

## 6.- SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

### 6.1.- Introducción

Los resultados del “Diagnóstico, Proposición de Defensas Fluviales y Plan de Manejo en Río Cachapoal. Tramo: Puente Ruta 5 hasta Las Juntas, Región De O’Higgins” se entregan bajo una estructura SIG soportada por ArcView 8.2, el cual permite la visualización de los datos recopilados, de modo de apreciar los efectos espaciales de las obras y soluciones que se propongan.

En el presente documento se presentan las estructuras de almacenamiento para los datos y para las tablas de atributos, que permiten realizar consultas sobre los contenidos del Plan que apoyen la toma de decisión, tanto para el Plan propuesto como para futuras modificaciones y actualizaciones del mismo.

### 6.2.- Diseño Físico Sistema Información Geográfico

Toda la información generada es entregada en formato ArcView 8.2 (shapefile), proyectada a UTM 19S, Datum PSAD-1956, y con unidad espacial métrica.

Los datos fueron organizados de la siguiente manera:

#### Directorio Principal

- **C:\DOHROH\_CACHAPOAL**

#### Directorios secundarios

- **Coberturas Generales** (recopilación de Antecedentes)
- **Coberturas Específicas** (datos generados por Catastros)
- **Estúdio Ambiental** (Coberturas específicas del EAA)
- **Fichas Técnicas** (Fichas Técnicas de Obras)
- **Fotos** (toda imagen asociada al proyecto)
- **Programas** (Códigos Fuentes de Programas desarrollados en VB)
- **Reportes** (Almacenador de reportes creados por reportador, en formato HTML)

La información del sistema fue organizada en Archivos de Documentos de Arc Map (\*.mxd), No obstante lo anterior, se construyó un archivo documento único llamado PMC\_CACHAPOAL.mxd, que reúne los anteriores, en que cada tema se activa en forma voluntaria.

Cada variable incorporada al SIG fue almacenada en formato shape y se trató como una cobertura independiente, correspondiendo a capas conocidas tradicionalmente como “layers” y agrupadas en “Group layers”, pudiendo repetirse entre un tema y otro.

A cada archivo shape se le configuró el sistema de coordenadas antes mencionado, a través de Arc Catalog, de este modo, el usuario final podrá superponer automáticamente capas generadas en diferentes sistemas (bajo la misma proyección y datum) sin errores, ni desplazamientos.

Finalmente se creó un metadata personalizado para el M.O.P. cuyo contenido, es:

#### 6.2.1.- Identificación de la Información

Nombre : Obras Fluviales  
 Autor : Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas  
 Año : 2007  
 Escala : 1:50.000  
 Zona : Región del Maule, Provincia de Talca  
 Formato : Shapefile

#### 6.2.2.- Información de Referencia Espacial

Elipsoide de referencia : Internacional de 1924, datum provisorio sudamericano la canoa Venezuela de 1956.  
 Datos cartográficos : Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) Zona 19 Sur Meridiano Central 69.

#### 6.2.3.- Hardware

- Capacidad de la unidad central de procesos: Procesador Intel Pentium 4 de 2.8 Ghz.
- Tamaño de la memoria RAM: 2Gb.
- Capacidad de Memoria de Respaldo: 160 Gb.
- Periféricos: Multifuncional Epson modelo CX 3700, Impresora EPSON 1512 Carro ancho.

#### 6.2.4.- Software

- Sistema Operativo: Microsoft Windows XP Professional SP3.
- Software SIG: ArcGIS V8x.
- Software de Manejo de Base de Datos: Microsoft Access y Microsoft Excel.
- Soporte en la conversión de datos: CARIS GIS Versión 4.3.3.

### 6.3.- Objetivos del SIG

Los objetivos del Sistema de Información Geográfica son:

- Mejorar los procesos de administración de los datos geográficos.
- Disminuir la redundancia de datos y procedimientos.
- Incrementar el acceso a la información Geográfica necesaria para tomar decisiones en forma objetiva.
- Permitir la actualización de la información contenida en el SIG, mediante aplicaciones Visual Basic, que permitirán un fácil manejo por parte de sus usuarios en la DOH VI Región.

