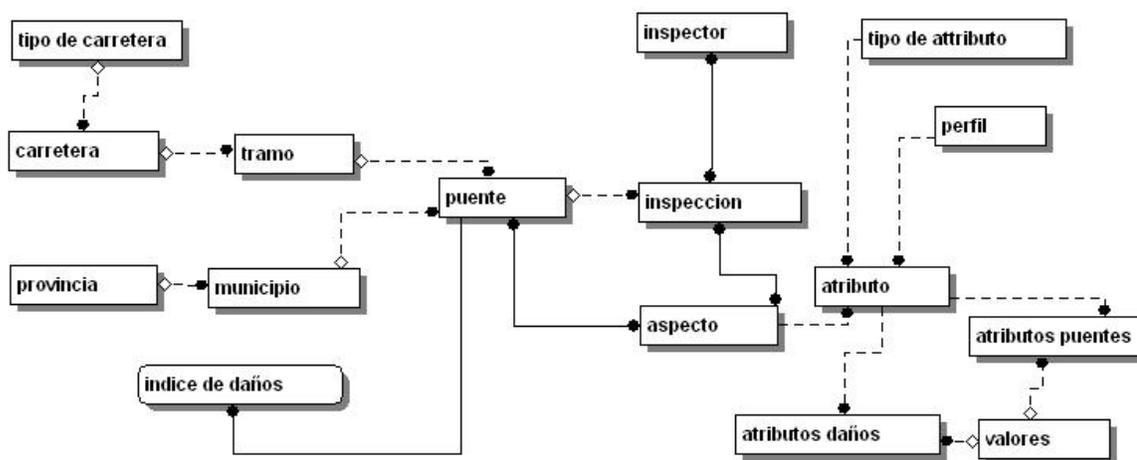


Figura 2.8 Estructura estática para la información vinculada a la gestión integral de puentes.

Esta estructura estática fue diseñada mediante el modelado conceptual que facilita el Modelo Entidad Relación. Posteriormente el esquema obtenido se transforma al Modelo de Datos Relacional. Este modelo lógico, por naturaleza es extensible, ya que la flexibilidad era uno de los objetivos de su creador Edgar F. Codd (Codd, 1970). Por otra parte, en la

medida en que el diseño sea modular y use los conceptos más generales para representar los requerimientos, será más flexible y adaptable a cambios (Quiroz, 2003). El hecho de generalizar los conceptos de los elementos que componen un puente en aspectos, atributos y valores garantiza parte de la flexibilidad necesaria para incorporar nuevos elementos para la caracterización de un puente y su estado físico en la base de datos.

El esquema relacional utilizado para almacenar la información del sistema se expone a continuación. Las llaves primarias serán subrayadas y las llaves extranjeras estarán en *cursiva*. Los nombres de los atributos son suficientemente explícitos, en los casos que esto no suceda se especifica a continuación del mismo.

aspecto(aspecto_id, aspecto)

aspecto_inspeccionado(ai_id, *ap_id*, *inspeccion_id*)

ap_id → aspecto descriptivo del puente registrado en el inventario que fue inspeccionado

aspecto_puente(ap_id, *puente_id*, *aspecto_id*)

attr_aspecto(matr_id, *aspecto_id*, *tipo_id*, *perfil_id*, descripcion)

attr_dano(dano_id, *ai_id*, *matr_id*, *value_id*)

ai_id → aspecto inspeccionado al cual pertenece el atributo daño

matr_id → id del atributo al que está vinculado el atributo daño

attr_puente(inventario_id, *ap_id*, *matr_id*, *value_id*)

attr_value(value_id, *matr_id*, valor)

carretera(carretera_id, carretera, *tipo_carretera*)

indice_deterioro(puente_id, indice)

inspeccion(inspeccion_id, *puente_id*, fecha, comentario)

inspector(inspector_id, nombre, edad, sexo)

inspector_inspeccion(ii_id, *inspector_id*, *inspeccion_id*)

municipio(municipio_id, municipio, *provincia_id*)

perfil(perfil_id, perfil)

provincia(provincia_id, provincia)

puente(puente_id, *municipio_id*, *tramo_id*, nombre,)

tipo_atributo(tipo_id, tipo, comentario)

tipo_carretera(tipo_carretera_id, descripcion)

tramo (tramo_id, *carretera_id*, tramo)

Este esquema relacional se muestra en la figura 2.9. Por motivos de claridad sólo se exponen en la figura los nombres de las entidades.

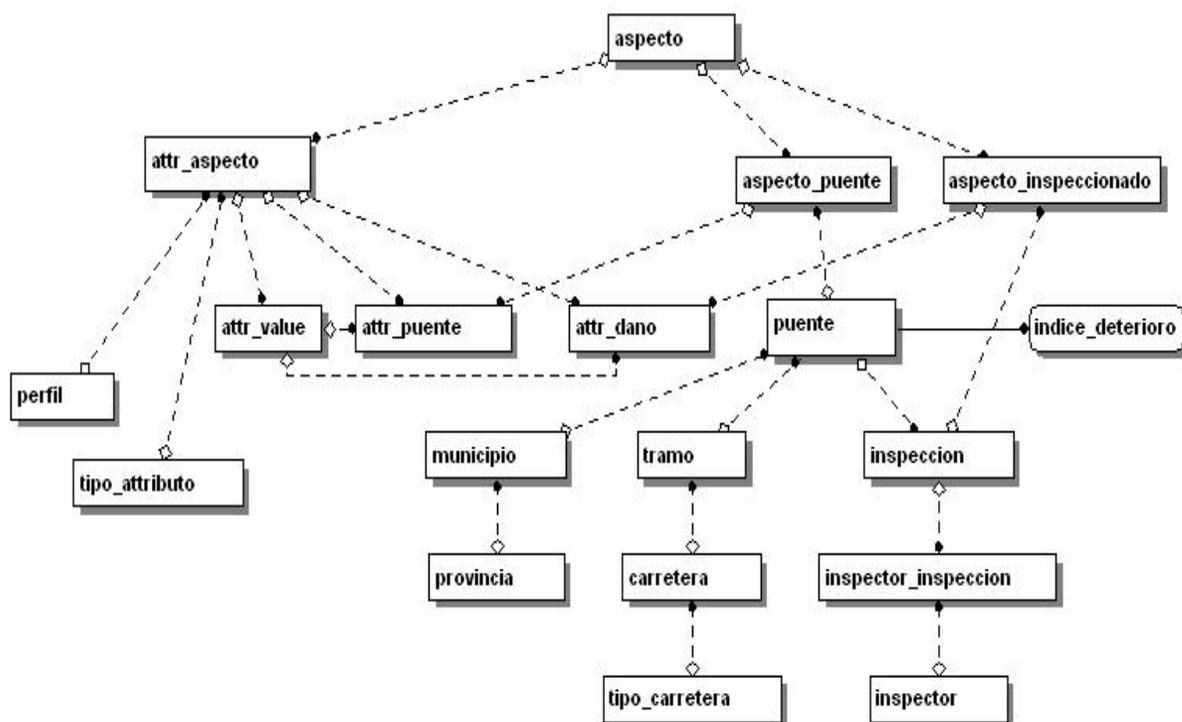


Figura 2.9 Diagrama del Modelo Entidad Interrelación

En este modelo es importante explicar que las relaciones **aspecto**, **attr_aspecto** y **attr_value** contienen la información de los maestros de jerarquía, o sea, almacenan los

elementos que posteriormente se utilizan para caracterizar un puente o describir sus daños. Las relaciones **aspecto_puente** y **aspecto_inspeccionado** almacenan aquellos aspectos que le interese al usuario describir de cada puente o inspección, mientras que las relaciones **attr_puente** y **attr_dano** tendrán la responsabilidad de controlar los valores asignados por atributo de cada uno de estos aspectos por cada puente o inspección. En estas tablas se referencia a los identificadores de los atributos y sus valores correspondientes, por lo que para obtener la información se consultan las tablas que contienen esta información. De esta manera se garantiza la flexibilidad necesaria para la inserción de los valores que describen los puentes y su estado físico, posibilitando incorporar nuevos elementos a tener en cuenta y que cada puente o inspección tengan su descripción acorde con su realidad.

2.4 Comportamiento del sistema

Para documentar el comportamiento del sistema generalmente se utilizan los Diagramas de Transición de Estados (DTE). Estos indican cómo se comporta el sistema como consecuencia de sucesos externos o internos. Para lograr esto, el DTE representa los diferentes modos de comportamiento (llamados estados) del sistema y la manera en que se hacen las transiciones de estado a estado. Indica además qué acciones se llevan a cabo como consecuencia de un suceso determinado.

Para representar parte el comportamiento de GIP 1.0 se realizó el DTE mostrado en la Figura 2.10, que es denominado DTE Genérico, ya que para muchos casos de uso el comportamiento es básicamente el mismo, por lo que sólo se necesita sustituir la palabra información por el nombre del caso de uso que nos ocupa y se obtiene el DTE para dicho caso de uso. El DTE Genérico es aplicable a los casos de uso Insertar/Modificar/Eliminar Maestros Fijos: Tipo de Carretera, Carretera, Tramo, Provincia y Municipio, Insertar/Modificar/Eliminar Inspectores, Insertar/Modificar/Eliminar Roles y Insertar/Modificar/Eliminar Usuarios.

