MANUAL DE USUARIO DE SOFTWARE

SITEGI

APPLIED GEOTECHNOLOGIES RESEARCH GROUP

info@sitegi.es

http://www.sitegi.es

Universidade Vigo

Respecto a los nombres de programas informáticos, sistemas operativos, hardware, etc. que aparecen en este manual, se hace constar que son marcas registradas por sus respectivas organizaciones o compañías.

Tabla de contenido:

1. Fundamentos del Visor SITEGI 1
2. Instalación 4
   2.1. Prerrequisitos 4
   2.2. Proceso de instalación 4
3. Ventana principal 6
   3.1. Organización 7
   3.2. Configuración 8
      3.2.1. Configuración de ventanas 8
      3.2.2. Configuración de barras de herramientas 11
4. Menú principal 14
   4.1. Menú Archivo 14
   4.2. Menú Ver 15
   4.3. Menú Ayuda 16
5. Importación de elementos 17
   5.1. Trayectorias 18
   5.1. Capas 19
      5.1.1. Capas raster 20
      5.1.2. Capas vectoriales 20
   5.2. Imágenes RGB 22
   5.3. Nubes de puntos 23
6. Menú Contextual 29
   6.1. Opciones comunes 30
      6.1.1. Vincular y desvincular 30
      6.1.2. Renombrar, borrar y propiedades 31
   6.2. Opciones para trayectorias 32
   6.3. Opciones para capas 32
7. Barras de herramientas 35
   7.1. Barra de Navegación 35
   7.2. Barra de Navegación II 35
   7.3. Barra de Base de datos 36
      7.3.1. Conexión e importación de capas vectoriales 37
      7.3.2. Inventario e Inspección 38
   7.4. Consulta 43

7.4.1. Información 44
7.4.2. Consulta 44
7.4.3. Medición 46
7.5. Vista 3D 47
7.6. Modulo de puentes 47

Índice de Figuras:

Figura 1: Unidad Móvil de Inspección 1
Figura 2: Visualización, sincronización e inspección con el Visor SITEGI 2
Figura 3: Distribución de archivos en la carpeta del Visor SITEGI 5
Figura 4: Recomendaciones de instalación para el Visor SITEGI 5
Figura 5: Ventana principal del Visor SITEGI 6
Figura 6: Redimensión manual de la ventana principal 6
Figura 7: Organización de la ventana principal 7
Figura 8: Distribución inicial del espacio en el área de sub-ventanas 8
Figura 9: Activación de sub-ventanas en la ventana principal 9
Figura 10: Métodos para cambiar la visibilidad de las ventanas del SITEGI 10
Figura 11: Cambio de posición y tamaño en las sub-ventanas del SITEGI 11
Figura 12: Barras de herramientas disponibles en el Visor SITEGI 12
Figura 13: Cambio de visibilidad de las barras de herramientas 12
Figura 14: Cambio de tamaño y posición de las barras de herramientas 13
Figura 15: Opciones del Menú "Archivo" 14
Figura 16: Importación de datos al SITEGI 14
Figura 17: Guardar cambios antes de crear o abrir un nuevo proyecto 15
Figura 18: Menú "Ver" 16
Figura 19: Menú "Ayuda" y diálogo "Acerca de...” 16
Figura 20: Mecanismos para importación de datos 17
Figura 21: Selección de archivos para importar 17
Figura 22: Importación de trayectorias 18
Figura 23: Esquema de movimientos en la rueda del ratón para hacer Zoom 19
Figura 24: Importación de capas raster 20
Figura 25: Importación de capas vectoriales 22
Figura 26: Importación de imágenes RGB 23
Figura 27: Importación de nubes de puntos 24
Figura 28: Menú contextual para Imágenes RGB 29
Figura 29: Opciones de menú "Vincular" y “Desvincular” 30
Figura 30: Opción de menú contextual "Renombrar" 31
Figura 31: Opción de menú contextual "Borrar" 31
Figura 32: Opción de menú contextual "Propiedades" 32
Figura 33: Menú contextual para trayectorias 32
Figura 34: Opción "Configuración" del menú contextual para capas vectoriales 33

Figura 35: Opción "Atributos" de capa vectorial del menú contextual 34
Figura 36: Opción "Zoom a la capa" del menú contextual 34
Figura 37: Barra de Navegación 35
Figura 38: Cambiar longitud de avance mediante la Barra de Navegación II 36
Figura 39: Cambio de simbología de las trayectorias mediante la Barra Navegación II 36
Figura 40: Conexión a base de datos e importación de capas vectoriales 37
Figura 41: Selección de carretera y sub-tramo para inspección 38
Figura 42: Formulario de geometría 39
Figura 43: Ventana de Inventario e Inspección 40
Figura 44: Crear nueva inspección 40
Figura 45: Edición de inventarios e inspecciones 41
Figura 46: Ventanas para evaluación de daños de un túnel 42
Figura 47: Evaluación de daños en Firmes 43
Figura 48: Barra de herramientas de consulta 44
Figura 49: Herramienta "Información" 44
Figura 50: Herramienta "Consulta" 45
Figura 51: Herramienta de medición 46
Figura 52: Puntos de vista en la "Vista 3D" 47

1. Fundamentos del Visor SITEGI

Las infraestructuras viarias juegan un papel esencial dentro de un área geográfica, ya que favorecen la comunicación entre los distintos niveles administrativos y, por lo tanto, contribuyen en su beneficio económico. Es fundamental conocer en todo momento el estado actual de las carreteras e infraestructuras relacionadas (señalización, sistemas de protección, estructuras, etc.) para poder tomar las medidas adecuadas en cada momento mediante la mínima inversión de recursos.

El primer paso para llevar a cabo una buena gestión de recursos en mantenimiento de carreteras es disponer de un inventario completo y actualizado en todo momento. Con este objetivo, y enmarcados dentro del proyecto SITEGI, se han diseñado dos Sistemas, hardware y software respectivamente, que facilitan la captación y gestión de información relacionada con las carreteras.

Figura 1: Unidad Móvil de Inspección

El sistema hardware, Figura 1, se diseñó como una Unidad Móvil de Inspección de carreteras dotada de diferentes sensores: GPS (Sistema de Posicionamiento Global), Láser Scáner, Cámaras RGB, cámaras termográficas, etc. que obtienen diferentes tipos de información: trayectorias, nubes de puntos, imágenes, etc. que puede ser importada a la aplicación para su visualización y gestión.

El Visor SITEGI constituye por tanto la parte software del Sistema, que permite inspeccionar la información escaneada con la parte hardware y visualizarla de forma conjunta y sincronizada.

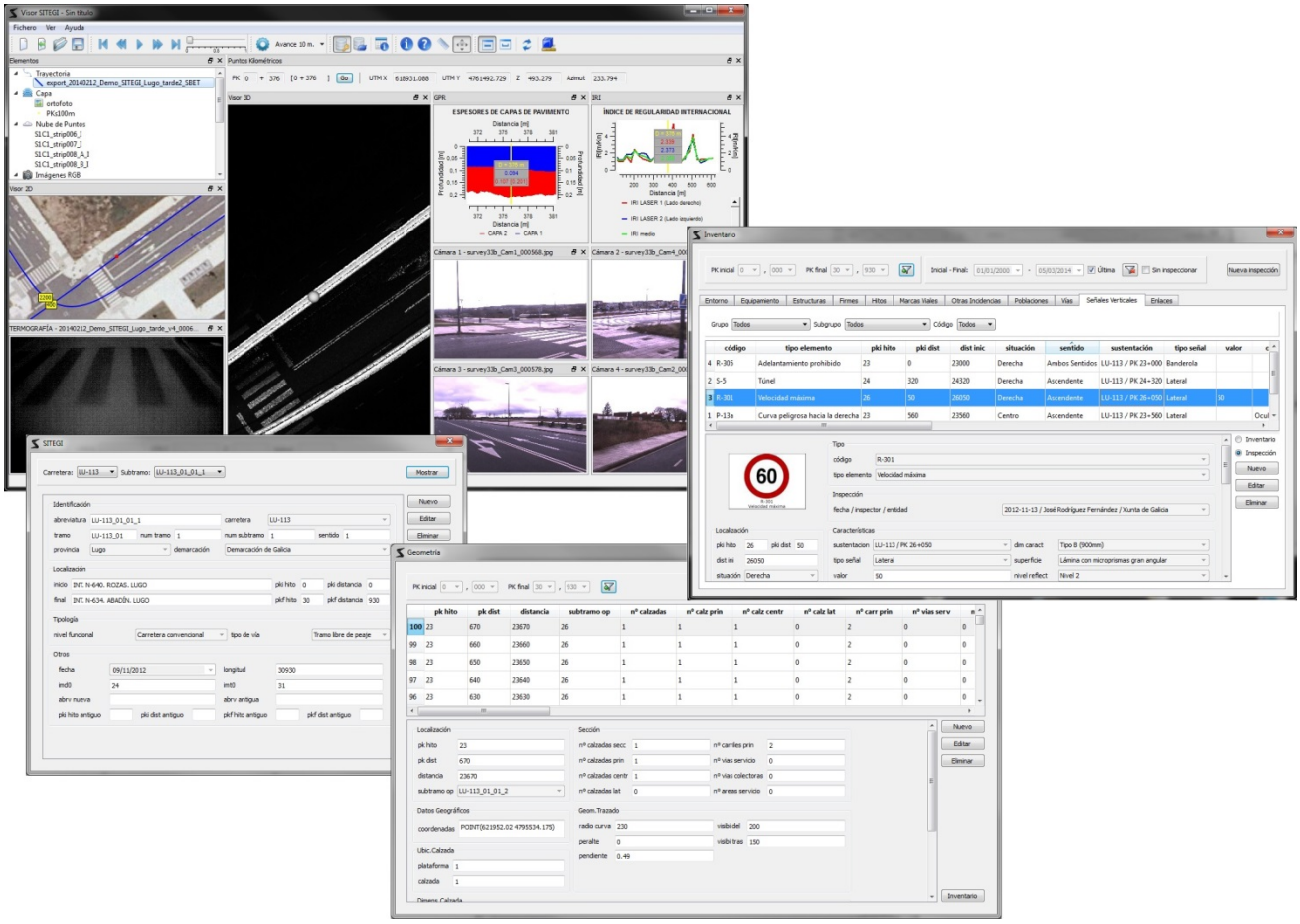


Figura 2: Visualización, sincronización e inspección con el Visor SITEGI

Más concretamente, el visor SITEGI nace como parte de un proyecto orientado a la consecución de los siguientes objetivos:

1. Diseño e implementación de un Sistema Integrado para inventario e inspección de estructuras viarias.
2. Definición de metodologías de auscultación y documentación de obras lineales y sus infraestructuras asociadas mediante los sensores no destructivos integrados en la Unidad Móvil de Inspección.
3. Desarrollo de protocolos específicos para la optimización de recursos en el mantenimiento de infraestructuras viarias.
4. Desarrollo de metodologías de evaluación de infraestructuras en carreteras que permitan la cuantificación de daños.

5. Facilitar una herramienta a la Administración pública y a las empresas destinadas a prestar servicios para el mantenimiento de carreteras que permita agilizar las tareas y reducir los costes.
6. Potenciar el uso de tecnologías entre las entidades usuarias de forma que sean más competitivas a nivel global y se favorezca su internacionalización.

2. Instalación

2.1. Prerrequisitos

El visor SITEGI está disponible para Sistemas Operativos Windows XP o superior en sus versiones de 64 bit. No hay unos requerimientos mínimos exigidos, ya que depende de los tipos de datos que se vayan a cargar y de su magnitud. Sin embargo, hay unas características deseables para obtener una buena operatividad:

- Sistema Operativo Windows 7 64 bit
- Procesador Intel Core i5 3330 3.0 GHz
- 8 GB de memoria RAM
- Tarjeta gráfica NVIDIA GeForce GT 520 con 1 GB de memoria dedicada, equivalente o superior

Aumentando la memoria RAM se podrán cargar conjuntos de datos más grandes y visualizarlos conjuntamente. La mejora en la tarjeta de vídeo se notará principalmente en la visualización y navegación de las nubes de puntos.

2.2. Proceso de instalación

El visor SITEGI es una aplicación de escritorio “portable”, esto quiere decir que no necesita de la ejecución de un instalador para poder usarse. Para ejecutar la aplicación únicamente es necesario descomprimir el fichero que la contiene en el disco duro de su equipo y ejecutar el fichero SITEGI.exe (Figura 3).

Para mantener en su equipo un control adecuado sobre las versiones que instala de la aplicación lo más recomendable es que copie la carpeta de la aplicación en la unidad C: para que se mantenga con el resto de carpetas de aplicación. Asimismo, por comodidad para el usuario, se recomienda crear un acceso directo al ejecutable en el escritorio, como muestra la Figura 4.

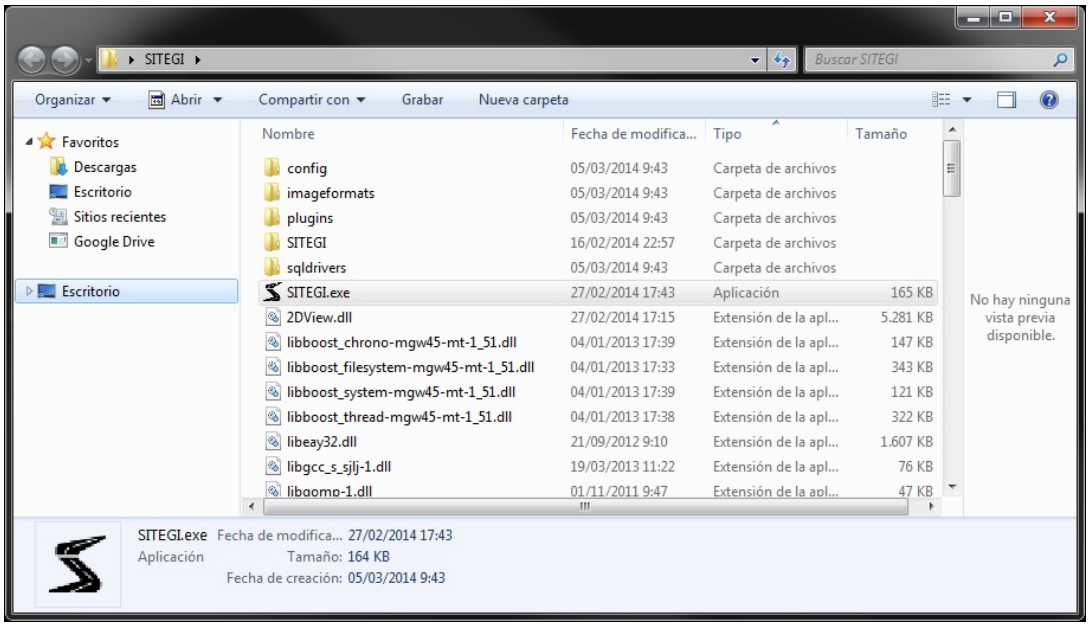


Figura 3: Distribución de archivos en la carpeta del Visor SITEGI

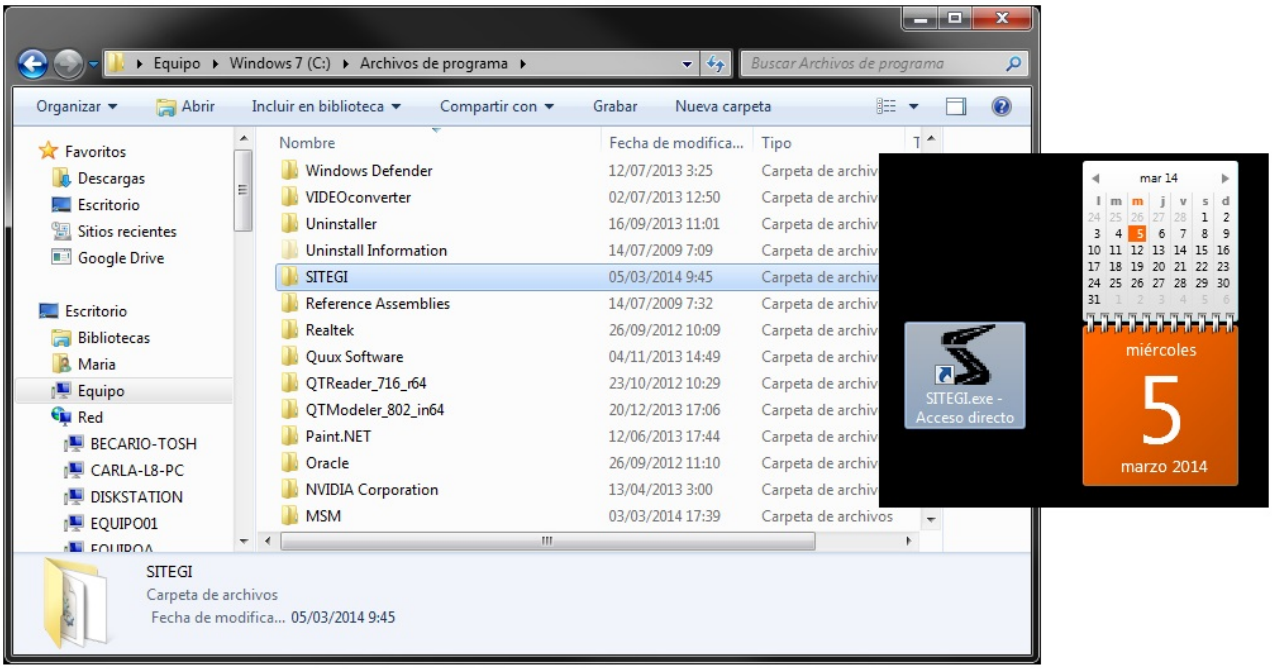


Figura 4: Recomendaciones de instalación para el Visor SITEGI

3. Ventana principal

Al ejecutar la aplicación por primera vez, se abrirá la ventana principal con la configuración de sub-ventanas y barras de herramientas por defecto(Figura 5). El usuario puede alterar esta configuración como se explica en los siguientes apartados, configuración que se almacenará en el fichero "settings.ini" (alojado dentro del directorio *"config"* de la aplicación), al abandonar la ejecución. Si el usuario desea restaurar la distribución inicial, bastará con borrar el fichero *"settings.ini",* el cuál será regenerado la siguiente vez que se cierre la aplicación.

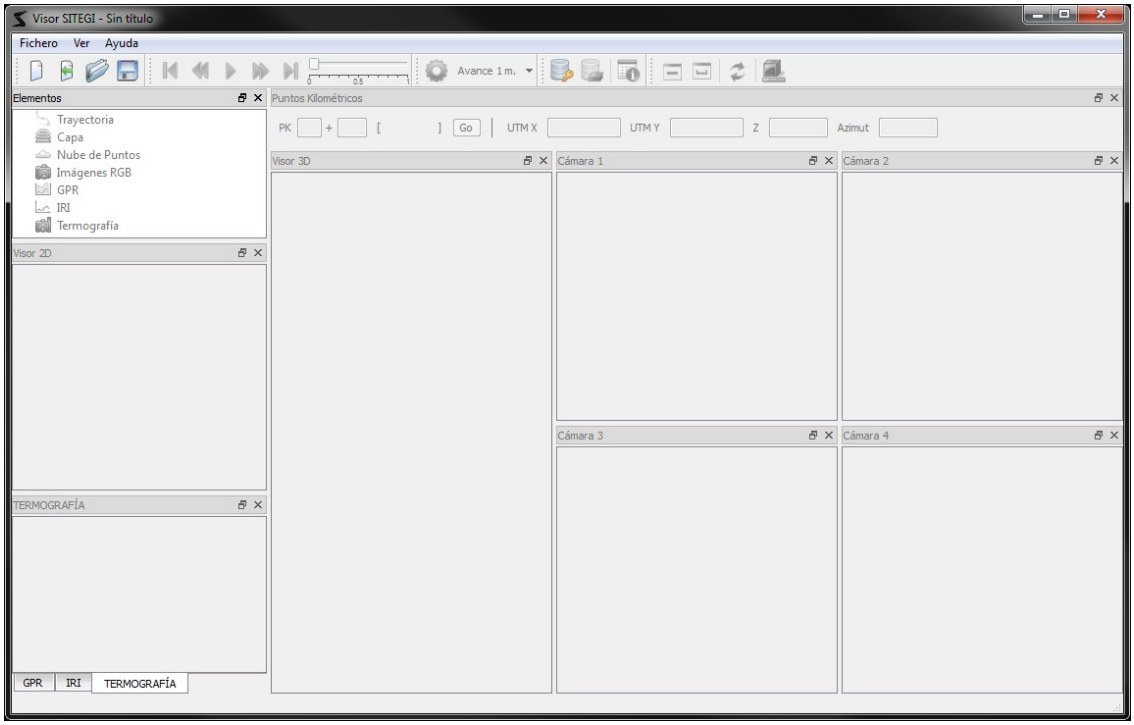


Figura 5: Ventana principal del Visor SITEGI

Esta ventana también se podrá redimensionar acercando el ratón a uno de sus bordes y, cuando aparezca el cursor para tal efecto (Figura 6), arrastrándolo manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón hasta alcanzar la relación de dimensiones de ancho y alto deseada.

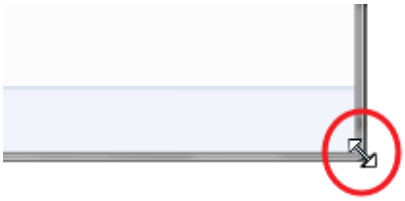


Figura 6: Redimensión manual de la ventana principal

3.1. Organización

La ventana principal, como se muestra en la Figura 7, consta de 5 partes fundamentales:

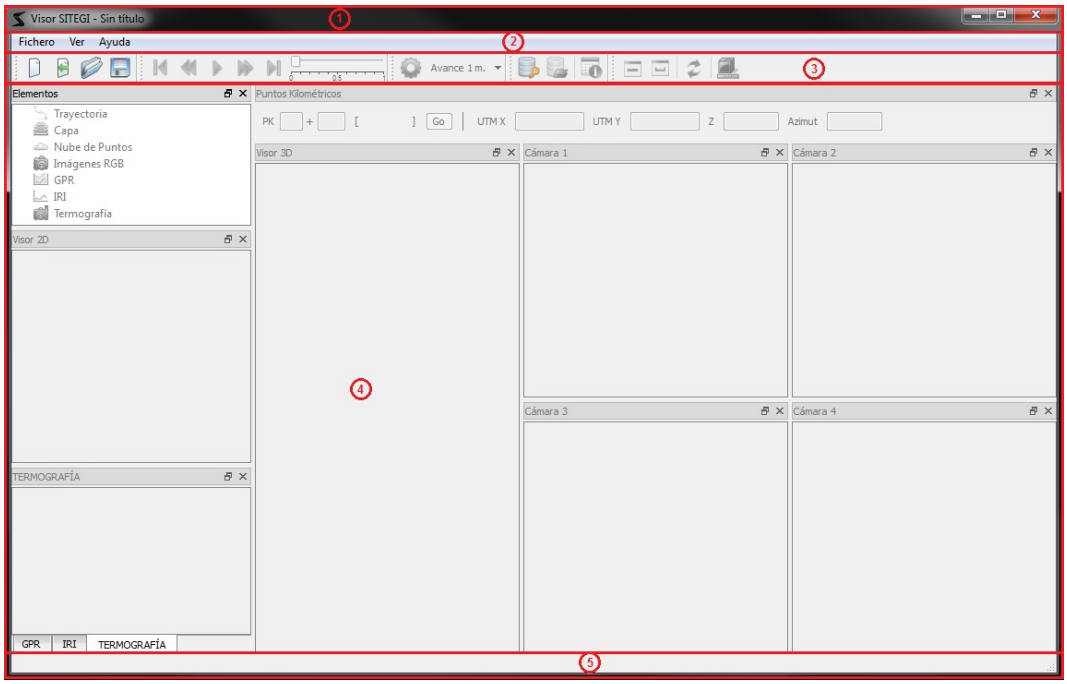


Figura 7: Organización de la ventana principal

1) Barra de título

La barra de título muestra en su parte izquierda, además del icono y el nombre de la aplicación, el nombre del proyecto en el que se está trabajando actualmente (por defecto, *"Sin título"*). Además, este elemento posee una caja con los botones necesarios para minimizar, redimensionar y cerrar la ventana principal de la aplicación.