### 6.4.- Metodología

El SIG desarrollado, permite aprovechar las potencialidades de esta herramienta para el manejo, administración, visualización, consulta y caracterización de los datos espaciales, aprovechando sus capacidades gráficas para apreciar los efectos espaciales de las obras de protección y defensa que existen y las que se propongan.

Con el fin de disponer de una herramienta que facilite el control y la gestión de las políticas de Ordenamiento Territorial, se implementó una base de datos SIG por medio del programa Arc Gis 8.2 para Windows. Ello permite contar con una base de datos de consulta tanto de las obras existentes como de las características y el estado de conservación de éstas.

La materialización de dicha aplicación, se desarrolló mediante una base de datos que contiene la información espacial referida al sistema geodésico Provisorio Sudamericano de 1956 (PSAD 56) y cartográfico Universal Transversal Mercator (UTM) Huso 19 Sur, interrelacionada con sus respectivas base de atributos, la cual permitió representar tanto el espacio geográfico como las obras y elementos existentes en él.

Para la presente implementación SIG se requirió la edición digital de cartografía oficial y fotografías aéreas del lugar de estudio, más la información obtenida como parte del catastro de terreno.

#### 6.4.1.- Antecedentes Básicos

##### a) Base Cartográfica

La Base cartográfica que permite representar el área, corresponde a las cartas oficiales del IGM a escala 1:50.000, VI Región, Ortofotos en formato \*.lan, vuelo CONAF –CONAMA, escala 1:115.000.

##### b) Fotografías Aéreas

Las fotografías aéreas corresponden a las obtenidas del vuelo de reconocimiento del sector de los cauces en estudio. Al respecto, cabe señalar que de acuerdo a los Términos de Referencia y aclaraciones de la Licitación, las fotografías aéreas solicitadas corresponden a un vuelo para el cual no se exige cumplir con los requisitos de un vuelo fotogramétrico. Por otra parte, el apoyo para la georreferenciación de las fotografías correspondió a la base cartográfica y ortofotos antes mencionadas.

Las fotografías disponibles fueron georreferenciadas utilizando los puntos de control suficientes, por foto obtenida de las fuentes antes mencionadas, cabe destacar que el producto fotográfico georreferenciado, contiene diferencias con la base cartográfica, ya que la escala usada al georreferenciar y la de trabajo no son iguales.

Las fotografías georreferenciadas fueron fusionadas, con las cuales se generó un mosaico en formato MrSID.

- Recubrimiento fotográfico : 60% longitudinal
- Escala media : 1:10.000

### **c) Infraestructura**

Los antecedentes relativos a la infraestructura existente en el área, se obtuvo directamente del catastro elaborado como parte de la presente consultoría.

### **d) Levantamiento GPS**

Para el Levantamiento de la información en terreno se trabajó utilizando tecnología GPS (Sistema de Posicionamiento Global Satelital) de tipo Navegador, con el cual se levantó la infraestructura u otra información relevante para el estudio, respetando la información contenida en los antecedentes generales, catastrales y en la cartografía existente.

## **6.4.2.- Ingreso de Datos Gráficos y Alfanuméricos**

Los diferentes elementos ingresados al SIG, constituyen capas de información vectorial o raster autónomas, las cuales pueden mostrarse en forma independiente o mediante superposición.

La materialización de dicha aplicación, se desarrolló mediante una base de datos gráfica (cartográfica, más fotografías aéreas) que contiene la información espacial georreferenciada referida al Elipsoide Internacional de 1924 y al datum Provisorio Sudamericano de 1956 (PSAD 56) y cartográfico Universal Transversal Mercator (UTM) Huso 19 Sur, interrelacionada con sus respectivas base de atributos, la cual permitió representar el espacio geográfico y sus características.

### **a) Vectoriales**

El ingreso de los datos espaciales al Software para los niveles de información gráfica (LAYER), se realizó con el propósito de generar los archivos nativos denominados Shapefile (SHP) mediante lectura directa de datos en ArcGIS.

La información cartográfica base fue importada a formato DXF (Autocad), y luego llevada a formato NTX (Caris GIS) para editar la información y validar la ausencia de arcos colgantes y asignarle relaciones topológicas que garanticen la continuidad de la data espacial. Una vez validada la información, fue exportada, para luego alimentar la base cartográfica ArcGIS.