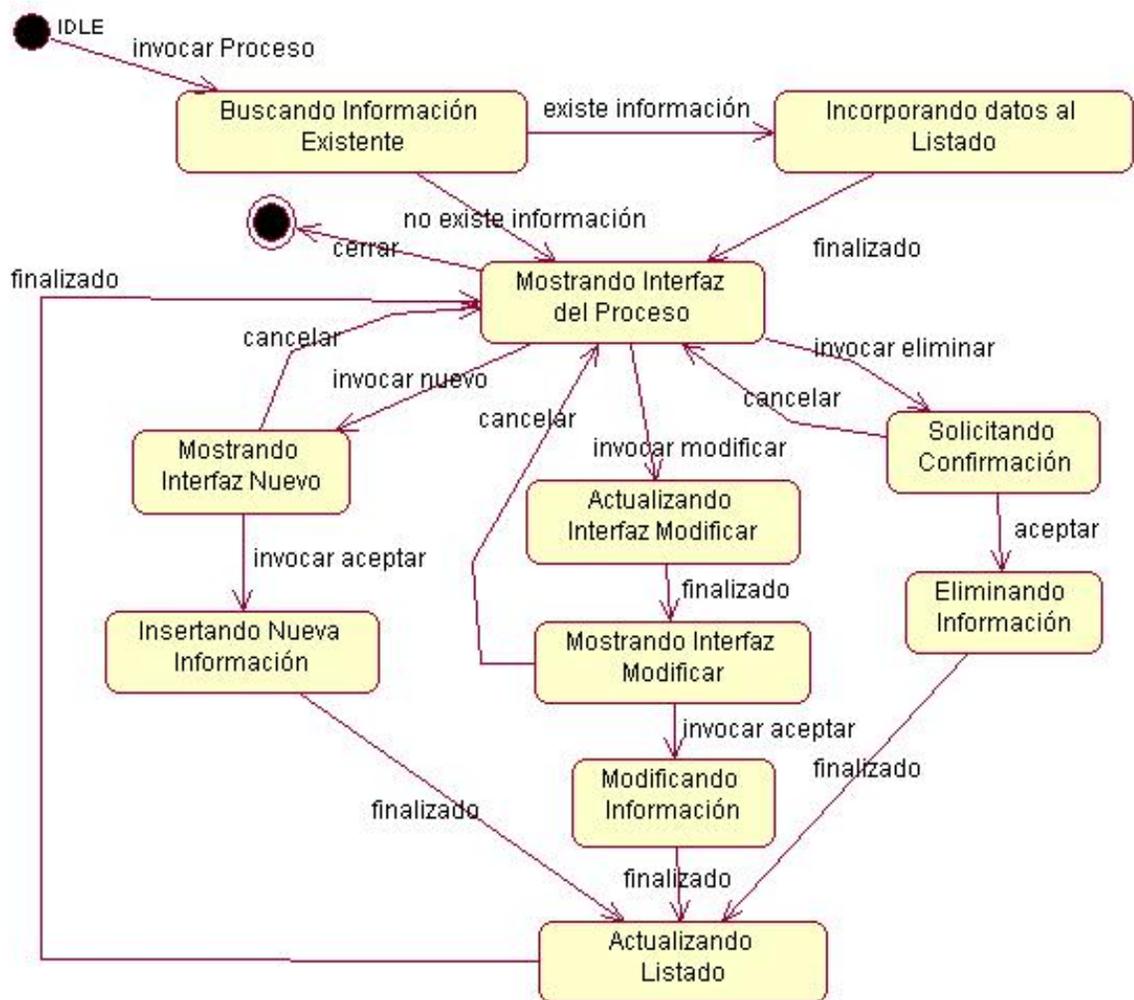


Figura 2.10 DTE para describir el comportamiento del sistema.

El comportamiento del sistema para el trabajo con los Maestros de Jerarquía se muestra en la figura 2.11. Se puede observar que para simplificar el gráfico se hace referencia al DTE Genérico (Figura 2.10), el cual es visto en esta figura 2.11 como un estado compuesto.

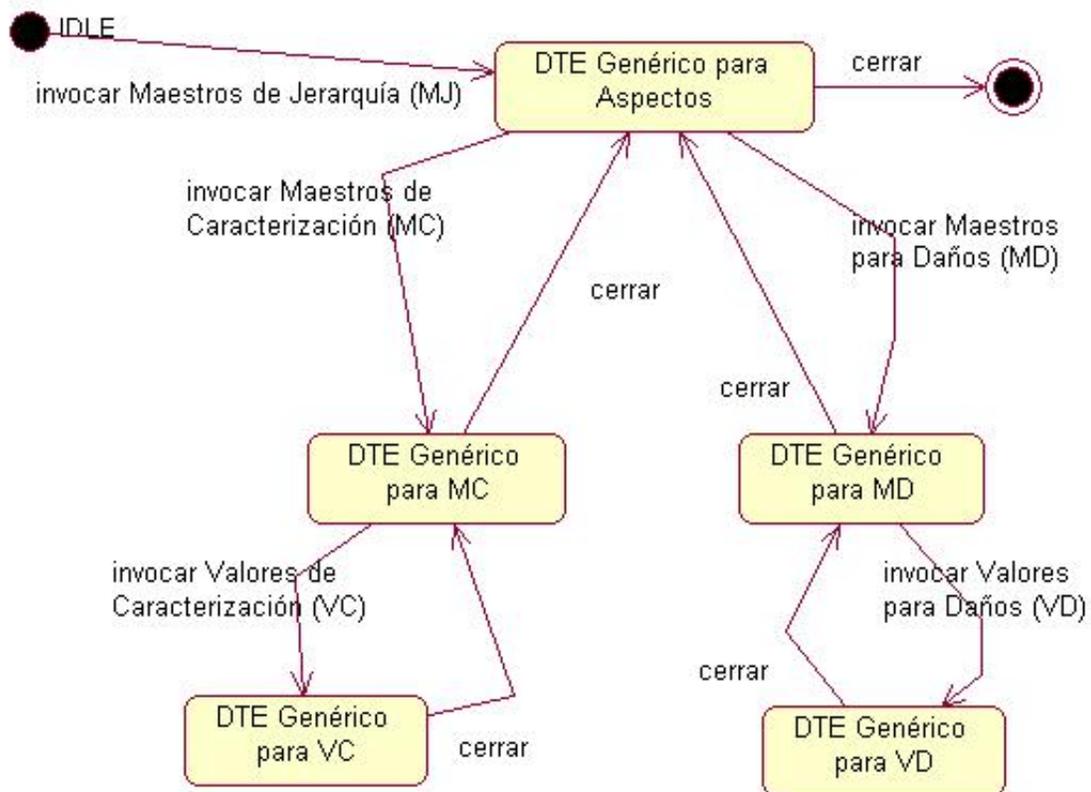


Figura 2.11 DTE para definir Maestros de Jerarquía

El comportamiento que sigue el sistema para incorporar un nuevo Puente en el Inventario se describe en la figura 2.12

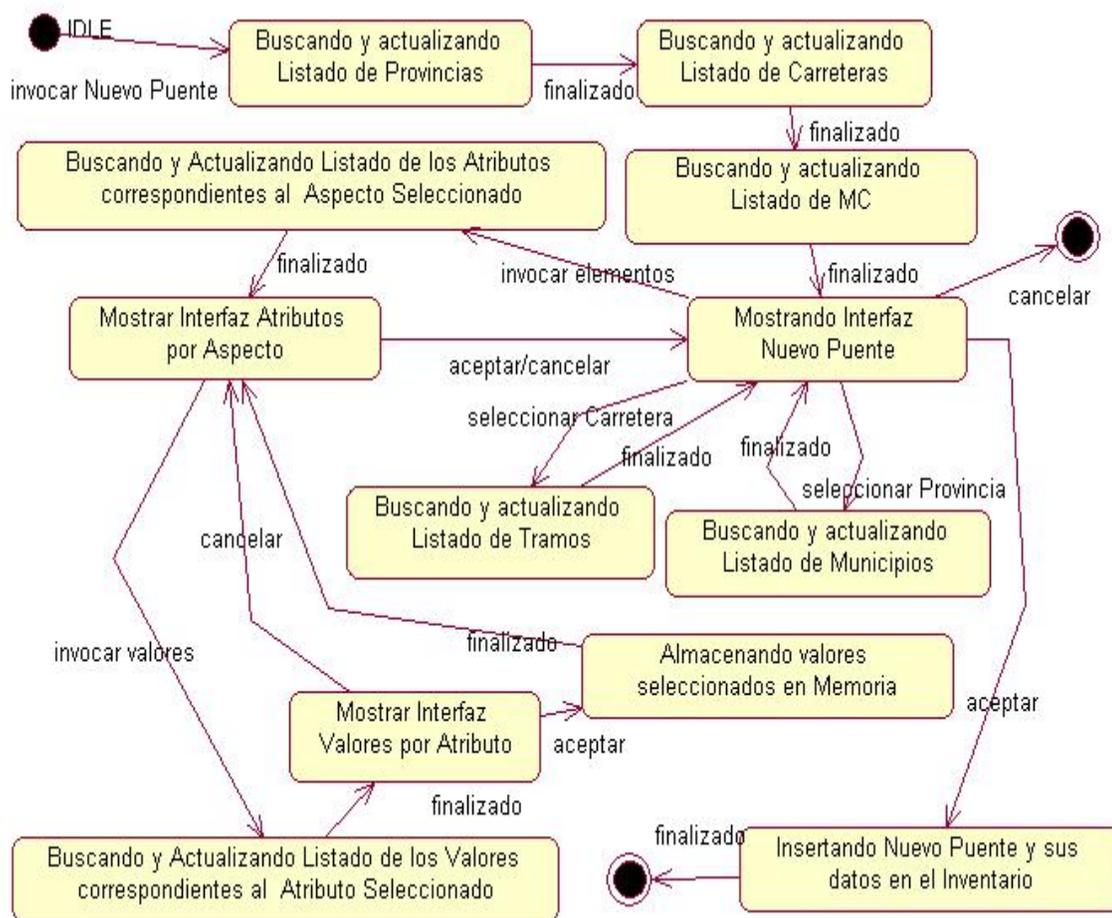


Figura 2.12 DTE para incorporar un nuevo puente en el inventario.

En la figura 2.13 se observa el DTE para realizar una nueva inspección.