2) Menú principal

En esta zona se encuentran las opciones de menú más genéricas, a través de las cuáles el usuario puede acceder a las sub-opciones específicas de cada una de ellas para llevar a cabo determinadas tareas que serán descritas más adelante.

3) Área de barras de herramientas

Esta sección contiene las distintas barras de herramientas disponibles para realizar distintas acciones sobre los datos cargados en la aplicación.

4) Área de ventanas empotradas

Esta área está reservada para acoplar las distintas sub-ventanas que muestran la información cargada en la aplicación.

5) Barra de estado

La barra de estado está situada en la parte inferior de la aplicación y se emplea para informar al usuario de ciertos aspectos o resultados de la realización de determinadas tareas.

3.2. Configuración

La configuración de los principales elementos de interfaz gráfica de la aplicación puede ser modificada para adaptarse a las preferencias del usuario. De esta forma, el usuario podrá cambiar el tamaño, posición y visibilidad de ventanas y barras de herramientas para adaptarlas a sus necesidades específicas en cada momento.

3.2.1. Configuración de ventanas

La ventana principal del SITEGI, como se muestra en la imagen inferior, consta de 11 sub-ventanas:

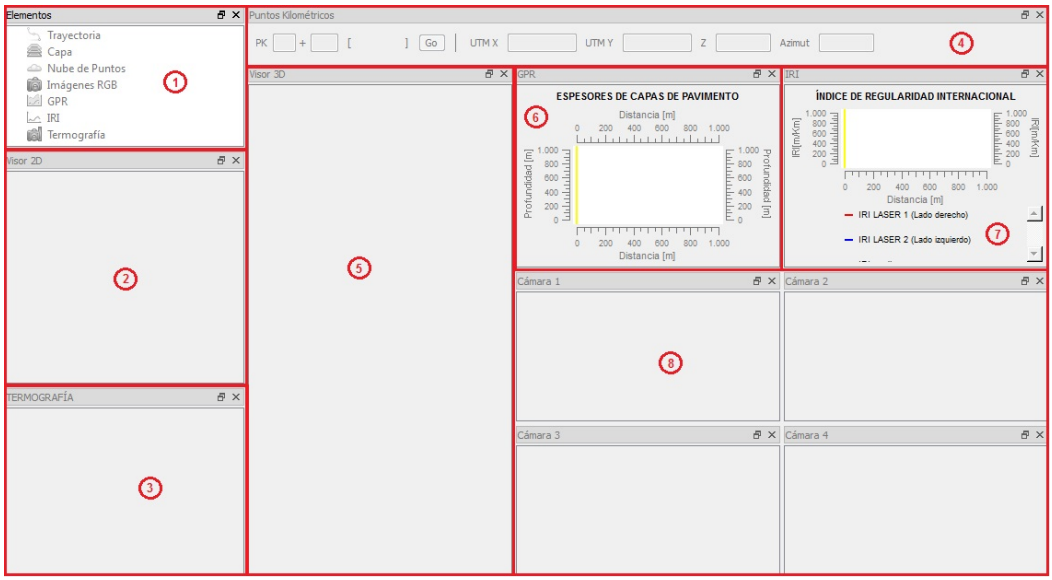


Figura 8: Distribución inicial del espacio en el área de sub-ventanas

1) Ventana "Elementos"

Contiene el árbol de elementos, dividido en los tipos de información que se pueden importar para trabajar con ellos en la aplicación. Posibilita el acceso, configuración y consulta de ciertas propiedades de los elementos cargados en la aplicación.

2) Ventana "Visor 2D"

Esta ventana contiene una vista de la información de trayectoria y capas raster y vectorial que han sido importadas a la aplicación.

3) Ventana "TERMOGRAFÍA"

Contiene las imágenes capturadas con la cámara termográfica y permite su visualización como si de un vídeo se tratase.

4) Ventana “Puntos kilométricos”

Muestra el formulario con los datos del punto kilométrico actual en que se encuentra el usuario cuándo está navegando por una trayectoria.

5) Ventana “Visor 3D”

Esta ventana contiene una vista con las nubes de puntos cargadas en la aplicación.

6) Ventana “GPR”

Contiene una gráfica en la que se pueden apreciar los espesores de las capas del pavimento extraídas a partir de los datos detectados con el radar.

7) Ventana “IRI”

En ella se muestra una gráfica con los perfiles generados a partir de los datos obtenidos con el perfilómetro. En este caso se muestran tres perfiles, uno para el lado derecho, otro para el izquierdo y otro que resulta de la media de los otros dos.

8) Ventanas “Cámara 1”, “Cámara 2”, “Cámara 3” y “Cámara 4”

Cada una de estas ventanas muestra una imagen capturada desde una perspectiva distinta en la misma localización geográfica.

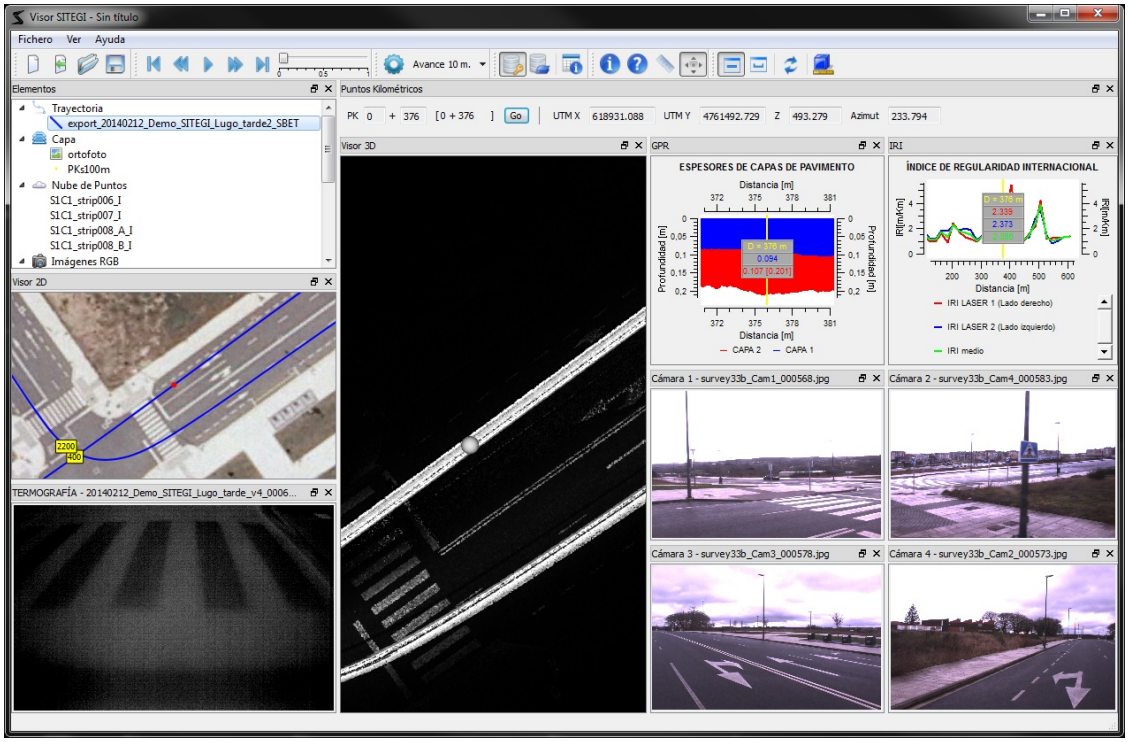


Figura 9: Activación de sub-ventanas en la ventana principal

A excepción del árbol de elementos, el resto de sub-ventanas permanecerán desactivadas hasta que se cargue en el árbol uno de los elementos del tipo correspondiente a cada una de ellas. Asimismo, permanecerán desactivadas cuándo el usuario seleccione un nodo del árbol no relacionado con ese tipo de elemento. La trayectoria, como muestra la Figura 9, permite activar mediante su vinculación el resto de sub-ventanas.

Para modificar la visibilidad de estas sub-ventanas, existen tres métodos diferentes (Figura 10):

- A través del menú "Ver"
- Mediante el menú contextual de la aplicación, que aparece pinchando con el botón derecho sobre las barras de título de las sub-ventanas o bien en las áreas 2 y 3.
- Utilizando el botón "Cerrar"

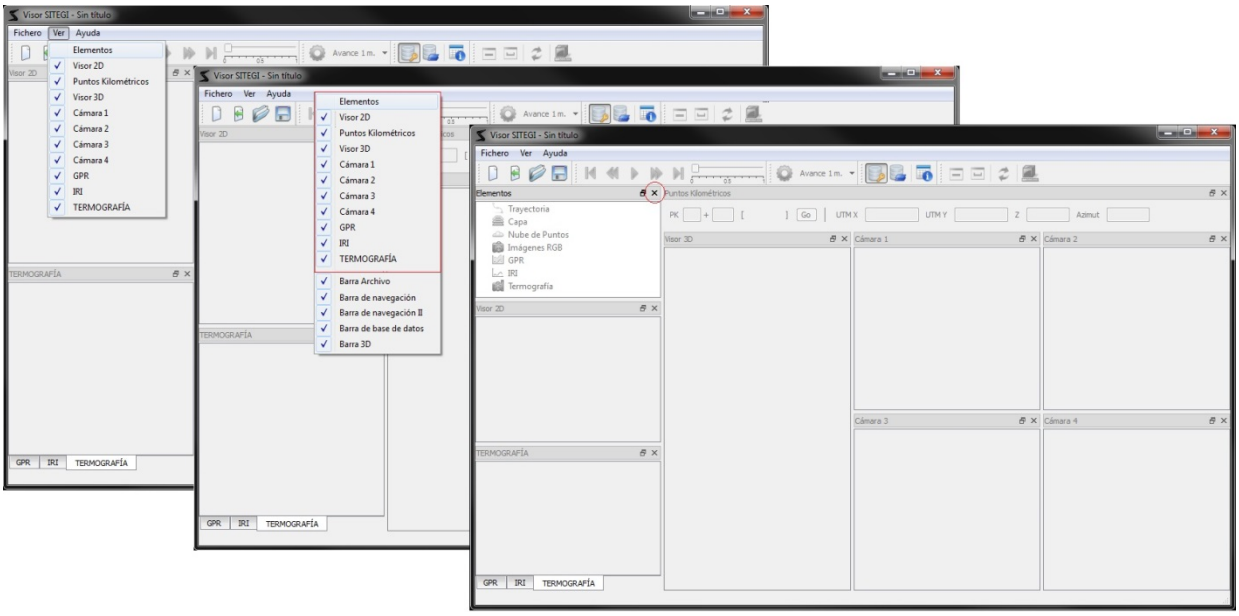


Figura 10: Métodos para cambiar la visibilidad de las ventanas del SITEGI

Marcando o desmarcando la opción de menú correspondiente a la ventana cuya visibilidad se quiere cambiar, obtendremos el resultado esperado usando los dos primeros métodos. Utilizando el botón *"Cerrar"* ocultaremos una de las sub-ventanas, cuya visibilidad podrá ser restaurada usando una de las primeras dos opciones.

El visor SITEGI permite también acoplar y desacoplar las sub-ventanas, esto es, integrarlas en el espacio disponible de la ventana principal reservado para tal efecto (tal y como aparecen por defecto) o hacerlas

flotantes, como se puede ver en la Figura 11. Asimismo, la posición de las ventanas puede ser cambiada e incluso se pueden distribuir varias ventanas como un conjunto de pestañas.

Para desacoplar una ventana basta con hacer doble clic sobre su barra de título (equivalente a la barra de título de la ventana principal). Una vez desacoplada, podremos variar su tamaño al estilo de la ventana principal (ver Figura 6). Para cambiar su posición es necesario pichar con el ratón en su barra de título y arrastrarla manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón hasta que se nos indique una posición permitida, en cuyo caso, si es la posición deseada, se soltará el botón del ratón y la ventana se acoplará en esa posición.

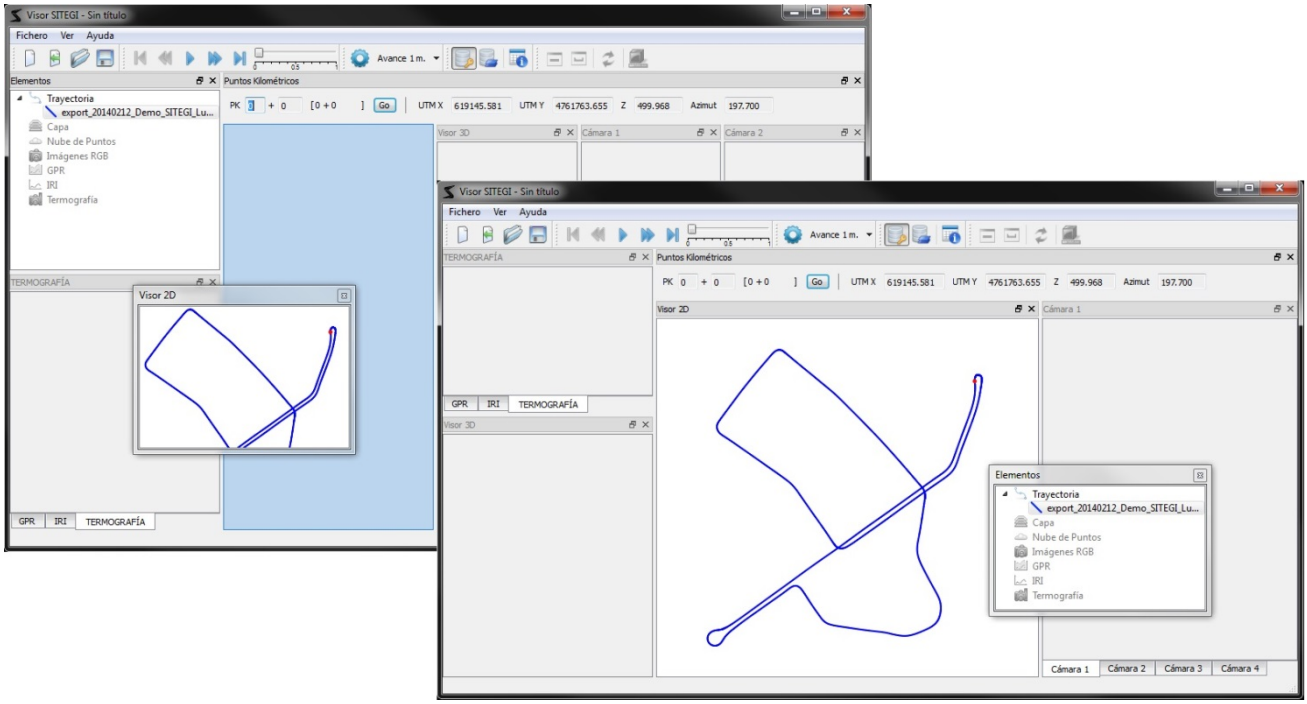


Figura 11: Cambio de posición y tamaño en las sub-ventanas del SITEGI

3.2.2. Configuración de barras de herramientas

La aplicación, como muestra la Figura 12, consta de 6 barras de herramientas que permiten realizar acciones sobre los elementos de la aplicación:

1) Barra de Archivo
2) Barra de Navegación
3) Barra de Navegación II
4) Barra de Base de Datos
5) Barra de Consulta
6) Barra 3D

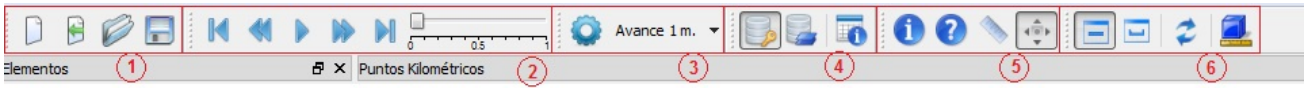


Figura 12: Barras de herramientas disponibles en el Visor SITEGI

De la misma forma que en el caso de las ventanas, es posible cambiar la visibilidad de las barras de herramientas mediante el menú contextual de la aplicación, que aparece pinchando con el botón derecho sobre las barras de título de las sub-ventanas, o bien en las áreas 2 y 3. En la Figura 13 se puede ver un ejemplo que oculta la "Barra 3D".

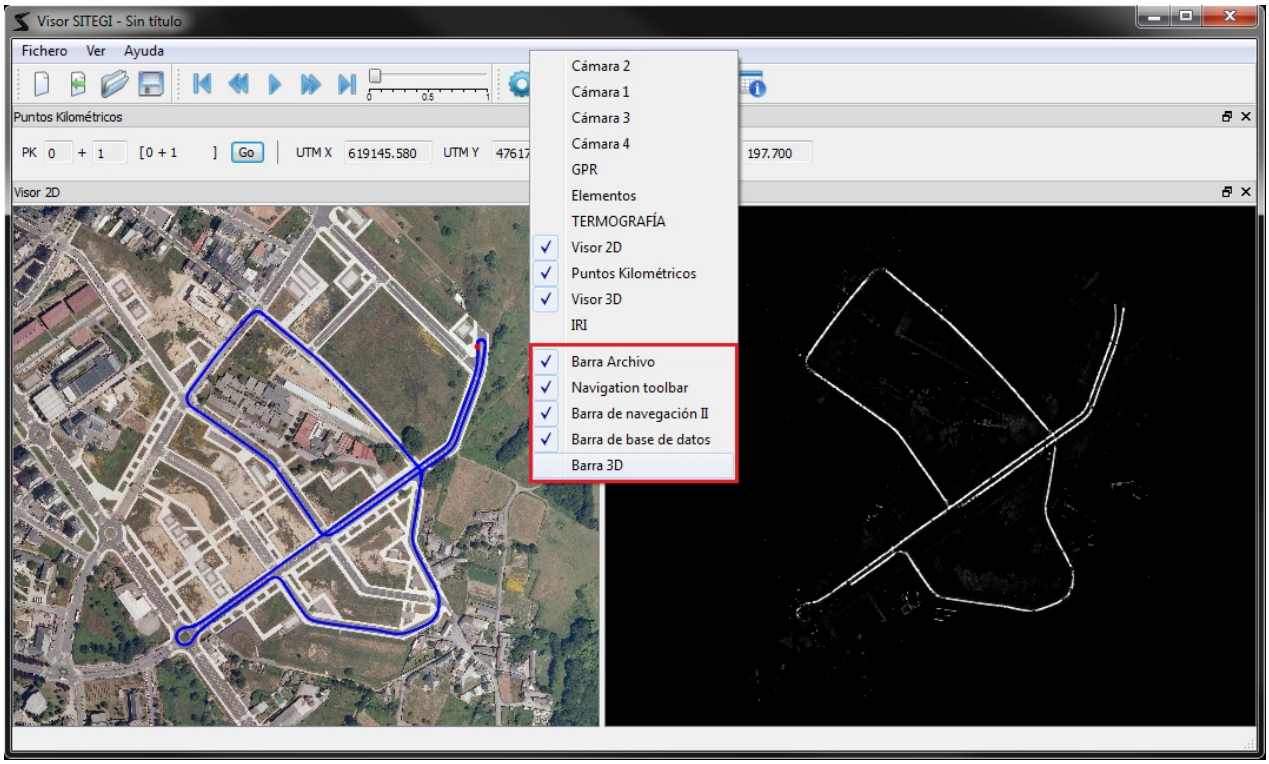


Figura 13: Cambio de visibilidad de las barras de herramientas

Para cambiar la posición y/o el tamaño de las barras de herramientas basta con mantener pulsado el botón derecho del ratón sobre la parte sombreada de la misma hasta que salga el cursor de desplazamiento y mover la barra de herramientas hasta el área deseada (Figura 14).

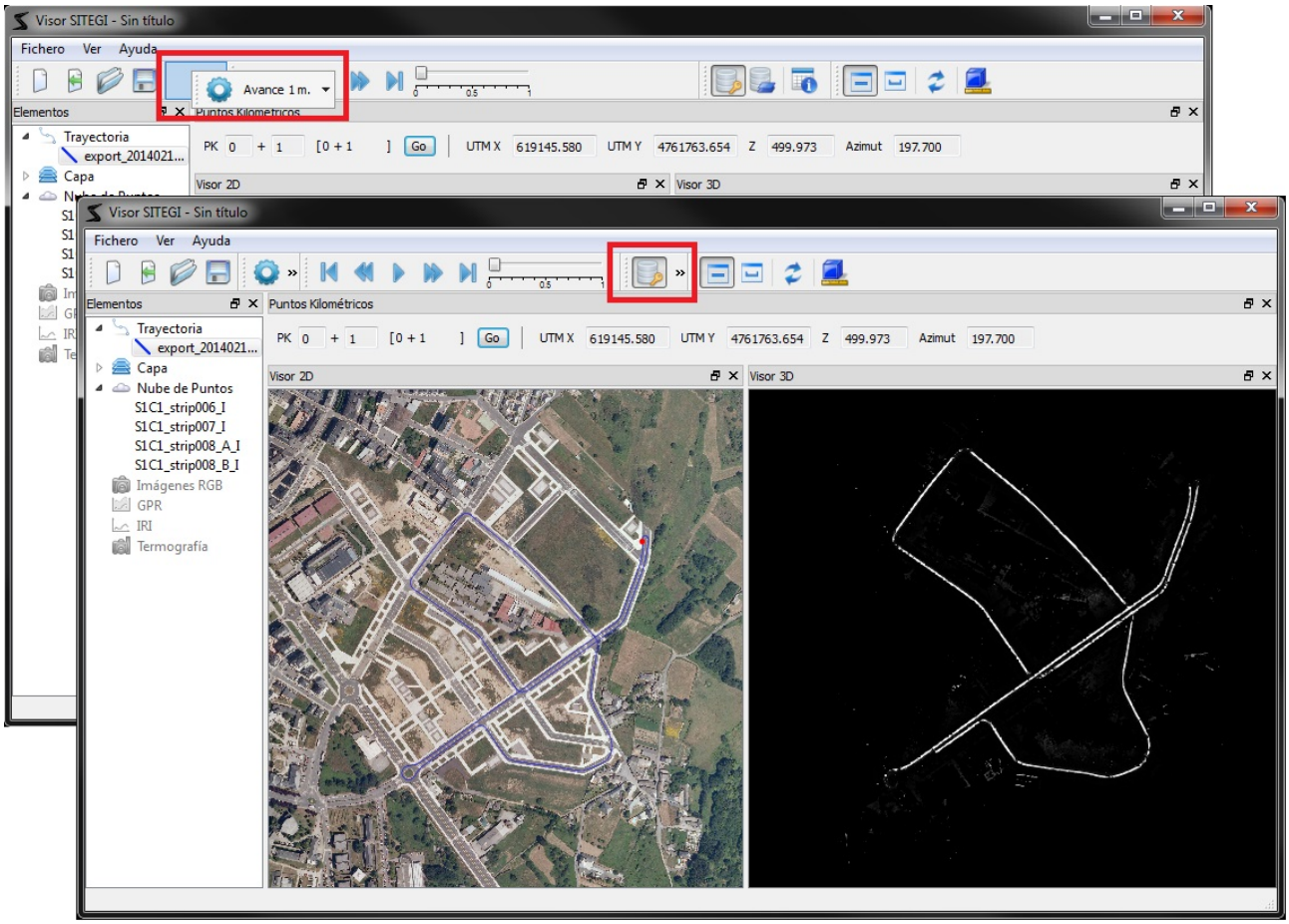


Figura 14: Cambio de tamaño y posición de las barras de herramientas

4. Menú principal

4.1. Menú Archivo

El Menú desplegable “Archivo”, además de una opción para salir de la aplicación, contiene las opciones necesarias para importar datos a la aplicación y para almacenar y recuperar proyectos del Visor SITEGI.