La base cartográfica considero el ingreso de información de coberturas vectoriales georreferenciadas a escala de compilación de datos 1:50.000 en formato SHP de ArcView.

### **b) Ráster**

La base cartográfica consideró el ingreso de las fotografías aéreas del vuelo de reconocimiento georreferenciadas.

### c) Datos de Atributos (Geodatabase)

Las bases de datos de atributos se organizaron en campos y registros en los programas Excel, Word y Access de Microsoft Office, incluyéndose la totalidad de la información generada en el catastro de obras.

Estas bases de datos fueron exportadas mediante Arc toolbox a ArcView al formato DBF (IV), el que puede ser leído por cualquier administrador de bases de datos.

## 6.4.3.- Manipulación y Administración de Datos Gráficos y Alfanuméricos

### a) Georreferenciación de Fotografías Aéreas

Las fotografías aéreas digitales, que son producto del vuelo de reconocimiento del cauce en estudio y por lo tanto, componente de la base gráfica de la aplicación, consideró, su rectificación con puntos de control, obtenidos de la base cartográfica y de las ortofotos CONAF - CONAMA.

La georreferenciación consiste en definir como los datos de la imagen (foto aérea) son situados en coordenadas de mapas, por lo tanto esta georreferenciación nos permitirá que estos datos sean visualizados, consultados y analizados con otros datos geográficos, que son parte del proyecto.

El método por el cual esta información fuente, es referenciada está dado por el proceso de Rectificación Polinomial, que consiste en aplicar un modelo que ajuste el conjunto de puntos de control ubicados en la imagen (foto sin georreferenciar) por medio de unas ecuaciones, a un conjunto de puntos (puntos de control), de los que se conoce su referencia geográfica en el mapa.

La calidad de la corrección de las distorsiones no siempre es buena y dependerá, de la escala de compilación de la cartografía de apoyo y de la experiencia en la ubicación de dicho puntos.

El proceso se realizó en 3 fases:

#### i) Localización de los Puntos de Control

Los Puntos de Control, deben ser puntos claramente identificables tanto en el mapa como en la imagen, que sean permanentes en el tiempo.

#### ii) Ajustes de las Ecuaciones de Deformación

De acuerdo a la cantidad de puntos de control, es la posibilidad de ocupar ecuaciones de mayor grado.

Ejemplo:

Ecuación	N° de Puntos
1° orden	3
2° orden	6
3° orden	10
4° orden	15
5° orden	21

### iii) Transferencia de las Coordenadas a la Nueva Posición

Criterio de cálculo

#### - Vecino próximo

Esta transferencia de píxeles se refiere a la transferencia del valor del nivel de gris de un píxel de la imagen no corregida a la nueva posición del píxel en la imagen corregida.

### b) Número de Puntos de Control

En relación, al número de puntos de control necesarios, sabemos que la Teoría de las Orientaciones nos indica que debemos considerar al menos 3 Puntos de Control por modelo, para satisfacer las ecuaciones de colinealidad, para este caso se usaron los puntos necesarios, obtenidos de las fuentes de información antes mencionadas.

## 6.5.- Diseño Lógico de la Base de Datos Alfanumérica

El diseño lógico de las Bases de Datos, que constituyen cada una de las capas de información, se realizó según lo dispuesto en los Términos de Referencia (Documento DDFF\_Río\_Cachapoal\_TR\_anexo\_1), tanto para la definición de las etapas, como para la identificación de los Campos de Registros.

Para poder dar forma a la estructura física desarrollada, se incorporaron, para algunas capas de información, ciertos campos de registros no solicitados (o no contemplados), y que permiten hacer un uso óptimo de la información que contiene el sistema. Por ejemplo se ha adicionado en algunos casos el Campo “Ficha\_Técnica”, con el objeto de generar un “Hyper Link”, que permite desde ArcView desplegar una Ficha Técnica de alguna obra en particular. En otros casos se incorporó un Campo Fotos, con el mismo objetivo anterior.

### 6.5.1.- Datos de Atributos (Geodatabase)

Para entrelazar las bases de datos definidas en el diseño lógico de la base de datos, con la base cartográfica, se construyó para cada base de datos un campo denominado “ID”, correspondiente al elemento común que permite relacionar la información en ArcView GIS.