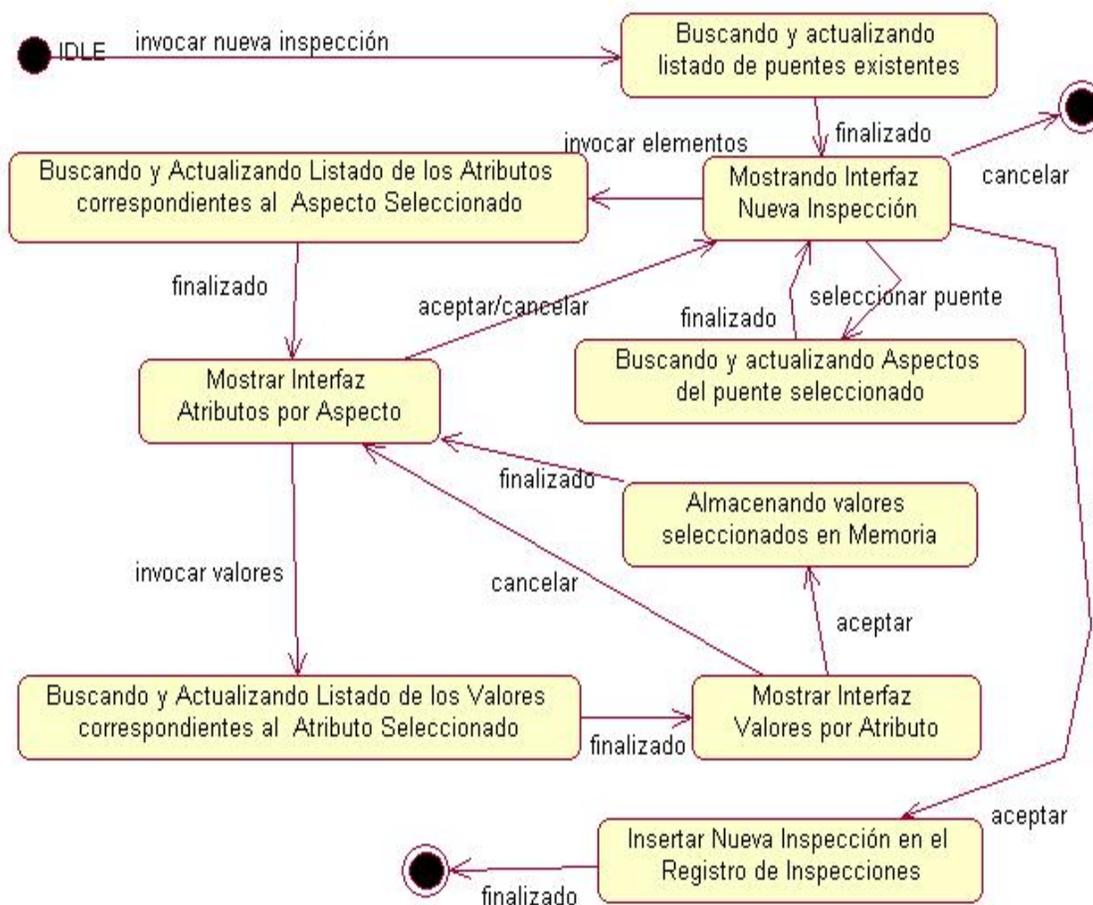


Figura 2. 13 DTE para realizar una nueva inspección.

2.5 Estructura de la capa de datos

En la implementación de GIP 1.0, para lograr independencia entre el acceso a la base de datos y el resto de los elementos de la aplicación, se creó una capa de datos, la cual se encarga de comunicar ambas partes del sistema.

Esta capa de datos fue implementada en la unit DAC_base.pas. La implementación de DAC_base.pas se realizó siguiendo los principios de la Programación Orientada a Objetos. En el diseño realizado se utilizaron objetos interfaces, una de las facilidades que ofrece Delphi, mediante la cual se puede definir tipos y lograr una similitud con la herencia múltiple.

Un objeto interface, o simplemente interface, define métodos que pueden ser implementados por una clase. Las interfaces al ser declaradas no pueden ser directamente instanciadas y no tienen sus propias definiciones de los métodos. Es responsabilidad de cualquier clase que soporte una interface ofrecer la implementación de los métodos de la interface.

Las interfaces ofrecen algunas de las ventajas de la herencia múltiple sin dificultades semánticas. Ellos son también esenciales para el uso de modelos distribuidos, (como CORBA y SOAP). Usando un modelo de objetos distribuido, los objetos utilizados que soportan interfaces pueden interactuar con objetos escritos en C++, Java, y otros lenguajes.

Las interfaces facilitan además la declaración de tipos, facilitando de esta manera la diferenciación entre clase y tipo, práctica de programación recomendada por diversos autores (Booch, 1994). El uso de tipos ofrece otro nivel de abstracción a un modelo y garantiza que este quede coherente y flexible. Las relaciones entre las clases son conceptualmente muy fuertes y su sentido está ligado a la naturaleza de los objetos que representan. Los tipos por su parte ofrecen mayor libertad al depender fundamentalmente de la naturaleza de los mecanismos. Siguiendo esta filosofía, las definiciones de tipos (interfaces) son colecciones puras de operaciones, facilitando así la portabilidad de la implementación ante cualquier sistema de gestión de bases de datos, como se verá con más adelante.

En la implementación de GIP 1.0, se declaró un tipo llamado **IDAC**, ancestro del resto de las interfaces declaradas en `DAC_base`. Se ha definido además un tipo que manipule la información de cada tabla de la base de datos por separado. Estos se encargan de proporcionar la funcionalidad con la información, posibilitando de esta manera independencia del gestor de bases de datos que se utilice. En la figura 2.14 se muestra este diseño.

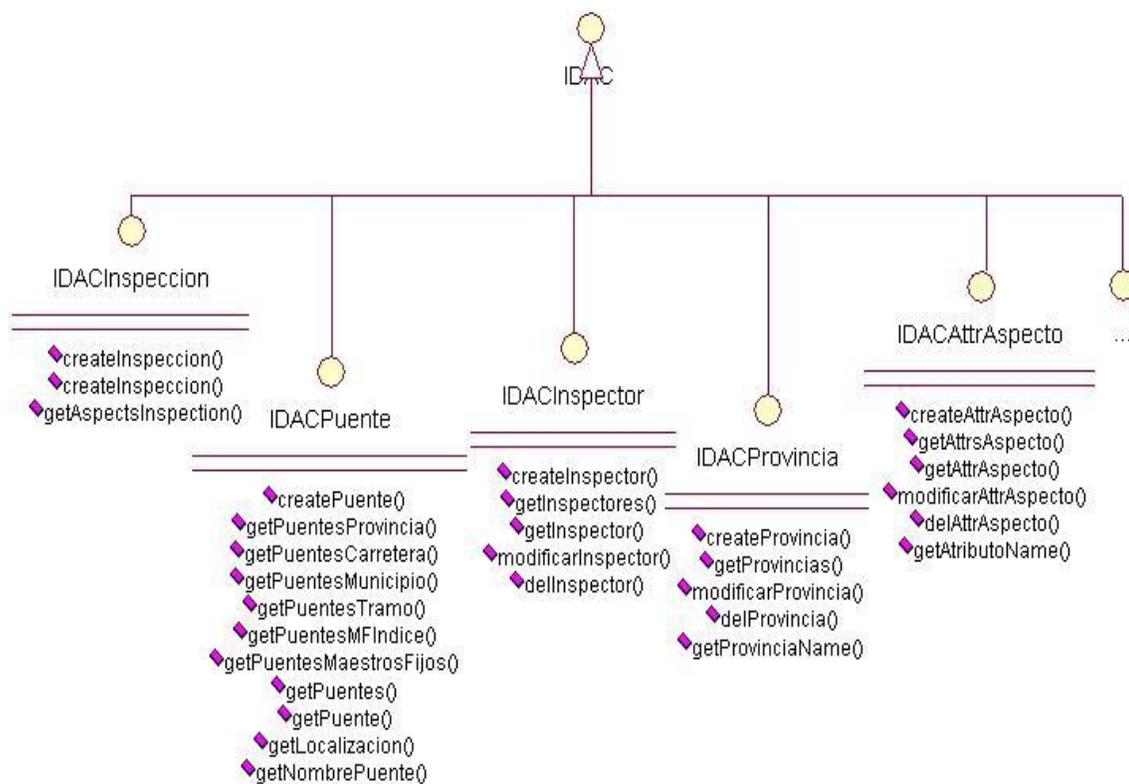


Figura 2.14 Jerarquía de Interfaces en el Sistema.

En total fueron declarados los tipos (interfaces) siguientes:

- IDACAspecto
- IDACAspectoInspeccionado
- IDACAspectoPuente
- IDACAttrAspecto
- IDACAttrDano
- IDACAttrPuente
- IDACAttrValue
- IDACCarretera
- IDACIndiceDeterioro
- IDACInspeccion
- IDACInspector
- IDACInspectorInspeccion

- IDACMunicipio
- IDACPerfil
- IDACProvincia
- IDACPuente
- IDACTipoAtributo
- IDACTipoCarretera
- IDACTramo

La interface **IDAC** es implementada por la clase **TDACAccess**, la cual proporciona la conexión con el Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD). Esta clase, garantiza el acceso a la base de datos, basada en la conexión que le es proporcionada. De la misma manera puede ser implementada por cualquier otra clase cuya responsabilidad sea garantizar la conexión con el Gestor de Bases de Datos, por ejemplo **TDACMySQL**, **TDACSQLServer**, etc. En la figura 2.15 se muestra esta jerarquía.

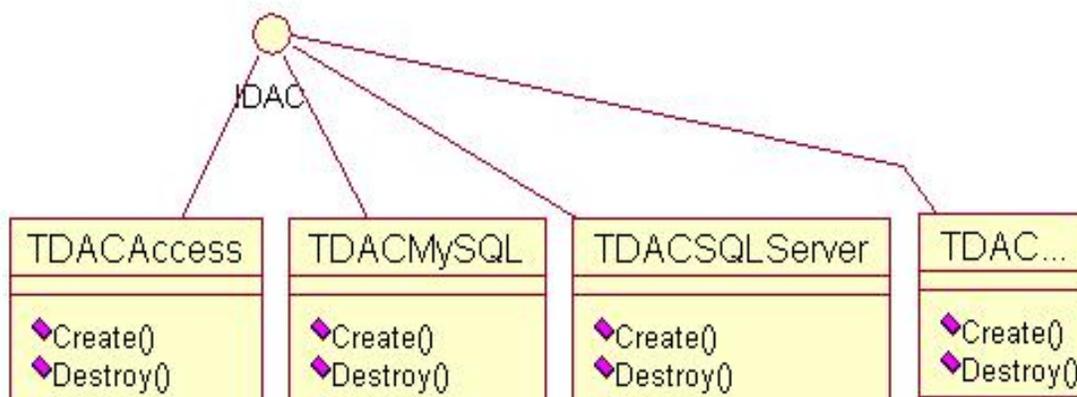


Figura 2.15 Jerarquía de Clases para la conexión con la base de datos.