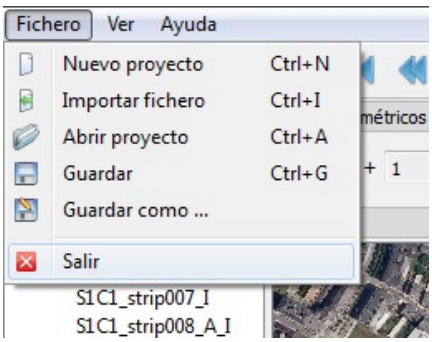


Figura 15: Opciones del Menú "Archivo"

Al pulsar en la opción para importar datos a la aplicación, aparecerá un diálogo para seleccionar el fichero o ficheros que contiene/n los datos a importar. Seleccionando la extensión de fichero correspondiente al tipo de elemento que deseamos importar, nos mostrará los archivos correspondientes.

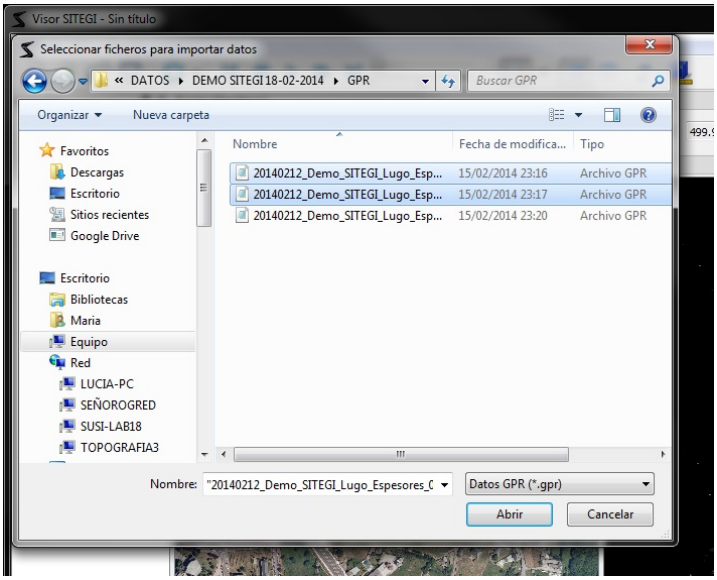


Figura 16: Importación de datos al SITEGI

Los proyectos de la aplicación del SITEGI son ficheros de extensión “.stg” gracias a los que el usuario puede recuperar un proyecto en las mismas condiciones de configuración y estado que cuándo trabajó en el por

última vez. El programa denomina a los proyectos sin guardar como proyectos “Sin título” pero es posible crear un proyecto vacío usando la opción “Nuevo proyecto”, que nos permitirá crear un fichero de proyecto en la ruta especificada. Para guardar los cambios una vez vayan surgiendo modificaciones en el proyecto basta con usar el botón “Guardar” (o “Guardar como” para guardar una copia con un nombre distinto).

Cuándo recuperemos un proyecto usando la opción “Abrir proyecto” o creemos un nuevo proyecto usando la opción “Nuevo proyecto”, el programa comprobará que el proyecto actual no sea un proyecto vacío, en cuyo caso, nos dará la posibilidad de guardar los cambios antes de crear o abrir el nuevo proyecto.

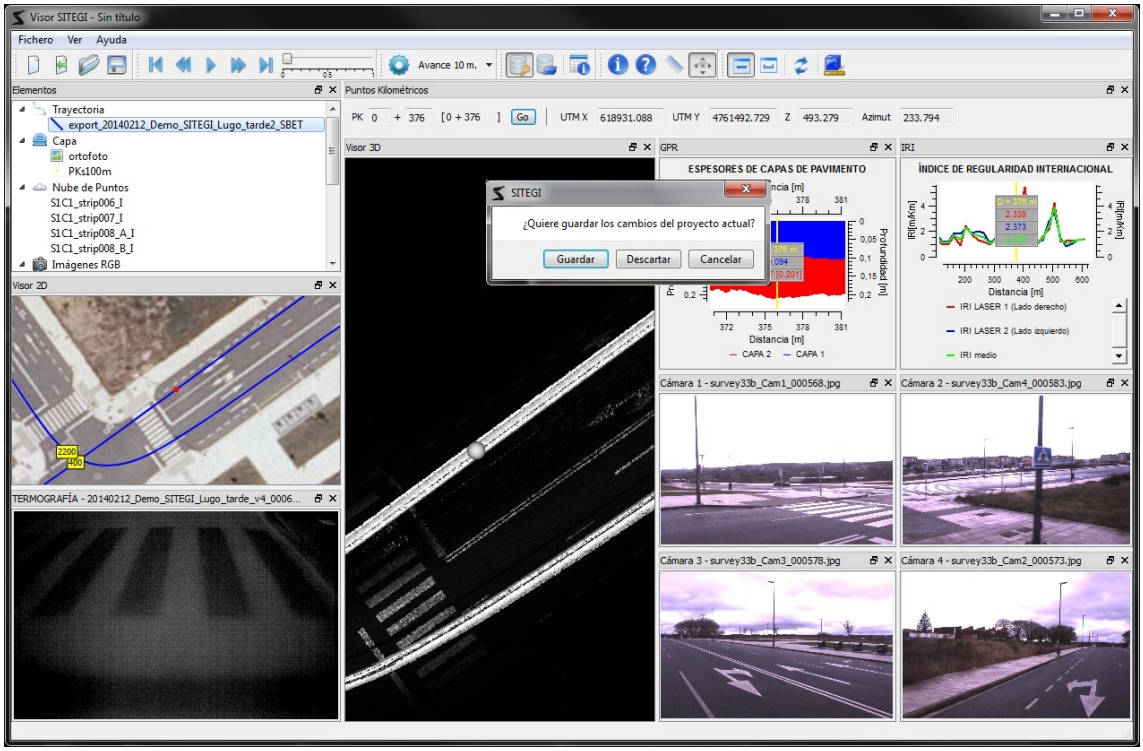


Figura 17: Guardar cambios antes de crear o abrir un nuevo proyecto

4.2. Menú Ver

La opción de menú “Ver” permite consultar la visibilidad de las sub-ventanas de la aplicación, así como cambiarla, permitiendo ocultarlas o mostrarlas en cualquier momento simplemente pinchando con el ratón en el nombre del elemento correspondiente de la lista.

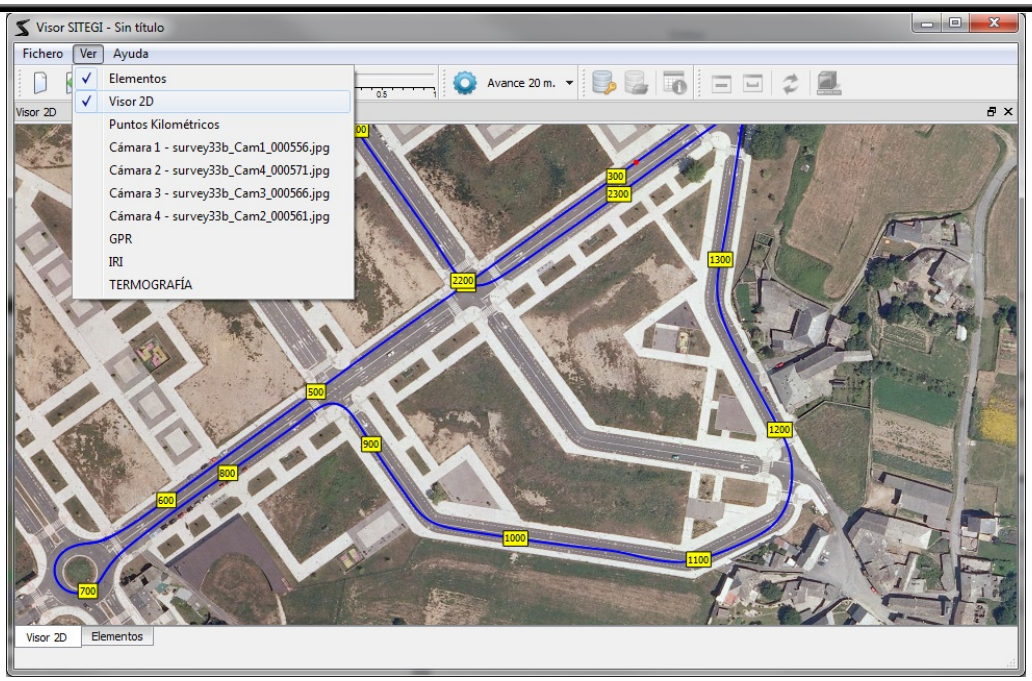


Figura 18: Menú "Ver"

4.3. Menú Ayuda

El Menú Ayuda consta de una única opción que abre el diálogo “Acerca de …” (Figura 19) el cual muestra información relacionada con el equipo de desarrollo del proyecto SITEGI y con como contactar con él.

Figura 19: Menú "Ayuda" y diálogo "Acerca de...”

5. Importación de elementos

La tarea que marca el punto de partida para poder trabajar con las funcionalidades del SITEGI es la importación de datos. Esta, como muestra la Figura 20, puede llevarse a cabo mediante el menú o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas.

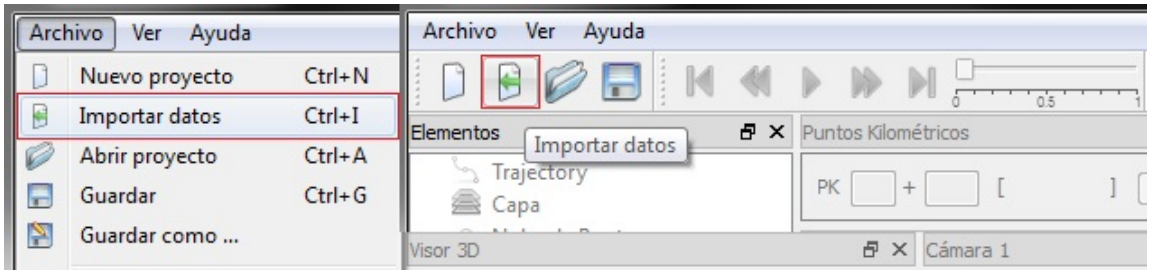


Figura 20: Mecanismos para importación de datos

Al pulsar una de estas dos opciones, aparecerá un diálogo como el que se ve en la Figura 21 que nos permitirá seleccionar uno o más archivos del tipo seleccionado en el combo inferior. Al darle a "Abrir" se procederá a la carga secuencial de los archivos seleccionados.

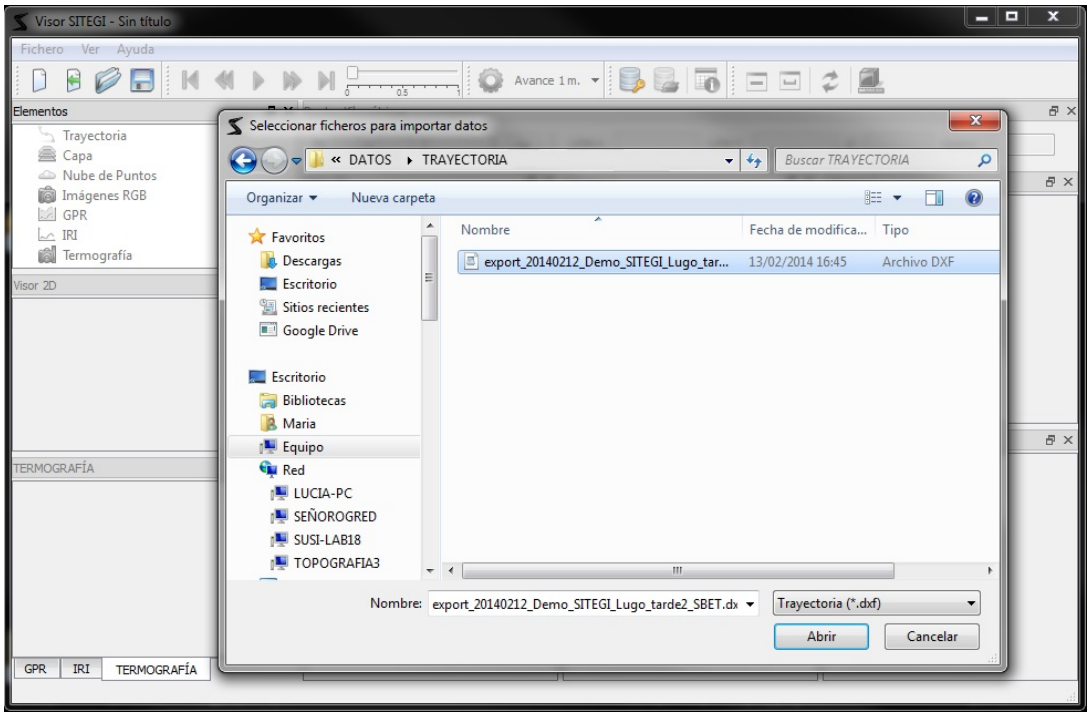


Figura 21: Selección de archivos para importar

En este apartado se explicarán las características básicas de los elementos que se pueden importar al SITEGI y el proceso de importación. En siguientes apartados se explicarán las opciones de menú y barra de herramientas relacionadas con cada uno de ellos y que permitirán la realización de ciertas acciones sobre ellos.

5.1. Trayectorias

Los elementos del tipo "Trayectoria" contienen la delineación del camino seguido por el vehículo para la obtención de los datos y cierta información de posicionamiento y alineación de los puntos que la componen. Físicamente, una trayectoria del Visor SITEGI se almacena mediante dos ficheros: un .dxf con la delineación y un .pk con la información de posicionamiento y de alineación.

Para importar a la aplicación una trayectoria, es necesario seleccionar como tipo de archivo la extensión ".dxf" y, si existe un fichero .pk asociado de mismo nombre, se cargará la trayectoria en la aplicación al pulsar el botón "Abrir". Como se muestra en la Figura 22, el elemento se mostrará como un nodo hijo del nodo "Trayectoria" y se dibujará en el visor 2D. Un marcador en forma de punto rojo indicará la localización actual dentro de la trayectoria que se corresponde con las coordenadas que aparecen en el formulario de la ventana "Puntos kilométricos".

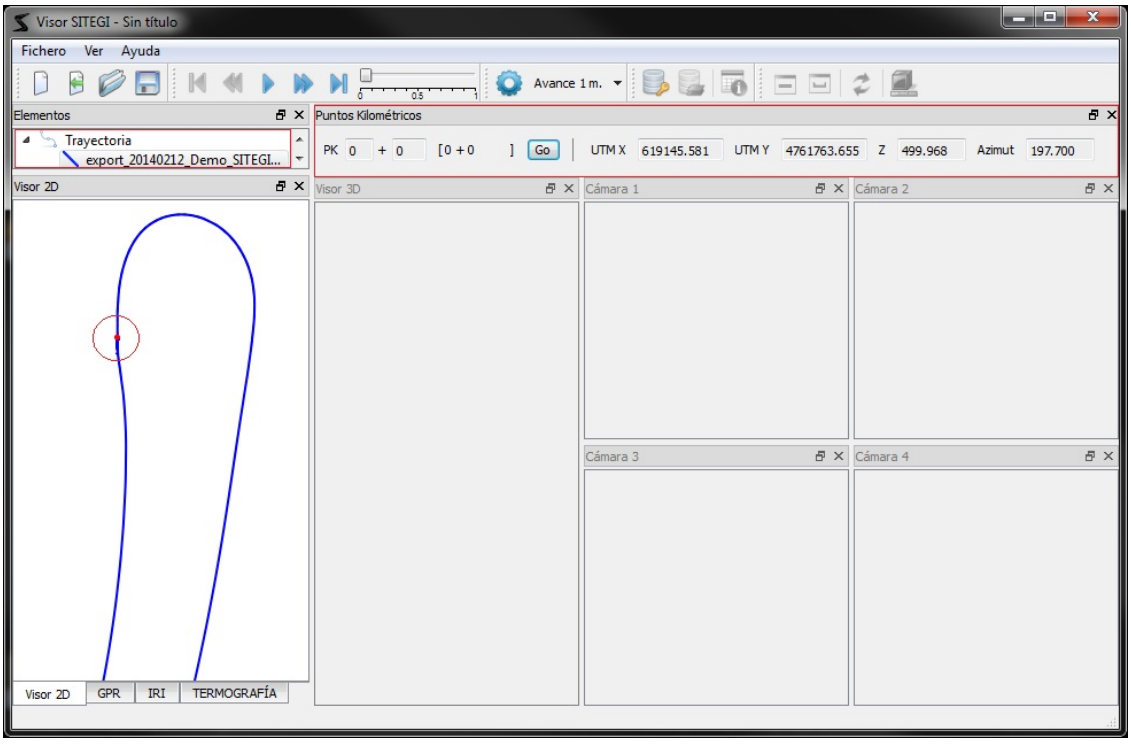


Figura 22: Importación de trayectorias

En la ventana integrada de “Puntos Kilométricos” se distinguen dos numeraciones en el campo “PK”: la primera cifra indica el PK medido, y la segunda, entre corchetes, es el PK señalizado. Desde el formulario que contiene se puede ir a un PK concreto mediante su introducción en el campo PK. Al darle a la tecla “ENTER” o pulsar el botón “Ir”, si el PK es válido, se mostrarán en esa localización todos los elementos relacionados: la vista 2D se centrará en ese punto, se actualizará la posición del marcador, el formulario mostrará los datos en ese PK y los elementos vinculados a la trayectoria (en caso de existir algún elemento vinculado) se mostrarán también en esa localización.

5.1. Capas

La vista 2D constituye una herramienta SIG (Sistema de Información Geográfica) ya que se ha diseñado con el fin de poder manipular y analizar información georreferenciada. Aunque el primer objetivo de esta vista fue la navegación por la trayectoria, la necesidad de superponerla a otros tipos de cartografía para enmarcarla en un área geográfica definida hizo posible la carga de capas en formato raster y vectorial. Asimismo, al desarrollarse el Sistema de Inventario e Inspección y, ante la necesidad de visualizar y consultar los elementos inventariados, surgió la necesidad de cargar capas vectoriales de origen remoto.

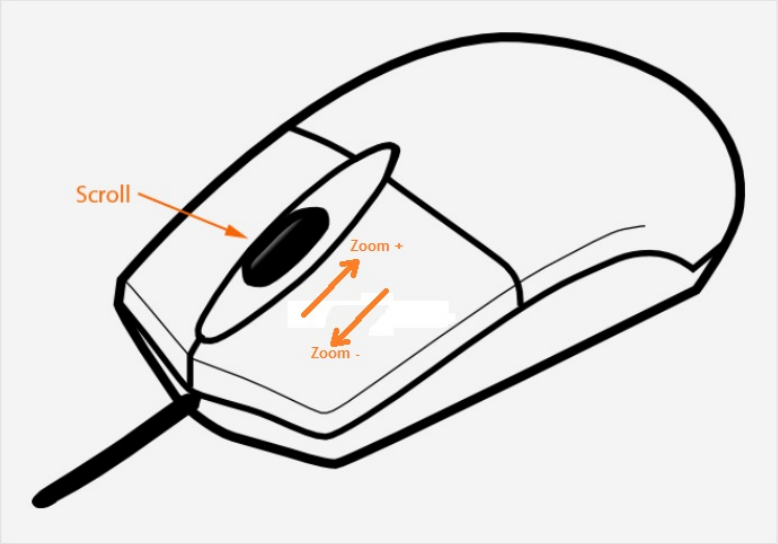


Figura 23: Esquema de movimientos en la rueda del ratón para hacer Zoom

La navegación en la “Vista 2D” se consigue mediante el uso del botón izquierdo y rueda del ratón. Para acercar y alejar la vista sobre un punto, se sitúa el puntero del ratón en el punto deseado y se mueve la rueda del ratón hacia arriba o hacia abajo, tal y como muestra la Figura 23. El desplazamiento se consigue pulsando el botón izquierdo del ratón, moviendo y soltando una vez alcanzada la posición deseada.

5.1.1. Capas raster

Las capas raster son estructuras de datos que representan rejillas o matrices rectangulares de píxeles o puntos de color. La aplicación acepta capas raster en formato GeoTIFF, un estándar de metadatos de dominio público que añade información georreferenciada a un archivo de imagen en formato TIFF.

Para importar a la aplicación una capa raster hay que seleccionar “Capa” como tipo de archivo y se mostrarán todas las capas raster y vectorial en los formatos admitidos por el Visor del SITEGI en el directorio actual (Figura 24). Una vez seleccionada, una o varias capas, se podrán cargar en la aplicación usando el botón “Abrir”.

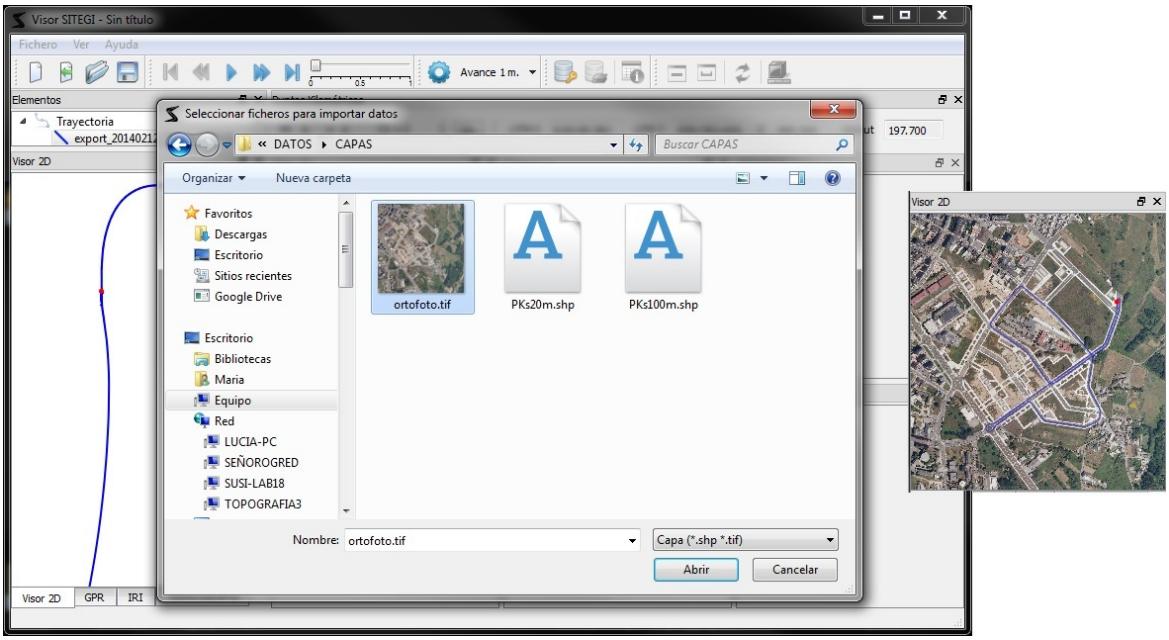


Figura 24: Importación de capas raster

5.1.2. Capas vectoriales

El formato vectorial presenta estructuras de datos formados por objetos geométricos independientes definidos por atributos matemáticos. Este tipo de datos se centra en la precisión de la localización de elementos de límites geográficos bien definidos sobre el espacio. Cada geometría de una capa está relacionada con un registro alfanumérico (conjunto de campos no geográficos) que le aporta información.