A partir de la creación e ingreso de las bases de datos espaciales (puntos, líneas y polígonos) y de atributos por cada nivel de información, (antecedentes generales, diagnóstico, resultados) se realizó un enlace en forma directa en ArcGIS, mediante el comando Join and Relates. Para tales efectos, se utilizó un campo en común en ambas bases denominado ID, el cual es empleado como nexo entre la base gráfica y alfanumérica.

Cabe señalar que en el caso de las bases de datos espaciales, el campo ID es generado en forma automática al ser ingresada la información al GIS. En tanto, para las bases de datos de Atributos este campo fue creado previamente.

Cada tema en una vista tiene asociada una tabla. Generalmente los datos tabulares son tablas asociadas a un conjunto de datos espaciales, sin embargo se pueden agregar otras tablas no asociadas a temas geográficos.



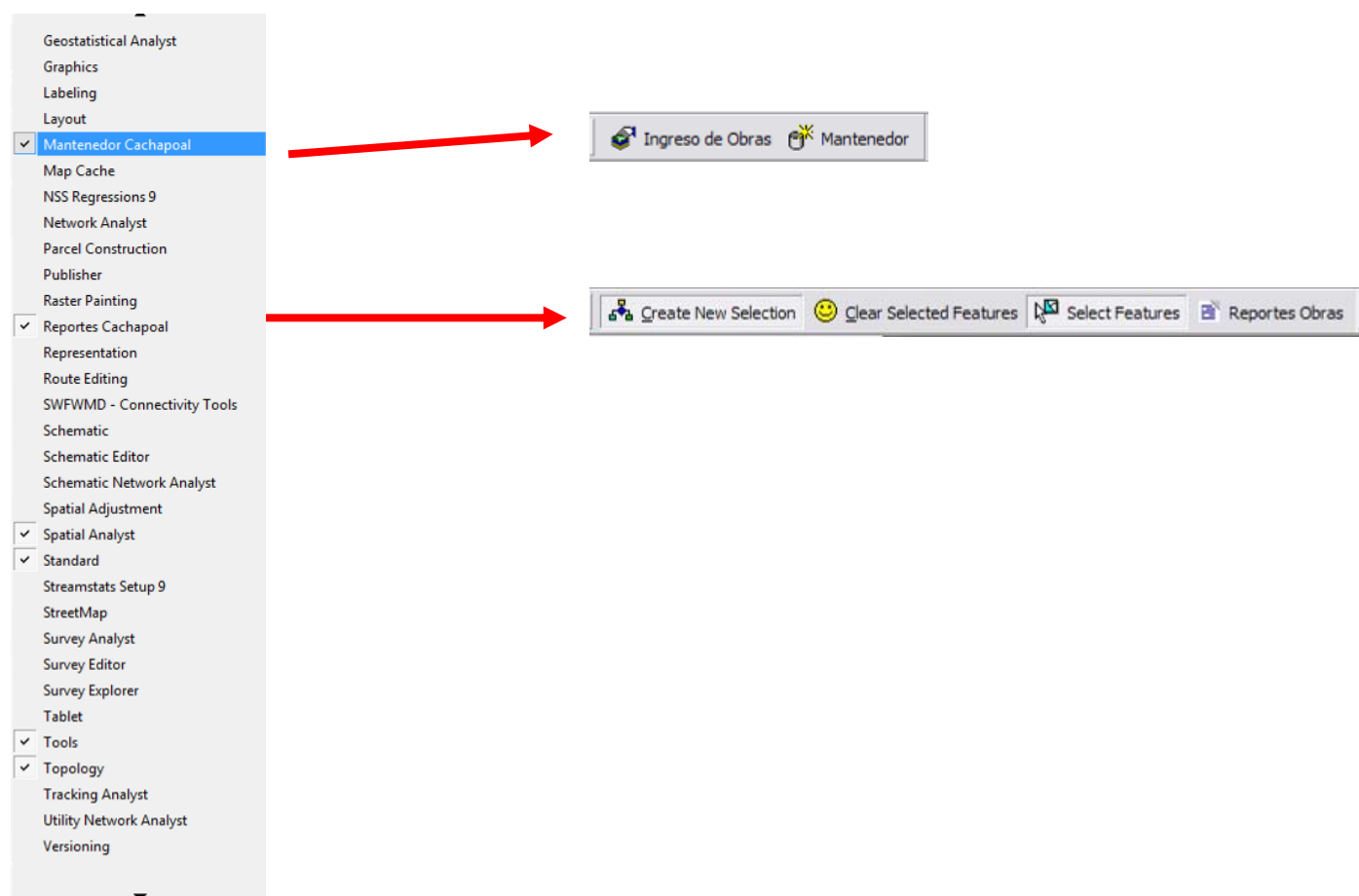
inmediato a través de los iconos que se presenten en la pantalla, los cuales realizarán las siguientes tareas:

### a) Ejemplos de Programación y Estructura de la Interfase

Conforme a los requerimientos de la Dirección de Obras Hidráulicas-MOP, de contar con aplicaciones computacionales que agilicen el manejo de la infraestructura asociada a cauces naturales, se desarrollaron dos aplicaciones en el Sistema de Información Geográfica del Plan Maestro Cachapoal, tendientes a la creación de reportes de obras existentes y reporte de inversión, así como también para la mantención del sistema en aspectos relacionados con la actualización de las bases de datos de ingreso de obras del catastro.

Cada una de las aplicaciones desarrolladas presentan un uso directo, solo en el módulo ArcMap de ArcGIS 8.2, para lo cual se construyeron dos barras de herramientas integradas por botones que permiten la ejecución de cada una de ellas, según se indica en la Figura 1.

**Fig. 1 Ejemplo de Barras de Herramientas de las Aplicaciones SIG**





## b) Operación de la Programación

### Mantenedor Bases de Datos

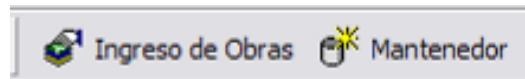
La interfase de mantención del SIG se desarrolló con la finalidad de dotar de una herramienta que permita en forma fácil y expedita la actualización del sistema en aspectos relativos a: ingreso de nuevas obras, eliminación de obras y modificación de atributos de la base de datos, a diferencia si se utilizaran las herramientas tradicionales de edición que dispone ArcMap.

La aplicación que se desarrolló fue implementada para la mantención de los siguientes layers:

- Extracciones de Áridos
- Obras Fluviales
- Infraestructura
- Canteras existentes

Se construyó una barra de herramientas denominada “Mantención”, según se ilustra en la Figura 2.

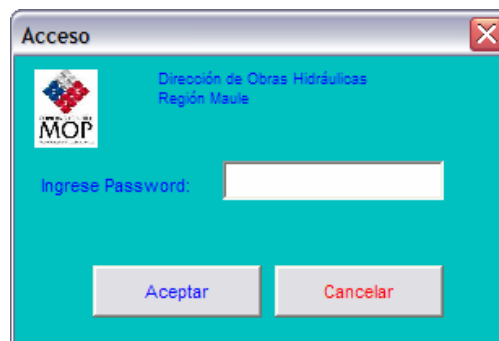
**Fig. 2 Ejemplo de Barra de Herramientas para la Mantención del Sistema**



Considerando que la labor de mantención del sistema debe ser sólo realizada por su administrador, la ejecución de la aplicación es restringida para el resto de los usuarios SIG, mediante la inclusión de una contraseña, cuya validación permite su operatividad.

Al ejecutarse cualquiera de los botones de la barra de herramientas, se despliega un cuadro de diálogo, en el que se solicita una contraseña para su activación, tal como se indica en la Figura 3. Si la contraseña ingresada es inválida, el usuario queda imposibilitado de utilizar sus funciones.

**Fig. 3 Ejemplo de Formulario de Contraseña para la Mantención del SIG**



La barra de herramientas consta de un botón para la mantención de la base de datos para una obra seleccionada, llamado “**MANTENEDOR**”. Basta con seleccionar una obra en pantalla (utilizando las herramientas propias de ArcMap), desplegándose con ello un formulario de similares características al presentado en la siguiente Figura.