Posteriormente son implementadas el resto de las interfaces. Las clases que se encargan de implementar dichas interfaces utilizan como clase ancestro a **TDACAccess**, por lo que cada clase tendrá la facilidad de la conexión con la Base de Datos y podrá manipular la información correspondiente a la interface que implementa, encapsulando de esta manera la información, de forma que cada clase se encargue de los datos que le corresponden. En la

figura 2.16 se puede observar esta relación para el caso particular de la tabla Carretera. De esta misma manera sucede para el resto de las interfaces declaradas.

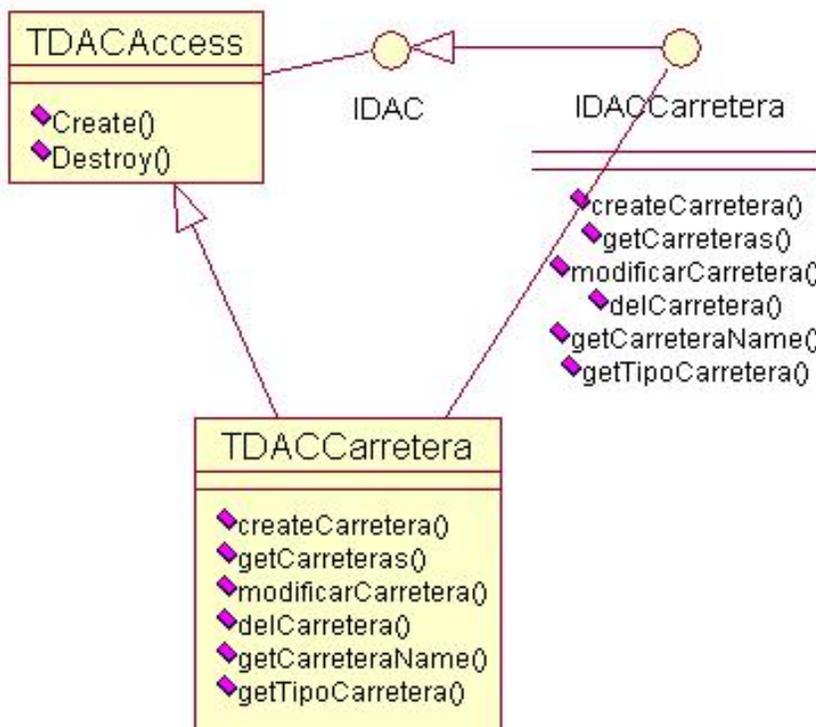


Figura 2.16 Método utilizado para independizar la información manipulada del SGBD (Ejemplo para Carretera)

Por último, para establecer el acceso a la base de datos se utilizan los patrones de diseño Singleton y Abstract Factory. El patrón Singleton es utilizado cuando se necesita que cierto tipo de datos esté disponible para todos los otros objetos y que además sea único en el sistema. Esto se ajusta perfectamente a la situación de la conexión con la base de datos. Para solucionar esto, una solución efectiva es conectar con un objeto que cumpla la función de puerta única y administre la conexión especificada. El patrón Abstract Factory (Factoría) provee un medio para crear y devolver un objeto de varios grupos de clases posibles. En este caso es utilizado para determinar con qué información de la base de datos se va a trabajar. La bibliografía acepta el uso de estos dos patrones, ya que típicamente, las Factorías deben ser accesibles de manera global. Al restringir dicha Factoría a una única

conexión asegura que esa única Factoría controle globalmente la creación de objetos. (Trowbridge, 2003)

Asimismo, se implementó la clase **TDACFactory** como Factoría de los componentes DAC, tomando como familia de clases cada uno de los tipos definidos previamente para definir los roles de los objetos que se encargan del acceso a la información necesaria para el sistema. En la figura 2.17 se observa el funcionamiento de la clase **TDACFactory** para el caso de las Carreteras.

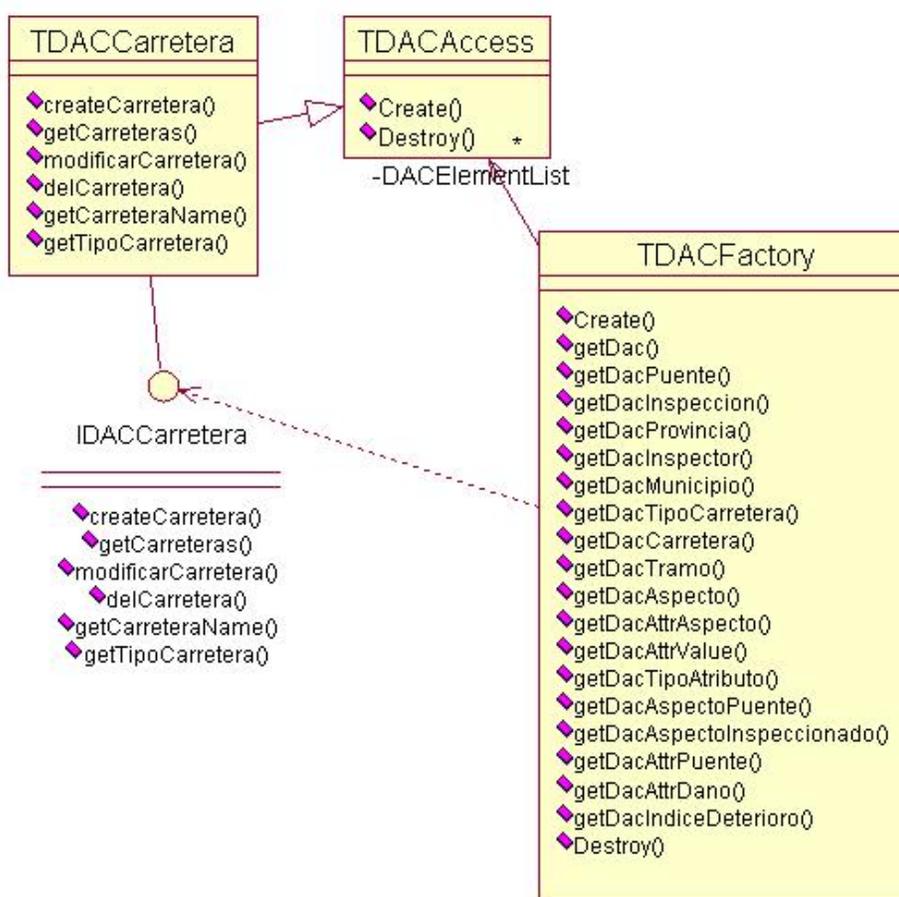


Figura 2.17 Implementación de la clase TDACFactory

Luego se declara una variable única, global para toda la aplicación, llamada precisamente Singleton, instancia de TDACFactory, que será quien garantice el acceso único a la base de datos y a la información.

2.6 Consideraciones del Capítulo

En este capítulo se describieron los procesos del negocio de la gestión integral de puentes, lo que facilitó el análisis de los requerimientos del sistema, verificándose además aquellos que no se tuvieron en cuenta en la versión anterior (SAP), tales como el control de los inspectores y las facilidades para definir los maestros. Para documentar esto se realizaron los análisis de los casos de uso del sistema y las especificaciones de estos casos de uso.

Se muestra el diseño de la base de datos donde se almacenará la información necesaria para el desempeño de GIP 1.0. Esta base de datos, creada utilizando el modelo de datos relacional, permite la incorporación de nuevos aspectos técnicos y de daños de manera cómoda y flexible.

Se explica además el comportamiento del sistema mediante el uso de diagramas de transición de estados (DTE) y por último se realizó un análisis de la implementación de la capa de datos de GIP 1.0, mediante diagramas de clases realizados en UML.

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3. MANUAL DE USUARIOS

En el presente capítulo se describe a los usuarios la manera de trabajar con el Sistema de Gestión Integral de Puentes, GIP 1.0. Se describirán los requerimientos del sistema y la manera de trabajar con cada uno de los menús implementados para los diferentes roles de los usuarios que trabajarán con el sistema.

3.1 Requerimientos del sistema

Para utilizar GIP 1.0 se debe tener los siguientes requerimientos:

- Al menos 32 Megabytes de memoria.
- Versión Windows 95 o superior de Microsoft instalado.

3.2 Características Generales

GIP 1.0 es una herramienta para facilitar la gestión integral de puentes en la República de Cuba. En él se pueden definir los parámetros a tener en cuenta para la caracterización y control del estado físico de un puente. Con estos parámetros, llamados maestros, es posible realizar y actualizar el inventario de los puentes y las inspecciones que a estos se realizan. GIP 1.0 facilita la obtención de reportes sobre los puentes del inventario y los daños que estos presentan.

Ha sido diseñado con un ambiente amigable sobre la plataforma Windows de 32 bits, facilitando la interacción de los usuarios con la información de una forma cómoda y fácil de comprender.

3.3 Iniciar la aplicación

Para iniciar la aplicación, es preciso que el administrador del sistema incorpore los usuarios que tendrán acceso al mismo, y cada uno de ellos con sus contraseñas, ya que por la alta confidencialidad de la información, no todos los usuarios tendrán acceso a la misma. Al iniciar la aplicación, se mostrará una pantalla como la que se muestra en la figura 3.1, donde el usuario incorpora su nombre de usuario para el sistema y su contraseña de acceso,

luego del correspondiente chequeo, el usuario podrá trabajar con los menú que le hayan sido asignados de acuerdo a los roles con los cuales esté responsabilizado.

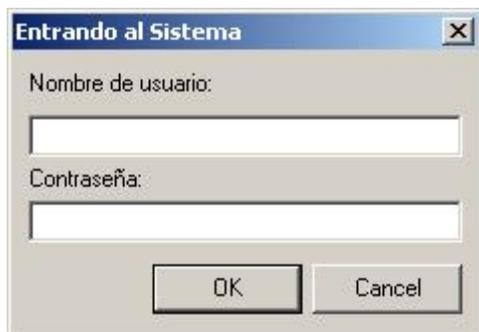


Figura 3.1: Pantalla de entrada a GIP 1.0.