En este formato, se utilizan tres tipos básicos de elemento geométrico:

- Puntos

Se usan para definir entidades geográficas que pueden ser expresadas por un único punto de referencia. Por ejemplo, en el SITEGI se usa un punto para representar la ubicación de las señales.

- Líneas o polilíneas

Son usadas para representar elementos lineales y se forman como una secuencia de puntos. Su principal característica es que se puede medir su longitud. En el SITEGI, entre otras entidades, las barreras de protección son representadas como elementos lineales.

- Polígonos

Se usan para representar elementos que cubren una superficie determinada. Se representan como una polilínea cerrada, es decir, una polilínea cuyo último punto es igual al primero. En el SITEGI, los cebreados y algún otro elemento se representan como polilíneas cerradas.

La aplicación permite cargar capas vectoriales desde dos orígenes distintos: local y remoto. El formato de archivo aceptado para cargar elementos locales es el formato Shapefile (SHP), desarrollado por ESRI y que actualmente constituye un estándar de facto para el intercambio de información geográfica. Por otra parte, la aplicación posee la capacidad de conectarse con bases de datos PostGIS que se encuentren alojadas en servidores remotos.

Para importar capas locales, bastará con seleccionar el tipo “Capa”, al igual que en caso anterior, en el diálogo de importación de datos. Para importar capas remotas, primero tendremos que estar conectados a una base de datos (lo cual será explicado en posteriores apartados) para que se active el botón del “Selector de capas”, que mostrará una lista con las capas que se encontraron en la base de datos y permitirá su selección para que sean añadidas a la “Vista 2D”.

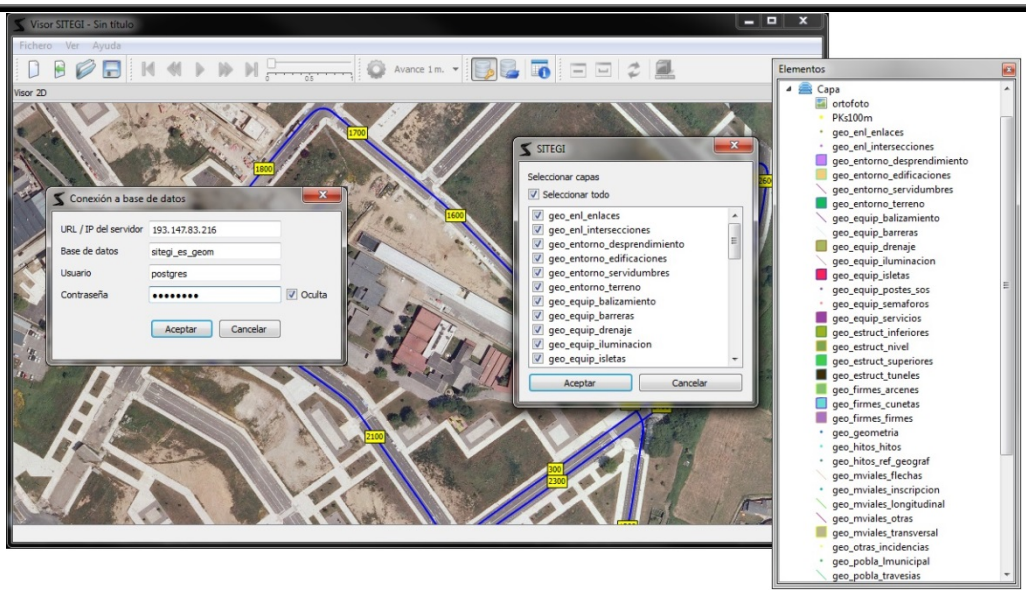


Figura 25: Importación de capas vectoriales

Por defecto, las capas vectoriales toman una simbología aleatoria que será mostrada en el árbol de elementos. Más adelante se explicará cómo cambiar la simbología de una capa vectorial.

5.2. Imágenes RGB

Otro de los elementos que se pueden visualizar integrados en el SITEGI son las imágenes visibles que son las imágenes que el Sistema Móvil captura durante la medición del láser escáner desde cada una de las cámaras instaladas en las cuatro esquinas del vehículo. Los datos se importan a través de un archivo de texto (.txt) con el sufijo_Index.txt en su nombre. Este fichero es un índice georreferenciado de las imágenes capturadas. Las coordenadas UTM que las relacionan con la Trayectoria hacen posible que las imágenes se sincronicen y se visualicen conjuntamente según nos movemos por la trayectoria.

Cada una de las ventanas “Cámara X” contiene un visor de imágenes que, tal y como muestra la Figura 26, permite zooms y desplazamientos por la imagen que contiene. Esto es útil para poder examinar los detalles de la imagen, algo fundamental para inspeccionar elementos como la señal vertical que se ve en la captura inferior.

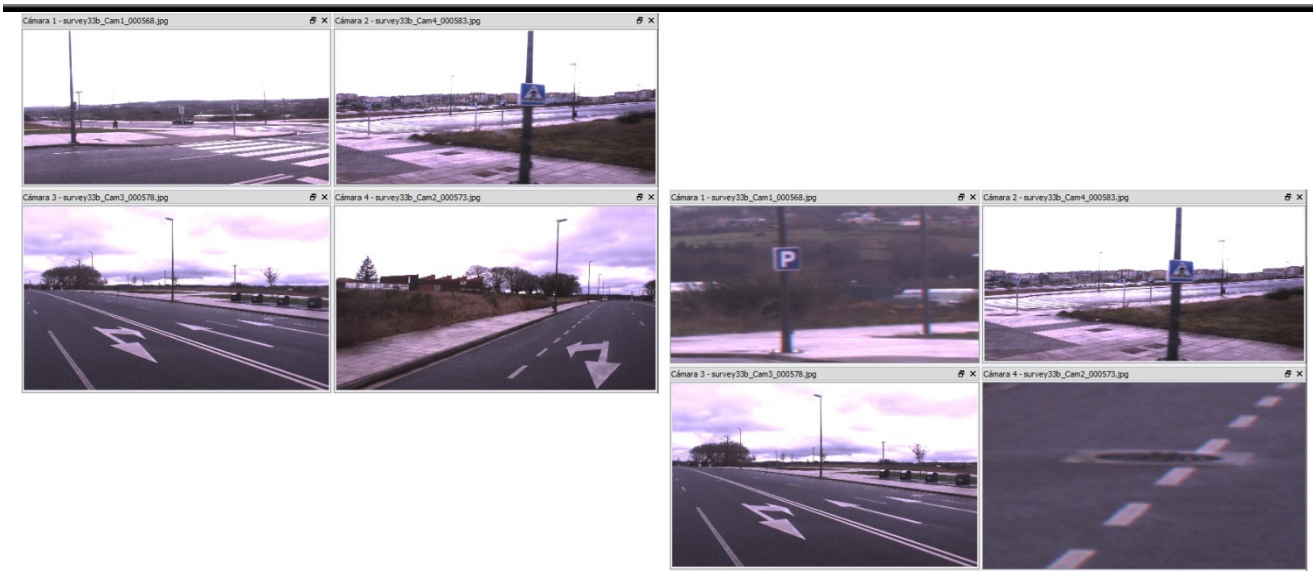


Figura 26: Importación de imágenes RGB

5.3. Nubes de puntos

También es posible visualizar las nubes de puntos que resultan de la medición del láser escáner. Su importación se lleva a cabo seleccionando como extensión de archivo el tipo "Nubes de puntos (*.pcd)". Este elemento se almacena físicamente como un fichero cabecera .pcd con cierta información relativa a la nube y una estructura de carpetas de mismo nombre con el sufijo "_octree", la cual permite una navegación más fluida, menor ocupación de tamaño de disco y menor consumo de memoria principal (RAM). Para cargar una o varias nubes de puntos pincharemos en "Importar datos", seleccionaremos el tipo de fichero adecuado y la/s nubes de puntos se cargarán en el "Visor 3D" (Figura 27).

Por defecto, la nube se muestra con la vista predeterminada, que es una vista desde arriba (o en planta), que abarca toda la extensión que ocupan las nubes que acabamos de cargar. Sin embargo, la aplicación permite orbitar la nube de puntos sobre la "Vista 3D" mediante el uso del ratón. Se explican a continuación las acciones más comunes:

- Zoom

Existen dos métodos para hacer acercar/alejar la nube de puntos. El primero consiste en usar la rueda del ratón al estilo de la "Vista 2D" (Ver Figura 23). El segundo permite hacer acercar o alejar la nube de forma rápida manteniendo pulsado el botón derecho del ratón y moviendo el puntero hacia abajo o hacia arriba respectivamente. Este segundo método permite hacer un zoom progresivo si en lugar de soltar el botón derecho del ratón una vez alcanzado el nivel de zoom deseado, se suelta con la nube en movimiento. La

velocidad con la que se lleva a cabo este zoom “desatendido” depende de la velocidad que hubiera en el momento de soltar el ratón.

- Desplazamiento

El desplazamiento de la nube de puntos se consigue oprimiendo la rueda del ratón, moviendo y soltando al alcanzar la posición deseada. Al igual que en el caso anterior, se puede conseguir que se desplace sola soltando la rueda del ratón en movimiento.

- Giro

El giro en la “Vista 3D” se consigue mediante el botón izquierdo del ratón y también es posible hacerlo automático a una velocidad determinada tal y como se ha indicado para los dos movimientos anteriores.

En cualquiera de los tres casos anteriores, el movimiento automático se puede detener haciendo un clic bien definido en cualquiera de los botones del ratón.

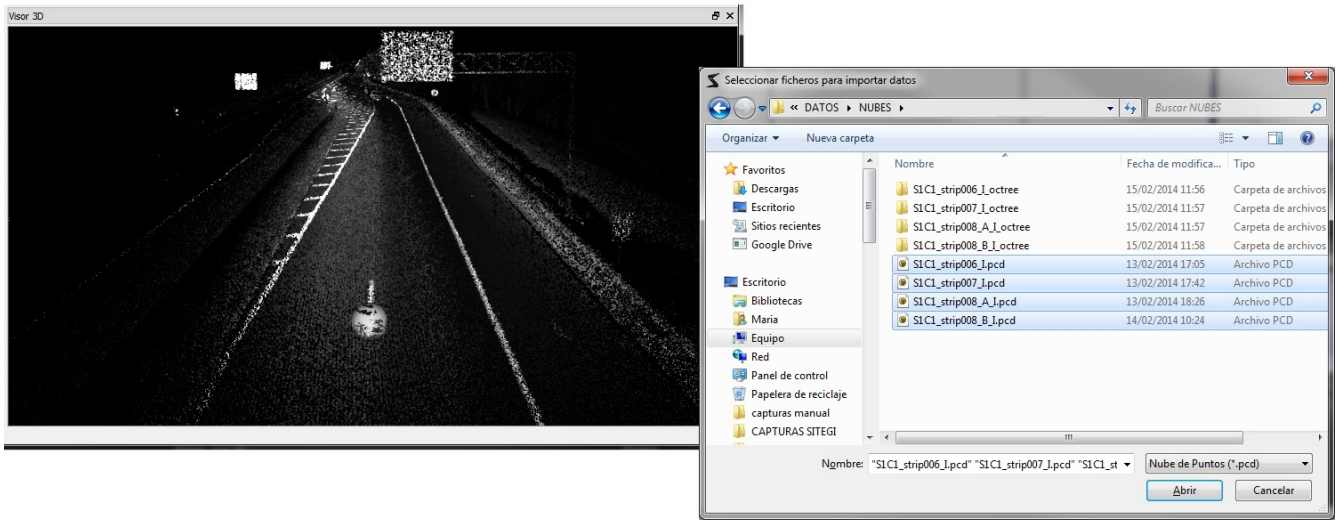


Figura 27: Importación de nubes de puntos

5.4. Datos de GPR

Los datos escaneados con el geo radar se cargan en la aplicación a partir de archivos con extensión .gpr. Una vez cargados se cargará en la ventana correspondiente una gráfica con los espesores de capas del pavimento, esto es, la profundidad parcial o relativa a la capa anterior y la total, medida desde la capa más superficial. Como muestra la Figura 28, un marcador en forma de línea vertical amarilla indicará al usuario en todo momento la localización geográfica de los datos acompañada de los valores de distancia y profundidad.

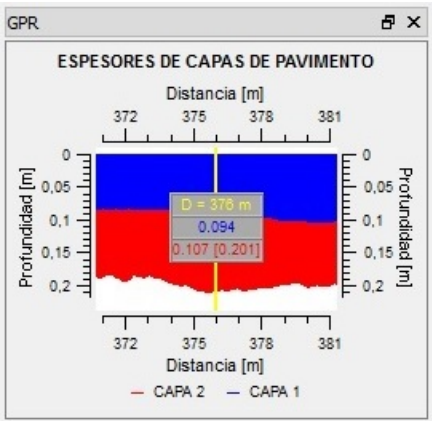


Figura 28: Gráfica de GPR

El usuario puede consultar los datos en cualquier punto de la gráfica haciendo clic con el ratón. La gráfica se centrará en el punto marcado por el usuario, al cual será desplazado el marcador. Por otra parte, una vez sincronizados a la trayectoria, los elementos de este tipo serán centrados en la localización actual de la trayectoria al avanzar sobre ella. Igualmente, se el marcador amarillo se localizará en la posición actual en la trayectoria.

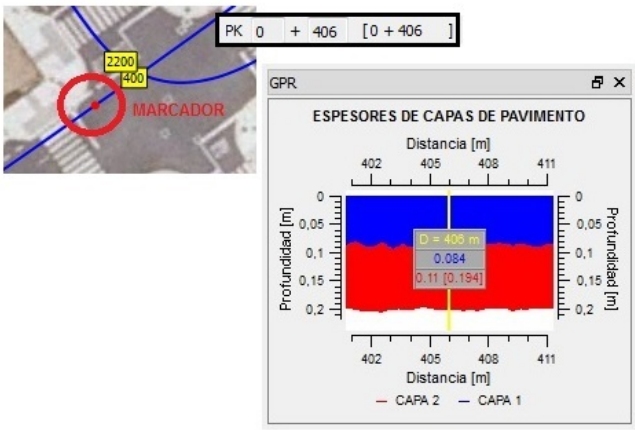


Figura 29: Sincronización de gráficas de GPR con trayectoria

Por otra parte, se ha añadido una opción al menú contextual de los elementos de GPR en la que se pueden indicar esos umbrales mínimos que han de superar las capas para alertar al usuario en caso de detectar anomalías (Figura 30).

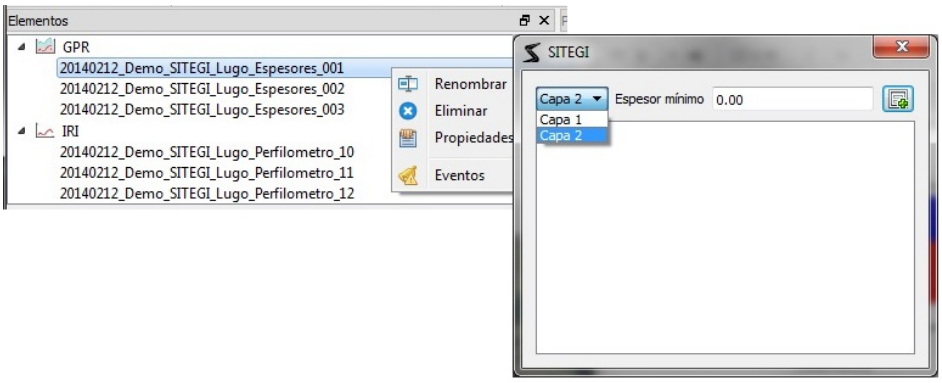


Figura 30: Configuración de alertas para datos de GPR

Una vez seleccionada la opción "Eventos" se mostrará un diálogo, como el que se muestra en la Figura 30, que permitirá asociar un valor de espesor mínimo específico para cada capa. Si establecemos un espesor mínimo para una capa determinada, se calcularán los tramos en los que no se cumple la condición establecida y se mostrará un listado de eventos al usuario. Además, como se puede ver en la siguiente figura, cuando el marcador de la gráfica correspondiente, se sitúa en un valor de distancia dentro del intervalo de algún evento, se resaltará el marcador aplicándole un grosor mayor y el color rojo.

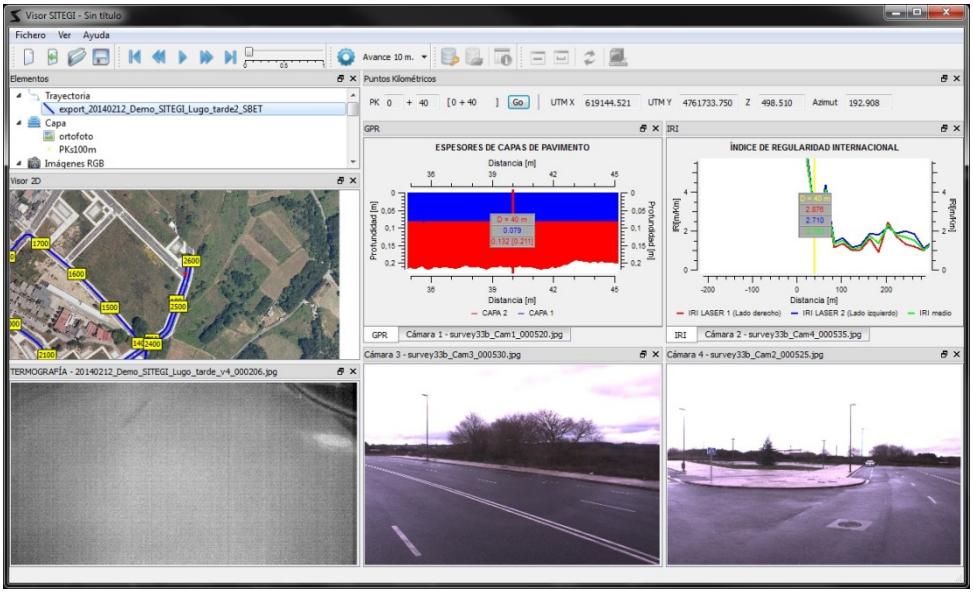


Figura 31: Alerta de datos de GPR

5.5. Datos de IRI

Los datos obtenidos por el perfilómetro se muestran en la aplicación de forma similar a los anteriores y a partir de archivos con extensión .iri. Una vez cargados se cargará en la ventana correspondiente una gráfica con los perfiles dibujados del lado izquierdo, derecho y promedio. Como muestra la Figura 32, también en este caso un marcador en forma de línea vertical amarilla indicará al usuario en todo momento la localización geográfica de los datos acompañada de los valores de iri.

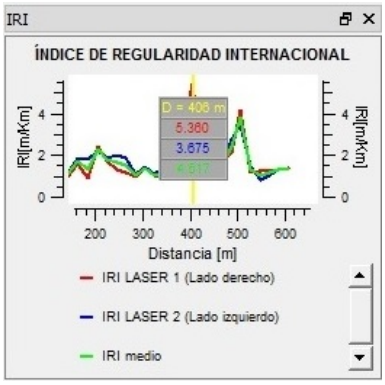


Figura 32: Gráfica de IRI

Como indicamos para el caso de GPR, el usuario puede consultar los datos en cualquier punto de la gráfica haciendo clic con el ratón y se actualizarán los datos y el marcador de la gráfica, al igual que en los desplazamientos sobre la trayectoria.

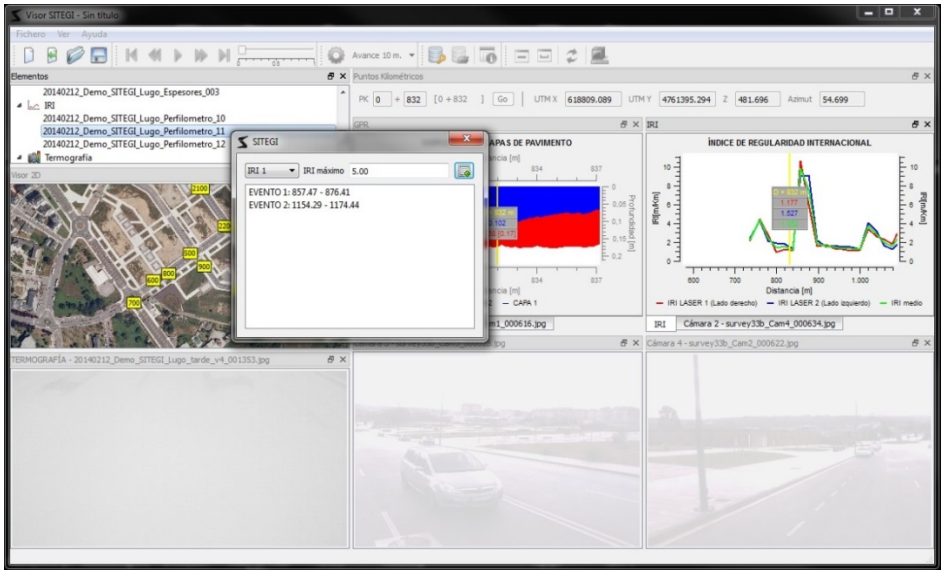


Figura 33: Configuración de alertas para datos de IRI

Asimismo se podrán configurar las alertas con un sistema similar al del apartado anterior, para que el sistema salte en caso de superar el umbral establecido (Figuras 33 y 34).