Fig. 4 Ejemplo de Formulario de Mantenimiento de la Base de Datos



**Mantenedor**

Dirección de Obras Hidráulicas  
Región MAULE

Prisma Ingeniería Ltda.  
Ingenieros Consultores.

**MANTENCION DE ATRIBUTOS**

ID (N)	5
Región (T)	VII
Provincia (T)	LINARES
Comuna (T)	LONGAVI
Localidad (T)	PAINE
Cauce (T)	LONGAVI
Nombre Obra (T)	CANAL PRIMERA ABAJO
Cota(msnm) (N)	0
Kilometraje (N)	36,759
Tipo (T)	BOCATOMA
Material (T)	BARRERA DE MATERIAL FLUVIAL
Estado (T)	REGULAR
Responsable (T)	-
Ribera (T)	IZQUIERDA
Angulo (N)	-
Nombre Foto (T)	C:\DOHVII PMC LONGAVI-ACHIBUENO\FOTOS

Grabar Eliminar Cancelar

\* Nota: (N) = Dato Numérico ; (T) = Dato Texto


Mediante el formulario presentado en la figura, se permite el despliegue de los atributos que conforman la base de datos de la obra seleccionada, existiendo la opción de modificar el contenido de algunos de los registros vía teclado (opción grabar) o bien eliminar la obra seleccionada (opción eliminar). Es importante tener en cuenta que cada campo de registro contiene un tipo de dato numérico o texto, el cual de no respetarse aparece una notificación de cambio de tipo de dato; por otra parte se requiere que toda la información en formato texto debe ser ingresada con MAYUSCULA, para que el sistema asigne la simbología adecuada a la obra ingresada.

En forma complementaria la barra de herramientas dispone de otro botón que permite el ingreso de nuevas obras a la base de datos mediante teclado llamado **“INGRESO DE OBRAS”**.

Activado el botón **“Ingreso de Obras”**, se despliega un formulario que cuenta con un combo box (ver Figura 5) con el nombre de cada uno de los layers para los que se aplicará esta interfase (Canteras existentes, Infraestructura, Extracción de áridos u Obras fluviales).

Fig.5 Ejemplo de Despliegue del Formulario de Ingreso de Nuevas Obras

**Mantenedor**


 Dirección de Obras Hidráulicas  
 Región MAULE

**Prisma Ingeniería Ltda.**  
 Ingenieros Consultores.

**INGRESO DE OBRAS**

Datos del Feature

Seleccione el Layer al cual se le agregará un Feature

canteras existentes  
 infraestructura  
 extraccion\_aridos  
 obras\_fluviales

Aceptar Cancelar

Insertar Cancelar

\* Nota: (N) = Dato Numérico ; (T) = Dato Texto

Para agregar información se debe seleccionar uno de los layers (ver Figura 6) y agregar un punto o línea sobre cualquiera de los layers de proyectos (se debe ingresar una coordenada x,y para el caso de los puntos y para las líneas un par de coordenadas x,y). Si se requiere más de dos puntos, el sistema luego de aceptar el par de coordenadas iniciales, le preguntará si desea agregar otras coordenadas (ver Figura 7); las primeras para el inicio de la línea y las últimas para el fin de la línea y luego desplegará un formulario exclusivamente con los atributos que conforman su base de datos.

Fig. 6 Ejemplo de Ingreso de Coordenadas

**Mantenedor**

Dirección de Obras Hidráulicas  
Región MAULE

Prisma Ingeniería Ltda.  
Ingenieros Consultores

**INGRESO DE OBRAS**

Datos del Feature

Seleccione el Layer al cual se le agregará un Feature

obras\_fluviales

Ingreso de Coordenadas:

Este Inicio:  Norte Inicio:

Este Fin:  Norte Fin:

Aceptar Cancelar

Insertar Cancelar

\* Nota: (N) = Dato Numérico ; (T) = Dato Texto

Fig. 7 Ejemplo de cuadro de diálogo Desea agregar más puntos

**Ingreso de Registros**

¿Desea agregar otro punto a la PolyLinea ingresada?

Si No

Luego de haber sido ingresadas las coordenadas del layer seleccionado, similar al indicado en la Figura anterior, se permite el ingreso de los atributos de la nueva obra mediante teclado en el formulario de campos de registros para la base de datos del Layer(ver Figura 8).