GIP 1.0 tiene un sistema de menús dinámico, donde de acuerdo con los roles asignados al usuario, éste podrá visualizar los que le corresponde. A continuación se ofrece un breve resumen del sistema de menús de GIP 1.0.

Menú Administrar: Responsable de las acciones de control de roles y usuarios del sistema.

Menú Maestros: Ofrece las operaciones para el trabajo con los maestros fijos y de jerarquía.

Menú Recursos Humanos: Encargado del control de los inspectores.

Menú Inventario: Tiene la tarea de controlar los puentes a incluir, modificar o eliminar en el inventario.

Menú Inspección: Responsable de las tareas de control de las inspecciones y del cálculo de daños de cada uno de los puentes.

Menú Reportes: Facilita una interfaz amigable para la obtención de reportes y exportarlos a un documento para facilitar su impresión.

Menú Ayuda: para el uso del sistema de información de la aplicación.

En los epígrafes siguientes se detallará en el trabajo con algunos de estos menús.

3.4 Menú Administrar

Si el usuario que entra al sistema tiene asignado el rol de administrador podrá visualizar el menú **Administrar**, el cual tiene dos opciones: *Administración de Roles* y *Administración de Usuarios*, como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2: Operaciones del Menú Administrar.

Administración de Roles

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + R

En esta opción se puede visualizar los roles que controlan el sistema, a la vez que es posible crear nuevos roles y modificar o eliminar los ya existentes. En la figura 3.3 se muestra la interfaz para el trabajo con los roles del sistema.

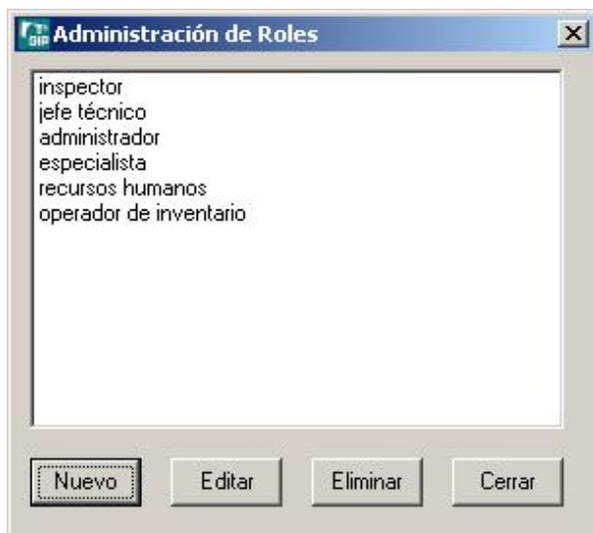


Figura 3.3: Interfaz de Administración de Roles.

Nuevo: Este botón posibilita crear nuevos roles para el trabajo con el sistema y aumentar de esta manera la funcionalidad del mismo. En la figura 3.4 se puede ver la ventana para el trabajo con esta opción.



Figura 3.4: Ventana para crear un nuevo rol para el sistema.

Editar: Este botón posibilita modificar los roles ya existentes, de modo que se pueda corregir cualquier error al crearlo o algún término obsoleto. En la figura 3.5 se puede ver la ventana para el trabajo con esta opción.



Figura 3.5: Ventana para modificar un rol del sistema.

Eliminar: Al seleccionar uno de los roles que se muestran en el listado y dar clic en este botón se puede eliminar dicho rol. Antes de realizar la operación se solicita confirmación al usuario para darle la oportunidad de rectificar en caso de error.

Cerrar: Salir de la Ventana de Administración de Roles

Administración de Usuarios

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + U

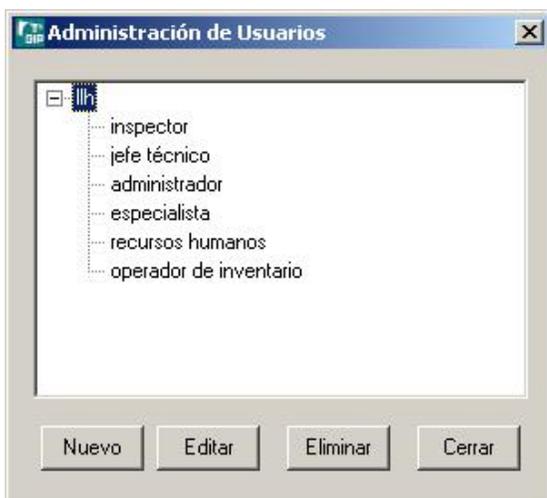


Figura 3.6: Interfaz de Administración de Usuarios.

Nuevo: Este botón posibilita crear nuevos usuarios para el trabajo con el sistema. En la figura 3.7 se puede ver la ventana para el trabajo con esta opción. Como se puede observar se debe definir el nombre de usuario, la contraseña, la provincia y los roles con los que trabajará este usuario.



Figura 3.7: Ventana para crear un nuevo usuario para el sistema.

Editar: Este botón posibilita modificar los usuarios ya existentes, de modo que se pueda corregir cualquier error al crearlo o algún término obsoleto. Previamente seleccionado el usuario que se desea modificar del listado, al seleccionar esta opción se muestra una ventana como la que se puede ver en la figura 3.8.



Figura 3.8: Ventana para modificar un usuario del sistema.

Eliminar: Al seleccionar uno de los usuarios que se muestran en el listado y dar clic en este botón es posible eliminar dicho usuario. Antes de realizar la operación se solicita confirmación al usuario para darle la oportunidad de rectificar en caso de error.

Cerrar: Salir de la Ventana de Administración de Usuarios

3.5 Menú Maestros

En este menú el usuario con rol **especialista** podrá definir los maestros fijos y de jerarquía, como se puede ver en la figura 3.9.



Figura 3.9: Menú Maestros.

3.5.1 Maestros Fijos

Estas opciones del menú son todas muy similares: muestran un listado de los maestros que las caracterizan, y dan la posibilidad de crear uno nuevo y modificar o eliminar uno ya existente. Todo de manera muy similar a como se realizaba con los roles en el epígrafe 3.3. Al seleccionar una de las opciones de este submenú se mostrará un listado similar a la figura 3.3, con la información que tiene almacenada respecto a ese Maestro Fijo. Al igual que en la figura 3.3 se brindan las opciones de **Nuevo**, **Editar**, **Eliminar** y **Cerrar**. Para las dos primeras operaciones se muestran ventanas similares a las figuras 3.4 y 3.5 respectivamente, teniendo en cuenta ciertas particularidades de cada uno de los maestros con los que se trabaje, como se muestra a continuación.

Tramos

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + T

Para el trabajo con este tipo de Maestro Fijo es necesario tener en cuenta que depende de las carreteras, o sea, en su creación o modificación se asigna cada tramo a una carretera en particular.

Carreteras

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + C

Para el trabajo con este tipo de Maestro Fijo es necesario tener en cuenta que depende del tipo de carretera, o sea, en su creación o modificación se asigna cada carretera a un tipo de carretera en particular.

Provincias

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + V

Municipios

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + M

Para el trabajo con este tipo de Maestro Fijo es necesario tener en cuenta que depende de las provincias, o sea, en su creación o modificación se asigna cada municipio a una provincia en particular.

Tipo de Carretera

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + I

3.5.1 Maestros de Jerarquía

Al seleccionar este comando se muestra una interfaz como la de la figura 3.10.

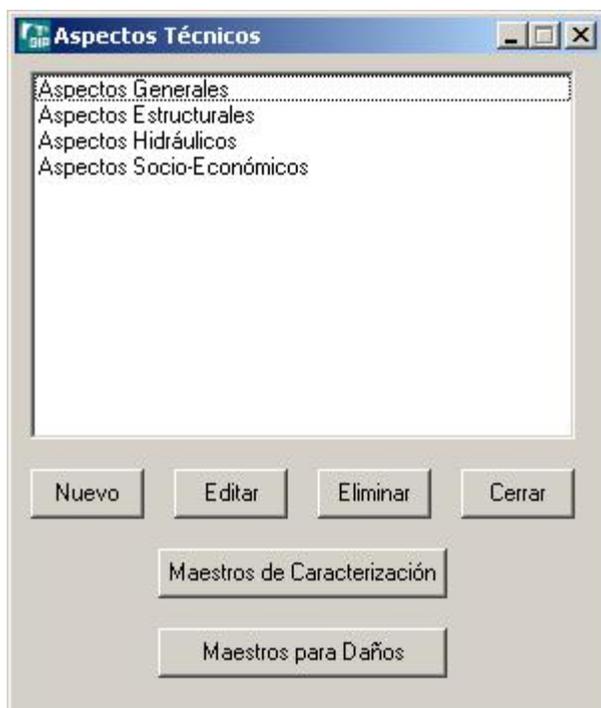


Figura 3.10: Interfaz para el trabajo con los Maestros de Jerarquía.

Como se puede observar es muy similar a la Interfaz para la Administración de Roles y Maestros Fijos, permitiendo al usuario crear nuevos aspectos y editar o eliminar los existentes. Esta ventana permite detallar en la jerarquía utilizada para agrupar los elementos que componen a un puente y sus daños.

Para detallar en los atributos de cada uno de los aspectos, se selecciona el aspecto deseado y se da clic en el botón que indique lo que se desea, si es para los atributos de caracterización, en el botón **Maestros de Caracterización**, si es para los atributos de daños, en el botón **Maestros de Daños**.

En ambos casos se muestra una interfaz similar a la de la figura 3.11.

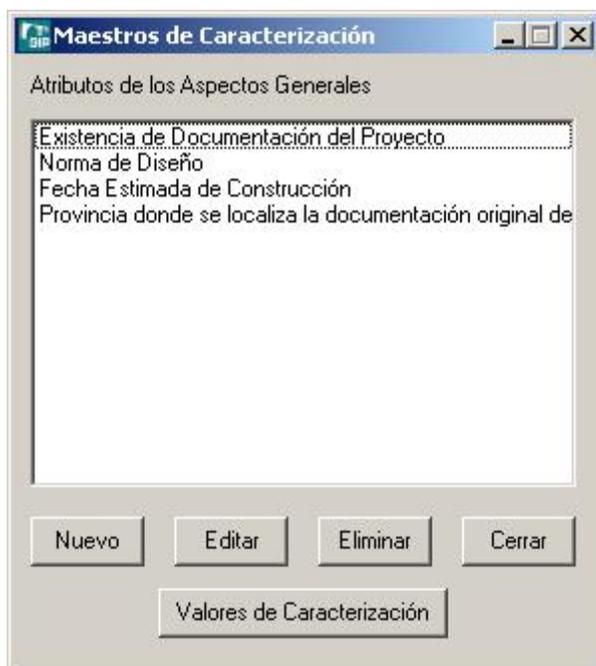


Figura 3.11: Ventana para el trabajo con los Atributos de Caracterización.