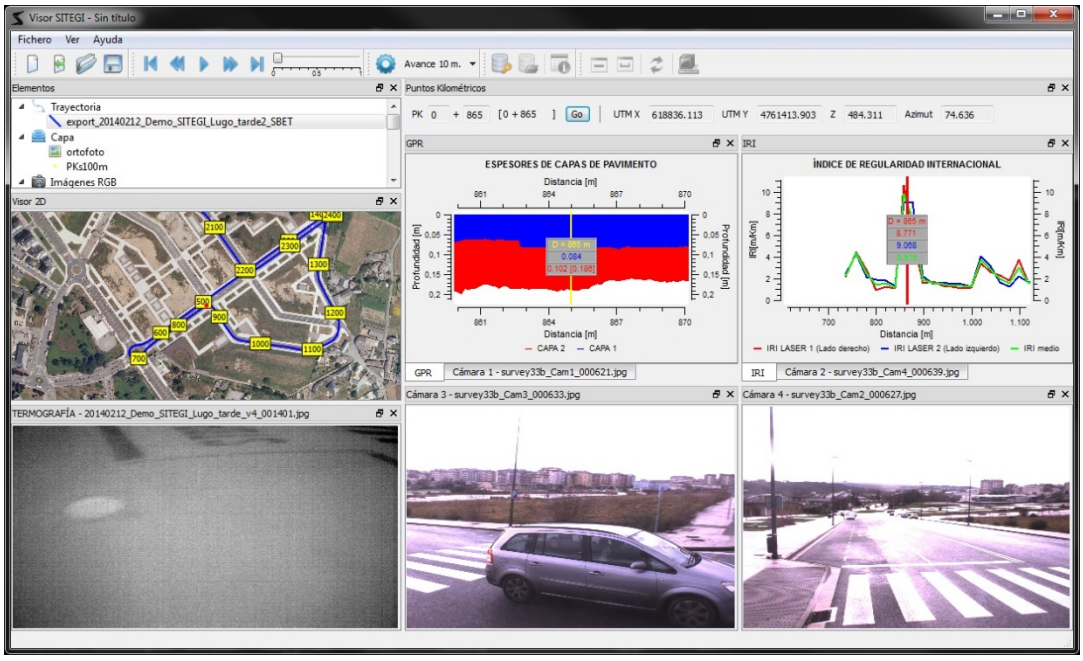


Figura 34: Alerta de IRI

5.6. Imágenes de termografía

Las imágenes capturadas por la cámara termográfica instalada en el Sistema Móvil de Inspección, se visualizan al estilo de las imágenes visible. Los datos se importan a través de un archivo de texto (.tm) que viene siendo un índice georreferenciado de las imágenes capturadas. Las coordenadas UTM que las relacionan con la Trayectoria hacen posible que las imágenes se sincronicen y se visualicen conjuntamente según nos movemos por la trayectoria.

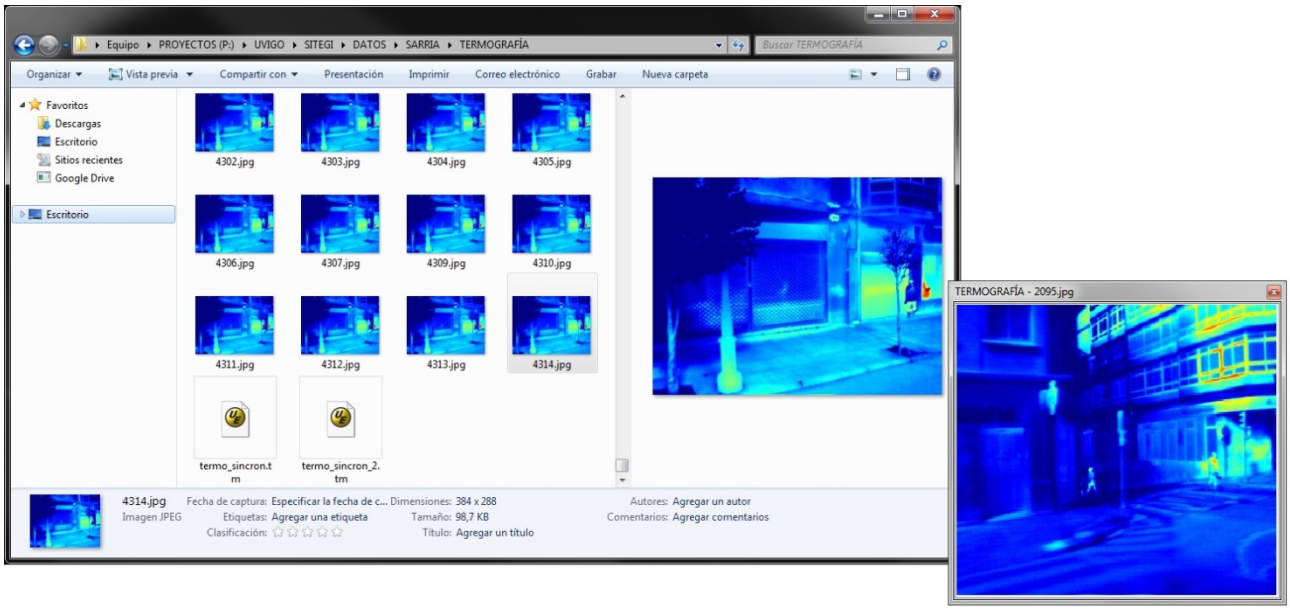


Figura 35: Imágenes de termografía

6. Menú Contextual

En este apartado se explicarán las opciones de los menús contextuales de nodos del árbol de elementos del SITEGI. El menú contextual aparece al pulsar con el botón derecho del ratón sobre un nodo del árbol. La Figura 36 muestra el menú que aparece al pinchar con el botón derecho sobre una nube de puntos cargada en el árbol de elementos.

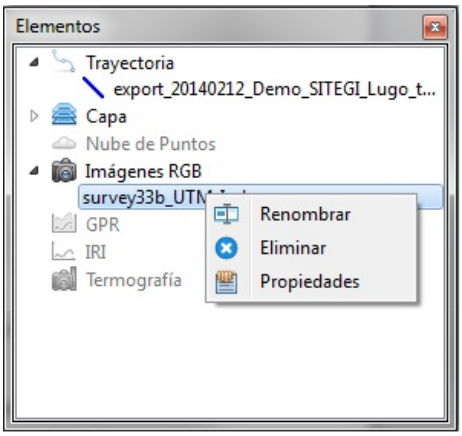


Figura 36: Menú contextual para Imágenes RGB

Normalmente, estas opciones muestran algún tipo de información relacionada con el elemento en cuestión o permiten ajustar determinadas características de configuración.

6.1. Opciones comunes

Existen una serie de opciones de menú contextual comunes a uno o más tipos de elemento importables a la aplicación. Estas opciones se pueden agrupar en dos bloques:

- Aquellas que se aplican a todos los elementos cargados de ese tipo → vincular y desvincular
- Aquellas que se aplican solo a uno de los elementos cargados → renombrar, eliminar y propiedades

A continuación se explican las acciones que se pueden llevar a cabo mediante las opciones de estos dos grupos.

6.1.1. Vincular y desvincular

La opción de menú contextual "Vincular" es una de las acciones más importantes del SITEGI, ya que mediante ella se consigue la sincronización con la trayectoria. Al contrario que en el resto de los casos que vamos a ver, esta opción aparece al hacer clic con el botón derecho del ratón sobre el tipo de elemento, y no sobre el elemento en sí.

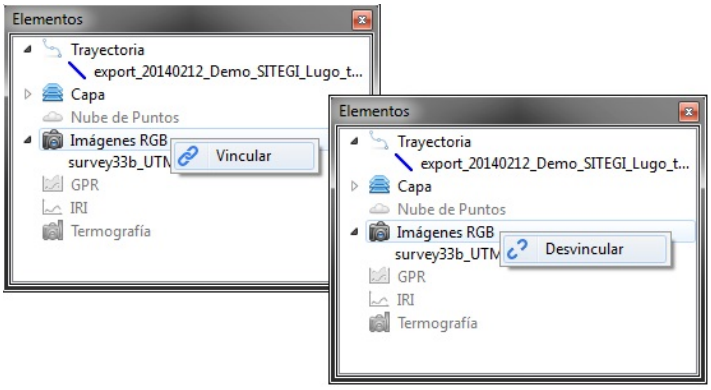


Figura 37: Opciones de menú "Vincular" y "Desvincular"

Los elementos vinculables a las trayectorias son las nubes de puntos y las imágenes, ya que las capas no necesitan de acciones adicionales para ser centradas en la "Vista 2D". Una vez vinculado uno de estos tipos de elemento, al volver a pinchar con el botón derecho del ratón, se nos dará la opción de desvincularlo para que no avance conjuntamente con la trayectoria. Esto puede ser útil para navegar secuencialmente por las imágenes tal y como fueron capturadas en lugar de hacerlo cada "X" metros o para ahorrarse el procesamiento que supone cambiar el punto de vista de la cámara en la "Vista 3D".

6.1.2. Renombrar, borrar y propiedades

Este apartado muestra las opciones que son aplicables a cualquier elemento cargado en el árbol (Ver Figura 28).

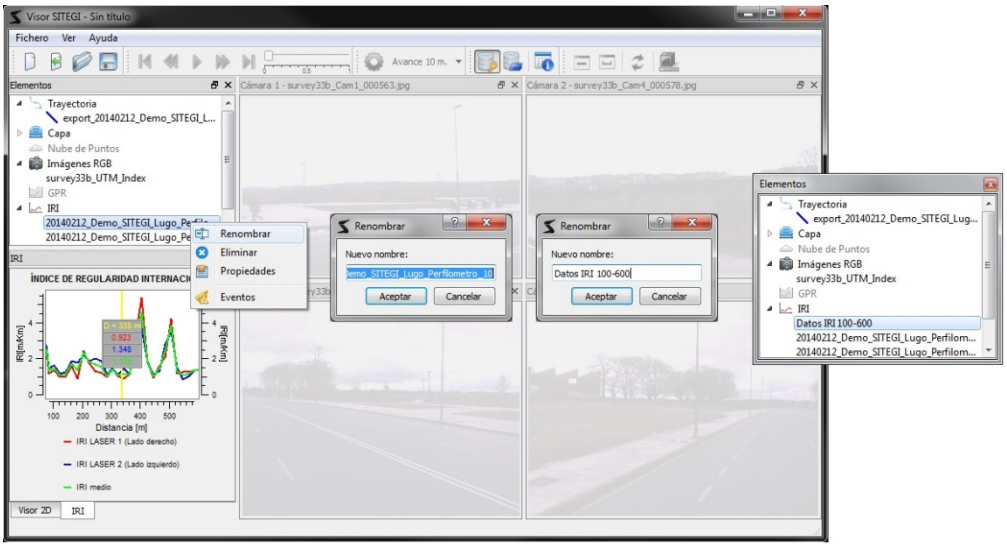


Figura 38: Opción de menú contextual "Renombrar"

Por defecto, al cargarse un elemento en el árbol, se muestra con el nombre del fichero importado. La primera de las opciones, “Renombrar”, nos permite cambiar el nombre que se muestra en el árbol para referirse a un elemento cargado (Figura 39). A su vez, la opción “Borrar” nos permite eliminar un elemento del árbol y, a su vez, de la ventana que lo muestra.

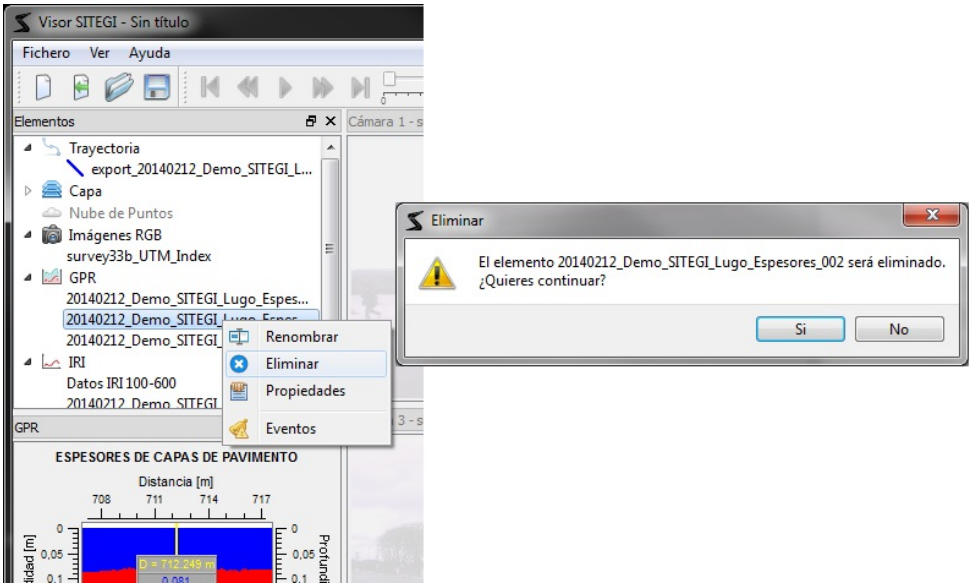


Figura 39: Opción de menú contextual "Borrar"

Al seleccionar la opción “Propiedades” se abrirá un diálogo con determinadas características de relevancia para el tipo del elemento sobre el que se selecciona la opción.

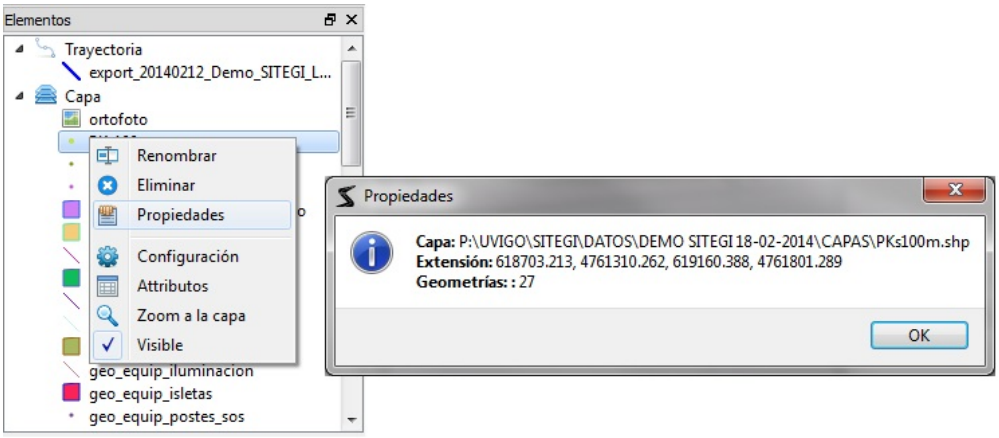


Figura 40: Opción de menú contextual "Propiedades"

6.2. Opciones para trayectorias

Las opciones del menú contextual específicas de las trayectorias permiten dos acciones adicionales: hacer zoom de forma que la capa que dibuja la trayectoria ocupe toda la extensión de la vista y ocultar/mostrar la capa que la dibuja.

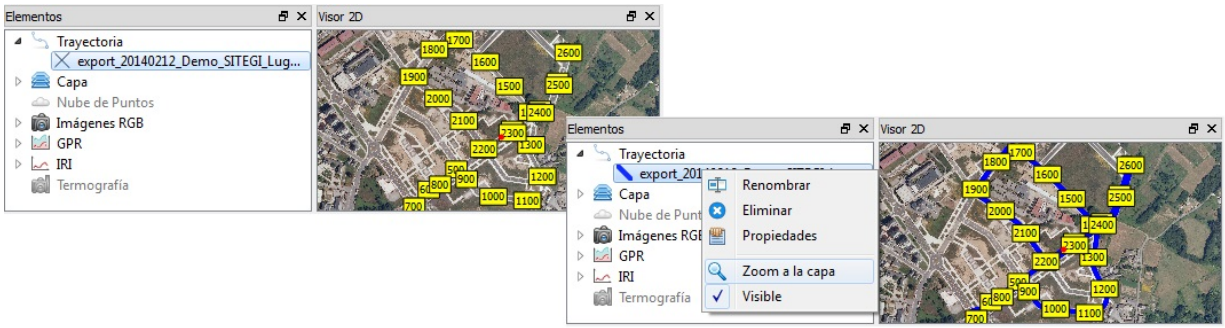


Figura 41: Menú contextual para trayectorias

Como se resalta en la Figura 41, cuando una trayectoria está oculta, en lugar de mostrarse su simbología en el árbol al lado del nombre, se muestra un icono en forma de X.

6.3. Opciones para capas

La opción “Configuración” del menú contextual exclusivo de las capas, como ilustra la Figura 42, permite modificar la simbología y etiquetar capas vectoriales.

La pestaña de simbología permitirá aplicar un color, grosor y nivel de transparencia específicos a los ítems de cada capa. En el caso de que la capa esté formada por polígonos o polilíneas cerradas permitirá también seleccionar un color y nivel de transparencia de relleno.

Además permitirá simbolizar una capa por medio de imágenes indicándole la carpeta del disco duro a dónde ir a buscarlas y el campo de la capa que contiene el nombre de la imagen. Las imágenes contenidas en la carpeta seleccionada han de estar en formato PNG.

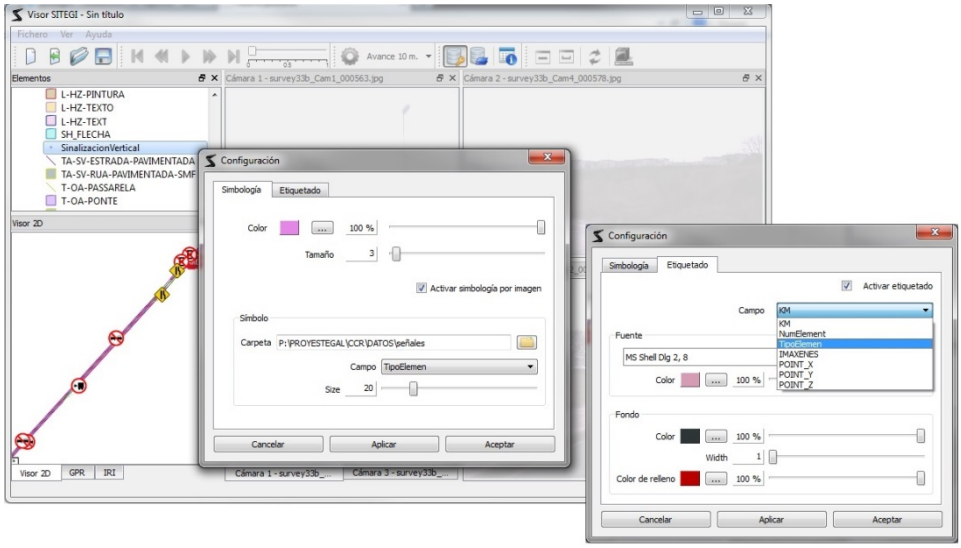


Figura 42: Opción "Configuración" del menú contextual para capas vectoriales

La opción “Atributos” permite consultar la relación de registros alfanuméricos asociados a la capa. La tabla de atributos puede ser ordenada ascendente o descendentemente por cualquiera de sus campos haciendo doble clic en la cabecera del campo en cuestión.

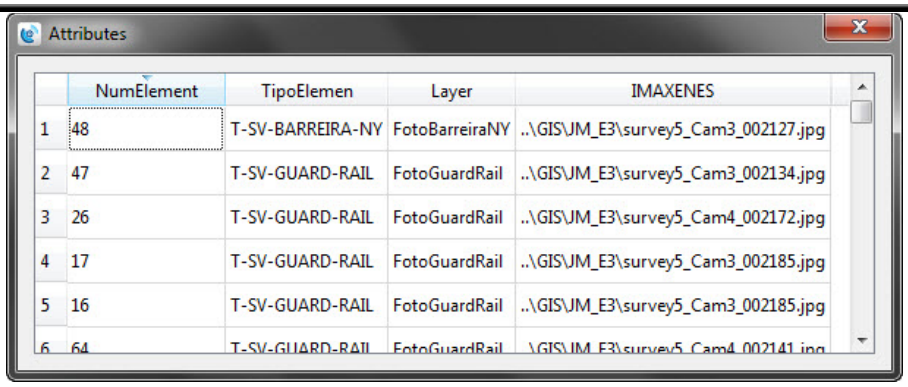


Figura 43: Opción "Atributos" de capa vectorial del menú contextual

Además de las opciones anteriores, las capas vectoriales y raster cuentan con las mismas dos opciones explicadas anteriormente para la trayectoria: “Zoom a la capa” y “Visible/No visible”.

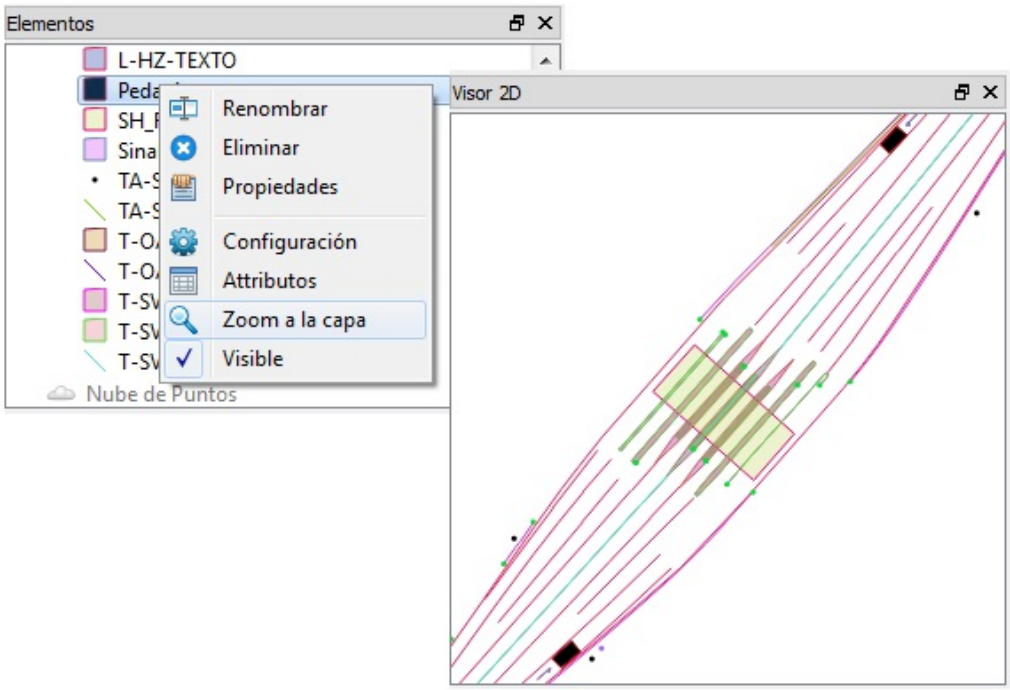


Figura 44: Opción "Zoom a la capa" del menú contextual

7. Barras de herramientas

Como ya se ha explicado anteriormente, el Visor SITEGI dispone de seis barras de herramientas para manipular los datos cargados en la aplicación (Ver Figura 12): Barra de Archivo, barra de Navegación, Barra de Navegación II, Barra de Base de Datos, Barra de Consulta, Barra 3D.

En este apartado vamos a explicar las acciones que se pueden llevar a cabo usando los botones contenidos en cada una de ellas.

7.1. Barra de Navegación

La barra de navegación actúa sobre los elementos de imagen y de trayectoria y consta de 5 botones y una barra deslizante. Si se selecciona un elemento de imagen (visible o termográfica) en el árbol y se usa la barra de navegación, se avanzará secuencialmente por el conjunto de imágenes en el orden en el que fueron capturadas. Si se navega por una trayectoria mediante su selección en el árbol de elementos, todos los elementos vinculados se moverán a esa localización.

Los botones nos permiten ir al principio o al final del elemento que estamos navegando, avanzar manualmente hacia delante o hacia atrás y avanzar hacia adelante automáticamente. La barra deslizante permite ajustar la velocidad de avance en caso de avance automático.