Fig. 8 Ejemplo de Ingreso de atributos

**Mantenedor**

Dirección de Obras Hidráulicas  
Región MAULE

**Prisma Ingenieria Ltda.**  
Ingenieros Consultores.

**INGRESO DE OBRAS**

ID (N)	
Región (T)	
Provincia (T)	
Comuna (T)	
Localidad (T)	
Cauce (T)	
Nombre Obra (T)	
Kilometraje Inicio (N)	
Kilometraje Término (N)	
Tipo Obra (T)	
Longitud(m) (T)	
Ribera (T)	
Altura(m) (T)	
Año de Ejecución (T)	
Nombre Foto (N)	
Monografía (T)	

Insertar Cancelar

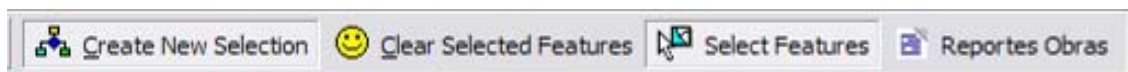
\* Nota: (N) = Dato Numérico ; (T) = Dato Texto

### Reportadores

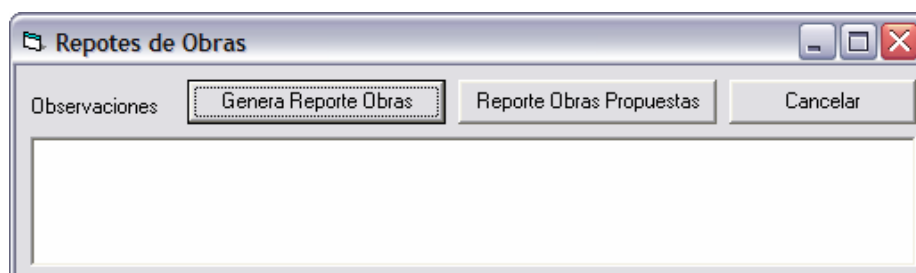
La interfase de reportes del SIG se desarrolló con la finalidad de dotar de una herramienta que permite de forma fácil y expedita acceder a un resumen completo de la información relativa a Infraestructuras y Obras existentes como también a las Obras propuestas, en formato HTML desplegable en Internet Explorer.

Para su operación se construyó una barra de herramientas denominada "Reportes", según se ilustra en la siguiente Figura 9.

Fig. 9 Ejemplo de Barra de Herramientas para creación de reportes



La barra de herramientas consta de cuatro botones, los tres primeros orientados a la selección del objeto; así por ejemplo se requiere para comenzar el proceso de generación del reporte se debe tener seleccionado el botón "Create New Selection" y luego con el botón "Select Feature" se debe pinchar el objeto (se debe prestar atención al menú "selección" de ArcMap en su comando "Set Selectable Layers" en relación a que esté seleccionable el layer sobre el cual se ubica el objeto a reportear). Si no se seleccionó el objeto correcto o si se desea seleccionar otro objeto distinto, la barra cuenta con un botón que permite borrar la selección ("Clear Selected Features"). Una vez seleccionado el objeto de interés, se debe presionar el botón "Reporte Obras", el cual despliega un cuadro de diálogo como el mostrado en la Figura 10.

**Fig. 10 Ejemplo de Cuadro de diálogo para seleccionar tipo de informe**

El cuadro presenta tres opciones, la primera generar Informe de Obras e Infraestructuras existentes; el segundo para la creación de Reporte de Obras Propuestas; el tercero para cancelar y cerrar el cuadro de diálogo. Se ha implementado un cuadro para el ingreso de Observaciones por parte del personal que está generando el reporte, a objeto de ingresar información relevante y que aparece en el reporte HTML resultante.

Los reportes de Infraestructura, como los de Obras Existentes generados quedan almacenados en la carpeta:

C:\DOHROH\_CACHAPOAL\REPORTES\REPORTEOBRAS\\*.html

En tanto los reportes de Obras Propuestas se almacenan en:

C:\DOHROH\_CACHAPOAL\REPORTES\REPORTEPROPUESTA\\*.html