Cada atributo al ser creado se le asigna una clasificación, que determina del conjunto de valores que puede describirlo, cómo debe caracterizar al puente. Esta clasificación puede ser:

- Valor Único: El atributo sólo puede tomar un único valor de todos los posibles.
- Varios Valores: El atributo puede tomar uno o varios de los valores posibles. (Selección Múltiple)
- Valor del Operador: El usuario que está incorporando la información del puente debe seleccionar uno de los valores sugeridos o incluir uno que él considere más apropiado.

Al crear un nuevo atributo se le debe asignar la clasificación que le corresponde, como puede observarse en la figura 3.12:

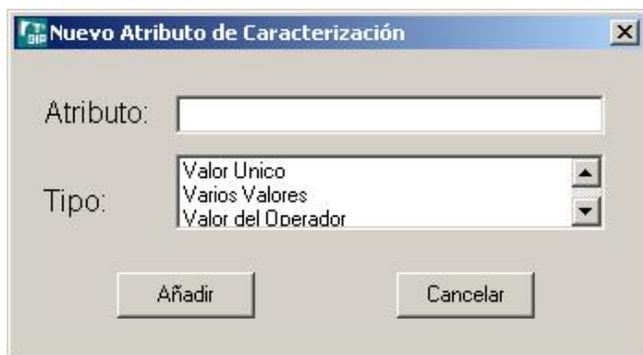


Figura 3.12: Ventana para definir un nuevo Atributo de Caracterización.

Para incorporar los posibles valores que pueden tomar estos atributos basta dar clic en el botón que aparece en la parte inferior de la ventana (figura 3.11): Valores de Caracterización para el caso de los Maestros de Caracterización y Valores de Daños para los Maestros de Daños. La figura 3.13 muestra la ventana que aparece para ambos casos:

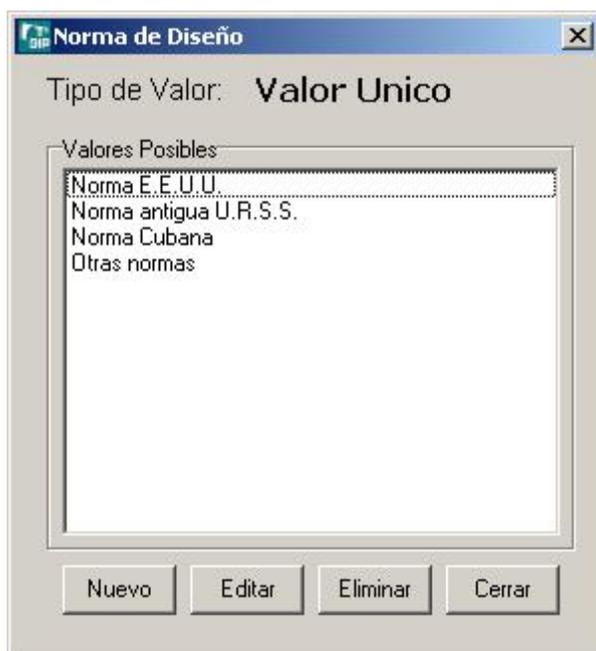


Figura 3.13: Ventana para el trabajo con los posibles valores que toma un atributo.

Como puede verse es muy similar al resto de las ventanas del sistema, posibilitando crear nuevos valores, editar y eliminar. Se muestra en la barra de título de la ventana el atributo que se está caracterizando y en la parte superior el tipo de valor.

3.6 Menú Recursos Humanos

Inspectores

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + N

Este menú posibilita al usuario controlar los inspectores de la provincia. La ventana principal es muy similar a la de la figura 3.2, mostrándose un listado con los inspectores que ya están en el sistema. Al igual que en las operaciones anteriores se permite la incorporación de un nuevo inspector y modificar o eliminar uno que ya exista, previamente seleccionado en el listado.

3.7 Menú Inventario

En la figura 3.14 se muestran las operaciones que se pueden realizar en este menú:



Figura 3.14: Operaciones del menú Inventario.

Nuevo Puente:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + P

En la figura 3.15 se muestra la ventana que posibilita al usuario incorporar un nuevo puente a GIP 1.0.



Figura 3.15: Ventana para incorporar un nuevo puente.

Mediante esta interfaz el operador de inventario debe especificar el nombre del puente, la provincia y municipio al que pertenece, así como la carretera y tramo donde está localizado. Posteriormente debe seleccionar los aspectos a describir y luego pulsar el botón **Elementos**, donde se muestra una ventana como la de la figura 3.16, donde se incluyen los atributos de cada aspecto seleccionado.

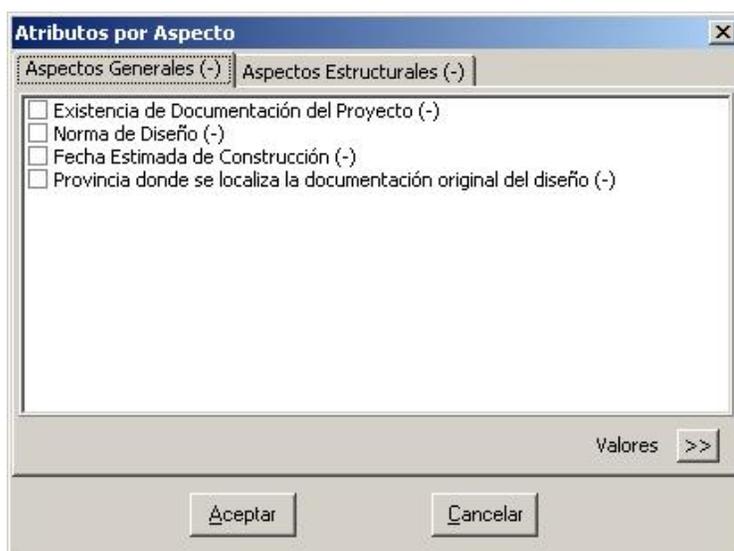


Figura 3.16: Ventana para seleccionar los atributos que describen el nuevo puente.

Para asignar valores a los atributos debe seleccionar el atributo en cuestión y pulsar el botón **Valores**. Al hacerlo se mostrará una ventana con los valores posibles de este atributo y el tipo de valor que es, de manera que el usuario conozca si puede seleccionar uno (figura 3.17) o más valores (figura 3.18), o simplemente incorporar el valor que él considere (figura 3.19), siguiendo la clasificación del atributo.

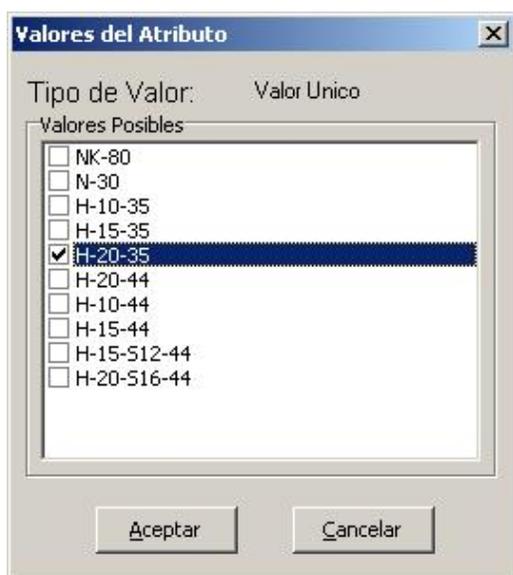


Figura 3.17: Ventana para asignar el valor a un atributo Valor Único.



Figura 3.18: Ventana para asignar valores a un atributo Varios Valores.



Figura 3.19: Ventana para asignar el valor a un atributo Valor del Operador.

Para orientar el estado del proceso de incorporación de los datos del expediente del puente se visualiza a la derecha de cada uno de los atributos y aspectos un símbolo (+, -, *), que indica el estado de evaluación de cada uno de ellos:

Aspecto ‘+’: Se han asignado valores a todos los atributos que caracterizan el aspecto.

Aspecto ‘*’: Se han asignado valores a algunos de los atributos que caracterizan el aspecto.

Aspecto ‘-’: No se han asignado valores a los atributos que caracterizan el aspecto.

Atributo ‘+’: Se le ha asignado valor a este atributo.

Atributo ‘-’: No se ha asignado valor a este atributo.

Modificar Puente:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + O

Para modificar un puente que ya esté en el inventario se muestra una ventana muy similar a la que se muestra en la figura 3.15, como puede observarse en la figura 3.20.



Figura 3.20: Ventana para Modificar Puente.

Como puede observarse, en el Nombre del puente se visualiza un listado con todos los puentes disponibles en el inventario. El usuario debe seleccionar el puente que desee modificar en este listado y entonces se actualiza en la interfaz los valores que caracterizan a este puente. También se le da la posibilidad de modificar el nombre del mismo.

Eliminar Puente:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + E

Para eliminar un puente se muestra un listado, como el de la figura 3.21, donde el usuario debe seleccionar el puente que desea eliminar. También se le da la posibilidad de modificar el puente, en este caso se muestra la ventana de la figura 3.20.

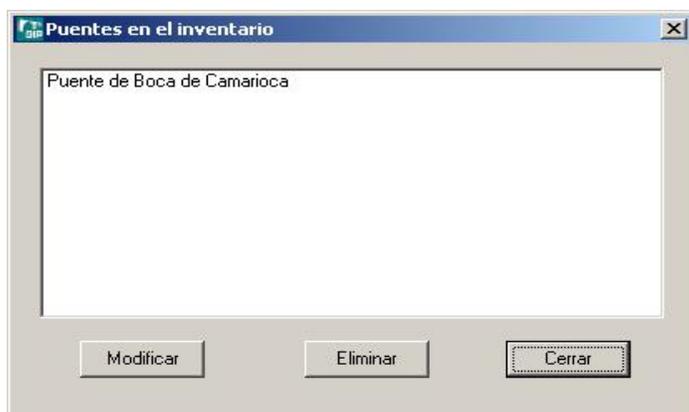


Figura 3.21: Ventana para Modificar/Eliminar Puente.

3.8 Menú Inspección

En este menú se encuentran las operaciones siguientes, como se puede observar en la figura 3.22:



Figura 3.22: Operaciones del menú Inspección.

Nueva Inspección:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + A

Al pulsar sobre esta operación el usuario podrá visualizar una ventana como la que muestra la figura 3.23.

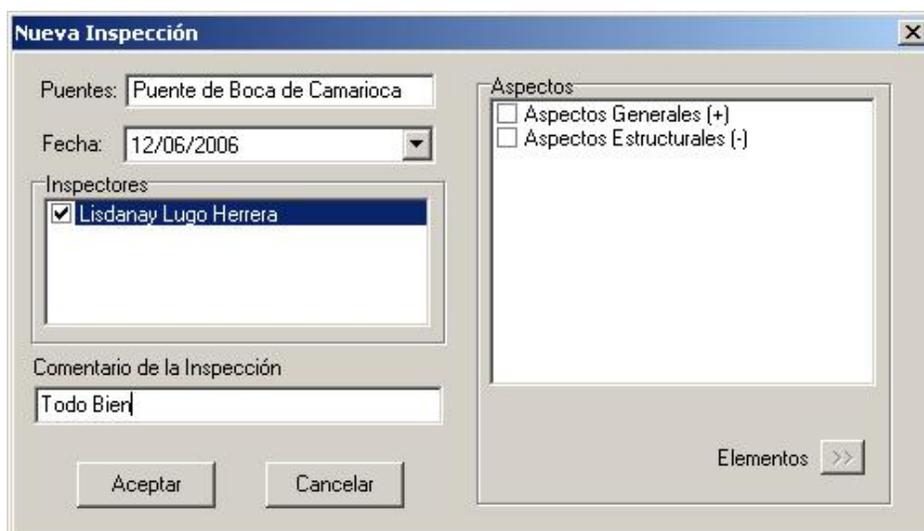


Figura 3.23: Ventana para incorporar una Nueva Inspección en el sistema.

Como puede verse se debe seleccionar el puente que se va a inspeccionar del listado Puentes, la fecha de la inspección y los inspectores que participaron, que se muestran en el listado de inspectores. Se da la posibilidad de incorporar comentarios y los daños encontrados en la inspección se especifican en la sección de los aspectos. Al igual que en el inventario, a la derecha de los aspectos y atributos se muestran los símbolos +, -, *, con la particularidad de que aquellos aspectos que no tengan incluidos en sus maestros, daños que los describan (como en el ejemplo de la figura 3.23 para los aspectos generales) se mostrará el símbolo +, porque no hay ningún daño que especificar. El resto del trabajo con las inspecciones, que es el trabajo con los atributos por aspecto y asignar los valores a los atributos se realiza de la misma forma que para incorporar un nuevo puente (Ver Figuras 3.16 y 3.18)

Modificar Inspección:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + F

Para modificar una inspección se muestra una ventana como la de la Figura 3.24.

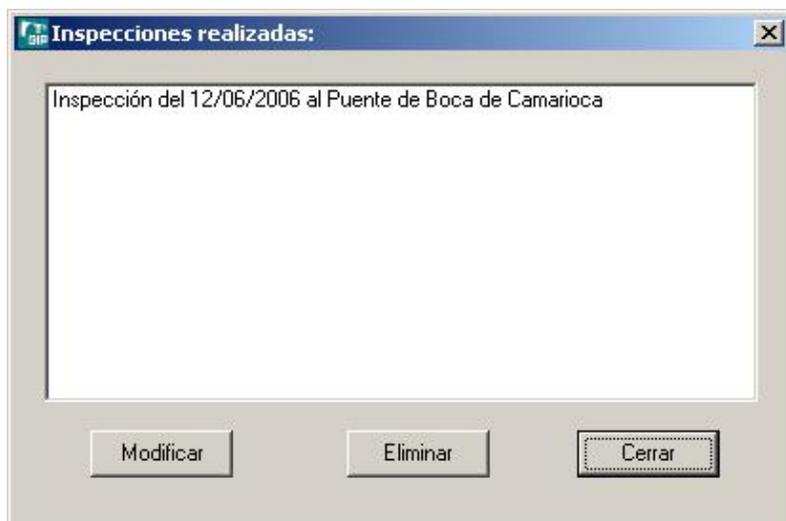


Figura 3.24: Ventana para Modificar/Eliminar Inspección.

En esta ventana se muestra un listado de las inspecciones registradas y previamente seleccionada esta inspección puede modificarse, mostrándose una interfaz similar a la de la figura 3.23 o ser eliminada.

Eliminar Inspección:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + G

Para eliminar una inspección es muy similar a Modificar Inspección y su interfaz es similar a la de la Figura 3.24.

Calcular Índice de Daños:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + L

La figura 3.25 es la interfaz empleada para calcular el Índice de Daños. Aquí el inspector selecciona el puente deseado del listado Puentes, localizado en la parte superior de la ventana. Se calculará el Índice teniendo en cuenta su condición estructural, el inspector debe incorporar valores entre 0 y 5, sujetos a la consideración del personal que realizó las inspecciones a los elementos siguientes:

- Índice de la Condición Estructural de la SubEstructura

- Índice de la Condición Estructural de la SuperEstructura
- Índice de la Condición de la superficie de rodamiento
- Índice de la Condición de la socavación

Al dar clic sobre el botón Calcular, se calcularán y se mostrarán los valores de:

- Índice de la Condición de la Estructura
- Deficiencia de la Condición Estructural
- Índice de Daños

Este último valor se almacenará en la Base de Datos.

Figura 3.25: Ventana para el Cálculo del Índice de Daños.

3.9 Menú Reportes

Se pueden obtener dos tipos de reportes en GIP 1.0.

Reportes de Caracterización de Puentes:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + Z

Estos reportes se obtienen a partir de la información contenida en el inventario. Para ello se utiliza una interfaz como la que se puede observar en la figura 3.26. Para obtener los reportes es posible filtrar la información, obteniendo los puentes de una provincia, municipio, carretera, o tramo determinado con solo seleccionar la variable y el valor por el que se quiere filtrar. Al pulsar el botón Buscar, se muestra un listado con los resultados posibles. Si no se selecciona ningún valor para filtrar se muestran todos los puentes del inventario.

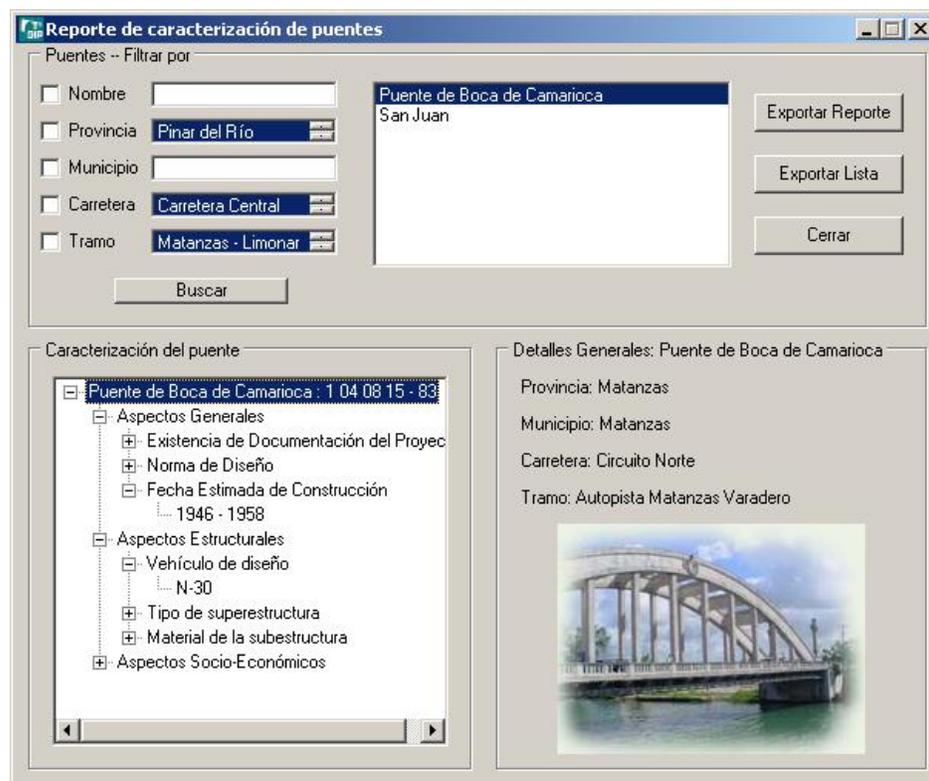


Figura 3.26: Ventana para obtener Reportes de Caracterización de Puentes.

Al seleccionar un puente de los mostrados en el listado, luego de filtrada la información, se mostrará la caracterización del puente en el cuadrante inferior izquierdo, donde se visualizan en forma de árbol todos los atributos que caracterizan al puente y su(s) valor(es)

correspondiente(s). En el cuadrante inferior derecho se muestra la localización geográfica y el índice de daños del puente seleccionado en el listado.

Si se desea exportar a un documento, para facilitar la impresión del reporte obtenido del puente seleccionado, pulse el botón **Exportar Reporte**. Si desea hacerlo para el listado de puentes, pulse el botón **Exportar Lista**. En ambos casos se muestra un diálogo (Anexo 2), para especificar dónde desea guardar el documento que se va a generar.

Reportes de Levantamiento de Daños:

Teclas de Acceso Rápido: Ctrl + D

Como puede verse en la figura 3.27, los reportes para daños son muy similares a los reportes de caracterización, con la particularidad de que se puede filtrar el resultado por el valor del índice de daños, por lo que el listado de los puentes obtenidos se observa en la parte centro izquierda de la ventana.



Figura 3.27: Ventana para obtener Reportes de Levantamiento de Daños.

CONCLUSIONES

Conclusiones

Con la realización de este trabajo se desarrolló el Sistema de Gestión Integral de Puentes GIP 1.0 que mejora el Sistema de Administración de Puentes SAP, teniendo en cuenta el análisis de los requerimientos que no fueron planificados en la primera versión del software y se incorporaron a la solución propuesta en este trabajo, con la asesoría de los expertos en materia de construcción y conservación de puentes.

En las búsquedas realizadas por Internet, pese a que se encontraron diversos Sistemas de Gestión de Puentes, tales como PONTIS, BRIDGIT, BRIME, etc., no se encontró ninguno capaz de ajustarse a las necesidades de nuestro país.

Se realizó un diseño de la base de datos que garantiza flexibilidad en la información que se maneja sobre la caracterización de los puentes y su estado físico. De tal forma quedan creadas las bases para la implementación de nuevas facilidades y utilidades para el Sistema de Gestión Integral de Puentes.

Con el sistema GIP 1.0 se crea una herramienta que facilita el trabajo a los ingenieros civiles de los Centros Provinciales de Vialidad para la realización de estudios viales y la toma de decisiones para efectuar acciones de conservación. Se encuentra implantado en el Centro Provincial de Vialidad de Matanzas.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- Implementar el módulo para la toma de decisiones en la Gestión Integral de Puentes.
- Implementar el módulo de Costos de Conservación, el cual será de gran ayuda en la asignación de recursos, dada la situación económica en Cuba.
- Valorar la migración de GIP 1.0 a software libre como parte del cumplimiento de las orientaciones del Estado cubano en tal sentido.

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

Referencias Bibliográficas

Booch, G. (1994) *Object Oriented Analysis and Design with Applications*, Addison-Wesley.

Codd, E. (1970) *A relational model of data for large shared databanks*.

Echaveguren, T. et al (2003) “Proposición de un sub sistema de información para el sistema de gestión de puentes MAPRA” en Universidad de Concepción [En línea]. Concepción, disponible en:

www2.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/11TomasEchavegurenSistemapuentesMapra.pdf

[Accesado el día 13 de marzo de 2006]

Flores, J. (1998). “Conservación de Puentes Carreteros” en *ConstruAprende.com*. [En línea]. México, disponible en: http://www.construaprende.com/Tesis2/CAP1/CAP1_2.html

[Accesado el día 17 de febrero de 2006]

González Arestuche, L. (1999) *Experiencias y métodos para la conservación de puentes de carretera en la República de Cuba*. Vol I y II. Ciudad de la Habana, Empresa de Servicios Generales del MICONS.

González Arestuche, L. et al (2000) *Manual de Usuario SAP 1.0*. Matanzas, EMPAI.

González Pérez, I. (2003) “La integración de la prevención en la empresa constructora” en *Fundación Prevención* [En línea] España, disponible en:

www.fundacionprevent.com/Fundacion/pdf/a3.pdf [Accesado el 19 de abril de 2006]

Quiroz, J. (2003) El modelo relacional de bases de datos. *Boletín de Política Informática* No. 6, 53-61.

Smith N. y L. Silva. (1999) “Economic Appraisal in Advanced Bridge Management Systems” Transportation Research Board (coord.) *8th Internacional Bridge Management Conference*. [En línea] National Research Council. Abril 26–28, 1999. Denver, Colorado. Disponible en: http://gulliver.trb.org/publications/circulars/circ498/v1_D02.pdf [Accesado el 13 de marzo de 2006]

Trowbridge, D. (2003) *Enterprise Solution Patterns using Microsoft .NET* Estados Unidos, Microsoft Corporation.

Woodward, R. et al. (2001) “Deliverable d14 Final Report” en *TRL Inc.* [En línea]. Londres, disponible en: www.trl.co.uk/brime/d14.pdf [Accesado el día 13 de marzo de 2006].

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- CLEMENTE, J. (2004) Modelos de predicción de deterioro de puentes, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- CZEPIEL, E. (1995) Bridge Management Systems Literature Review and Search. Northwestern University BIRL Industrial Research Laboratory.
- FLORES, J. (2003) Sistema COVIAL, San Salvador, Unidad Ejecutora de Conservación Vial.
- Frangopol, D. (2001) Reliability-based life-cycle management of highway bridges. Journal of computing in civil engineering, January
- GALICIA, J. (2003) Implementación de un sistema de gestión de puentes en Guatemala-Centroamérica. Revista Tecnología MOPT, Vol. 11.
- GRALUND, M. (1996) System for bridge management in a rural environment. Journal of computing in civil engineering, april 97-105.
- HANNA, A. N. (2005) Developing a National Database System for Maintenance Actions on Highway Bridges. National Cooperative Highway.
- KRIVIAK, G. (1999) Bridge Management System Development for Municipal-Sized Inventories in Western Canada. Reid Crowther & Partners, Ltd.
- MCGEE, R. (2002) Bridge Management Systems. The State of the Art, Sydney, Austroads Incorporated.
- MIDDLETON, C. (2005) Bridge Management and Assessment in the UK. Cambridge University Engineering Department. Cambridge, University of Cambridge
- Small, e. (1999) Current status of bridge management system implementation in the united states. In circular, t. R. (ed.) Eighth International Bridge Management Conference. Denver, Colorado Transportation Research Board.
- SMITH, N. (1999) Economic Appraisal in Advanced Bridge Management Systems, Leeds, University of Leeds.
- SPEIRAN, K. (2004) Implementation of a Bridge Management System In The Province of Nova Scotia, Nova Scotia, Nova Scotia Department of Transportation and Public Works.
- STEELE, K. (2000) Bridge maintenance strategy and sustainability. State of the Art.

TOWNES, M. (2004) Management Applications Using Geographic Information Systems.
A Synthesis of Highway Practice

Washington, Transportation Research Board.

Turner, h. (1998) Conversion between network-level and project-level units of measure for
use in a bridge management system Charlottesville, Virginia Transportation Research
Council

WOLFGRAM, L. (2005) Optimization of Bridge Management and Inspection Procedures,
Delaware, National Science Foundation.

ANEXOS

Anexos

Anexo 1: Hoja de Inventario e Inspecciones

HOJAS PARA LAS EVALUACIONES DEL INVENTARIO

Inventario Nacional de Puentes. Hojas para la evaluación de campo.

Nombre del puente: **@Nombre**

Codificación: **@Codigo**

Existencia documentación del proyecto: **@Existe**

Localizada en provincia: **@Localiza**

Norma de diseño empleada: **@norma**

Período estimado de construcción: **@fecha**

Carretera: **@Carretera**

Ubicación del puente: **@Ubicación** Km

Tramo: **@Tramo**

Municipio: **@Mcpio**

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Vehículo de diseño: **@Vedise**

Tipo de superestructura: **@TSup**

Material de la superestructura: **@Msup**

Número de tramos: **@NroTramos**

Número de vigas o armaduras principales: **@NroVigas**

Luz de cada tramo: **@LuzTramo**

Longitud total: **@LongT** m

Ancho total: **@AnchoT** m

Ancho libre: **@AnchoLib** m

Ángulo de esviaje: **@AngEsv**

Área del puente: **@Area** m²
Ancho de aceras: **@AnchoAc** m
Tipo de estribos-aletones: **@Estribos**
Tipo de pilas: **@Pilas**
Material de la subestructura: **@MSub**
Gálibo vertical: **@GaliboV** m
Revestimiento de estribos: **@RevEstr**
Tipo de aparato de apoyo: **@TAparApo**
Tipo de cimentación: **@TCiment**
Revestimiento de canales: **@RevCanal**
Pavimento de: **@MatPav** espesor: **@EspPav** cm
Drenajes: **@Drenajes**
Barandas o pretilas de: **@MatBaranda** y con altura de: **@AlturaBaran** m
Existencia de instalaciones o conductos de carácter permanente tipo: **@Co (@P)**

ASPECTOS HIDRÁULICOS

Río-Carácter de la longitud: **@CaracLong**
Régimen hidráulico: **@RegHidr**
Alineación de la corriente en el emplazamiento: **@AICorr**
Cauce: **@Cauce**
Material en el lecho del cauce:
 Cohesivo: **(@Mc)**
 No cohesivo: **(@Mnc)**
 Peñones: **(@Mp)**
 Grava: **(@Mg)**
 Arena: **(@Ma)**
Degradación del cauce: **@DegrCauce**
Erosión en las márgenes: **@EroMarg**
Socavación local:

Pilas: (*@Sp*)

Estribos: (*@Se*)

Taludes: (*@St*)

Accesos: (*@Sa*)

Flujo con incidencia oblicua sobre:

Pilas: (*@Fp*)

Estribos: (*@Fe*)

Nivel de aguas máximo (estimado): *@NA* m

Relación aproximada de la luz del puente/ancho del río: *@LuzAnch*

Transitabilidad del cauce: *@TransCauce*

ASPECTOS ECONÓMICOS

Tipo de tráfico *@TipoTraf*

¿Existen industrias establecidas que generan cargas mayores que la permitida? *@Indust*

Frecuencia de vehículos *@FrecVeh*

ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS Y ESTRATÉGICOS

Volumen de producción transportada *@VolProd*

Zona con explotación principal *@ZExpl*

OTROS ASPECTOS

Agresividad del medio *@AgrMedio*

Criterios sobre el mantenimiento *@Mtto*

LEVANTAMIENTO DE LOS DAÑOS

En los accesos: *@DAccesos*

En pilas: *@DPilas*

En estribos: *@DEstribos*

En cabezales: *@DCabezales*

En vigas principales: *@DVigasPr*

En la carpeta de rodamiento: *@DCarpRod*

En losa del tablero: *@DLosaTabl*

En pretiles o barandas: *@DPretiles*

En apoyos: *@DApoyos*

En juntas: *@DJuntas*

En aletones: *@DAletones*

En muros de retorno: *@DMuros*

En el cauce principal: *@DCaucePr*

En las márgenes del cauce: *@DMargenes*

Participantes en la evaluación de campo:

Nombre y apellidos:

@Nombre1

@Nombre2

@Nombre3

@Nombre4

Firma:

Fecha en que se llena el modelo: *@FechaInsp*

Anexo 2: Diálogo para guardar reportes