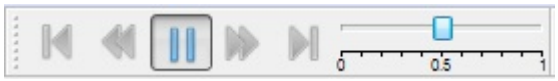


Figura 45: Barra de Navegación

La Figura 37 muestra la barra de navegación en modo avance automático con un intervalo de medio segundo entre avance y avance. En este caso, el único botón que aparece activado es el que permite detener el avance automático.

7.2. Barra de Navegación II

La siguiente barra de herramientas de navegación sólo actúa sobre las trayectorias. Con ella podemos modificar el intervalo de avance en la trayectoria o configurar la apariencia de las trayectorias y el marcador.

La barra de herramientas dispone de un combo que permite cambiar la longitud del intervalo de avance a 1, 5, 10 o 20 metros. De esta forma, avanzaremos por la trayectoria empleando la barra de navegación y se recorrerá la distancia seleccionada en cada avance.

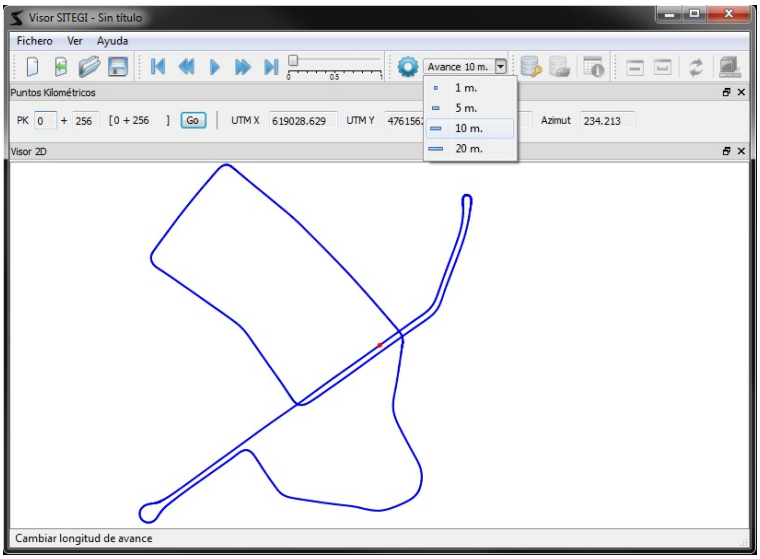


Figura 46: Cambiar longitud de avance mediante la Barra de Navegación II

Por otra parte, el botón de configuración permite cambiar la simbología de las trayectorias y el marcador, es decir, cambiar su color, grosor y nivel de transparencia (Figura 47).

Figura 47: Cambio de simbología de las trayectorias mediante la Barra Navegación II

7.3. Barra de Base de datos

La barra de herramientas de Base de Datos permite interactuar con bases de datos remotas PostGIS. En los siguientes sub-apartados se explicarán detenidamente cada uno de los botones que contiene.

7.3.1. Conexión e importación de capas vectoriales

El punto de partida para trabajar con una base de datos remota es establecer una conexión. Para ello, la barra de herramientas contiene el primer botón, el cual siempre estará activado. Al pulsar este botón, que tiene como icono un símbolo de base de datos y una llave, aparecerá el diálogo de conexión para que el usuario introduzca los parámetros de conexión Host, nombre de la base de datos a la que se quiere conectar, usuario con el que se quiere conectar y contraseña. Una casilla de verificación permitirá ocultar/mostrar al usuario los caracteres de la contraseña para que pueda cerciorarse de que la ha introducido correctamente.

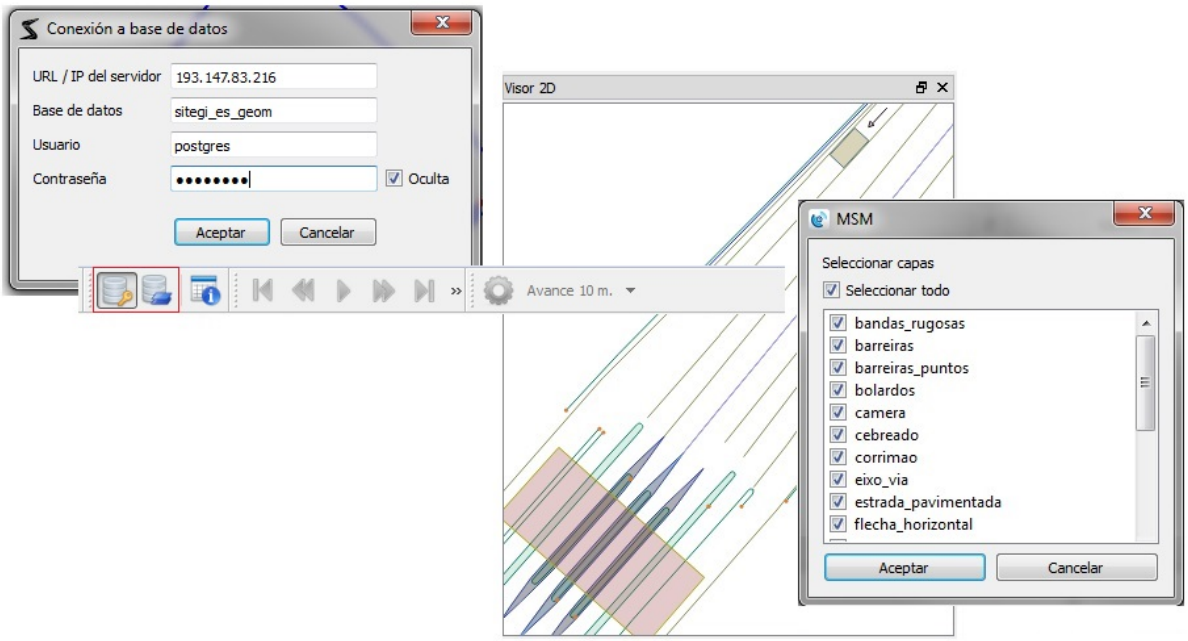


Figura 48: Conexión a base de datos e importación de capas vectoriales

Si los datos introducidos son correctos al pulsar el botón "Aceptar", se mantendrá el botón de conexión pulsado y se activará el botón para importar capas vectoriales alojadas en bases de datos remotas. Para desconectarnos de la base de datos bastará con desmarcar el botón de conexión. Será posible retomar la conexión a esta u otra base de datos con posterioridad.

Al pulsar el botón de selección de capas, se mostrará un nuevo diálogo con una lista de las capas disponibles en la base de datos a la que estamos conectados. Una vez seleccionadas las capas a importar, al pulsar el botón "Aceptar" se cargarán en la "Vista 2D" y en el árbol de elementos con una simbología aleatoria que podrá ser configurada para que se adapte a las preferencias del usuario.

7.3.2. Inventario e Inspección

Además de la descarga y consultas comunes al resto de capas vectoriales, la aplicación dispone de herramientas específicas para llevar a cabo inventarios, inspecciones y evaluaciones de daños en firmes y estructuras.

Será posible acceder a tales herramientas por medio del botón correspondiente de la barra de herramientas (tabla) cuyo punto de partida, como se puede ver en la Figura 49, es el formulario de selección de sub-tramo de carretera.

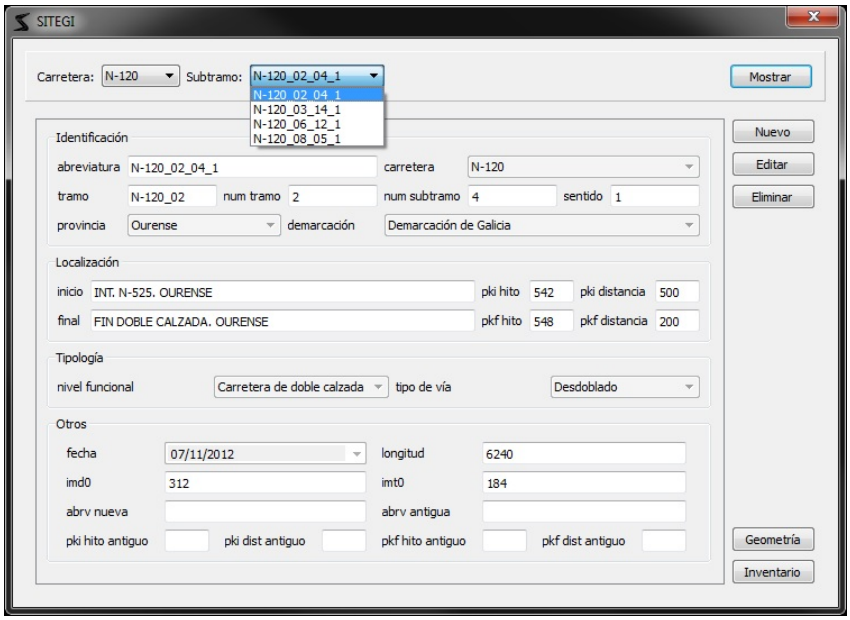


Figura 49: Selección de carretera y sub-tramo para inspección

A partir de aquí, pulsando en el botón "Geometría", se pueden consultar determinadas medidas geométricas de la carretera que son tomadas cada 10 metros (Figura 50).

El formulario se presenta dividido en dos áreas principales. La parte superior está formada por una tabla que contiene todos los registros de geometría para la carretera y sub-tramo seleccionado y un filtro por puntos kilométricos. El filtro nos permite seleccionar un tramo de la carretera para que la tabla solo muestre los registros relacionados con él. La parte inferior la ocupa el formulario de edición. Cuando se selecciona un registro de la tabla, sus datos se cargan en los controles que componen el formulario. Desde aquí, además de ediciones, se podrán hacer inserciones y borrado de registros.

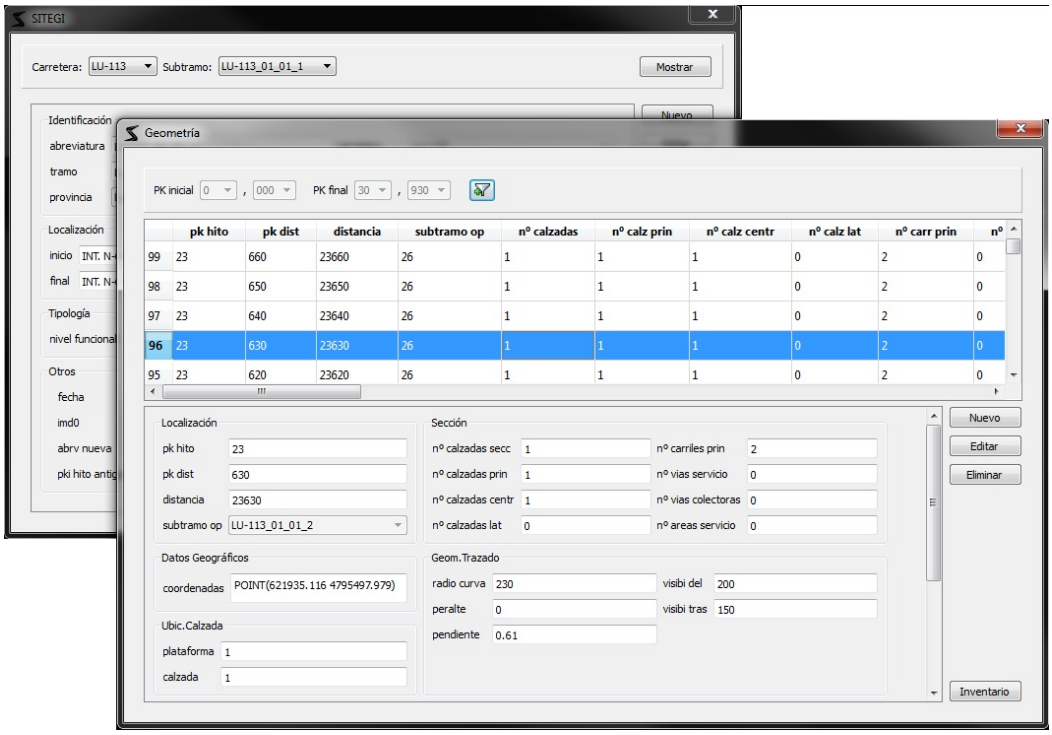


Figura 50: Formulario de geometría

Desde cualquiera de las ventanas anteriores puede accederse a la ventana de Inventario e Inspección pulsando el botón “Inventario”.

La información de los distintos elementos relacionados con las infraestructuras viarias que maneja el SITEGI aparece organizada en pestañas. Pinchando en cada una de ellas se mostrará el formulario específico según el tipo de elemento que sea.

La organización en estos formularios es similar al de Geometría. Una tabla con todos los registros para el sub-tramo inspeccionado que permite la selección de uno de ellos para su carga en los controles inferiores. En este caso también existe un filtro por puntos kilométricos pero, además existen otro tipo de filtros adicionales. Estos filtros son comunes a todas las pestañas, es decir, que se aplican a todas las tablas contenidas en los formularios de cada pestaña. Los filtros, además del filtro por punto kilométrico, son los siguientes:

- Filtro por fecha

Este filtro permite al usuario quedarse solo con los registros que han sido inspeccionados en un determinado intervalo de tiempo.

- Filtro “última inspección”

Posibilita al usuario cargar en la tabla únicamente la última inspección realizada para cada elemento. Es decir, solo un registro por elemento inventariado.

- Sin inspeccionar

Muestra únicamente aquellos elementos inventariados que no han sido inspeccionados nunca.

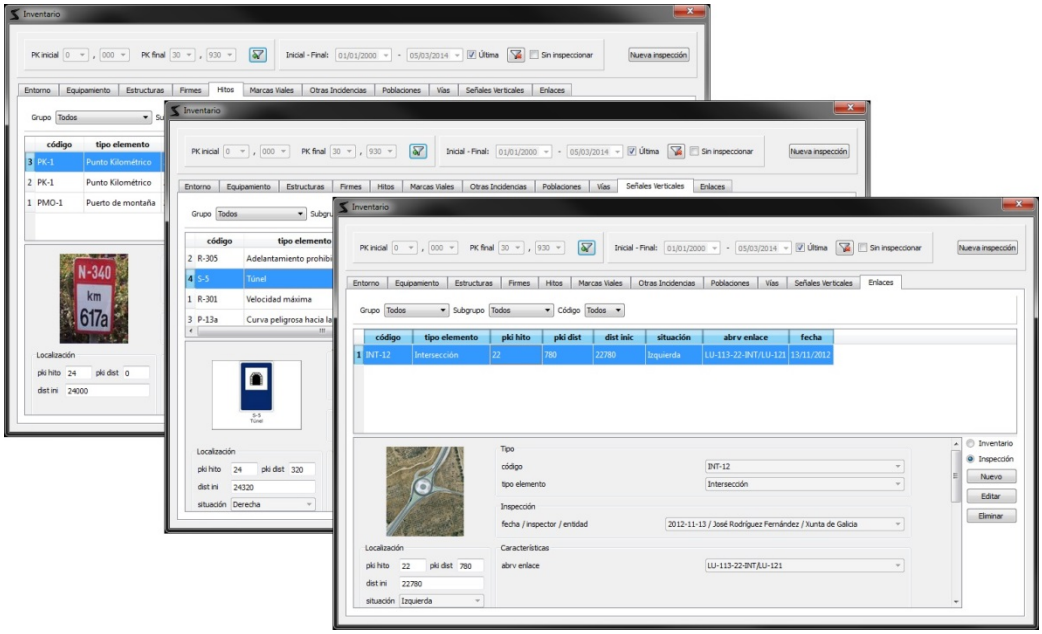


Figura 51: Ventana de Inventario e Inspección

Al lado derecho de las barras de filtro, como refleja la Figura 52, se encuentra un botón que permite crear nuevas inspecciones para luego poder ser asignadas empleando el combo de la parte inferior "fecha / inspector / entidad":

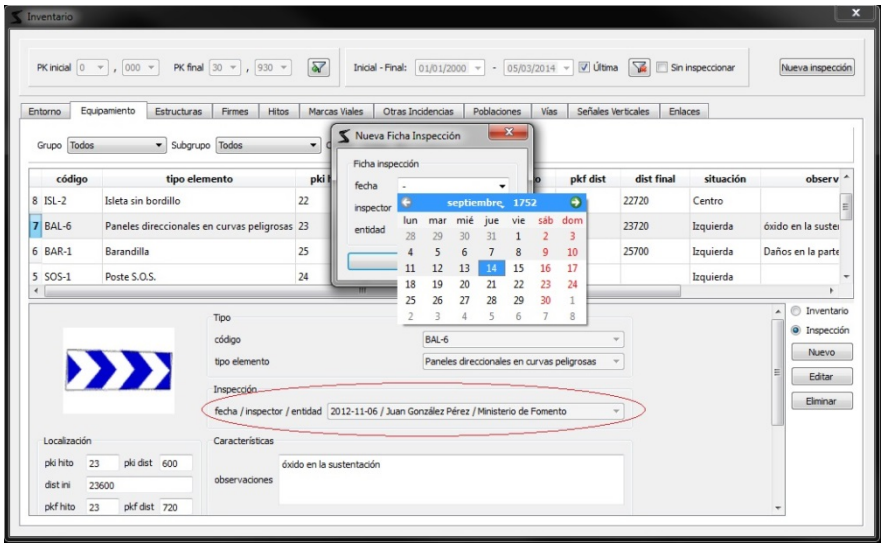


Figura 52: Crear nueva inspección

Para editar los datos de inventario o inspección primero debemos seleccionar en la parte derecha del formulario qué queremos editar. Luego, se resaltarán los datos correspondientes y se habilitarán los controles del formulario para permitir la introducción de los nuevos valores. Bastará pulsar el botón "Guardar" para salvar los cambios.

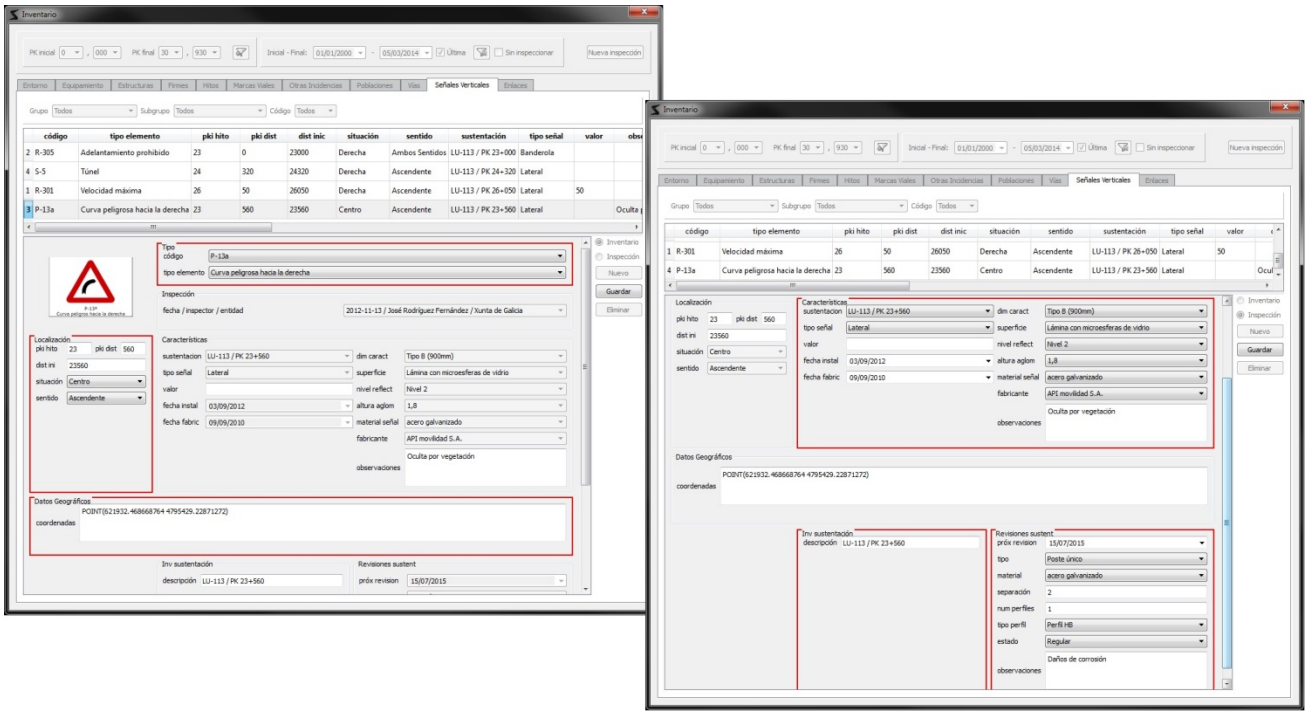


Figura 53: Edición de inventarios e inspecciones

Asimismo, las pestañas "Estructuras" y "Firmes" están preparadas para poder almacenar los daños generales y específicos de su estructura. Accediendo a cada una de estas pestañas, aparecerá un botón "Daños" que permitirá el acceso a la ventana de daños cuya división, que se puede ver en la Figura 54, es similar a la mostrada para Inventario.

En el caso de los daños para túneles, existe un botón de para consultar los daños que afectan de forma general a todo el túnel y, una tabla de daños específicos para cada parte del túnel (pestaña). Si se selecciona un registro en la tabla y se pulsa el botón "Daños", se abrirá el formulario correspondiente para su consulta y edición.

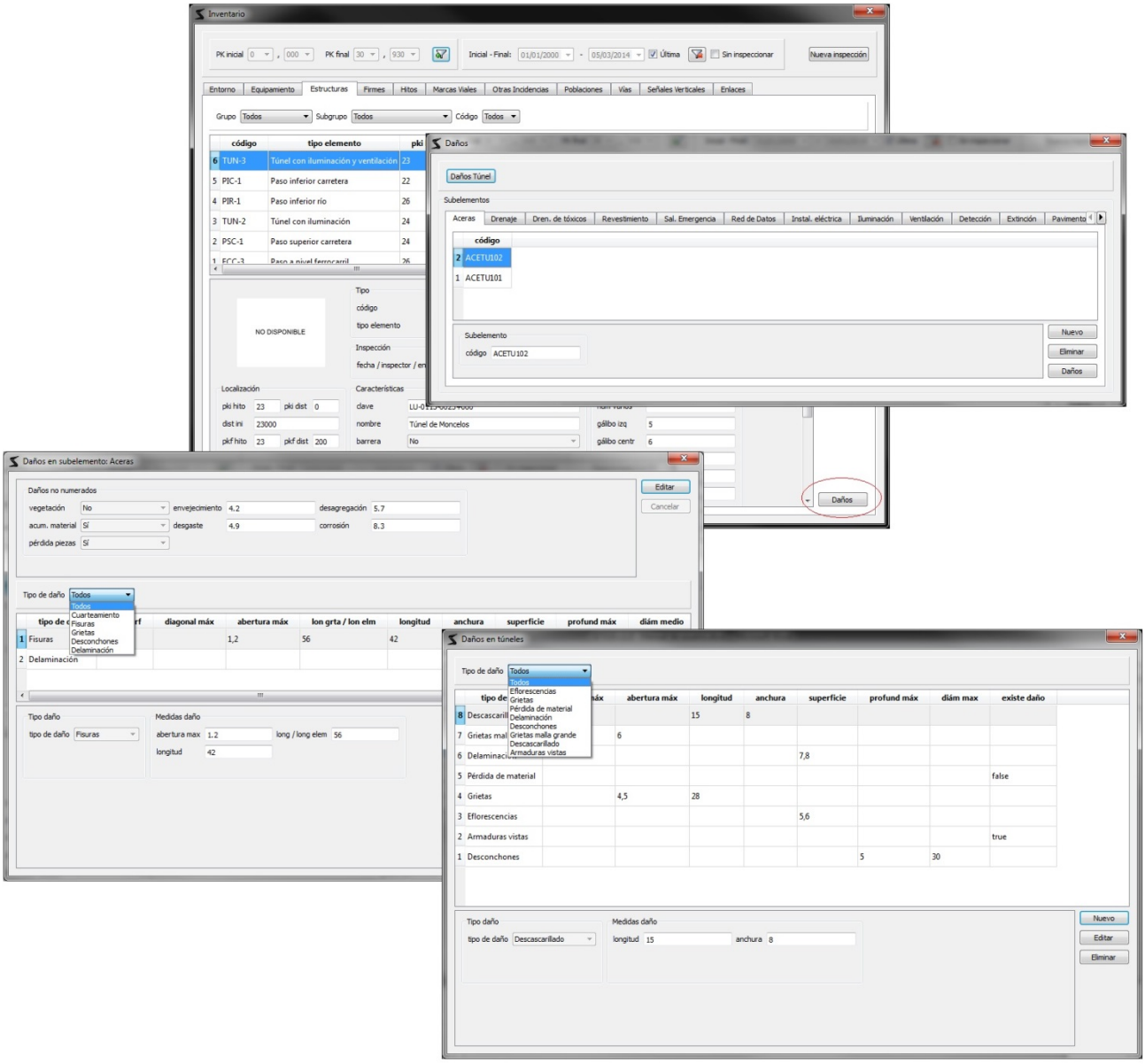


Figura 54: Ventanas para evaluación de daños de un túnel

A continuación se muestra una captura de un ejemplo de daños en Firmes cuya presentación sigue el diseño de los formularios que vimos con anterioridad:

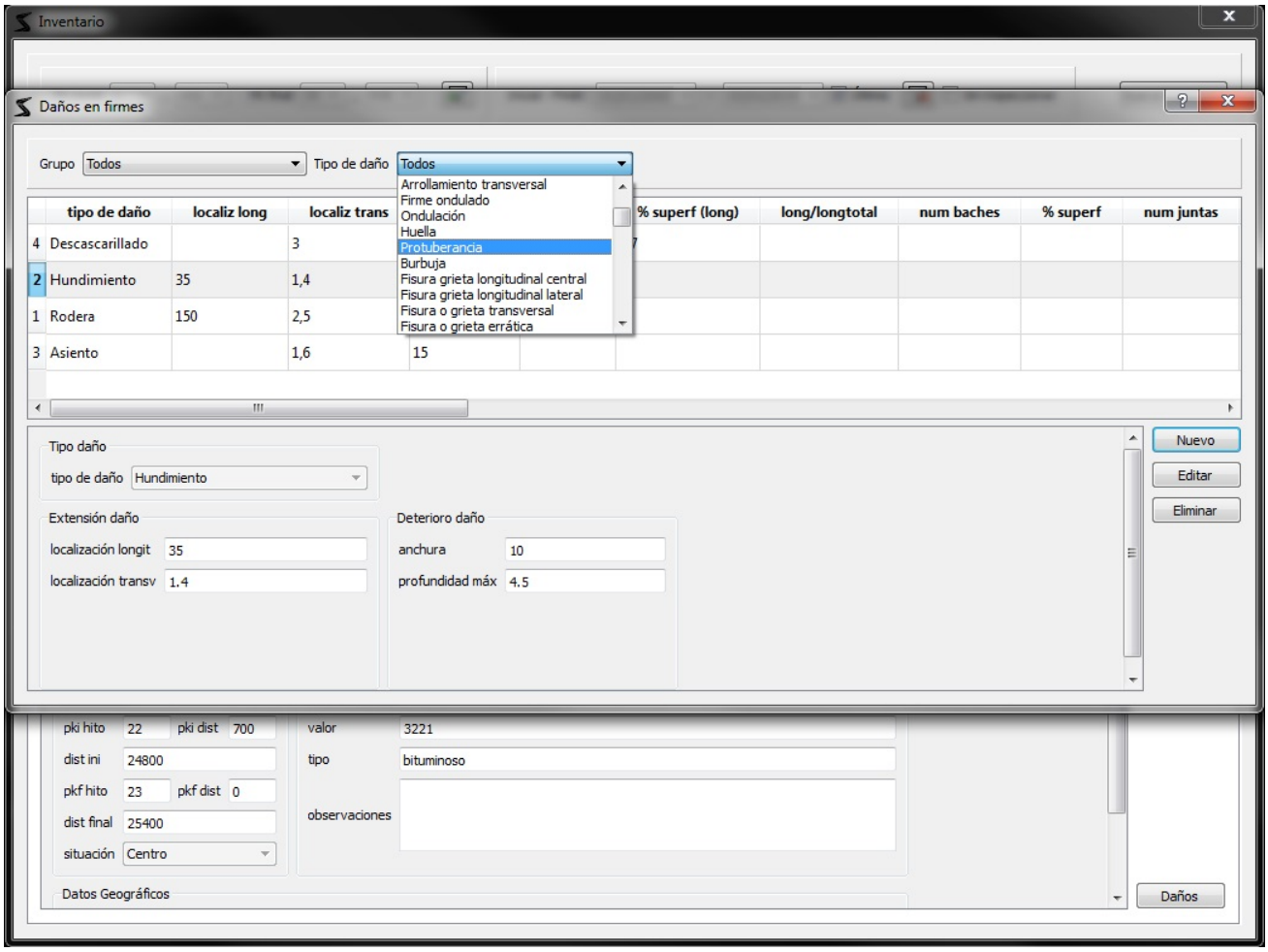


Figura 55: Evaluación de daños en Firmes

7.4. Consulta

Esta barra de herramientas permanecerá activa para usar sobre las vistas 2D y 3D, aunque el primer y cuarto botón (información e hiperenlace) no tendrán efecto sobre las nubes de puntos. Estos botones son exclusivos con el de consulta sobre la base de datos, es decir, que de este conjunto formado por seis botones, únicamente podrá estar uno de ellos activado en cada instante de tiempo.

Los botones que contiene esta barra de herramientas, se pueden ver en la Figura 56. El botón de navegación simplemente sirve para salir de cualquier modo de consulta, es el modo por defecto.

Figura 56: Barra de herramientas de consulta

7.4.1. Información

La herramienta "Información" nos permite pinchar sobre una entidad geométrica de la vista 2D (punto, polilínea o polígono) para mostrar su registro de información alfanumérica. En este caso, si pinchamos sobre varias geometrías de la misma capa, se añadirá un registro por cada ítem sobre el que pinchemos. Si, por el contrario, los ítems pertenecen a capas diferentes, se cargarán en pestañas diferentes.

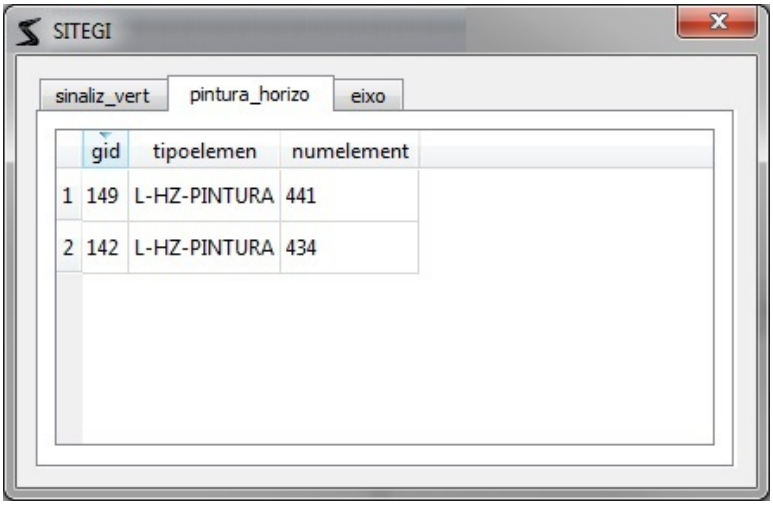


Figura 57: Herramienta "Información"

7.4.2. Consulta

La herramienta de consulta nos muestra la información básica de la entidad geográfica consultada, la cual difiere dependiendo del tipo de geometría de que se trate. Se pueden dar cuatro casos distintos dependiendo del tipo de elemento consultado:

- Punto en vista 2D

La información devuelta es el nombre de la capa a la que pertenece el elemento y sus coordenadas geográficas.

- Polilínea en vista 2D

La información que se muestra en este caso es el nombre de la capa a la que pertenece el ítem seleccionado, las coordenadas de su primer y último punto y su longitud.

- Polígono en vista 2D

En este caso, además de mostrarse la misma información que en el caso anterior, incluida la longitud como perímetro del polígono, se muestra su área.

- Punto en vista 3D

En este caso se muestra el nombre de la nube a la que pertenece el punto seleccionado y sus coordenadas.

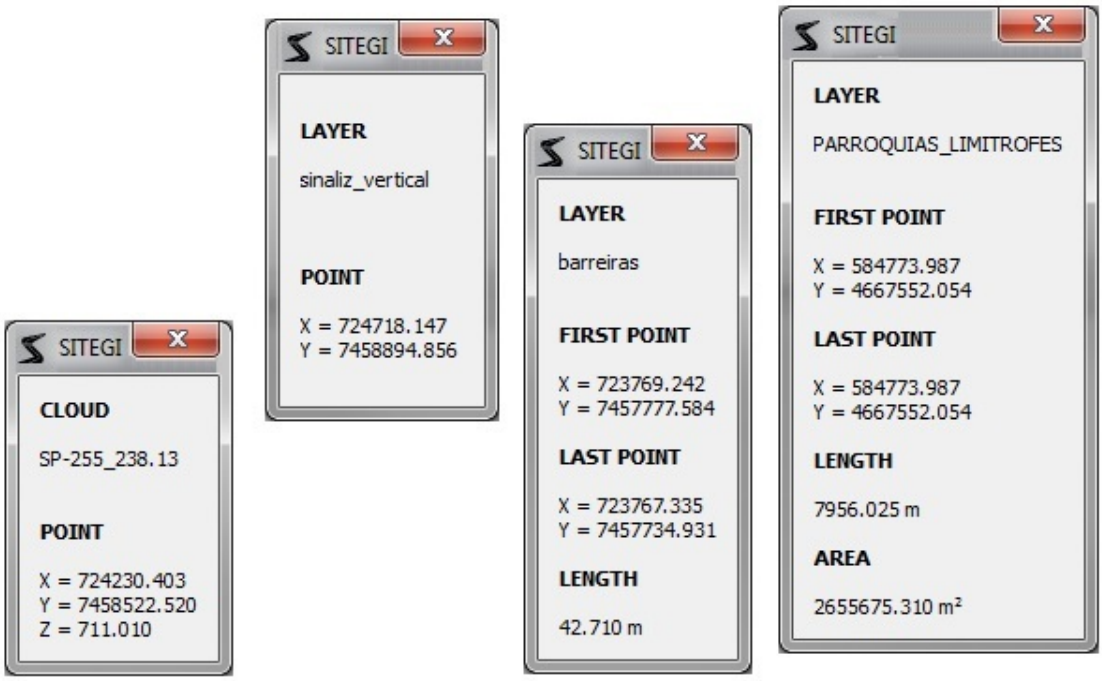


Figura 58: Herramienta "Consulta"

7.4.3. Medición

Esta herramienta nos permite medir longitudes y áreas sobre las vistas 2D y 3D. Se comienza una medición seleccionando el botón correspondiente y haciendo clic sobre la vista, momento a partir del cual se mostrará una predicción del resultado si se terminara la medición. Para dibujar una polilínea o polígono sobre los que medir longitudes y áreas hay que seguir marcando puntos con el botón izquierdo del ratón. Un doble clic terminará la medición. Se puede usar el botón derecho del ratón para borrar el último punto marcado.

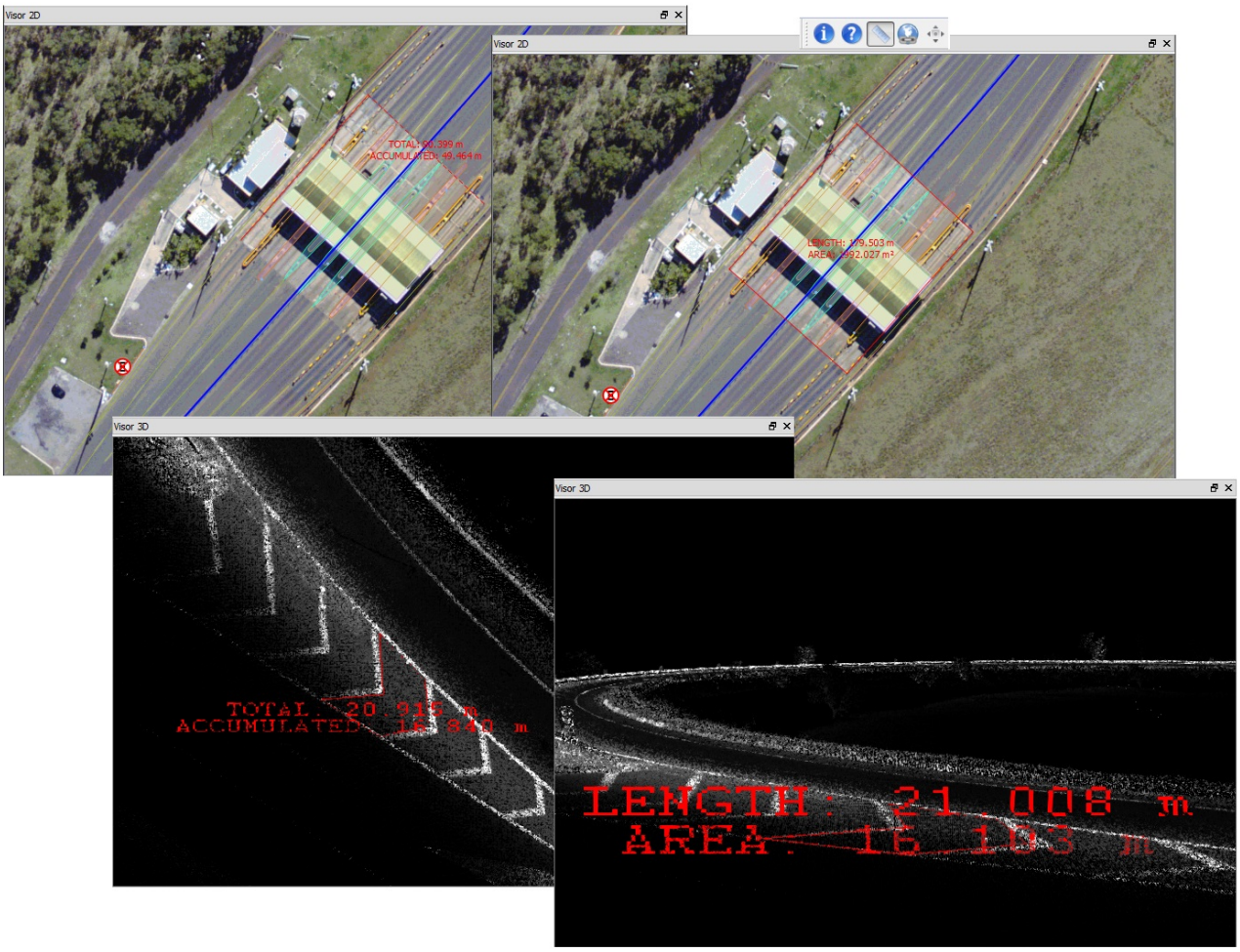


Figura 59: Herramienta de medición

7.5. Vista 3D

La barra de herramientas de Vista 3D, consta de tres botones que actúan sobre la vista en 3D:

- El primero nos permite visualizar las nubes de puntos desde un punto de vista superior (desde arriba o en planta)
- Con el segundo las nubes de puntos se nos muestran desde un punto de vista frontal
- El tercer botón se puede utilizar para resetear la vista, esto es, un zoom completo que muestre la extensión ocupada por todas las nubes cargadas en la aplicación desde el punto de vista cuyo botón tengamos seleccionado, por defecto, punto de vista superior.

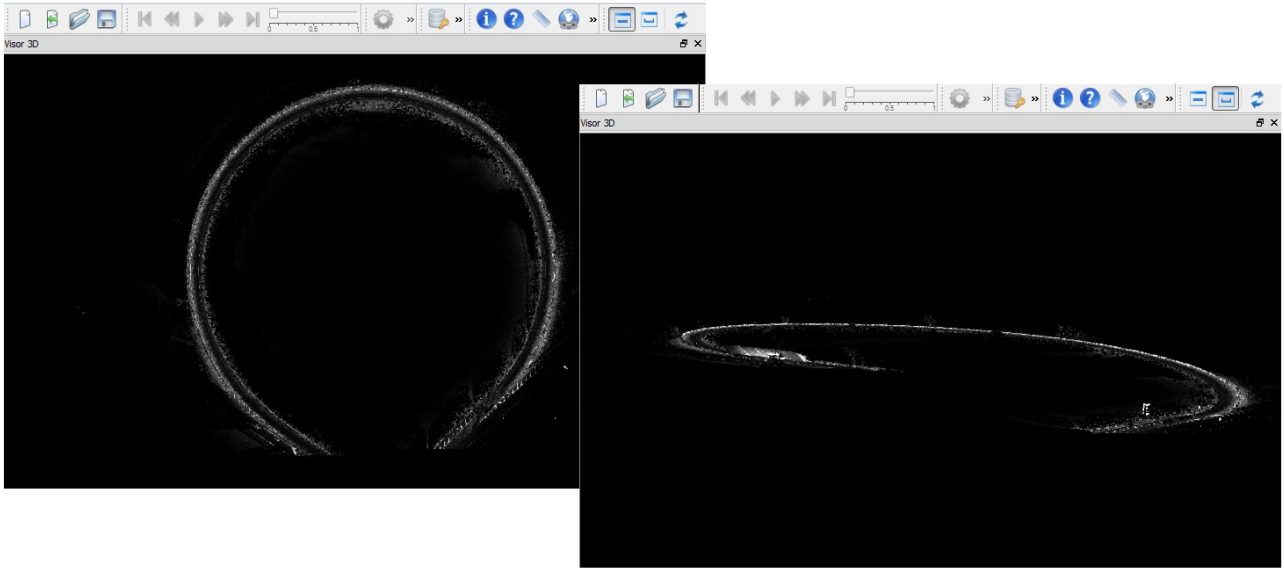


Figura 60: Puntos de vista en la "Vista 3D"

7.6. Módulo de Puentes

7.6.1. Descripción de la aplicación

La aplicación desarrollada puede entenderse en términos de un pre-procesador que guía al usuario en la elaboración del modelo de elementos finitos.

Generalmente, los códigos comerciales de análisis por este método se dividen en tres partes claramente diferenciadas, pre-procesador, *solver* y visualizador de resultados o post-procesador.

Debido a la gran universalidad de aplicaciones en las que se utiliza el método y las complejidades inherentes a cada uno de los análisis, los pre-procesadores que incorporan los códigos comerciales han experimentado en los últimos años un notable desarrollo que en la mayoría de las veces requiere de una formación específica por parte del usuario para su manejo.

Sin embargo, basándonos en el concepto de parametrización, es posible desarrollar aplicaciones mucho más específicas que únicamente requieran del usuario la información estrictamente necesaria.

Se consigue por lo tanto una comunicación más transparente entre usuario- máquina al mismo tiempo que se libera a este de una formación que en muchos casos engloba también conceptos ajenos a su campo de interés.

7.6.2. Descripción de la interfaz gráfica

La aplicación se encuentra integrada como un módulo específico dentro del *Visor SITEGI.*

En la siguiente figura se puede observar la integración de dicho modulo en el *Visor,* junto con la representación de la nube de puntos de un paso elevado.

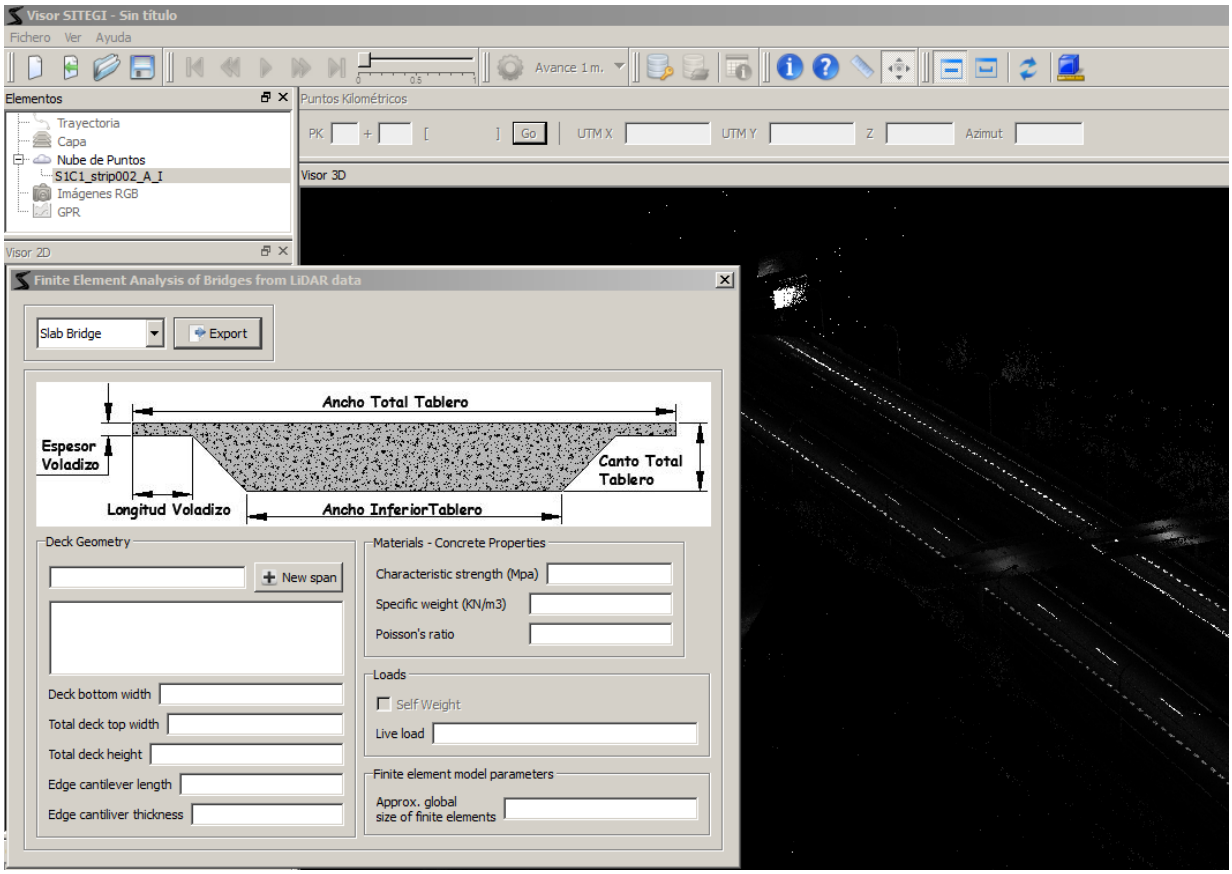


Figura 61. Integración del módulo de modelización de puentes en el Visor SITEGI, junto con la representación de la nube de puntos de un paso elevado.

La aplicación ha sido desarrollada en el lenguaje C++, y permite la generación automática de los modelos estructurales de pasos elevados que serán posteriormente cargados en el software de elementos finitos *Abaqus®* para llevar a cabo la simulación.

La aplicación permite en este momento la generación parámetrica de modelos de tablero de puentes de morfología de losa maciza y tableros de vigas prefabricadas de ala ancha con losa superior.

En las siguientes figuras están representados los formularios para la generación de cada uno de los modelos de estas tipologías.

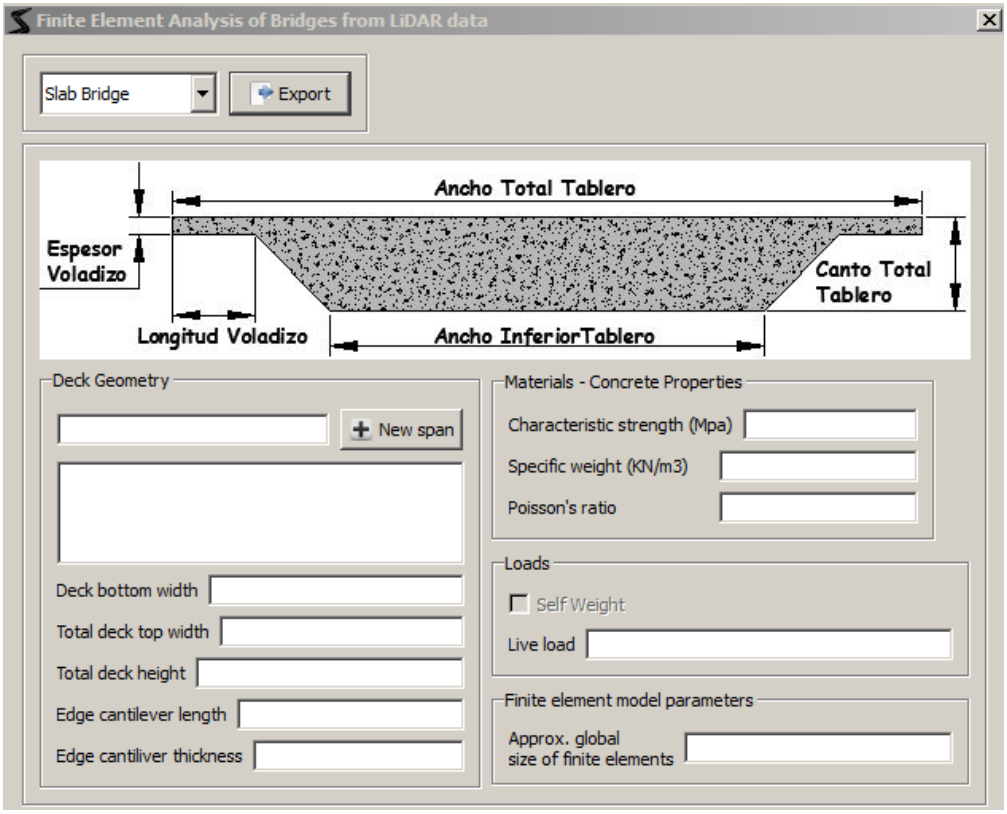


Figura 62. Interfaz gráfica para lageneración del modelo de elementos finitos de pasos elevados con morfología de losa maciza

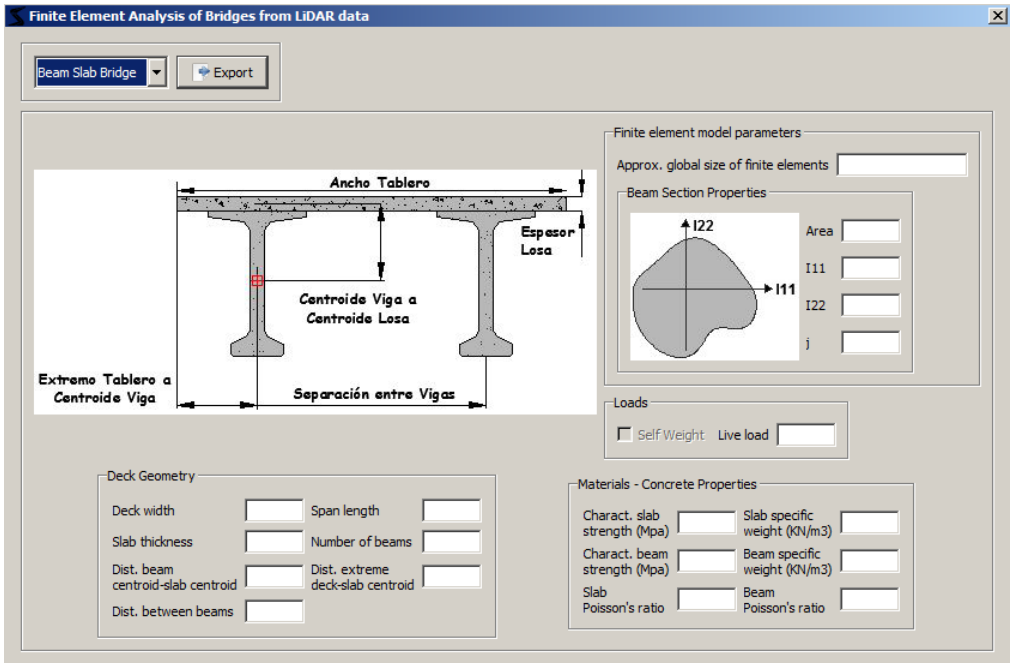


Figura 63. Interfaz gráfica para la generación del modelo de elementos finitos de pasos elevados con morfología transversal de vigas prefabricas ala ancha y losa superior

7.6.3. Descripción del flujo de trabajo

El módulo implementado actúa como un pre-procesador que permite la generación automática de los modelos de elementos finitos a partir de las características geométricas extraídas de la nube de puntos LiDAR.

El *Visor SITEGI* es el encargado de mostrar la nube de puntos adquirida con los sistemas de inspección y permitir la interacción del usuario con ella. Este, a través de la navegación por la nube es capaz de recoger con ayuda de las herramientas de medición integradas en el visor la información demandada por cada uno de los campos del formulario.

Esta información se puede caracterizar en la geométrica directamente extraíble de los datos LiDAR y la complementaria como datos de materiales, cargas y parámetros del modelo. Esta última siempre es un dato externo y debe ser recopilada a través de otros medios.

Una vez cumplimentados todos los datos demandados por el formulario, la aplicación genera dos archivos de forma simultánea, un archivo de texto y un archivo con extensión ".py"

El primero de ellos contiene la información geométrica que parametriza la descripción del tablero. Es como se expuso anteriormente, la información que el usuario obtiene a través de la nube de puntos y el *Visor SITEGI.*

El segundo archivo, es un archivo en lenguaje *Python* que define el modelo de elementos finitos del puente analizado. Este archivo, es un código que debe ser cargado en el software de simulación *Abaqus®* para llevar a cabo el análisis.

De esta forma los pasos que debe realizar el usuario son:

1. Cumplimentar los datos requeridos por el formulario

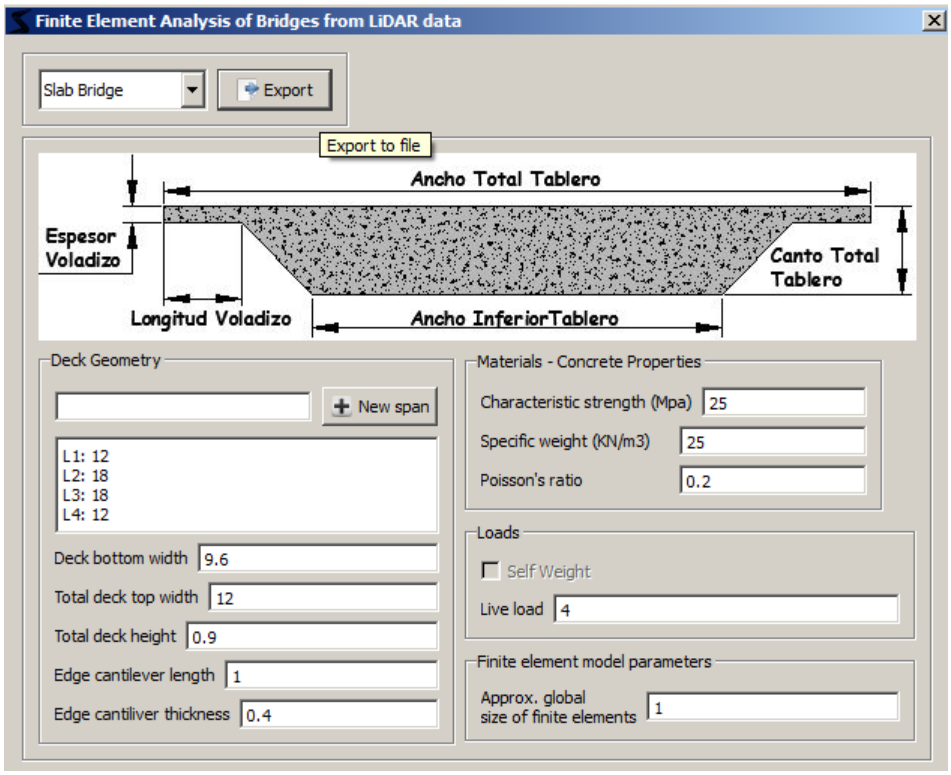
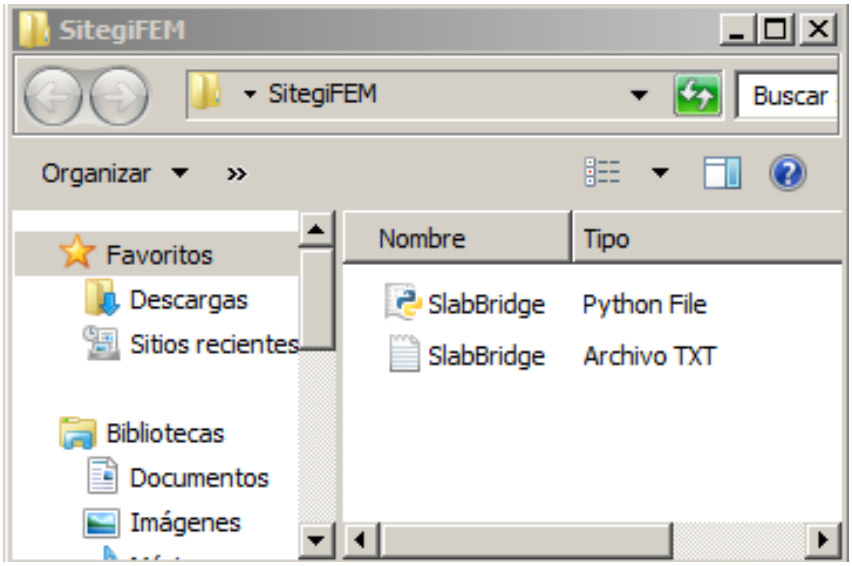


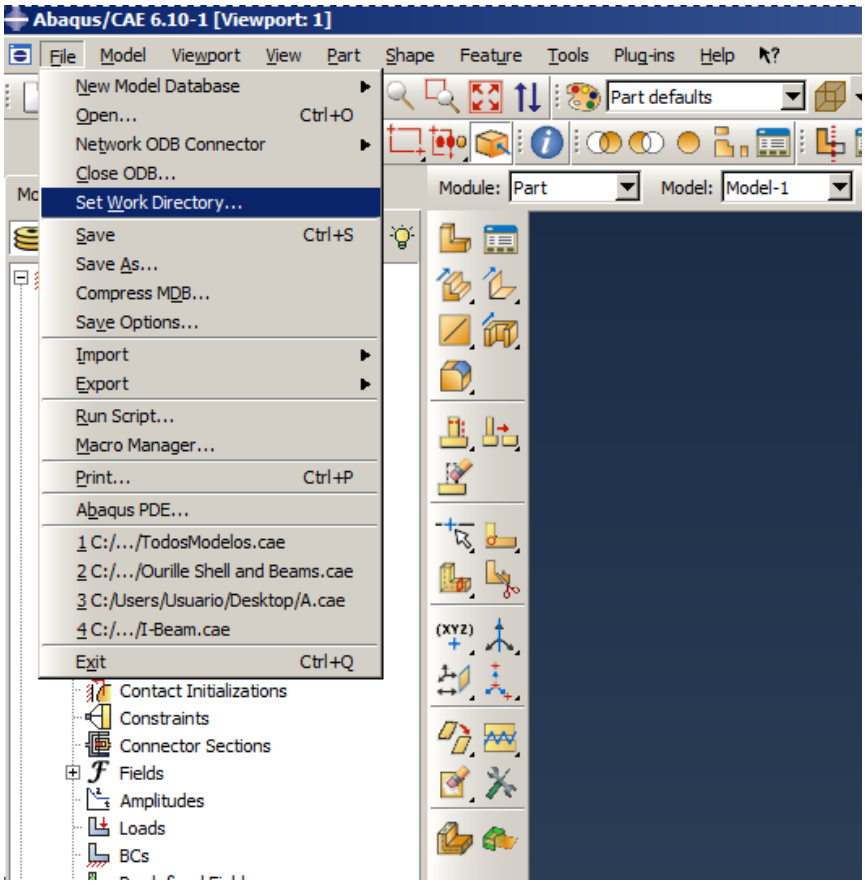
Figura 64. Interfaz gráfica para la generación del modelo de elementos finitos de pasos elevados con morfología transversal de losa maciza

2. Crear una carpeta como directorio de trabajo que contenga los dos archivos creados, el archivo con extensión ".txt" y extensión ".py" respectivamente.

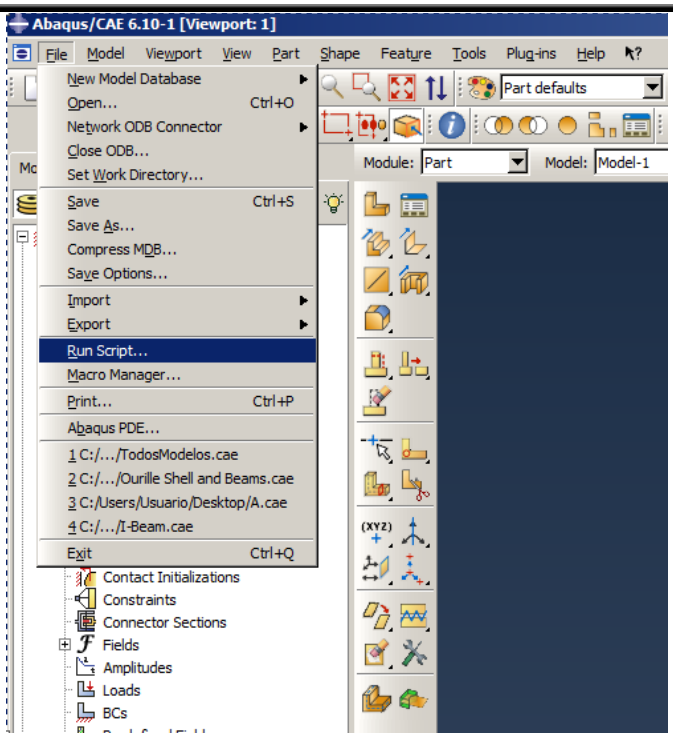


3. Abrir Abaqus

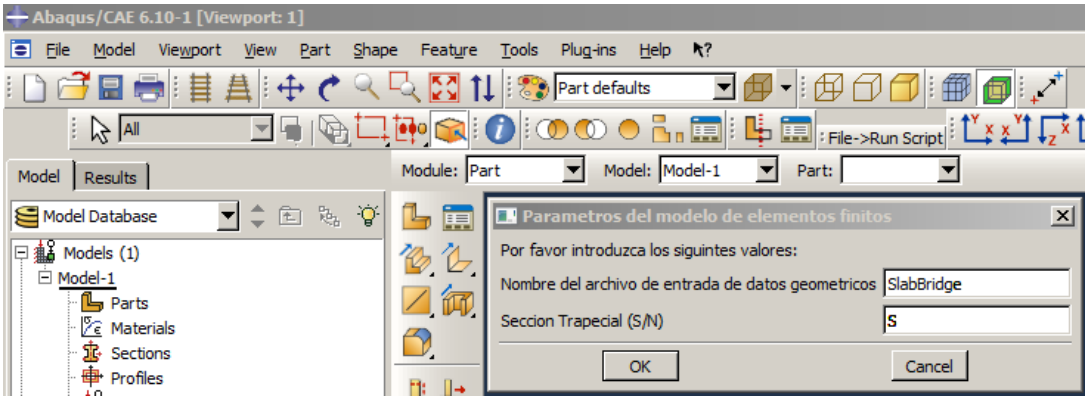
4. Seleccionar como directorio de trabajo la carpeta creada anteriormente



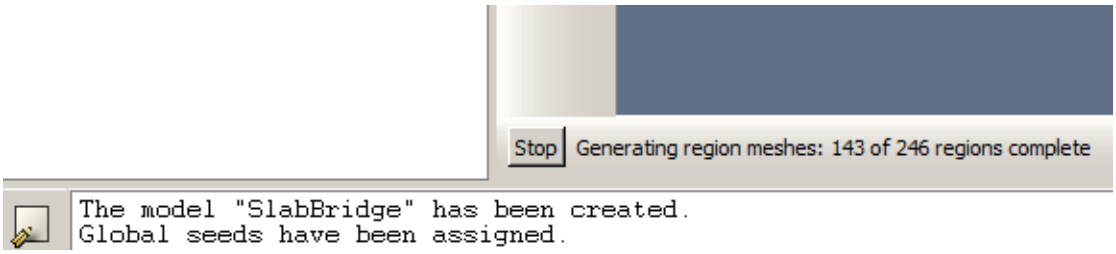
5. Cargar el archivo ".py· a través de la opción *Run Script*



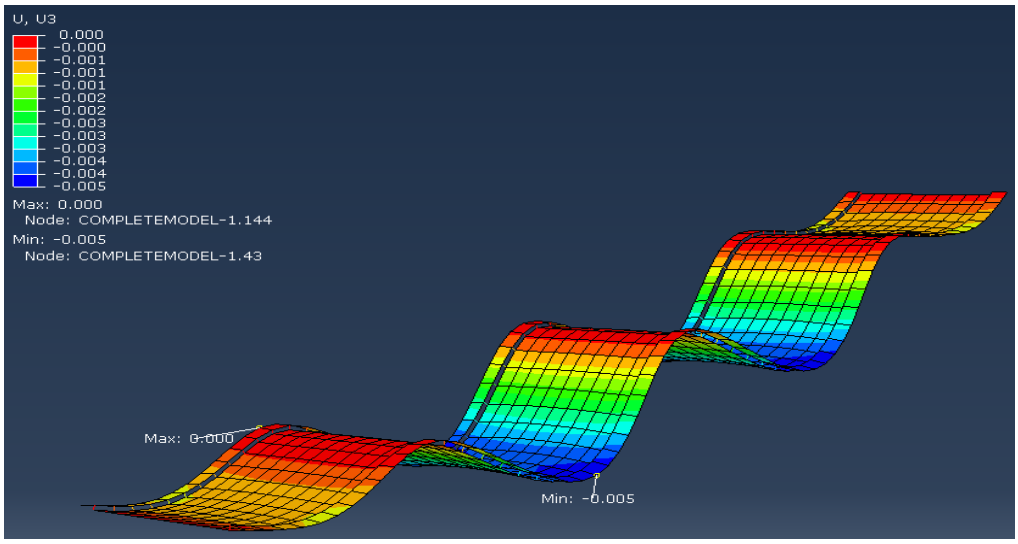
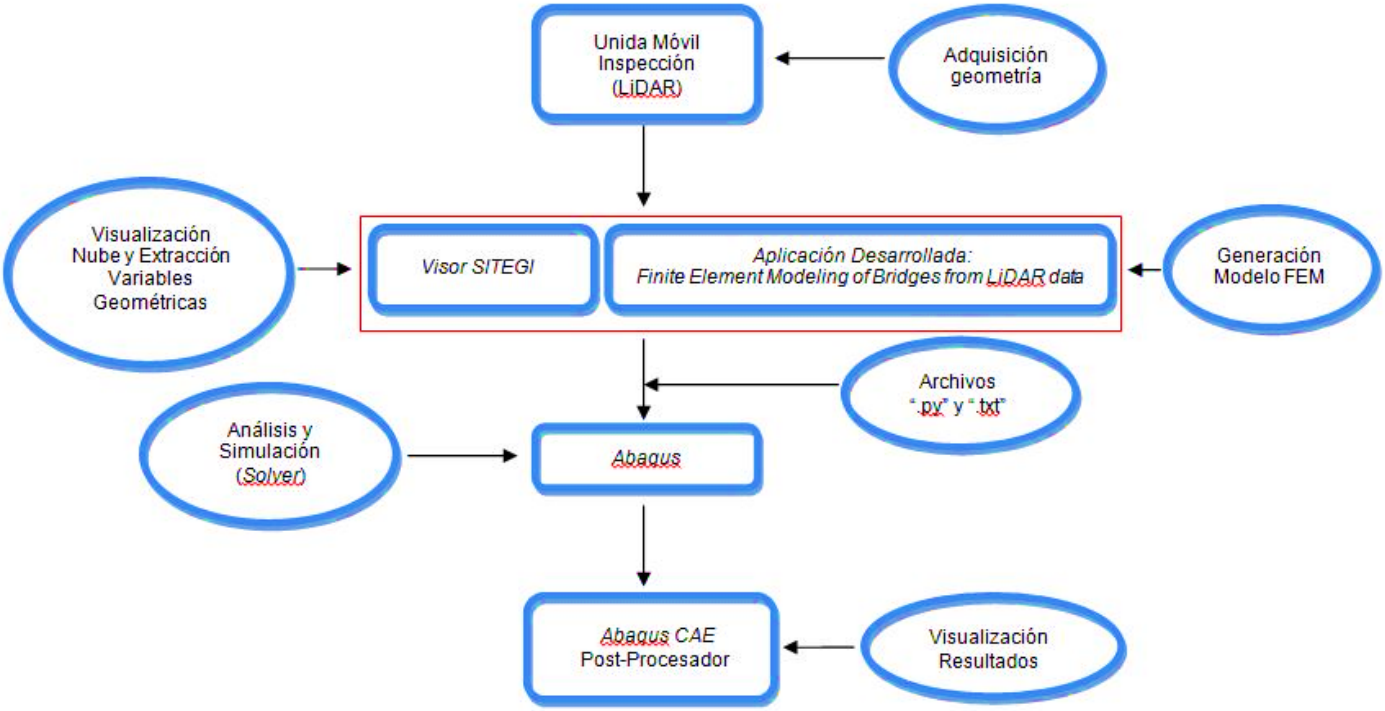
6. Seleccionar el archivo de información geométrica(archivo ".txt")



7. Abaqus interpreta los comandos implementados en el archivo de extensión ".py" generando de forma automática el modelo con la información implementada a través del formulario



8. Simulación y visualización de resultados en el post-procesador de *Abaqus*



Un esquema global del flujo de trabajo seguido es el que se muestra a continuación: