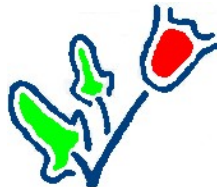


# CASTOR-NOISE

Versión 5.0

Aplicación informática para la simulación por ordenador de la  
contaminación acústica

## MANUAL DEL USUARIO



*Castor*

**Software Ambiental, C.P.**

28034 MADRID, España

[info@environmental-impact.eu](mailto:info@environmental-impact.eu)

**Advertencia: Este programa y el Manual del Usuario están protegidos por las leyes de derecho de autor y otros tratados internacionales. La reproducción o distribución ilícitas de este programa, o de cualquier otra parte del mismo (como el Manual del Usuario), está penada por la ley y con severas sanciones civiles y penales y será objeto de todas las acciones judiciales que correspondan.**

## CASTOR-NOISE PARA WINDOWS 95

### CONTRATO DE LICENCIA PARA EL USUARIO FINAL DE SOFTWARE CASTOR

#### IMPORTANTE – LEA DETENIDAMENTE

Este Contrato de Licencia para el Usuario Final de una aplicación realizada por Castor Software constituye un acuerdo legal entre usted (ya sea una persona física o una entidad jurídica) y Castor Software respecto al producto software de Castor indicado arriba, el que incluye el software y otros medios relacionados, los materiales impresos (como el presente manual del usuario) y cualquier otra documentación (producto software). Al instalar, copiar o usar este producto software, y cualquiera de los otros medios relacionados con éste, usted acepta los términos del presente Contrato de Licencia para el Usuario Final. Si no está de acuerdo con los términos de este Contrato de Licencia para el Usuario Final, no instale o use este producto software y sus medios relacionados; por el contrario, devuélvalo al lugar donde lo adquirió.

#### LICENCIA DE PRODUCTO SOFTWARE

El producto software se encuentra protegido por leyes de derecho de autor y por tratados internacionales sobre derechos de autor, así como por otras leyes y tratados sobre la propiedad intelectual. El producto software realizado por Castor Software se concede bajo licencia, no se vende.

Concesión de Licencia. El Contrato de Licencia para el Usuario Final le otorga los siguientes derechos:

1. Software de Aplicaciones.– Podrá instalar y usar una copia del software en un único equipo o PC. El usuario principal del equipo o PC en que se instaló el producto software podrá hacer una segunda copia para su uso exclusivo en un equipo o PC portátil.
2. Almacenamiento y uso en la red.– Podrá también instalar o almacenar una copia del producto software en un dispositivo de almacenamiento tal como un servidor de red, que se use solo para instalar y almacenar el producto software en sus otros equipos o PCs dentro de una red interna. Sin embargo, usted deberá adquirir y dedicar una licencia para cada PC o equipo en cuyo dispositivo de almacenamiento instale o ejecute el producto software. No podrá compartir ni usar simultáneamente en diferentes PCs una licencia para el producto software.
3. Software no para la venta.– No podrá revender, o de otra manera transferir, por ningún valor el producto software.

Otros derechos y limitaciones.

1. No podrá utilizar técnicas de ingeniería inversa, descompilar ni desensamblar el producto software excepto en el caso de que tal actividad esté expresamente permitida por la ley aplicable.
2. El producto software se otorga bajo licencia como producto único. Sus componentes no pueden separarse para ser usadas en más de un equipo o PC.
3. No podrá alquilar, arrendar o prestar el producto software.
4. Todos los derechos otorgados por el presente Contrato de Licencia para el Usuario Final sólo se pueden transferir de manera permanente con la condición de que no retenga copia alguna, de que transfiera el producto completo y de que el receptor acepte los términos de este Contrato de Licencia para el Usuario Final. Si el producto software es una actualización, cualquier transferencia deberá incluir todas las versiones anteriores del producto software.
5. Sin perjuicio de cualquier otro derecho, Castor Software puede terminar este Contrato de Licencia para el Usuario Final si usted no cumple con los términos y condiciones del mismo. En dicho caso, deberá destruir todas las copias del producto software y sus componentes.

Derechos de autor: La titularidad y derechos de autor con respecto al producto software, los materiales impresos que lo acompañan y cualquier copia del producto software son propiedad de Castor Software. El producto software se encuentra protegido por leyes sobre derechos de autor y por disposiciones de tratados internacionales. Por consiguiente, deberá tratar al producto software como cualquier otro material sujeto a derechos de autor excepto que podrá instalar el producto software en un solo equipo o PC siempre que mantenga el original con fines de copia de seguridad o copia de respaldo o archivo. No podrá copiar los materiales impresos que acompañan al producto software.

Castor Software, C.P.  
28034 Madrid, España

#### ADVERTENCIA LEGAL

El presente documento ha sido realizado por Castor Software en su totalidad. Cualquier mención que podamos encontrar en el manual de empresas, organismos oficiales, nombres comerciales, productos o marcas registradas no implica la participación de los mismos en la realización del presente documento ni en la elaboración del software CASTOR-NOISE. Por otra parte, la mención que podamos encontrar en el manual de empresas, organismos oficiales, nombres comerciales, productos o marcas registradas no significa que sean empresas, marcas, organismos o productos recomendados por Castor Software.

La información contenida en el presente manual y en la aplicación informática CASTOR-NOISE ha sido obtenida por Castor Software de fuentes dignas de crédito. No obstante, Castor Software no garantiza la exactitud o perfección de la información publicada. Castor Software no será responsable de cualquier error, omisión o daños ocasionados por el uso de la información del presente manual y del paquete informático. Con el uso del presente software y manual, Castor Software no proporciona ningún tipo de servicio profesional o técnico. Se deberá de contar con profesionales cualificados a la hora de realizar un estudio ambiental concreto.

El programa informático CASTOR-NOISE es una aplicación informática que tiene por objeto la estimación de la contaminación acústica. Este tipo de simulaciones numéricas son métodos aproximados para la estimación de la contaminación. Castor Software, elaborador del programa informático CASTOR-NOISE para la estimación de la contaminación sonora, no garantiza que los resultados obtenidos por dicho programa coincidan con los valores reales que nos podemos encontrar en un medio. El funcionamiento del programa, los algoritmos numéricos empleados y el presente manual han sido concienzudamente examinados de la posible existencia de errores u omisiones. Aunque se ha comprobado el funcionamiento de CASTOR-NOISE teniendo en cuenta los resultados que podemos encontrar en la abundante literatura científica existente sobre el tema, Castor Software no se hace responsable de errores u omisiones que podamos encontrar en el funcionamiento del programa, en los algoritmos numéricos empleados y en el presente manual. Castor Software no se hace responsable de pérdidas o daños causados por el uso del paquete software CASTOR-NOISE (aplicación informática y manual del usuario).

El programa informático CASTOR-NOISE ha sido concienzudamente examinado de la posible existencia de virus conocidos en sus archivos antes de su duplicación. Aunque se ha hecho uso de programas antivirus actualizados de última generación y se han tomado las máximas precauciones en la construcción del programa y del sistema de instalación, Castor Software no se hace responsable de pérdidas o daños causados por cualquiera de ellos. Se recomienda que mantenga copias de seguridad de todos sus datos fundamentales antes de emplear el software CASTOR-NOISE.

## PREFACIO

El modelo numérico que usa CASTOR-NOISE nos da la posibilidad de estudiar numéricamente una gran cantidad de emisores de contaminación sonora que afectan a nuestro medioambiente actual.

El modelo CASTOR-NOISE admite datos meteorológicos para establecer las condiciones de la forma de la contaminación sonora. El modelo establece la contaminación sonora producida por cada una de las fuentes emisoras teniendo en cuenta las propiedades del medio. Existe la posibilidad de realizar promedios temporales (diarios, mensuales o anuales) de tal manera que se puede establecer la contaminación sonora promedio en cada punto del medio.

El sistema de simulación de procesos de contaminación CASTOR-NOISE ofrece, tanto al principiante como al programador experto, un método rápido y efectivo para evaluar numéricamente los efectos del ruido. El programa está basado en el sistema operativo Microsoft WINDOWS donde hace uso intensivo del ratón y de ventanas gráficas. Las barras de iconos facilitan al usuario la realización de las distintas tareas del programa.

Con ello, podemos decir, con una cierta seguridad, que el software CASTOR-NOISE es una de las mejores herramientas, si no la mejor y más sencilla, para realizar simulaciones numéricas de procesos de contaminación sonora. Independientemente de la experiencia que posea el usuario en lenguajes de programación o en el uso de herramientas de simulación, en pocos minutos podrá disponer de los primeros resultados. Debido a las características del paquete informático CASTOR-NOISE, que permite ejecutar inmediatamente el proceso de contaminación deseado, la simulación numérica se realiza con una velocidad notable. De esta manera, el usuario puede olvidarse de dedicar tiempo a la programación de lenguajes científicos a la hora de buscar resultados.

Este manual pretende describir el manejo y las posibilidades de CASTOR-NOISE a base de ejemplos incluyendo todo el proceso de simulación que es capaz de realizar el paquete informático. No es estrictamente necesario el poseer conocimientos sobre el manejo del sistema operativo Microsoft WINDOWS si bien resulta recomendable. A lo largo del presente manual del usuario simularemos algunos pequeños procesos de contaminación sonora cuyo desarrollo ilustrará el uso del programa en el caso de sistemas

complejos. Describiremos la sucesión de pasos necesaria para poder simular un proceso de contaminación acústica haciendo uso del presente paquete informático.

Finalmente, comentaremos que existen en la abundante literatura científica una gran cantidad de modelos numéricos para evaluar la contaminación sonora. Esto no nos debería extrañar en absoluto ya que actualmente existen diferencias numéricas importantes entre los múltiples modelos que nos podemos encontrar en la literatura científica. El problema radica en que lo que es un fenómeno físico complejo (que involucra turbulencias y dinámica no lineal) lo queremos simplificar mediante una ecuación independiente del tiempo. Por otra parte, añadiremos que este tipo de aproximación es, hoy por hoy, la más razonable que nos podemos plantear para evaluar los efectos medioambientales de la contaminación sonora.





## Índice

<b>Índice.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Gestión e Impacto Ambiental.....</b>	<b>2</b>
<b>3. La contaminación acústica.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Usando CASTOR-NOISE por primera vez.....</b>	<b>4</b>
4.1 El paquete de CASTOR-NOISE.....	5
4.2 Instalación.....	6
4.3 Configuración y arranque.....	7
<b>5. Los elementos de CASTOR-NOISE.....</b>	<b>8</b>
5.1 El menú.....	9
5.1.1 Archivo.....	10
5.1.2 Ver.....	14
5.1.3 Fuentes.....	15
5.1.4 Medio.....	26
5.1.5 Herramientas.....	38
5.1.6 Configuración.....	55
5.1.7 SIG.....	59
5.1.8 3D.....	63
5.2 La barra de herramientas de CASTOR-NOISE.....	63
<b>6. Estructura del programa.....</b>	<b>63</b>
<b>7. Trabajar con mapas de Google.....</b>	<b>66</b>
<b>8. Algoritmos usados por el programa.....</b>	<b>76</b>
<b>9. Referencias científicas.....</b>	<b>79</b>

## 1. Introducción

Nuestro planeta es un medio frágil y limitado en cuanto a su potencial de generar los recursos que la humanidad solicita y su capacidad de absorber los residuos y emisiones que se generan. La precariedad de la resistencia ecológica y ambiental de la tierra ante las agresiones y perturbaciones no naturales puede llegar a amenazar el desarrollo y la pervivencia de la especie humana. Instrumentos como Cuidar la tierra (UICN, PNUMA y WWF), la Agenda 21 o el Informe Brundtland abogan insistentemente por alcanzar a escala mundial lo que se conoce como el desarrollo sostenible. Éste es aquel que admite un crecimiento y una evolución en el marco de la capacidad de carga de los ecosistemas sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras por medio de la Gestión Ambiental de los diferentes lugares del Planeta.

## 2. Gestión e Impacto Ambiental

En el mundo actual, la gestión ambiental se basa en dos herramientas fundamentales: la planificación y la evaluación del impacto ambiental. Estos dos instrumentos son fundamentales para hacer compatibles la actividad humana con la conservación del territorio manteniendo la calidad de los recursos ambientales presentes.

***El proceso de planificación ambiental es un trabajo que consiste en conjugar las características y problemáticas de cada lugar y las posibilidades actuales y potenciales del sitio para satisfacer las demandas socioeconómicas existentes. Partiendo de esta definición, se marcarán unos objetivos de gestión cuyo fin será el lograr la optimización del aprovechamiento de los recursos minimizando, a su vez, el impacto generado sobre el medio.***

En este sentido, definiremos el impacto ambiental que sufre una región determinada como la diferencia entre la situación ambiental futura del lugar, después de la realización de un proyecto, y el estado ambiental de la zona si dicho proyecto no hubiera tenido lugar nunca. El correcto diagnóstico del impacto exige conocer todos los elementos implicados en el proceso de degradación ambiental. Además un estudio de impacto ambiental deberá incluir una planificación de la vigilancia ambiental del proyecto.

***Uno de los sistemas físicos fundamentales para evaluar la calidad ambiental de una región es el ruido. El aire, junto con el suelo y los***

*recursos hídricos, juegan un papel fundamental en el desarrollo de la vida. En este software, nos centraremos en el estudio y en la gestión del sonido.*

### 3. La contaminación acústica

El sonido es una perturbación en el aire que se propaga como una onda viajera longitudinal y que al llegar al oído produce la sensación de ruido. El sonido consiste en una onda de presión, producida en el lugar donde se encuentra localizada la fuente sonora, que al llegar al oído de los seres vivos penetra en el canal auditivo y actúa sobre la membrana del tímpano produciendo la percepción del sonido. El sonido es, por tanto, una onda mecánica longitudinal comprendida en el rango de frecuencias desde 20Hz a 20.000Hz que se puede propagar en el aire. La frecuencia es la frecuencia de oscilación de un punto del medio por el que circula la onda y sus unidades son los Hertzios (Hz), 1Hz=1/1segundo.

Las ondas sonoras más sencillas son las ondas sinusoidales con frecuencia, amplitud y longitud de onda definidas y constituyen los sonidos puros. En la práctica, rara vez se encuentran sonidos puros. El sonido cuya forma de onda no es periódica se percibe como ruido.

La sensación de audición del oído humano se encuentra asociada a la intensidad de la onda sonora. La sensibilidad del oído es tal que para cada frecuencia existe un umbral mínimo de audición, por debajo del cual no se percibe el sonido. También existe una intensidad máxima por encima de la cual se produce una sensación de dolor, 120 dB(A).

L<20dB (A)	silencioso
20dB (A)<L<40dB (A)	poco ruidoso
40dB (A)<L<70dB (A)	ruidoso
70dB (A)<L<100dB (A)	muy ruidoso
100dB (A)<L	intolerable

El nivel de intensidad sonora L se suele expresar en decibelios, dB(A), a partir de la relación

$$L=10 \log(I/I_0)$$

donde  $I_0$  es una intensidad que se toma como referencia, que es para el aire  $10^{-12} \text{Wm}^{-2}$ , que corresponde con el umbral mínimo de

audición. La intensidad de la onda sonora es proporcional al cuadrado de la presión a la que está sometido el aire en cada punto. Por lo tanto, la ecuación anterior queda como

$$L=10 \log[p^2/(p_0)^2]$$

Si ahora, en un punto del aire, se superponen dos sonidos diferentes  $p_1$  y  $p_2$ , la intensidad sonora será igual a

$$L=10 \log[(p_1/p_0)^2 + (p_2/p_0)^2]$$

pero como  $L_1=10 \log[(p_1/p_0)^2]$  y  $L_2=10 \log[(p_2/p_0)^2]$ , podemos escribir

$$L=10 \log[10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}]$$

que es la manera en la que se suman decibelios de dos fuentes diferentes. CASTOR-NOISE sumará decibelios de fuentes diferentes mediante la ecuación anterior.

La intensidad de las ondas sonoras van decayendo a medida que se propagan en el aire. Disminuyen con el cuadrado de la distancia para una fuente puntual. Sin embargo, efectos diversos como la reflexión y transmisión acústicas, unidos al de que los emisores acústicos no son fuentes puntuales simples, hacen que el fenómeno del cálculo de la intensidad sonora sea más complejo de lo que parece. Usaremos expresiones utilizadas habitualmente para evaluar la intensidad sonora en diversos tipos de fuentes.

#### **4. Usando CASTOR-NOISE por primera vez**

El sistema de simulación de procesos de contaminación acústica CASTOR-NOISE ofrece, tanto al principiante como al programador experto, un método rápido y efectivo para evaluar numéricamente la contaminación sonora. El programa está basado en el sistema operativo Microsoft WINDOWS donde hace uso intensivo del ratón y de ventanas gráficas. Las barras de iconos facilitan al usuario la realización de las distintas tareas del programa.

Con ello, podemos decir, con una cierta seguridad, que el software CASTOR-NOISE es una de las mejores herramientas, si no la mejor y más sencilla, para realizar simulaciones numéricas de procesos de contaminación acústica. Independientemente de la experiencia que posea el usuario en lenguajes de programación o en el uso de herramientas de

simulación, en pocos minutos podrá disponer de los primeros resultados.

***Debido a las características del paquete informático CASTOR-NOISE , que permite ejecutar inmediatamente el proceso de contaminación deseado, la simulación numérica se realiza con una velocidad notable. De esta manera, el usuario puede olvidarse de dedicar tiempo a la programación de lenguajes científicos a la hora de buscar resultados.***

Este manual pretende describir el manejo y las posibilidades de CASTOR-NOISE a base de ejemplos incluyendo todo el proceso de simulación que es capaz de realizar el paquete informático. No es estrictamente necesario el poseer conocimientos sobre el manejo del sistema operativo Microsoft WINDOWS si bien resulta recomendable. A lo largo de la presente sección simularemos algunos pequeños procesos de contaminación acústica cuyo desarrollo ilustrará el uso del programa en el caso de sistemas complejos. Describiremos la sucesión de pasos necesaria para poder simular un proceso de contaminación acústica haciendo uso del presente paquete informático.

Si el usuario nunca ha realizado programación no debe de tener ningún miedo a la hora de acceder al programa ya que el software hace uso de una interfase gráfica que permite que personas no expertas puedan realizar simulaciones numéricas complejas. El uso del programa es equiparable a la manera que tenemos de razonar. De esta manera, podremos simular muchos procesos de manera intuitiva. La idea será que introduciremos, primero, los elementos contaminantes con sus características haciendo uso del ratón y de la pantalla gráfica del programa y, posteriormente, ejecutaremos el proceso de simulación en el que el ordenador realizará todos los cálculos. Una vez obtenidos todos los resultados, éstos se podrán guardar en un archivo cualquiera.

#### **4.1 El paquete de CASTOR-NOISE**

El sistema CASTOR-NOISE requiere un soporte WINDOWS 95 o superior. El procesado numérico de datos se realiza a 32 bits. Cualquier ordenador que pueda soportar WINDOWS 95 o superior puede ejecutar el programa. Sin embargo, el programa hace uso de memoria de una manera importante cuando tratamos de realizar cálculos con un gran número de puntos receptores. Por ello, para realizar un uso óptimo del software es interesante contar con unos requisitos mínimos de memoria RAM y de velocidad de reloj del procesador. A partir de 120 MHz de velocidad de reloj y de 16 MB de memoria RAM se pueden realizar cálculos precisos y complejos en unos pocos minutos.

## **4.2 Instalación**

El software CASTOR-NOISE se suministra en CD-Rom. El CD-Rom contiene un programa de instalación que permite copiar el programa al disco duro del ordenador. Este programa de instalación puede ejecutarse de diversas formas tal y como se puede hacer mediante WINDOWS 95 o superior:

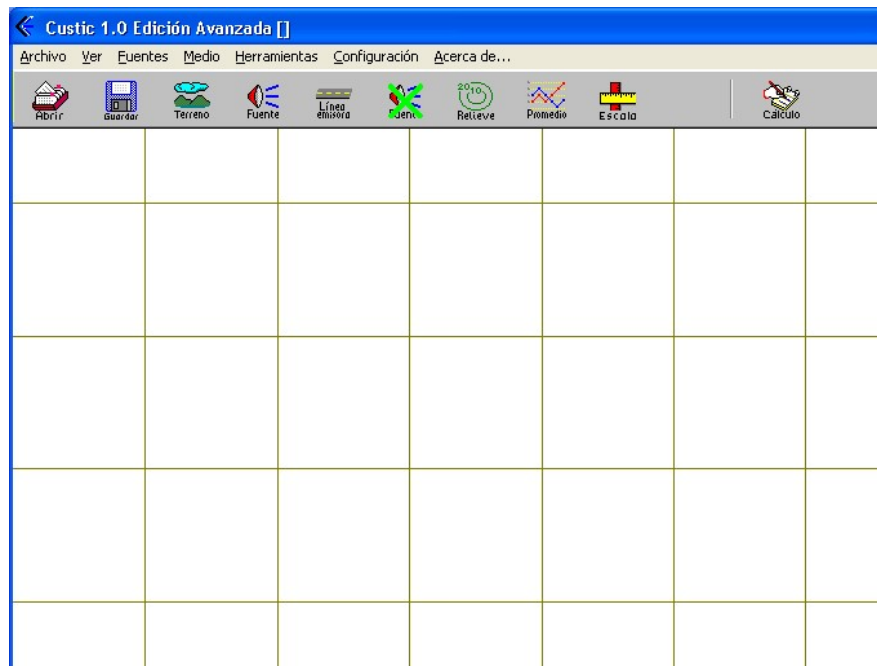
- Ir a la barra de tareas y hacer **click** con el ratón en *Inicio*, luego hacer **click** en *Ejecutar* y escribir en *Abrir* **e:\instalar** (siendo e:\ la unidad para el CD-Rom) Se ejecutará el programa de instalación.
- Ir a Mi PC y hacer doble **click**. Al abrirse la ventana, hacer doble **click** en la unidad de CD-Rom (usualmente en **e:\**). A continuación buscar en la nueva ventana el icono que pone **instalar** y hacer doble **click** sobre él.
- Ir a la barra de tareas y hacer **click** con el ratón en **Inicio**, luego hacer **click** en **Programas** y buscar el **Explorador de Windows** y hacer **click** sobre él. Seleccionar la unidad de CD-Rom **e:\**, siendo e:\ la unidad para el CD-Rom) y a continuación buscar en la nueva ventana el icono que pone **instalar** y hacer doble **click** sobre él. El programa de instalación empezará a ejecutarse.

*Aparte de los ficheros necesarios para la ejecución del programa, se introducirán ejemplos de simulaciones de contaminaciones para ayudar a ilustrar al usuario sobre el uso del programa.*

Si ya tiene instalada una versión previa de CASTOR-NOISE deberá eliminarla antes de instalar la nueva versión para evitar conflictos numéricos.

### 4.3 Configuración y arranque

Una vez finalizada la instalación del programa, se podrá ejecutar de la siguiente manera. Ir a la barra de tareas y hacer **click** con el ratón en **Inicio**, luego hacer **click** en **Programas** y buscar CASTOR-NOISE y hacer **click** sobre él. A continuación deberá de aparecer la pantalla principal del programa tal y como se muestra.



CASTOR-NOISE se ajustará a las especificaciones vigentes en WINDOWS. Esto afectará al tipo de letra, a los atributos de color y de pantalla y a la selección de la impresora. Si se desean cambiar tendrán que cambiarse dichos atributos en el sistema WINDOWS y CASTOR-NOISE, al ser reiniciado, los asumirá como propios.

## 5. Los elementos de CASTOR-NOISE

Una vez arrancado el programa, CASTOR-NOISE aparecerá como una ventana única que llenará toda la pantalla. Para aprovechar al máximo las posibilidades gráficas del ordenador, dicha ventana ocupará todo el ancho de la pantalla. Para evitar que la barra de tareas de Windows quede encima de la ventana del programa y no deje ver la parte inferior del mismo, puede hacer `click` con el botón derecho del ratón sobre la barra de tareas y activar `propiedades`. En `propiedades` podrá activar la opción "Ocultar la barra de herramientas" para visualizar plenamente la pantalla antes de ejecutar CASTOR-NOISE. Si se desea operar simultáneamente alguna que otra aplicación WINDOWS deberemos de minimizar la aplicación manteniéndola activa. Si hacemos **click** sobre el elemento superior derecho de la aplicación que tiene una forma de **`-`** podremos minimizar la aplicación. Si hacemos **click** sobre el elemento en forma de **`x`** cancelaremos la ejecución del programa.

En la parte superior de la pantalla se encuentra la barra con el menú principal. En dicha barra nos encontramos con los grupos de comandos agrupados bajo los nombres de **Archivo**, **Ver**, **Fuentes**, **Medio**, **Herramientas**, **Configuración** y **Acerca de...**

Debajo está la barra de herramientas y nos encontramos con las funciones más habituales de CASTOR-NOISE que vienen en forma de iconos para su fácil utilización. En la barra de herramientas nos encontramos con las funciones de **Abrir**, **Guardar**,... que serán habitualmente utilizadas por el usuario.

El espacio en blanco del centro, que en principio está vacío, se utilizará para dibujar y simular los procesos de contaminación acústica en dos dimensiones. En dicho espacio hay una cuadrícula para ayudar a la realización del dibujo. Los dibujos se realizarán en un plano que es paralelo a la superficie terrestre.

***En CASTOR-NOISE , la representación se realizará como si se viera el proceso desde el cielo. El punto de salida del ruido quedará representado como un pequeño punto en el plano ya que lo vemos desde arriba.***



Debajo del espacio en blanco del centro nos encontramos con indicadores que nos dan información de nuestro sistema ambiental. En la parte inferior izquierda tenemos los indicadores de la coordenada **X**, **Y** y **Z** de la representación que estamos actualmente visualizando. Los valores están en metros (m) y podemos darnos cuenta de que al mover el cursor sobre la pantalla los valores de **X** e **Y** que figuran en las casillas cambian. También podemos ver que aparece una cuadrícula que divide a la pantalla con el fin de facilitar el dibujo. Hay diez cuadrículas a lo largo del eje X.

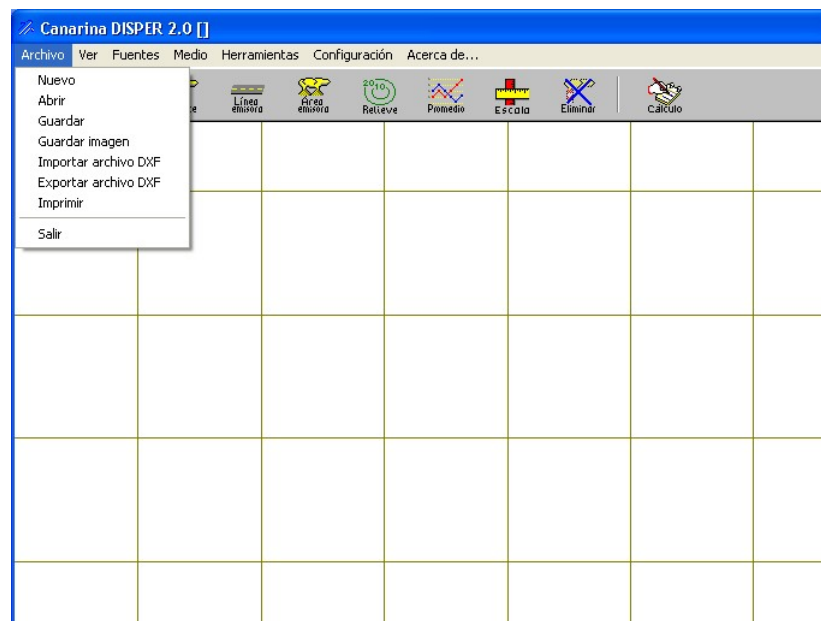
***En la parte inferior derecha nos encontramos con dos casillas diferentes donde nos indicarán la altura a la que estamos realizando la simulación y el nivel sonoro en el punto exacto donde tenemos situada la flecha del ratón en decibelios dB(A). Aparecen hasta dos cifras decimales por si se deseara trabajar con más precisión.***

CASTOR-NOISE evaluará el nivel de ruido en el aire de la siguiente manera. El nivel sonoro se obtendrá en puntos de planos bidimensionales paralelos a la superficie (plano XY) que se representarán en la ventana principal de la aplicación. Para elegir el plano de corte que queremos para evaluar la contaminación, fijaremos una cierta altura sobre el nivel de la fuente. Todos los puntos que forman el plano XY, que usaremos para evaluar la contaminación, estarán a una altura h. Cambiando la altura de corte h podremos evaluar la dispersión sonora en cualquier punto del espacio. Realizaremos cortes a alturas diferentes para obtener representaciones en el plano de la contaminación acústica. Podremos hacer tantos cortes (y cálculos) como queramos. Para evitar confusiones, en el programa introduciremos la altura con respecto al nivel del mar para decidir cual será el plano de corte.

## **5.1 El menú**

El menú ofrece todo lo necesario para trabajar con CASTOR-NOISE. Las funciones más frecuentes se ven reflejadas, de una manera equivalente, en la barra de iconos situada debajo del menú. De esta manera, se facilita el trabajo con el paquete informático CASTOR-NOISE. El uso del menú es el habitual del sistema operativo Windows, es decir, si hacemos **click** con el ratón sobre el nombre de cualquier menú, se desplegará el menú

y podremos seleccionar una de sus opciones haciendo, de nuevo, **click** con el ratón sobre dicha opción. También podemos trabajar con la otra opción del sistema Windows que consiste en pulsar la tecla **ALT** y, a continuación, pulsar la letra subrayada que aparece en pantalla, para cada menú, para su activación. Por ejemplo, si realizamos **click** sobre **Archivo** se desplegará el siguiente menú:



### 5.1.1 Archivo

El menú archivo incluye todo lo relacionado con los ficheros de las simulaciones. Estos ficheros pueden estar referidos a situaciones que queremos simular, o bien, que ya hemos simulado y guardado los resultados. El menú archivo contiene los siguientes comandos **Nuevo**, **Abrir**, **Guardar**, **Importar Imagen**, **Guardar Imagen**, **Imprimir** y **Salir**.

**Nuevo**.- Esta opción es para comenzar una simulación nueva o para borrar todo lo que se ha hecho previamente. Al ejecutarse se elimina todo lo anteriormente hecho, incluidos los dibujos y los resultados de el ruido del contaminante.

*Por lo tanto, si ya hemos estado previamente trabajando en un proceso determinado, y no queremos perder el trabajo realizado, deberemos de guardar el trabajo con la opción **Guardar** antes de ejecutar el comando Nuevo. CASTOR-NOISE no permite abrir mas de un fichero a la vez para poder así optimizar la memoria disponible y la velocidad de cálculo.*

**Abrir**.- Este comando es para abrir un fichero en el que, previamente, hemos guardado una simulación de un proceso de contaminación acústica. Los archivos con los resultados de las simulaciones tienen una terminación **\*.cus**. Si hacemos **click** sobre el botón de **Abrir**, podremos seleccionar los archivos **\*.cus** que hayamos guardado previamente. Posteriormente activaremos el botón de aceptar y podremos abrir el archivo deseado.

*Al **Abrir** un fichero se pierde todo lo que tengamos almacenado en pantalla (resultados del cálculo, fuentes,...) por lo que deberemos hacer uso de la función **Guardar** para no perder la información.*

**Guardar**.- Este comando es para guardar un fichero en el que, previamente, hemos estado trabajando en una simulación de un proceso de contaminación acústica habiendo obtenido resultados o no. Al hacer **click** sobre **Guardar** se abrirá una ventana de la misma forma que cuando ejecutábamos el comando **Abrir**. Los archivos con los resultados de las simulaciones y con las simulaciones propuestas tienen una terminación **\*.cus**. Si hacemos **click** sobre el botón de **Guardar**, guardaremos el archivo. Si deseamos guardar el archivo con otro nombre diferente, podremos escribir otro nombre en la casilla **Nombre del archivo** y, de esta manera, lo guardaremos con dicho nombre tras pulsar el botón **Guardar**.

*El proceso de guardar un archivo se realiza de forma proporcional al tamaño en el que se disponen los elementos en la pantalla. Por ello, el fichero guardado dependerá del formato de pantalla que estemos utilizando. Si tratamos de leer un archivo guardado en otro formato de pantalla diferente podremos tener problemas en el momento de la lectura.*

**Importar imagen**.- Con esta función podrá importar planos, imágenes, fotos (previamente guardadas en formato BMP) como imágenes de fondo en la ventana principal de CASTOR-NOISE .

**La mayoría de los programas de dibujo que hay en el mercado (AutoCad, 3d Studio, ArcView,...) trabajan con dicho formato para facilitar el intercambio de información.**

El tamaño de la imagen dependerá del tamaño en que haya sido guardada previamente. Para modificar tamaños de imagen, valores de zoom y formatos de archivos (JPEG, BMP; JPG,...) podrá hacerlo mediante programas que traten imágenes (el programa PAINT de Microsoft Windows, Adobe Photoshop,...). También podrá importar planos de dibujo de AutoCAD que hayan sido previamente guardados en formato BMP. En AutoCAD R14 deberá de seleccionar (marcando con el ratón) los elementos del dibujo que desee exportar en formato BMP antes de realizar la operación. Para asociar un tamaño físico real en metros a la imagen que hemos importado haremos uso de la función ESCALA (ver más adelante). Si la imagen llena exactamente la ventana principal de CASTOR-NOISE, el ancho del eje X será igual al ancho en metros que se representa en la imagen. Si la imagen representa un plano de 100 m de ancho y ocupa la mitad del eje X, fijaremos un ancho del eje X igual a 200m y así sucesivamente.

**Guardar imagen.**.- Este comando es para guardar la imagen que, previamente, hemos generado en una simulación de un proceso de contaminación acústica habiendo obtenido resultados numéricos o no. La utilidad del comando consiste en que generaremos un archivo del tipo **\*.bmp** que se podrá importar a los diferentes procesadores de texto que hay en el mercado (Microsoft Word, Lotus SmartSuite,...). Con este comando se guarda la pantalla de trabajo en un archivo del tipo **\*.bmp**. El archivo guardado lo podremos importar en los diferentes procesadores de texto que hay en el mercado como el *Microsoft Word, Lotus Word Pro,...* mediante comandos del tipo **importar imagen** y, de esta manera, incorporarlo a archivos de texto.

**Imprimir.**.- Este comando es para imprimir la pantalla de trabajo. Al accionarlo imprimiremos los gráficos que tengamos dispuestos en pantalla. Solamente se imprimirá la zona de la pantalla de trabajo. La impresión que se obtendrá es un gráfico sencillo. Si deseáramos añadir letreros al dibujo, cambiar tamaño, modificar marcos... deberemos hacer uso de la función **Guardar imagen** y trabajar con programas como *Microsoft*

Word, Adobe Photoshop,...o el propio programa Paint que viene incorporado en el sistema Windows.

*La impresión se realiza de forma proporcional al tamaño que disponemos en pantalla. Por ello, el tamaño obtenido dependerá del formato de pantalla que estemos utilizando. Si el tamaño obtenido no se ajusta bien al papel de salida podremos cambiar la configuración en el software que suele acompañar a la impresora.*

La función imprimir NO imprime las imágenes de fondo cargadas en el programa. Si deseamos imprimir imágenes de fondo y resultados deberemos utilizar la función **Imprimir imagen de fondo** o guardar el resultado previamente en formato imagen (\*.bmp) e imprimirlos en cualquier otro programa que trabaje con el formato BMP de imagen (ej.: el Paint del sistema operativo Windows).

**Salir**.- Este comando es para salir del programa. Al accionarlo saldremos de la aplicación.

### 5.1.2 Ver

En esta opción del menú podrá encontrar las siguientes funciones: **Zoom, Dibuja cuadrícula, Elimina cuadrícula, Dibuja imagen de fondo y Elimina imagen de fondo, Plano XY y Plano XZ.**

**Zoom.**- La función Zoom se utilizará para ampliar la vista del archivo con el que se está trabajando. El Zoom nos permitirá ampliar en detalle la región de interés. El cálculo de ruido se realizará en el área seleccionada por el Zoom. De esta manera, podemos colocar una fuente emisora en un extremo y evaluar en detalle el mapa de ruido en una región concreta y ampliada del extremo opuesto. Los cálculos realizados se guardarán teniendo en cuenta el valor del Zoom en el momento en que fueron ejecutados. Haciendo uso de las barras de desplazamiento que figuran en la parte inferior y lateral derecha de la pantalla nos podremos desplazar a lo largo del dibujo ampliado.



Si tenemos cargada una imagen de fondo, la función zoom no podrá activarse (se perdería resolución de imagen).

**Fondo negro de Pantalla.**- Esta función nos permite establecer un fondo negro de pantalla en la representación gráfica. Su interés radica en poder tener una visión más relajada de la pantalla del ordenador.

**Fondo blanco de Pantalla.**- Esta función nos permite establecer un fondo blanco de pantalla en la representación gráfica. Su

interés radica en poder tener una visión diferente de la pantalla del ordenador.

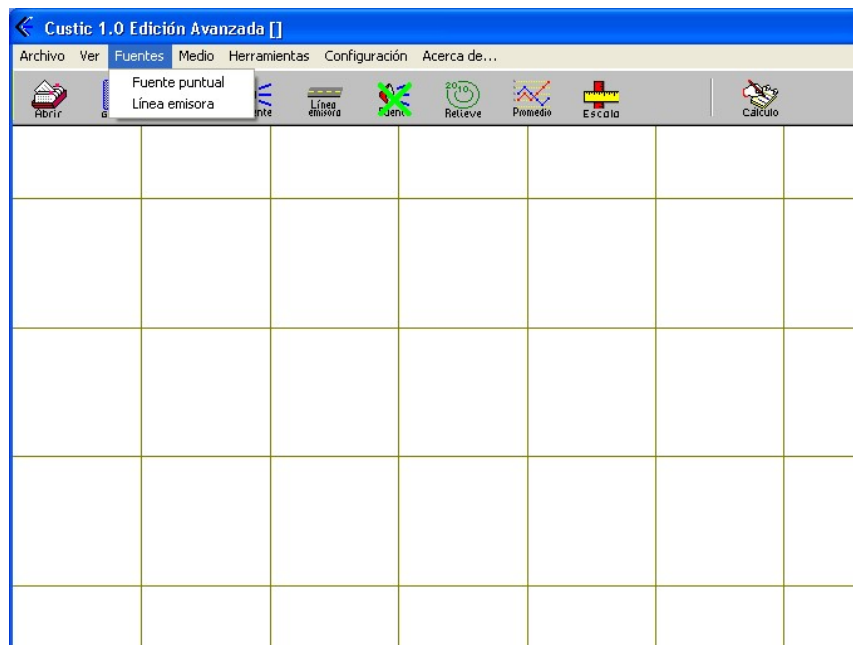
**Dibuja y Elimina Cuadrícula.**.- La cuadrícula amarilla que aparece en el fondo de pantalla tiene por objeto el facilitar la realización del dibujo y podrá ser eliminado o no con estas dos funciones.

**Dibuja y Elimina imagen de fondo.**.- Una vez que hemos cargado un archivo como imagen de fondo, podemos hacer uso de estas dos funciones para que aparezca en pantalla o no dicho dibujo. Muchas veces resulta incómoda la visualización de los resultados con un plano de fondo complejo cargado.

**Plano XY Y XZ.**.- Funciones para obtener imágenes de los planos XY y XZ.

### **5.1.3 Fuentes**

El menú Fuentes nos muestra las fuentes contaminantes con las que podemos trabajar haciendo uso de CASTOR-NOISE . Al hacer **click** con el ratón sobre dicho menú se desplegará la siguiente opción:



**Fuente puntual.**.- Se refiere a un foco emisor de ruido, fijo en una posición del espacio, y que es pequeño en relación al tamaño del área en el que estamos realizando la simulación. Un ejemplo típico puede ser el de un martillo neumático. Si consideramos, por ejemplo, un área de varios kilómetros cuadrados en nuestros ejes X e Y, el tamaño de la fuente podrá considerarse como un punto material en nuestra simulación. Por ello, lo trataremos como una fuente puntual.

Al hacer **click** sobre la opción Fuente puntual del menú lo que aparece es una ventana de la siguiente forma:

Propiedades de la fuente puntual

Fuente exterior     Fuente interior     Aeropuerto

Superficie externa (m<sup>2</sup>):

Aislamiento acústico dB(A):

Aeropuerto

Reacción a 300m

Promedio

Número de días:

Estimación del Nivel sonoro

donde se indican las propiedades de la fuente. Dichas propiedades las podremos cambiar según el proceso de contaminación acústica que deseemos simular. Bastará con hacer **click** con el ratón sobre cada una de las casillas que aparecen o bien elegir las opciones deseadas. A continuación aparecerá el cursor parpadeando y podremos usar las teclas de **borrar** y el teclado para introducir los valores deseados. Cuando tengamos los valores escritos en las casillas, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **aceptar** y quedarán introducidos los nuevos valores y desaparecerá la ventana anterior. Si pulsamos el botón **cancelar** desaparece la ventana sin introducir los cambios realizados.



Las magnitudes a introducir en las propiedades de la fuente puntual son:

**Opción Fuente exterior - Fuente interior - Aeropuerto:** Elegimos el tipo de fuente puntual que deseamos simular. Una fuente al aire libre, un emisor sonoro dentro de un recinto cerrado o un aeropuerto. Dependiendo del tipo de fuente emisora elegida, el programa utilizará un algoritmo diferente. Al activar cada una de las opciones se activarán o desactivarán las casillas propias de cada opción.

**Superficie externa (m<sup>2</sup>):** Para el caso de Fuente interior. Es el tamaño de la superficie externa que alberga la fuente o fuentes emisoras. Cuanto mayor sea la nave industrial o edificio mayor será la emisión sonora (más maquinaria interior).

**Aislamiento acústico, dB(A):** Para el caso de Fuente interior. Es la capacidad de aislamiento, en decibelios, que tienen las paredes de la nave o del edificio. Cuanto mayor sea la capacidad, menor será la emisión sonora al exterior.

**Nivel sonoro, dB(A):** Para el caso de todas las fuentes. Es el ruido, en decibelios, que emite la fuente puntual.

**Aeropuerto:** Para el caso de Aeropuertos. Los aeropuertos los trataremos como fuentes puntuales también, bastará con tener un ancho de eje x de varios miles de metros para poder realizar coherentemente dicha aproximación. Al activar aeropuerto podremos elegir entre un reactor que despegue o aterriza en un instante y que produce un nivel sonoro instantáneo a 300m de la pista de 107dB(A) o bien elegir un valor promedio diario. El promedio se realiza de la siguiente manera. Asumiremos que cada operación de despegue aterrizaje se realiza en 1 minuto. De esta manera si aterriza o despegue un avión por minuto a lo largo de un día tendremos 60aviones×24horas=1440 operaciones al día. En dicho caso, el promedio coincide con el nivel sonoro instantáneo y vale  $L_0=107\text{dB(A)}$ . Cuando el número de operaciones diarias N sea inferior a 1440 aplicaremos la siguiente fórmula para calcular el nivel sonoro  $L_{eq}$

$$L_{eq} = 10 \cdot \log [N \cdot 10^{(L_0/10)} / 1440]$$

que es la manera habitual de promediar intensidades acústicas. Con un cálculo de este tipo NO NECESITAREMOS activar la función promedio para promediar ya que el cálculo con el promedio lo realizamos de una sola vez. Las ecuaciones que utilizan la opción aeropuerto evalúan la contaminación correctamente a partir de 300m de la posición de la pista. Por debajo de dicha distancia el programa ajusta automáticamente el nivel sonoro al nivel de 300m que tomará como máximo en todo el cálculo.

**Estimación del nivel sonoro:** Esta opción es para cuando desconozcamos el nivel sonoro de la fuente contaminante. La activaremos para obtener, de una manera aproximada, el nivel sonoro de determinados tipos de fuente.

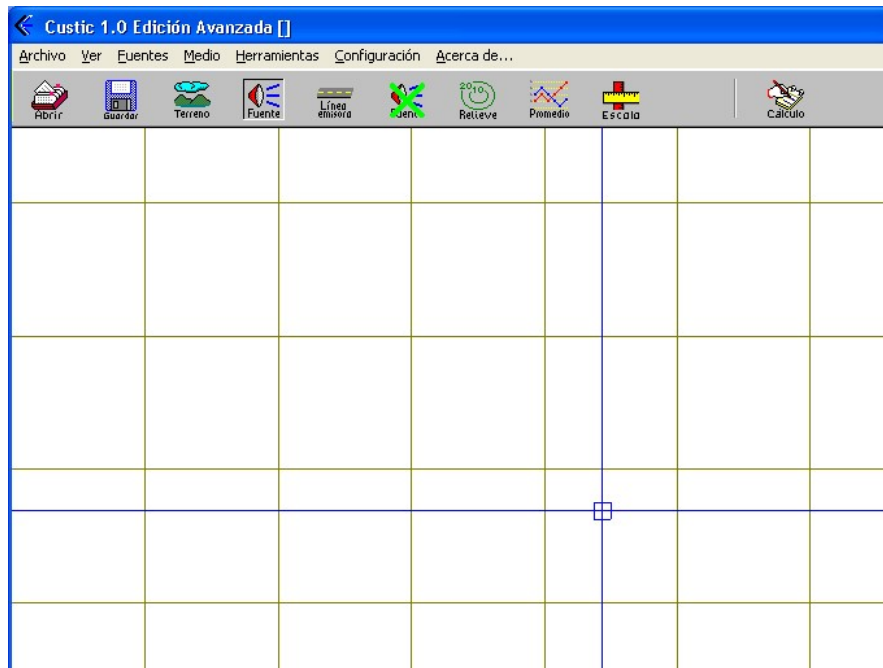
### Nivel sonoro de la fuente puntual

Tipo de Fuente emisora

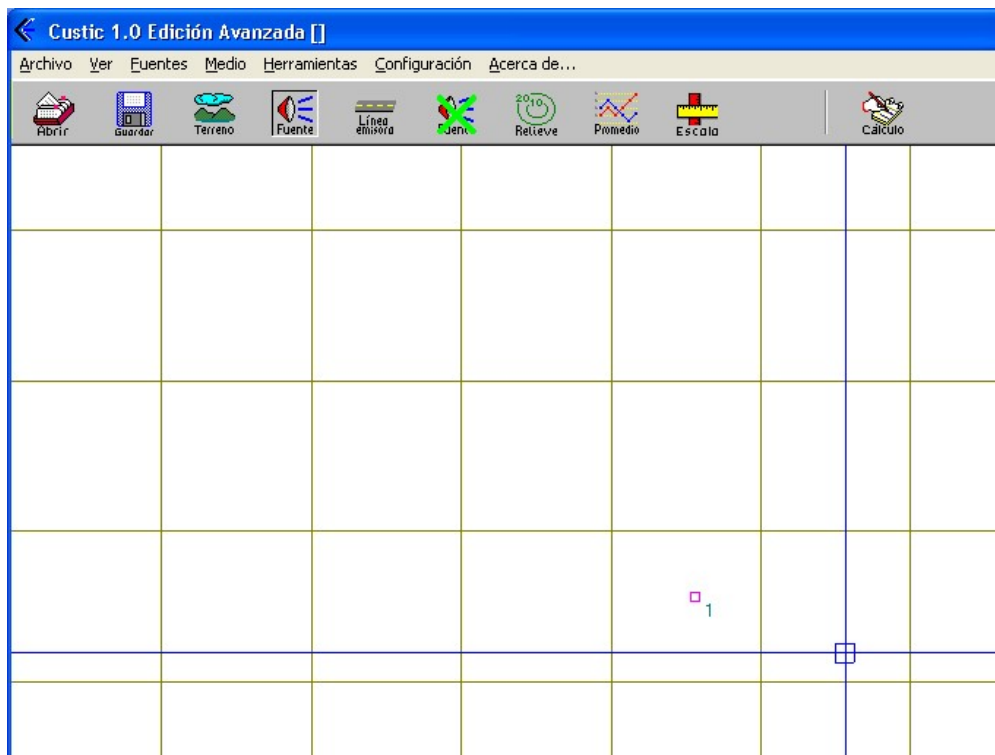
Equipos industriales:	Industrias:
<input checked="" type="radio"/> Equipos neumáticos	<input type="radio"/> Central eléctrica
<input type="radio"/> Moldeo	<input type="radio"/> Refinería
<input type="radio"/> Escapes de aire a presión	<input type="radio"/> Cementera
<input type="radio"/> Ventiladores	<input type="radio"/> Astilleros
<input type="radio"/> Compresores	<input type="radio"/> Industria metal: Fundición
<input type="radio"/> Máquinas herramientas	<input type="radio"/> Industria metal: Calderería
<input type="radio"/> Combustión	<input type="radio"/> Industria química
<input type="radio"/> Turbo generador	<input type="radio"/> Industria Plásticos
<input type="radio"/> Bombas	<input type="radio"/> Industria alimentación
<input type="radio"/> Generadores	<input type="radio"/> Industria construcción

Podremos elegir entre diversos tipos de fuentes emisoras y el programa ajustará automáticamente el nivel sonoro elegido en la casilla del nivel sonoro de la ventana Propiedades de la fuente puntual.

Finalmente, al hacer **click** sobre la opción aceptar en las Propiedades de la Fuente puntual aparece la siguiente pantalla en el programa:



Aparece señalada con dos ejes de color azul el lugar donde podrá ser situado el emisor acústico si lo deseamos. Al mover el ratón sobre la pantalla de dibujo observaremos que los ejes de color azul, que nos muestran la posición elegida, se desplazan con el mismo. En las casillas de la parte de abajo, en la izquierda, aparecen la posición en X y en Y del punto que, en un momento dado, estamos señalando con el ratón. Si, ahora, hacemos **click** con el ratón sobre el punto señalado en la pantalla situaremos en dicho punto una fuente emisora con las características que mostraba la ventana de propiedades de la fuente puntual. Esto último quedará de la siguiente manera:



Aparece señalado con un cuadrado de color rojo el punto donde está situada la fuente puntual.

Si deseamos situar otra fuente puntual, bastará con volver a hacer **click** con el ratón sobre el nuevo lugar escogido. Podremos añadir tantos focos emisores como deseemos. Sin embargo todas las fuentes que pongamos tendrán las mismas propiedades.

Tenemos que darnos cuenta que al haber activado la función **Fuente puntual** el icono de la barra de herramientas Fuente aparece pulsado. Para salir de dicha función podremos pulsar, de nuevo, dicho icono y, de esta manera, podremos activar cualquier otro comando que deseemos.

Si, después de haber introducido una fuente sonora, deseáramos modificar alguna de las propiedades que hemos asignado al punto emisor, deberemos de hacer uso de la función **Eliminar** para borrar dicha Fuente y, posteriormente, situar otra nueva fuente con las nuevas propiedades cambiadas en dicho punto o bien hacer 'click' con la flecha del ratón sobre la posición del emisor sin tener ninguna función de CASTOR-

NOISE activada. En este caso, la ventana de propiedades de la fuente volverá a aparecer en pantalla pudiendo modificar los parámetros deseados.

Si, después de haber introducido un emisor, introducimos otra nueva fuente, con diferentes propiedades, encima de la anterior quedará eliminado el emisor sonoro introducido inicialmente. El programa solo admite una fuente en cada punto de la malla donde se realiza la simulación.

**Línea emisora.**- Se refiere a un foco contaminante situado en una línea recta o curva, fija en el espacio, y cuyo grosor es pequeño en relación al tamaño del área en el que estamos realizando la simulación. Un ejemplo típico puede ser el de una carretera o una vía de tren.

**En nuestro sistema numérico de representación consideraremos a la línea emisora como una serie consecutiva de puntos en la malla en forma de línea recta.**

Al hacer click sobre la opción Línea emisora del menú lo que aparece es una ventana de la siguiente forma:

donde se indican las propiedades de la línea emisora en una ventana similar a la de la Fuente puntual. Dichas propiedades las podremos cambiar según el proceso de contaminación acústica que deseemos simular. Bastará con hacer click con el

ratón sobre cada una de las casillas que aparecen. A continuación aparecerá el cursor parpadeando y podremos usar las teclas de **borrar** y el teclado para introducir los valores deseados. Cuando tengamos los valores escritos en las casillas, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **aceptar** y quedarán introducidos los nuevos valores y desaparecerá la ventana anterior. Si pulsamos el botón **cancelar** desaparece la ventana sin introducir los cambios realizados. Se pueden introducir varias líneas con propiedades diferentes, así como diversos tramos de una misma línea con diferentes características.

***Debemos tener en cuenta que el programa no permite evaluar simultáneamente Líneas emisoras y Fuentes puntuales a la vez.***

Las carreteras y vías férreas tendrán en cuenta los relieves topográficos del terreno. Las magnitudes en las propiedades de la línea emisora son:

**Estimación del nivel sonoro, dB(A):** Cuando no sepamos, a priori, el nivel sonoro de una línea emisora lo estimaremos activando dicha casilla. En este caso aparecerá la ventana siguiente:

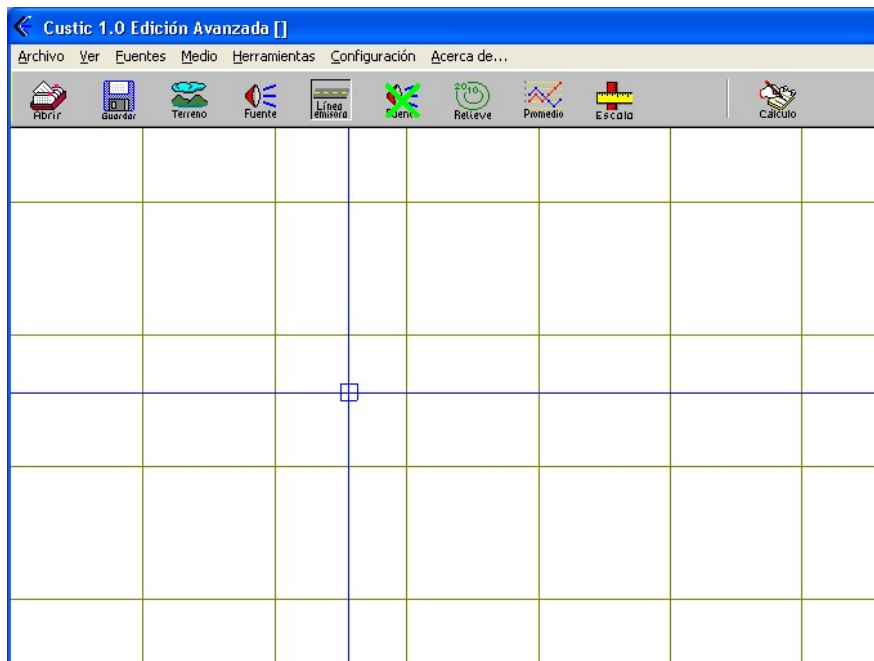
The image shows a software dialog box titled "Emisión sonora de la línea". It has a blue header bar. Below the header, there are two radio buttons: "Carreteras" (which is selected) and "Vías Ferreas". Under the "Carreteras" section, there are two input fields: "Velocidad media (km/h):" with the value "50" and "Número por hora:" with the value "1000". Under the "Vías Ferreas" section, there is a label "Número de trenes:" and two radio buttons: "Un tren" and "Promedio tren".

donde podrá elegir el tipo de línea emisora (carretera o vía férrea) y el número de vehículos que pasan por la carretera por hora (el programa toma como mínimo 1000 vehículos por hora y no permite introducir valores inferiores), su velocidad media (el valor tiene que estar

entre 50 y 100, si se pone un valor inferior o superior a este intervalo el programa lo ajusta automáticamente) o de trenes por día. De esta manera, y tras pulsar **Aceptar**, quedarán fijados los parámetros de la carretera en la casilla correspondiente de la ventana PROPIEDADES DE LA LÍNEA EMISORA. El promedio de trenes se realiza de la siguiente manera. Asumiremos que cada tren pasa en 1 minuto. De esta manera si pasa un tren por minuto a lo largo se un día tendremos  $60\text{trenes} \times 24\text{horas} = 1440$  operaciones al día. En dicho caso, el promedio coincide con el nivel sonoro instantáneo y vale  $L_0 = 89\text{dB(A)}$ . Cuando el número de operaciones diarias  $N$  sea inferior a 1440 aplicaremos la siguiente fórmula para calcular el nivel sonoro  $L_{eq}$

$$L_{eq} = 10 \cdot \text{Log} [N \cdot 10^{(L_0/10)} / 1440]$$

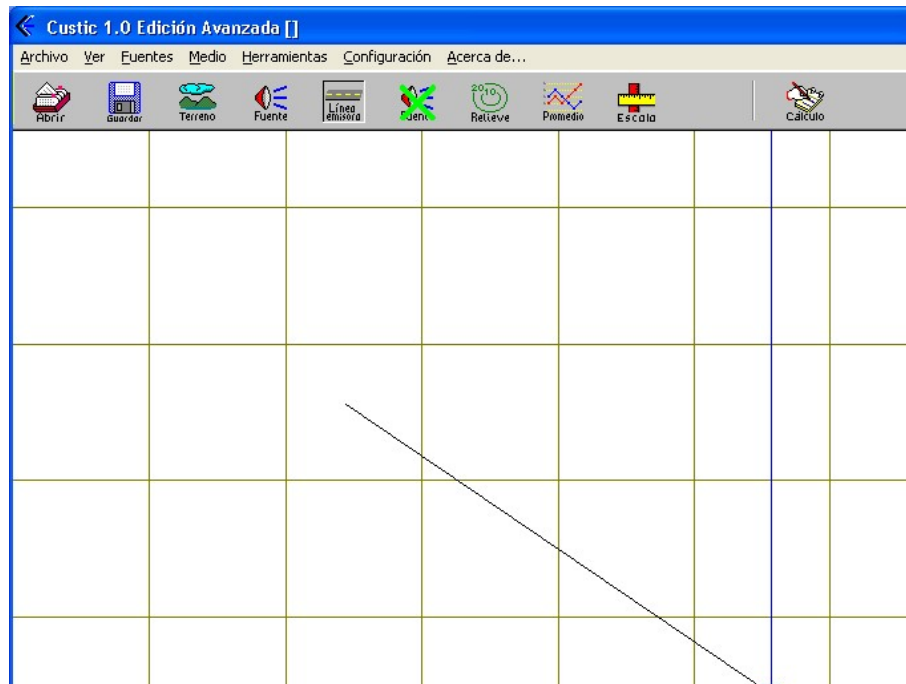
que es la manera habitual de promediar intensidades acústicas. Con un cálculo de este tipo NO NECESITAREMOS activar la función promedio para promediar ya que el cálculo con el promedio lo realizamos de una sola vez. Las ecuaciones que utilizan la opción vías férreas evalúan la contaminación correctamente a partir de 10m de la posición de la vía/carretera. Pulsado Aceptar en Emisión sonora de la línea y en Propiedades de la fuente:



Aparece señalada con dos ejes de color azul el lugar donde podrá ser situada el inicio de la línea si lo deseamos. Al mover el ratón sobre la pantalla de dibujo observaremos que los ejes de color azul, que nos muestran la posición elegida, se desplazan con el mismo. En las casillas de la parte de

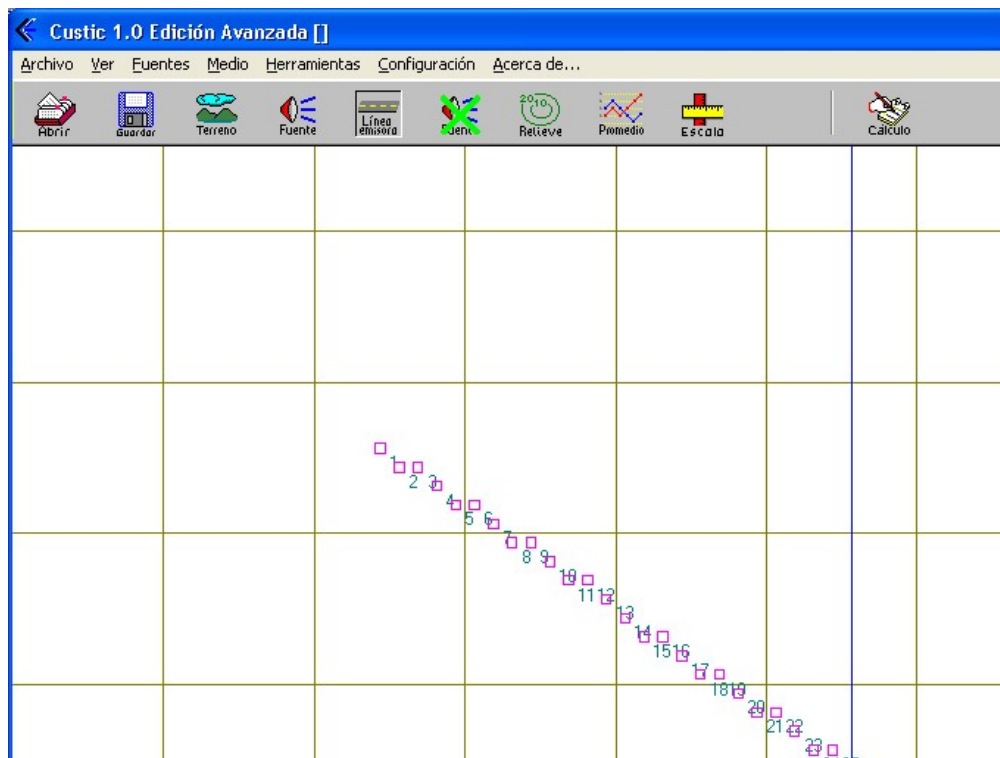
abajo, en la izquierda, aparecen la posición en X y en Y del punto que, en un momento dado, estamos señalando con el ratón.

***Si, ahora, hacemos click con el ratón sobre el punto señalado en la pantalla situaremos en dicho punto el inicio de la línea.***



Posteriormente moveremos el ratón para buscar donde situar el punto final de la línea emisora.





Aparece una línea recta de color rosa señalando la posible línea que vamos a describir. Una vez que tengamos el punto final deseado deberemos hacer de nuevo **click** con el ratón en dicho punto y lo que obtenemos es lo siguiente, donde la serie de cuadrados rosa nos indican los puntos de la malla que actúan como elementos de la línea emisora en la simulación numérica.

Si deseamos situar otro tramo de línea emisora, bastará con repetir el proceso sobre el nuevo lugar escogido. Podremos añadir tantas líneas como deseemos, incluso con propiedades diferentes. El programa admite diferencias en la topografía del terreno y que las diversas fuentes emisoras estén a diversa altura. También una misma carretera puede tener diferentes propiedades (densidad de vehículos) si la dibujamos en varios tramos. Si se va a realizar un promedio temporal, el programa solo admite un número máximo de líneas cuyo tamaño total sea de 1000 puntos de malla

**Tenemos que darnos cuenta que al haber activado la función **Línea emisora** el icono de la barra de herramientas Línea aparece pulsado. Para salir de dicha función deberemos pulsar, de nuevo, dicho**

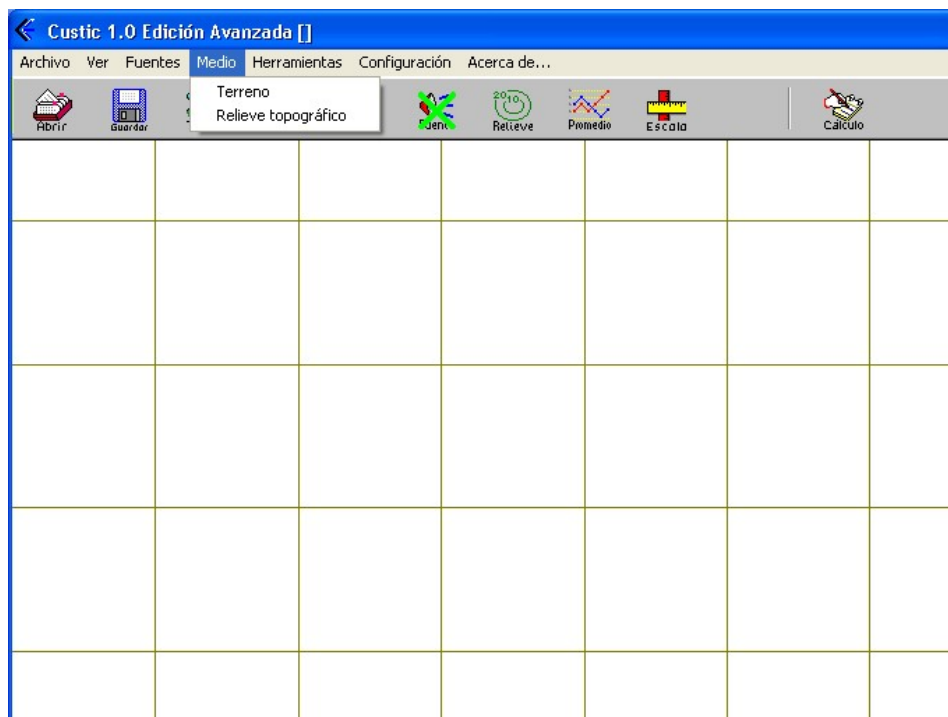
icono y, de esta manera, podremos activar cualquier otro comando que deseemos.

Si, después de haber introducido la línea emisora, deseáramos modificar alguna de las propiedades que hemos asignado al emisor, deberemos de hacer uso de la función **Eliminar** para borrar dichas fuentes y, posteriormente, situar otra nueva línea con las nuevas propiedades cambiadas en dichos puntos. Otra manera de hacerlo sería pulsando el ratón encima de la línea que tenemos dibujada y cambiar las propiedades en la ventana que aparece, pero de esta forma es muy engorroso ya que tendríamos que **cambiar las propiedades en cada punto de la carretera** (cuadrados rosa).

Si, después de haber introducido una línea emisora, introducimos otra nueva línea que pisa a la anterior, con diferentes propiedades, quedará eliminada la línea introducida inicialmente. El programa solo admite un elemento emisor en cada punto de la malla donde se realiza la simulación.

#### 5.1.4 Medio

El menú Medio nos muestra los comandos que tratarán sobre las diferentes propiedades del medio físico donde realizaremos la simulación (atmósfera). Al hacer **click** con el ratón sobre dicho menú se despliega la siguiente opción:



**Terreno.**.- Se refiere a las propiedades del aire cuando realizamos la simulación (humedad y temperatura). Si hacemos **click** sobre dicha opción obtendremos la siguiente ventana donde se indican las propiedades del terreno:

**Terreno**

Sin atenuación       Con atenuación       Con atenuación

Temperatura

-10 C       -5 C       0 C       5 C

15 C       20 C       25 C       30 C

Humedad relativa

20 %       30 %       40 %       50 %

70 %       80 %       90 %       100 %

Frecuencia (Hz)

500       1.000

Nos encontramos con opciones diferentes referidas a propiedades del terreno, así como a la frecuencia del sonido emitido. Dichas propiedades y opciones las podremos cambiar según el proceso de contaminación acústica que deseemos simular. Cuando tengamos los valores seleccionados en las opciones elegidas, el programa calculará de forma automática el coeficiente de atenuación, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **Aceptar** y quedarán introducidos los nuevos valores y desaparecerá la ventana anterior. Las propiedades son:

**Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).**.- Es la temperatura del aire del medio que estudiamos. Se expresa en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**Humedad relativa.**.- En esta opción deberemos introducir la humedad relativa en %. La combinación de la humedad relativa con la temperatura fijará automáticamente un valor para el coeficiente de atenuación en dB(A)/100m que son el número de decibelios de ruido que se pierden cada vez que nos alejamos 100m de la fuente debido a efectos del terreno. Si elegimos la opción SIN ATENUACIÓN no se producirá atenuación alguna por humedad o temperatura ambiente.

**Frecuencia (Hz).** - Podemos elegir la frecuencia del sonido emitido que se quiere simular. Si no se conoce la frecuencia se puede trabajar con una frecuencia media de 2.000 Hz.

Se ha observado que la absorción, para una determinada frecuencia y temperatura, disminuye con el grado de humedad y que para unas determinadas condiciones atmosféricas, aumenta con la frecuencia del sonido.

El programa da también la posibilidad de introducir cualquier otro valor de Coeficiente de atenuación.

**Relieve topográfico.**.- Esta función es para introducir en el dibujo efectos de relieve en el suelo del terreno (colinas, montañas, barrancos,...). Esta función tiene interés si queremos evaluar, por ejemplo, la contaminación acústica a nivel suelo cuando nos encontramos en una superficie de forma irregular. Si hacemos **click** sobre dicha opción, aparecerá la siguiente ventana:

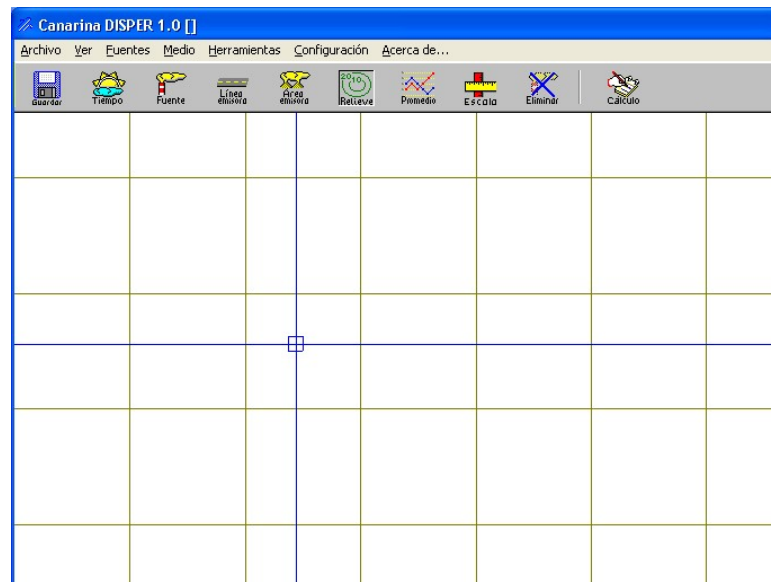


donde el cursor aparecerá parpadeando en la casilla que refleja la altura topográfica. Dicha altura estará referida al

nivel del mar y hay que escribirla en metros. Una vez tengamos introducida la cantidad, pulsaremos el botón **aceptar**. Pulsando **cancelar** eliminaremos la función.

*El programa toma por defecto una superficie plana y de nivel 0 m. Por ello, deberemos de escribir una cantidad diferente de cero en la casilla antes de pulsar el botón de **aceptar**. Por ejemplo, un valor de 10 m.*

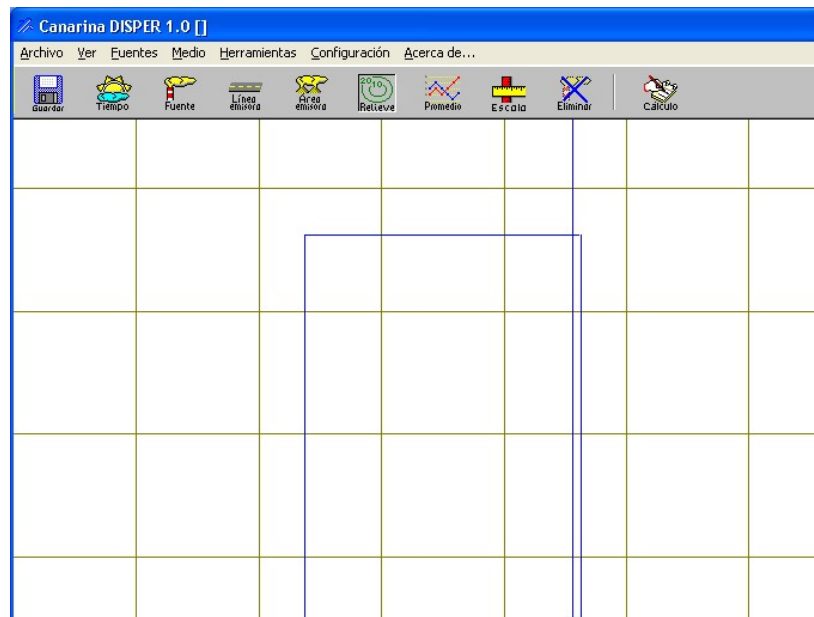
Una vez pulsado el botón de aceptar, aparecerá una pantalla como la siguiente:



Aparece señalado con dos ejes de color azul el lugar donde podrá ser situado el inicio del relieve topográfico si lo deseamos. Al mover el ratón sobre la pantalla de dibujo observaremos que los ejes de color azul, que nos muestran la posición elegida, se desplazan con el mismo. En las casillas de la parte de abajo, en la izquierda, muestran la posición en X y en Y del punto que, en un momento dado, estamos señalando con el ratón.

*Si, ahora, hacemos **click** con el ratón sobre el punto señalado en la pantalla situaremos en dicho punto el inicio del área. Deberemos de mantener pulsado el ratón a la vez que lo movemos a lo largo de la pantalla. Posteriormente moveremos el ratón para buscar donde situar el punto final del relieve topográfico.*

Al mover el ratón con el botón aparece un cuadro azul donde previsiblemente se situará el relieve topográfico. Una vez nos situemos en el punto final deseado, soltaremos el botón del ratón que manteníamos pulsado y el relieve topográfico quedará fijado:



Como podremos comprobar, aparece un recuadro de color verde que indica que todo lo que se encuentra dentro del recuadro está a una altura de 10 m con respecto al nivel del mar (0 m). A mitad de pantalla aparece un letrero, también de color verde, que indica el valor de la altura topográfica de la línea dibujada.

Si deseamos situar otro tramo de relieve, bastará con repetir el proceso sobre el nuevo lugar escogido.

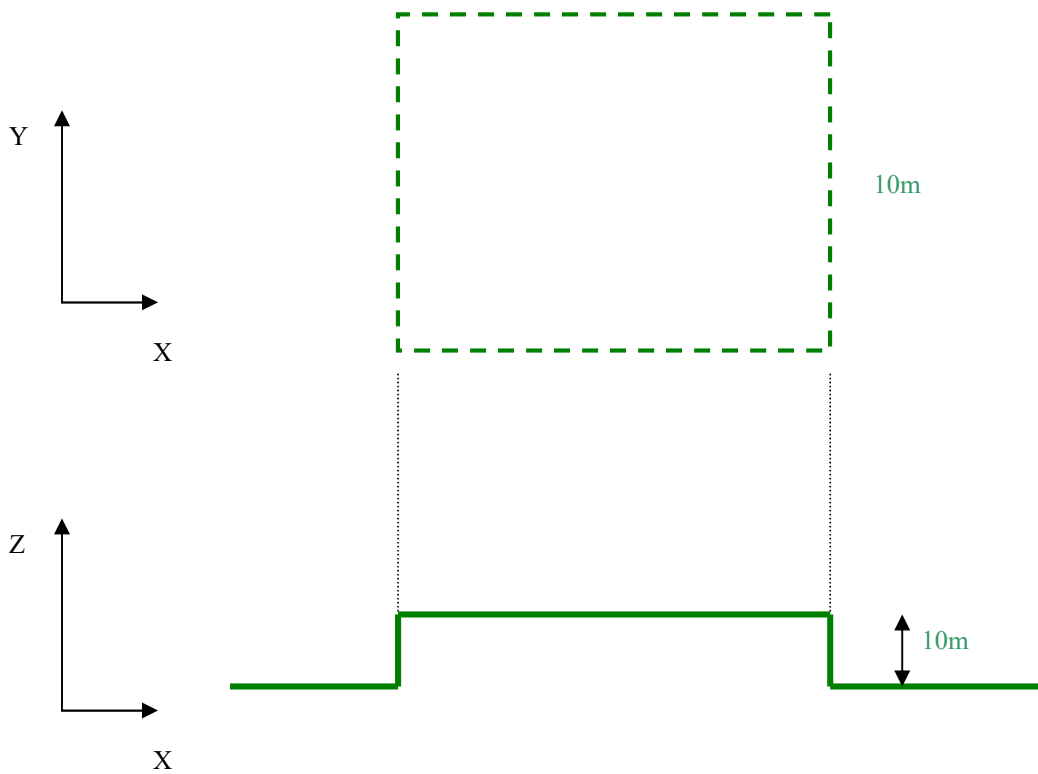
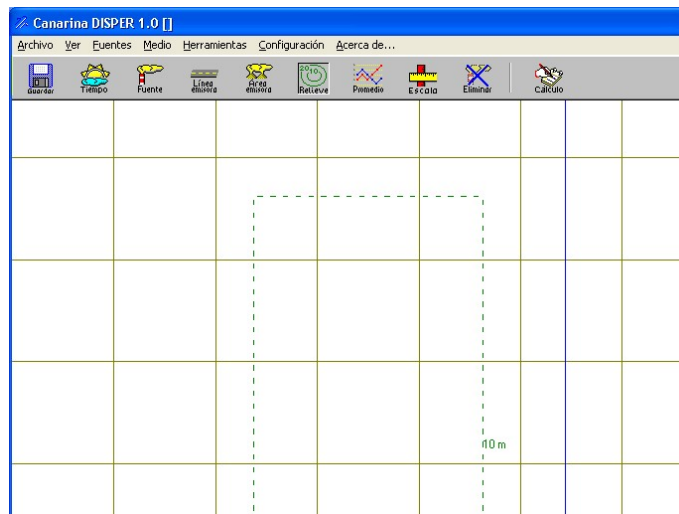
**Tenemos que darnos cuenta que al haber activado la función relieve topográfico el icono de la barra de herramientas Relieve aparece pulsado. Para salir de dicha función deberemos pulsar, de nuevo, dicho icono y, de esta manera, podremos activar cualquier otro comando que deseemos.**

Podemos observar que al mover el cursor sobre el rectángulo que hemos dibujado, aparecerá un valor de 10 m en la casilla de la parte inferior izquierda de la pantalla que tiene la letra Z. Esto quiere decir que movemos el cursor sobre un terreno que está a 10 m sobre el nivel del mar.

Si, después de haber introducido el Relieve topográfico, deseáramos eliminarlo, deberemos de salir de la función **Relieve**, volver a entrar y colocar en la casilla de la altura del relieve topográfico una altura de 0 metros. Posteriormente pulsando el ratón y manteniéndolo podremos describir un rectángulo que contenga a nuestro relieve de 10 m. Observaremos que al soltar el ratón desaparece la línea ya que todos los puntos que se encontraban dentro del rectángulo quedan ahora a 0 m al igual que el resto del terreno. Si queremos trabajar con una superficie plana que esté a un cierto nivel del mar, deberemos de seleccionar toda la pantalla.

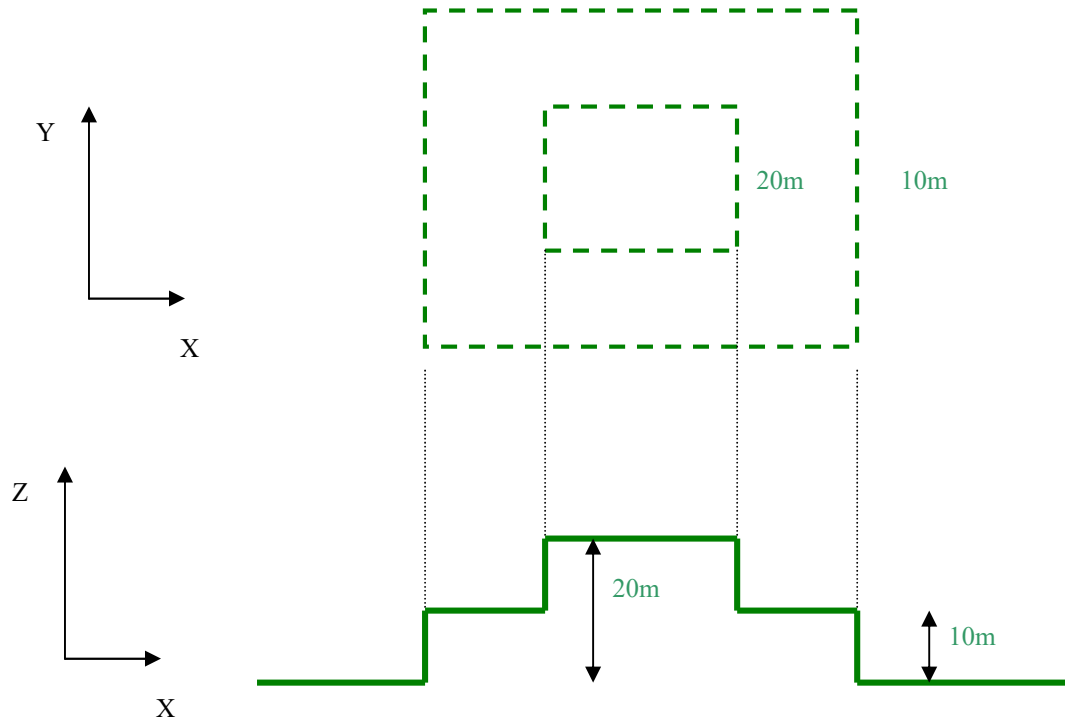
Es conveniente trabajar las líneas topográficas con la función ZOOM fijada al 100% ya que la resolución del dibujo quedará determinada con la función TAMAÑO de MALLA de la barra de herramientas. Si usamos el zoom ampliado no tendremos necesariamente una mayor resolución del relieve topográfico. Deberemos de tomar un mayor número de puntos de malla para tener una resolución mayor.

En el dibujo siguiente podemos observar como un rectángulo de 10 m de alto se representa en el programa (arriba) y cual es su equivalente visto de perfil (abajo).

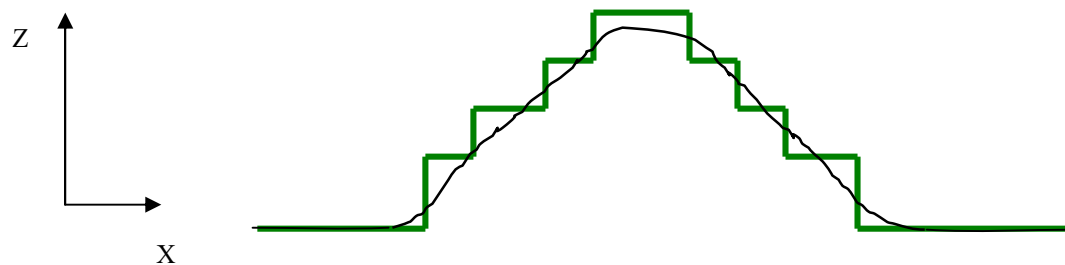




En el caso de que quisiéramos dibujar una pequeña montaña a base de rectángulos, el dibujo anterior quedaría como sigue.

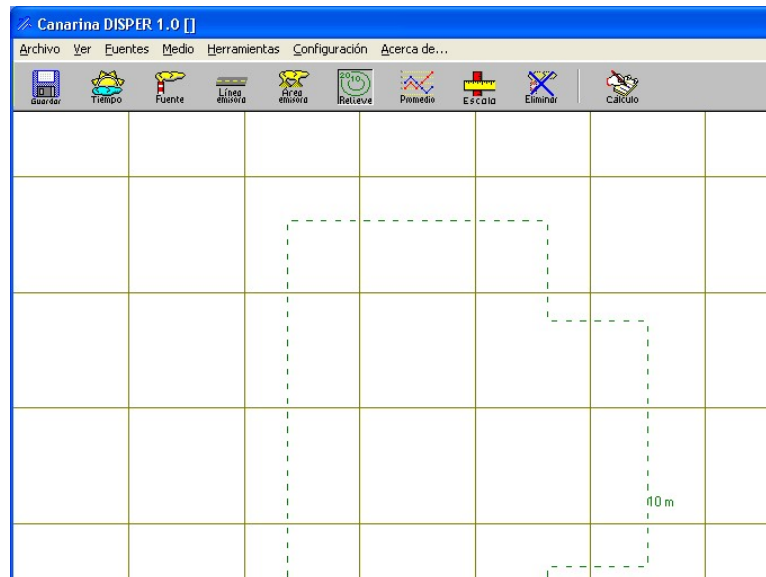


De esta manera seremos capaces de dibujar cualquier perfil topográfico arbitrario simulando su forma mediante líneas rectangulares que son las que admite el programa. Por ejemplo, una colina de forma curva tendría el equivalente siguiente en una representación topográfica en CASTOR-NOISE.



En el dibujo anterior, vemos que las superficies cuadradas simulan el perfil. A mayor número de superficies cuadradas, mayor precisión en la simulación.

Si deseamos simular un relieve que no tenga forma rectangular, podremos hacer uso de esta herramienta de dibujo para tratar de obtener la forma deseada. Por ejemplo, si deseamos dibujar una forma no bien definida podremos tratarlo de obtener a base de rectángulos superpuestos.



***Finalmente, añadiremos que CASTOR-NOISE no admite alturas topográficas negativas.***

Tenemos que tener en cuenta que Castor-NOISE no evalúa la reflexión de las ondas sonoras debido a una montaña que dibujemos en la pantalla. Tampoco tiene en cuenta el efecto de pantalla que puede ofrecer una montaña a la transmisión de ondas sonoras. El relieve sirve pura y exclusivamente para evaluar el ruido a nivel superficie del terreno si éste no es demasiado abrupto en comparación con los límites del terreno. Por ejemplo, si dibujamos una montaña grande a la derecha de una fuente sonora de tal manera que tapa a la fuente para alguien que está detrás de la montaña, el programa no tendrá en cuenta los efectos de pantalla para el sonido, debido a la montaña, para un receptor que se encuentre a la derecha de la montaña. Evaluará la altura del receptor con respecto al suelo y la distancia en línea recta entre el receptor y la fuente (atravesando la montaña) y calculará el ruido que dependerá exclusivamente de la longitud de dicha línea recta no de si hay o no montaña por medio.

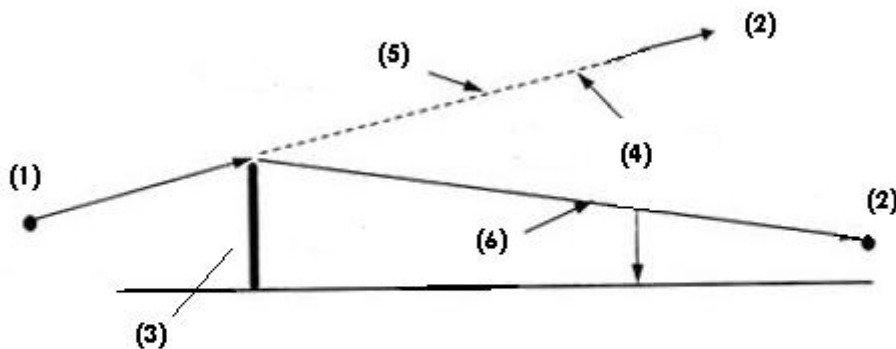
**Barreras**.- Este comando es para introducir barreras haciendo click sobre la pantalla del ordenador. Se pueden eliminar con la función ELIMINAR (la misma de eliminar fuentes).

## Barrera

Altura de la barrera que se desea dibujar (m):

Absorción acústica de la barrera, dB(A):

El programa calcula las regiones de sombra usando el valor de la absorción acústica.



- (1) Fuente
- (2) arriba - receptor (sin pérdida de sonido) y debajo - receptor (con pérdida de sonido)
- (3) Barrera
- (4) Región de sombra
- (5) Directo
- (6) Difracción

**Valores para la atenuación:**

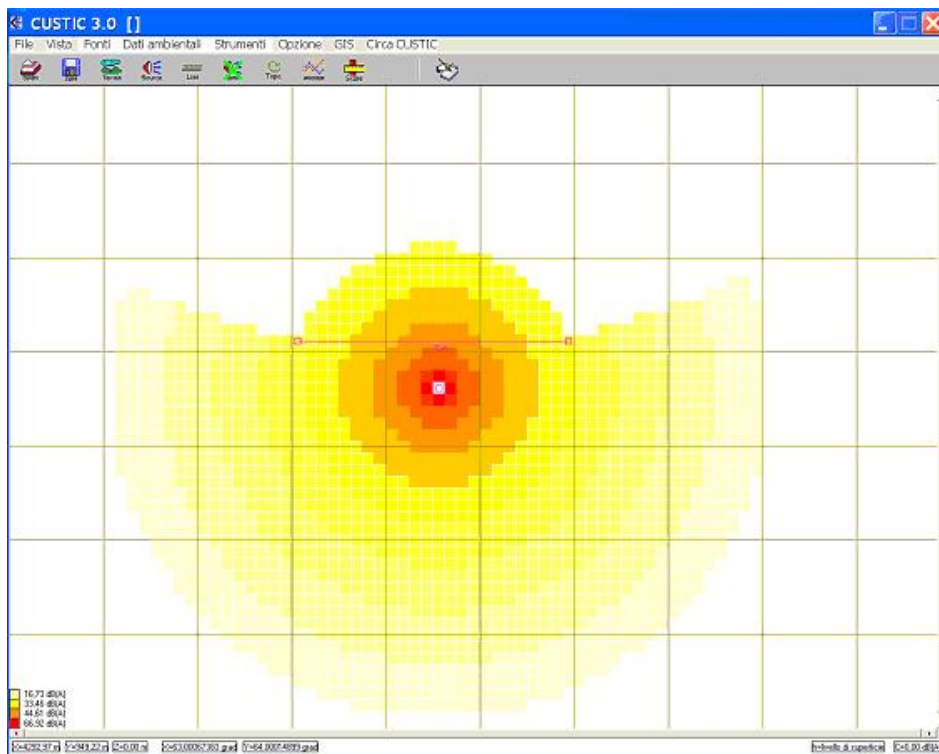
<b>(Material)</b>	<b>espesor (Thickness) mm</b>	<b>densidad (Surface Density) kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Atenuación de la barrera (Transmission Loss), dB (A)</b>
Policarbonato (Polycarbonate)	8-12	10-14	30-33
Acrílico (Acrylic -Poly- Methyl-Meta- Acrylate (PMMA) -)	15	18	32
Hormigón 200x200x400 ligero (Concrete Block 200x200x400 light weight)	200	151	34
Hormigón pesado (Dense concrete)	100	244	40
Hormigón ligero (Light concrete)	150	244	39
Cemento ligero (Light concrete)	100	161	36
Ladrillo (Brick)	150	288	40
Acero (Steel), 18 ga	1.27	9.8	25
Acero (Steel), 20 ga	0.95	7.3	22
Acero (Steel), 22 ga	0.79	6.1	20
Acero (Steel), 24 ga	0.64	4.9	18
Aluminio (Aluminium Sheet)	1.59	4.4	23
Aluminio (Aluminium Sheet)	3.18	8.8	25
Aluminio (Aluminium Sheet)	6.35	17.1	27

Madera (Wood)	25	18	21
Conglomerado (Plywood)	13	8.3	20
Conglomerado (Plywood)	25	16.1	23
Paneles absorbentes de polyester y metal (Absorptive panels with polyester film backed by metal sheet)	50-125	20-30	30-47

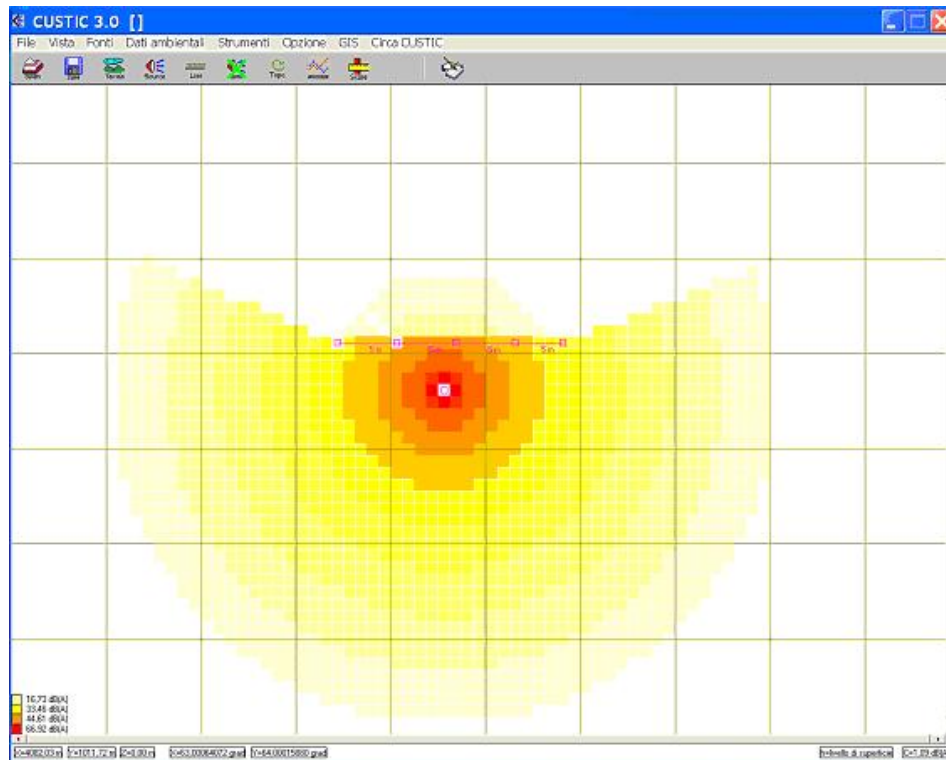
\* Las barreras sin aberturas ni agujeros (\* Values assuming no openings or gaps in the barriers)

El cálculo es más preciso si se introducen más de una barrera.  
Por ejemplo:

Una barrera:



Muchas barreras:



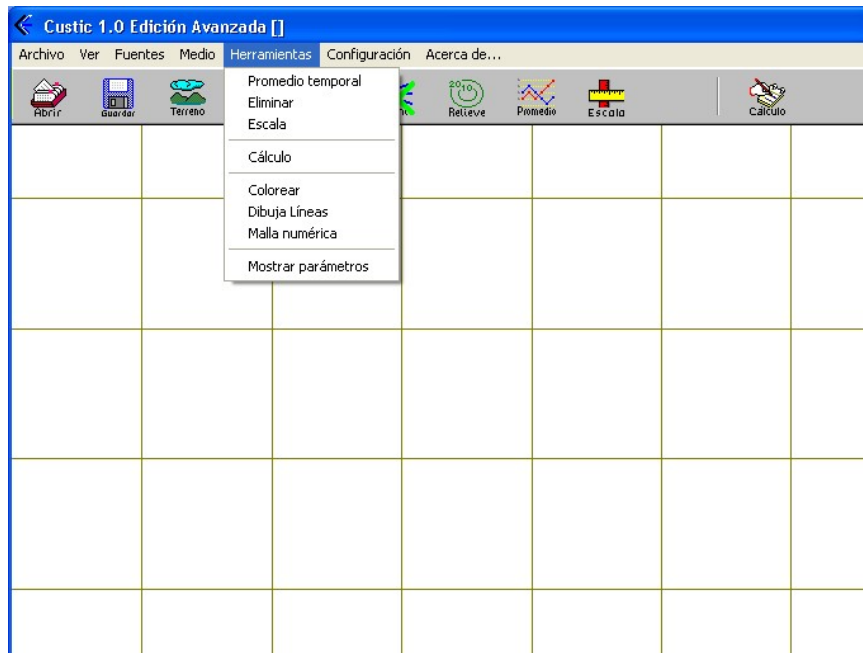
A partir de 4 barreras, el cálculo converge. Usamos el mismo modelo que la ciudad de Londres y de Hong Kong.

Es importante recordar lo siguiente: la topografía (comando TOPOGRAFIA) no tiene en consideración la reflexión del sonido (solo la altura de la fuente). Hay que tener cuidado de no usar ambas funciones a la vez.

### 5.1.5 Herramientas

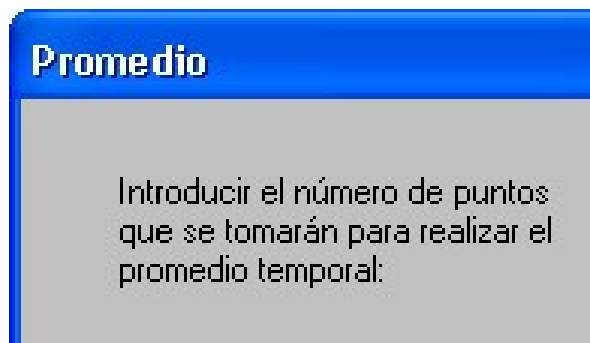
El menú herramientas incluye todo lo relacionado con los ficheros de las simulaciones. Estos ficheros pueden estar referidos a situaciones que queremos simular, o bien, que ya hemos simulado y guardado los resultados. El menú herramientas contiene los siguientes comandos **Promedio temporal**, **Eliminar**, **Escala**, **Cálculo**, **Cálculo de perfil** y también nos muestra los comandos para tratar el dibujo resultante del proceso de simulación numérica (**Colorear**, **Dibuja líneas**, **Malla numérica y Difuminado**) y para visualizar los parámetros del cálculo (**Mostrar Parámetros**).

Al hacer **click** con el ratón sobre dicho menú se despliegan las siguientes opciones:



**Promedio temporal**.- La función promedio nos permitirá promediar la contaminación acústica en la simulación numérica. Con el paso del tiempo, pueden variar muchos factores de interés para la simulación como son emisión sonora, la temperatura,... Por todo esto, el programa permite realizar promedios temporales a la hora de hacer el cálculo. Por ejemplo, esta función puede ser de mucho interés para evaluar los efectos a lo largo de un día del ruido de una industria que no contamina por la noche. Introduciremos los datos del ruido y los promediaremos a lo largo de horas teniendo en cuenta las condiciones del medio y que por las noches no hay emisión sonora.

Si hacemos **click** sobre dicha opción, aparecerá la siguiente ventana:



donde el cursor aparecerá parpadeando en la casilla que refleja el número de puntos temporales que queremos tomar. El programa toma por defecto un único punto temporal pero para poder promediar de una manera aceptable deberemos de tomar más de un punto temporal.

*Los puntos temporales son elementos de un promedio y, nosotros, podremos asociarle el valor temporal que deseemos. Es decir, si tenemos datos de ruidos para cada hora de un día (un total de 24) y deseamos hacer un promedio de la contaminación acústica en un día, podremos hacer un promedio temporal con 24 puntos temporales para calcular el promedio diario.*

Cada punto temporal que promediamos representa los valores en una hora de tiempo. Si tuviéramos valores medios mensuales y quisiéramos hacer un promedio anual podríamos promediar con 12 puntos temporales (los doce meses). Tenemos que tener en cuenta que si deseáramos hacer un promedio anual con una resolución temporal de un día, deberíamos tomar 365 puntos temporales lo cual da mucha más fiabilidad al promedio pero también dificulta los cálculos. Mayor resolución en el promedio implica mayor tiempo de computación.

Una vez tengamos introducida la cantidad de puntos temporales deseada, pulsaremos el botón **Aceptar**. Pulsando **Cancelar** eliminaremos la función. Una vez pulsado el botón de aceptar, aparecerá una pantalla como sigue:



Promedio: Datos de los puntos temporales		
Número de la fuente:	1	Número de orden punto temporal:
<b>Terreno:</b>		<b>Fuente:</b>
Humedad relativa (%)	2	Aislamiento acústico dB(A):
Coefficiente de atenuación, dB(A)/100m	1,86	Número de aterrizajes/desparramos al día:
Temperatura del aire T (C):	20	Emisión sonora
		Tipo de fuente:

La ventana que aparece es la ventana de promedio y nos puede servir para visualizar las cantidades con las que estamos trabajando en el promedio y para modificarlas o introducir otras nuevas. Los datos que aparecen en el promedio se reflejan en la ventana anterior. Dichos datos se engloban en dos grupos: en el del Medio y en el de la Fuente.

***En la parte superior derecha de la ventana aparece el número de puntos temporales que estamos considerando en el promedio. Hay tantos puntos temporales como hayamos introducido en la ventana donde nos pedían el número de puntos temporales.***

Las cantidades que aparecen para el Medio y para las Fuentes en la ventana anterior se refieren al punto temporal número uno, tal y como aparece en la casilla y a la fuente emisora número uno. Si hacemos click sobre las pequeñas flechas que aparecen podremos seleccionar los diferentes puntos temporales, fuentes sonoras y visualizar dichos valores. Es decir,

Promedio: Datos de los puntos temporales		
Número de la fuente:	1	Número de orden punto temporal:
<b>Terreno:</b>		<b>Fuente:</b>
Humedad relativa (%)	2	Aislamiento acústico dB(A):
Coefficiente de atenuación, dB(A)/100m	1,86	Número de aterrizajes/despegues al día:
Temperatura del aire T (C):	20	Emisión sonora:
		Tipo de fuente:

donde vemos que moviendo la flecha del ratón hacia abajo podremos seleccionar el punto deseado. Al iniciar un promedio el programa asigna a todos los puntos temporales las mismas cantidades que coinciden con los valores que previamente teníamos introducidos en las funciones de Terreno y Fuente Emisora sin promediar. Una vez introducido el promedio, el programa almacena el número de puntos y sus valores.

Para modificar los valores, por ejemplo, del punto 2 deberemos de seleccionarlo en el **Número de orden del punto temporal**, tal y como describimos en el párrafo anterior, es decir

## Promedio: Datos de los puntos temporales

Número de la fuente:	<input type="text" value="1"/>	Número de orden punto temporal:
<b>Terreno:</b>		<b>Fuente:</b>
Humedad relativa (%)	2	Aislamiento acústico dB(A):
Coefficiente de atenuación, dB(A)/100m	1,86	Número de aterrizajes/desparramos al día:
Temperatura del aire T (C):	20	Emisión sonora:
		Tipo de fuente:

y usaremos los botones Terreno y Fuente que aparecen en la parte inferior de la ventana para modificar dichos valores.

El botón Terreno se refiere a las propiedades del aire mientras realizamos la simulación (temperatura y humedad). Si hacemos **click** sobre dicho botón obtendremos la siguiente ventana:

## Terreno

Sin atenuación
  Con atenuación
  Con atenuación

Temperatura

-10 C
  -5 C
  0 C
  5 C

15 C
  20 C
  25 C
  30 C

Humedad relativa

20 %
  30 %
  40 %
  50 %

70 %
  80 %
  90 %
  100 %

Frecuencia (Hz)

500
  1.000

donde se indican las propiedades del terreno. Esta ventana es idéntica a la ventana de las propiedades del terreno cuando no hacíamos uso del promedio temporal.

El botón **Fuente** se refiere al las propiedades de ésta cuando realizamos la simulación (Nivel sonoro,...). Si hacemos **click** sobre dicho botón obtendremos la siguiente ventana:

donde se indican las propiedades del emisor sonoro. Dichas propiedades las podremos cambiar según el proceso de contaminación que deseemos simular. Bastará con hacer **click** con el ratón sobre cada una de las casillas que aparecen. A continuación aparecerá el cursor parpadeando y podremos usar las teclas de **borrar** y el teclado para introducir los valores deseados. Cuando tengamos los valores escritos en las casillas, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **Aceptar** y quedarán introducidos los nuevos valores y desaparecerá la ventana anterior. Si pulsamos el botón **Cancelar** desaparece la ventana sin introducir los cambios realizados. Antes de ejecutar el cálculo es conveniente comprobar los datos que tenemos en el promedio.

Esta ventana es idéntica a la ventana de las propiedades de la fuente sonora cuando no hacíamos uso del promedio temporal.

Por último diremos que si tenemos un promedio introducido en el programa y deseamos eliminarlo, lo podremos hacer de la siguiente manera. Editaremos de nuevo la función promedio y colocaremos en la casilla de Número de puntos temporales un valor igual a 1. De esta manera desaparece el promedio.

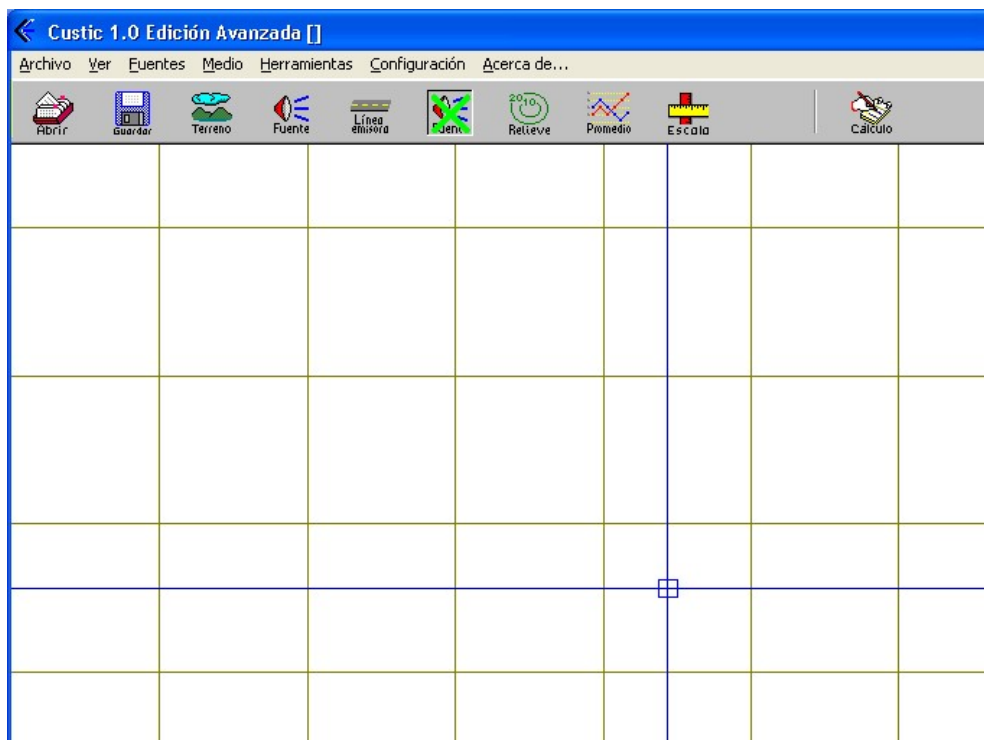
Una vez introducido un promedio con más de un punto temporal, al variar el número de puntos temporales aumentando el anterior puede producir un error ya que hay variables que pueden hacerse cero. Lo ideal es definir bien, y desde el principio, el número de puntos temporales antes de introducir los valores a promediar. Se puede reducir el número de puntos sin problema. Pero si los aumentamos todos los valores de los puntos nuevos se hacen cero y deberemos corregirlos uno a uno. Si deseamos modificar un promedio introducido puede ser más cómodo eliminar el promedio y luego definir uno nuevo.

*Un promedio puede ser costoso desde el punto de vista del tiempo de cálculo. Para un Pentium I de 120 MHz puede llegar a tardar muchas horas en realizar dicho cálculo.*

**Eliminar**.- La función eliminar se usa para eliminar puntos de la malla, que actúan como emisores sonoros, que no los deseamos incorporar al cálculo. No necesitaremos de la función **Nuevo** para borrar todo, perdiendo los datos de topografía, ya que la función **Eliminar** nos quitará la parte no deseada.

Si hacemos **click** sobre dicha opción, aparecerá la siguiente ventana:

Moviendo el cursor sobre la pantalla buscaremos donde hay

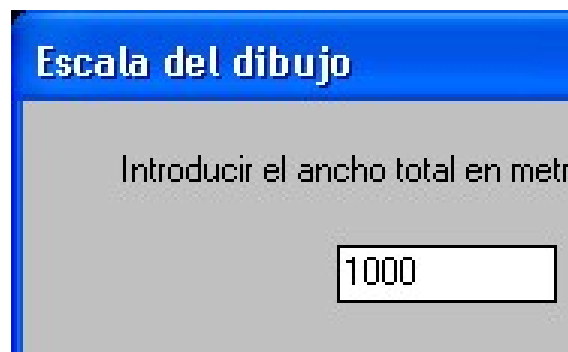


definidos puntos emisores. Haciendo **click** sobre dichos puntos conseguiremos que éstos queden eliminados de la pantalla y del cálculo.

**Escala.**- La función escala nos sirve para definir el rango de trabajo en el proceso de simulación. Es una herramienta importante ya que dependiendo de su buen uso podremos interpretar y extraer información interesante de la simulación numérica. La escala se define según el ancho en metros que deseemos asignar al eje X de nuestra pantalla de trabajo. La manera de saber que nos encontramos en la escala correcta de trabajo es mediante el método de prueba y error. Es decir, probamos una escala de trabajo con un número determinado. Una vez tengamos el resultado, con la posición del máximo, las líneas de nivel sonoro constante,... veremos si nos encontrábamos en la escala correcta o no.

*Si el máximo de nivel sonoro de interés queda fuera del dibujo o cualquier otro efecto que nos interese, cambiaremos de nuevo la escala hasta que estemos en un rango que nos interese.*

Si hacemos **click** sobre dicha opción, aparecerá la siguiente ventana:



Escala del dibujo

Introducir el ancho total en metros

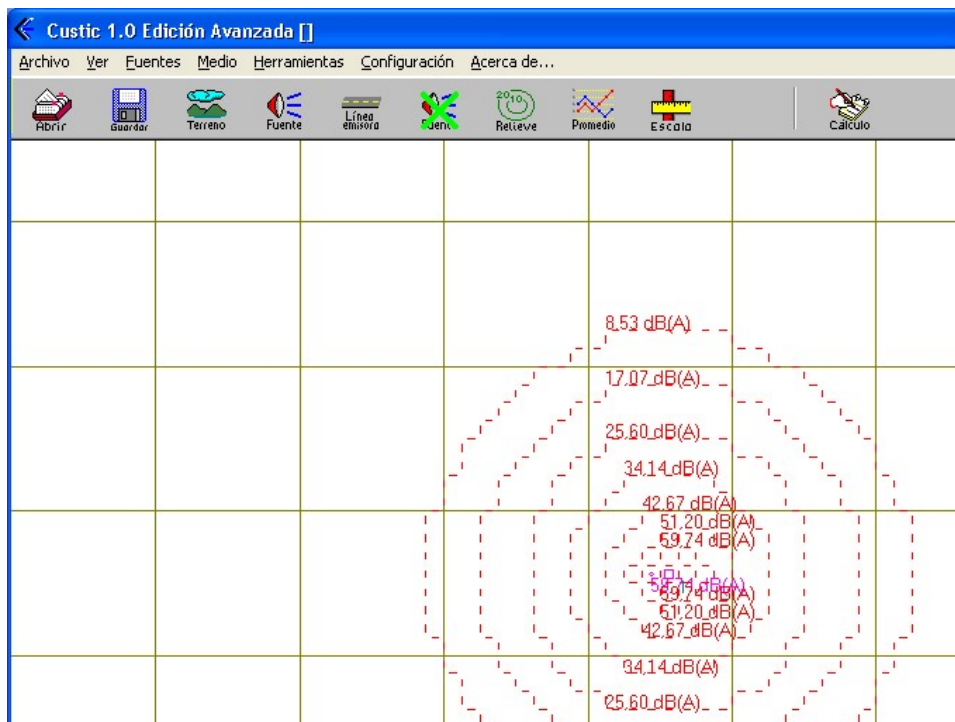
1000

En dicha ventana podremos elegir el número de metros que queremos tener en el eje X. Cuando tengamos el valor escrito en la casilla, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **Aceptar** y quedarán introducidos los nuevos valores y desaparecerá la ventana anterior. Si pulsamos el botón **Cancelar** desaparece la ventana sin introducir los cambios realizados. Este comando deberemos ejecutarlo antes de utilizar la función cálculo ya que este parámetro debe de estar perfectamente definido antes de ejecutar la simulación.

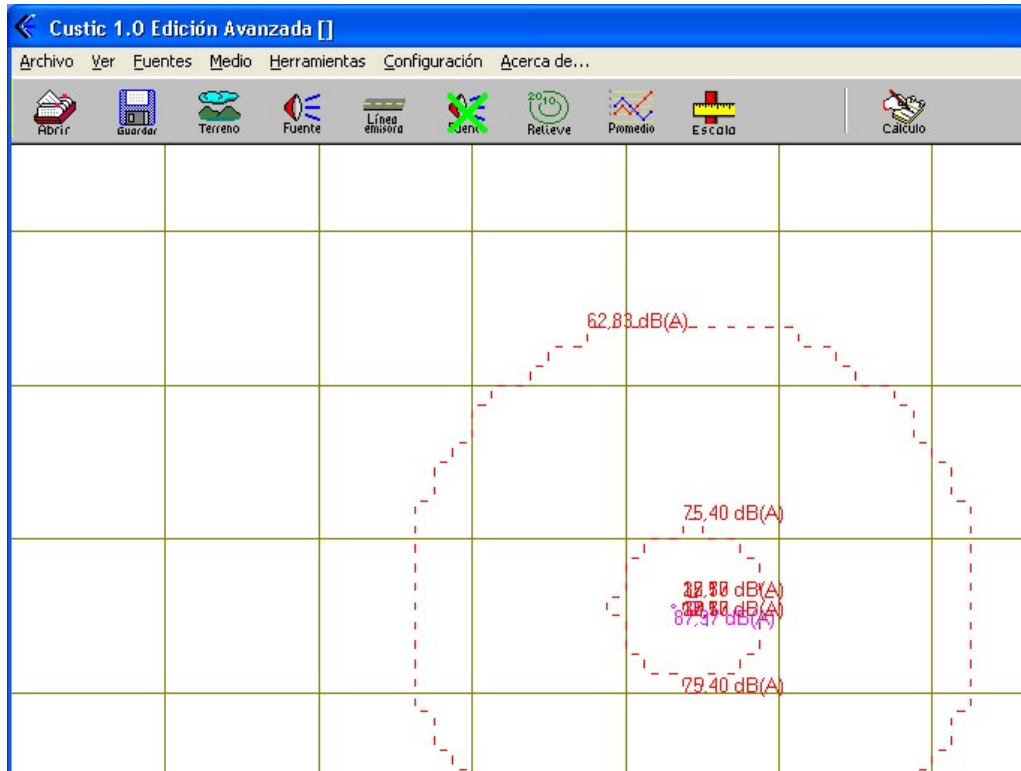
Cuando ejecutemos dicho comando el programa inicia todo, y borra todo lo escrito anteriormente, por lo que si no queremos perder la información obtenida hasta el momento deberemos de usar la función **Guardar** antes de ejecutar dicho comando.

El comando **Escala** es una función auxiliar en la representación del dibujo. Su función consiste en definir, antes de realizar el cálculo, el número de metros en el eje X que queremos tener en el dibujo. En determinados casos puede ser interesante tener un número elevado de metros para una mejor visualización. En otros casos, esto puede ser engorroso ya que dependiendo del tamaño de malla se pueden confundir unas con otras. El tamaño de malla dependerá, a su vez, de la precisión con la que queramos tener el cálculo. Este fichero deberemos ejecutarlo antes de utilizar la función cálculo ya que estos parámetros deben de estar perfectamente definidos antes de ejecutar la simulación.

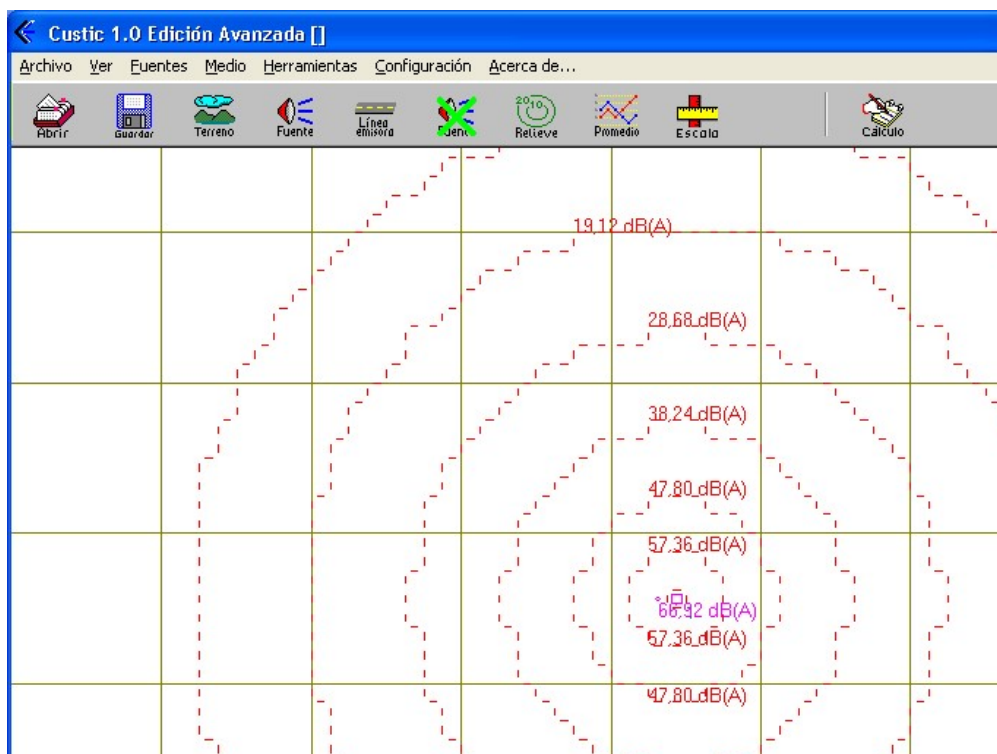
A la hora de ilustrar el uso de este comando representaremos el mismo caso variando la escala del dibujo. Usaremos tres escalas diferentes. En la siguiente Figura el eje X mide 10.000 m.



En la siguiente Figura el eje X mide 500 m.



Aquí el eje X mide 5.000 m:

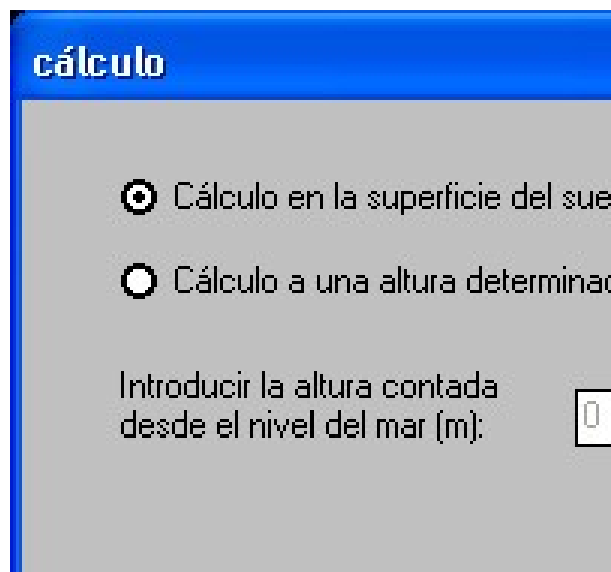




Como podemos ver, cuando el eje X mide 5.000 m es cuando tenemos una representación más clara de lo que sucede y donde se muestra claramente el valor del punto máximo y la forma de las líneas de nivel sonoro constante.

**Cálculo y cálculo de perfil.**.- La función cálculo es la que activa los algoritmos necesarios para realizar la simulación numérica. La función cálculo debe de aplicarse después de haber introducido los ingredientes necesarios para la simulación, es decir, las fuentes, el terreno y las especificaciones numéricas del cálculo como son la escala y el número de puntos N. Este comando usará toda esta información para obtener el ruido en cada punto de la malla que anteriormente hemos definido. Si cambiamos cualquiera de dichos ingredientes como la posición de la fuente, temperatura,...deberemos de volver a aplicar la función cálculo para poder volver a obtener un nuevo resultado que tenga en cuenta las nuevas condiciones iniciales.

Si hacemos **click** sobre la opción **Cálculo**, aparecerá la siguiente ventana:



En dicha ventana podremos elegir si queremos realizar el cálculo en la superficie del terreno o bien a una altura determinada (dos opciones). En la primera opción, el cálculo del ruido se realizará en la superficie del suelo. Si elegimos la opción para el cálculo a una altura determinada, deberemos introducir en la casilla correspondiente el plano en el que

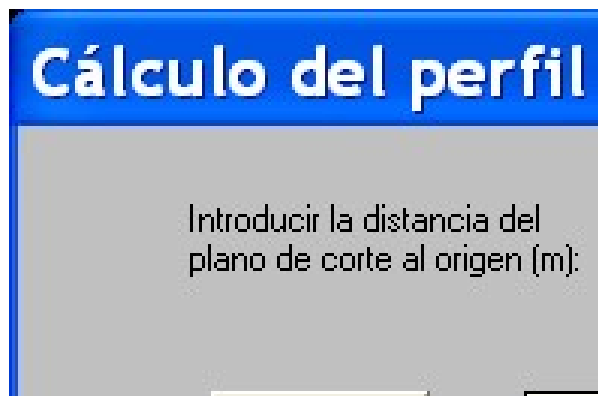
obtendremos los resultados desde el nivel 0 de altura (nivel del mar). En ambos casos la representación gráfica es en el plano XY.

Cuando tengamos el valor escrito en la casilla y la opción elegida, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **Aceptar** y quedarán introducidos los nuevos valores y desaparecerá la ventana anterior. Si pulsamos el botón **Cancelar** desaparece la ventana sin introducir los cambios realizados.

Al pulsar **Aceptar** aparecerá una ventana, con mensajes numéricos dinámicos, que nos indicará el punto que se está actualmente evaluando del total de puntos de la malla y, si hay un promedio temporal, también nos indicará el paso por el que vamos del total.

*El programa funciona de la siguiente manera: mientras se calcula, la máquina centraliza toda su capacidad en el cálculo restando control al resto de las operaciones en Windows. Si deseamos parar un cálculo tedioso, podremos hacerlo haciendo uso de las teclas **CTRL+ALT+DEL**. A continuación nos saldrá una ventana de Windows preguntándonos si cerramos el programa o no. Tenemos que tener en cuenta que si cerramos el programa de esta manera toda la información que no haya sido guardada antes de comenzar el cálculo se pierde.*

Si hacemos 'clic' sobre la función **Cálculo de perfil** se obtiene la siguiente ventana:

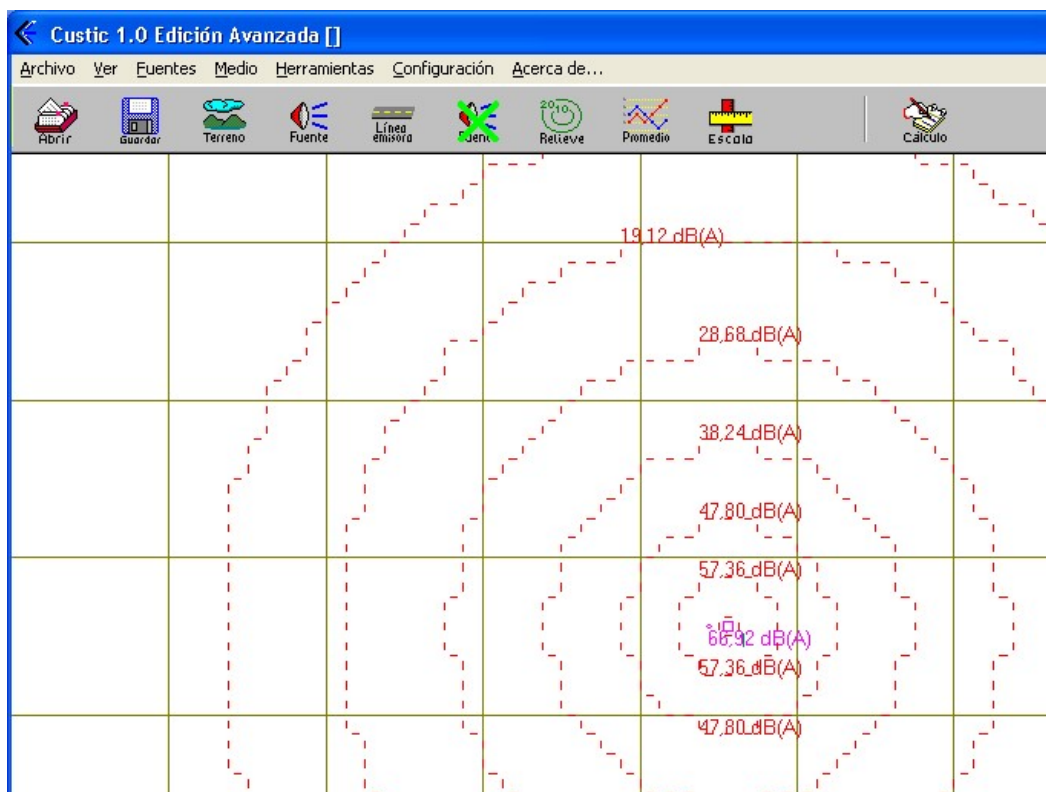


En ella debemos introducir la distancia del plano de corte con respecto al origen. Se pueden hacer tantos cálculos como se deseen variando la distancia.

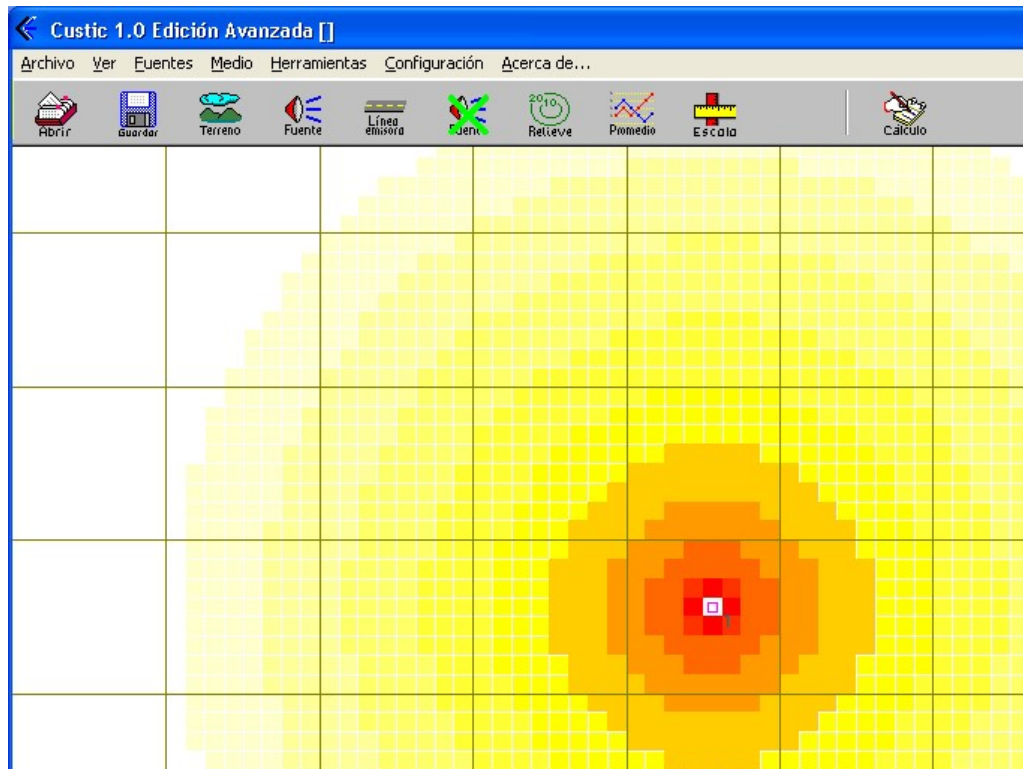
**Colorear.**— La función colorear es para realizar mapas de los resultados haciendo uso de colores. Es especialmente útil cuando la variación del ruido es muy fuerte en una distancia muy corta.

*Por ejemplo, cuando cambia varios órdenes de magnitud en unos pocos elementos de malla en la simulación. En este caso, el uso de líneas de nivel sonoro constante lo que produce es que se superpongan en el mismo lugar de la pantalla produciendo la difícil lectura e interpretación de los resultados.*

Una vez obtenida la simulación haremos uso de la función para pasar de lectura mediante líneas de nivel sonoro constante a lectura del mapa mediante coloreado.



Si ahora hacemos uso de la función colorear:

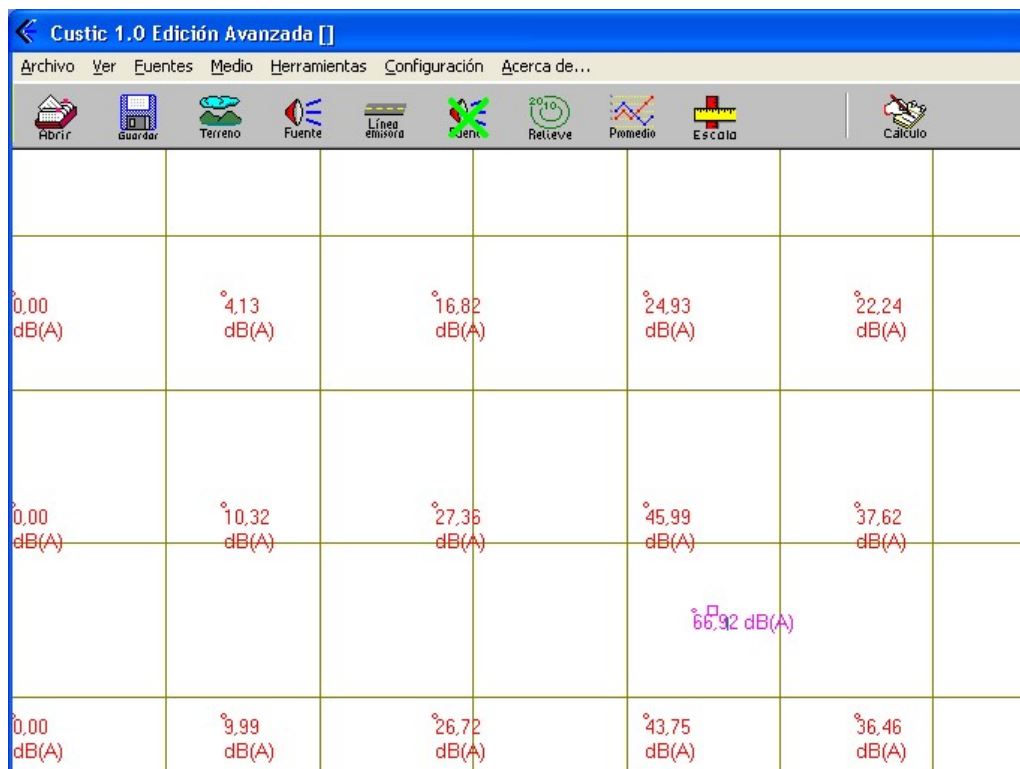


Podemos observar que las líneas han desaparecido y que aparece un gradiente de colores. En la parte inferior izquierda de la pantalla, encima de la casilla donde aparece el valor del cursor X, se muestra la leyenda con los diferentes niveles de ruidos. El programa toma el valor máximo de la concentración y le asigna el color rojo. A partir de ahí, y de una forma lineal, el programa va asignando una escala de colores proporcional.

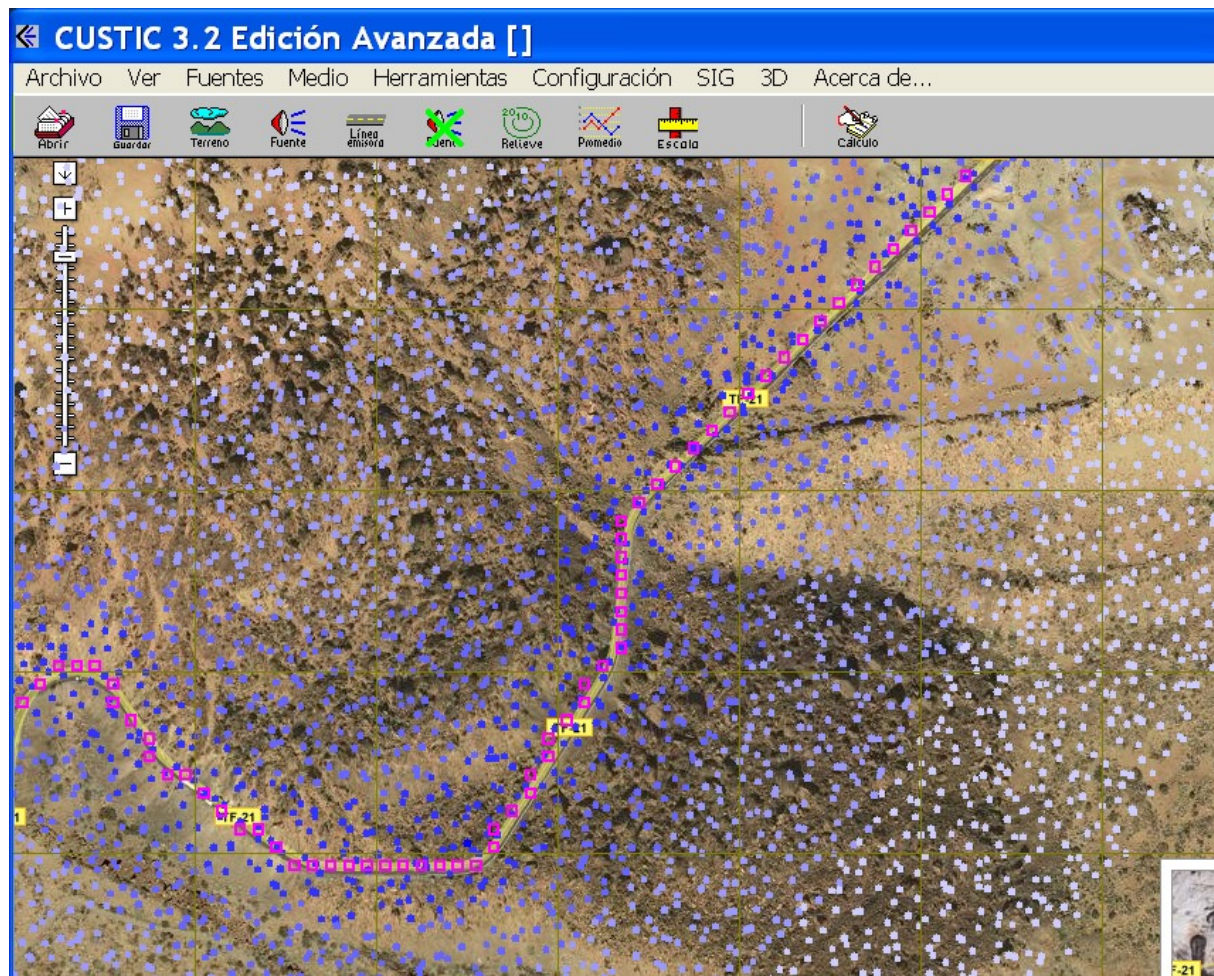
**Dibuja líneas**.- Esta función es de efecto contrario a la anterior. Una vez tengamos el mapa de colores, aplicaremos la función **Dibuja líneas** para volver a obtener las líneas topográficas. De esta manera podremos cambiar fácilmente de representación haciendo uso de estos dos últimos comandos.

**Malla numérica.**.- Esta función nos permite otra representación alternativa del ruido calculado. Establece una malla numérica equiespaciada a lo largo de la pantalla de cálculo.

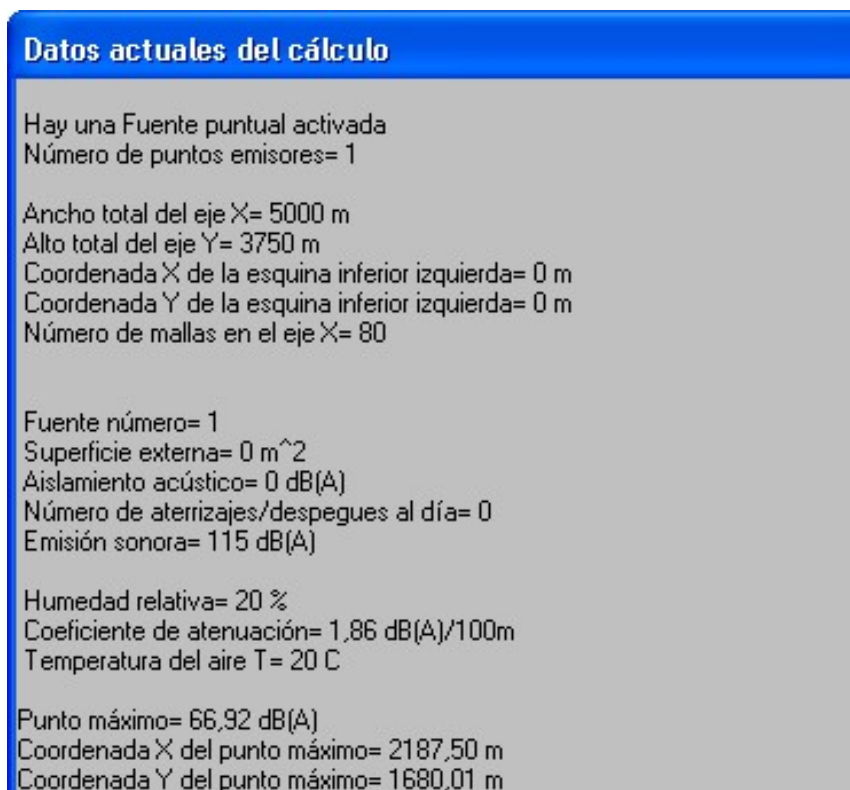
*También pueden tener especial interés en el caso de ruidos producidos por líneas emisoras ya que se suele producir un gradiente de ruido enorme entre el borde de la línea y el resto de la pantalla en cuyo caso las líneas de nivel sonoro constante se superponen dando lugar a una imagen poco clara.*



**Difuminado.**.- En esta opción se representan las concentraciones en un difuminado de puntos de color. Es muy útil para trabajar con imágenes de fondo, ya que los puntos no tapan por completo la imagen y quedan superpuestos. Se puede cambiar el color de los puntos, la cantidad, su tamaño y la forma en que aparecen en el menú <Configuración> - <Opciones de difuminado>. También es este menú se puede elegir el porcentaje del valor máximo que se quiere colorear y acotar de esta forma la representación a unos valores deseados.



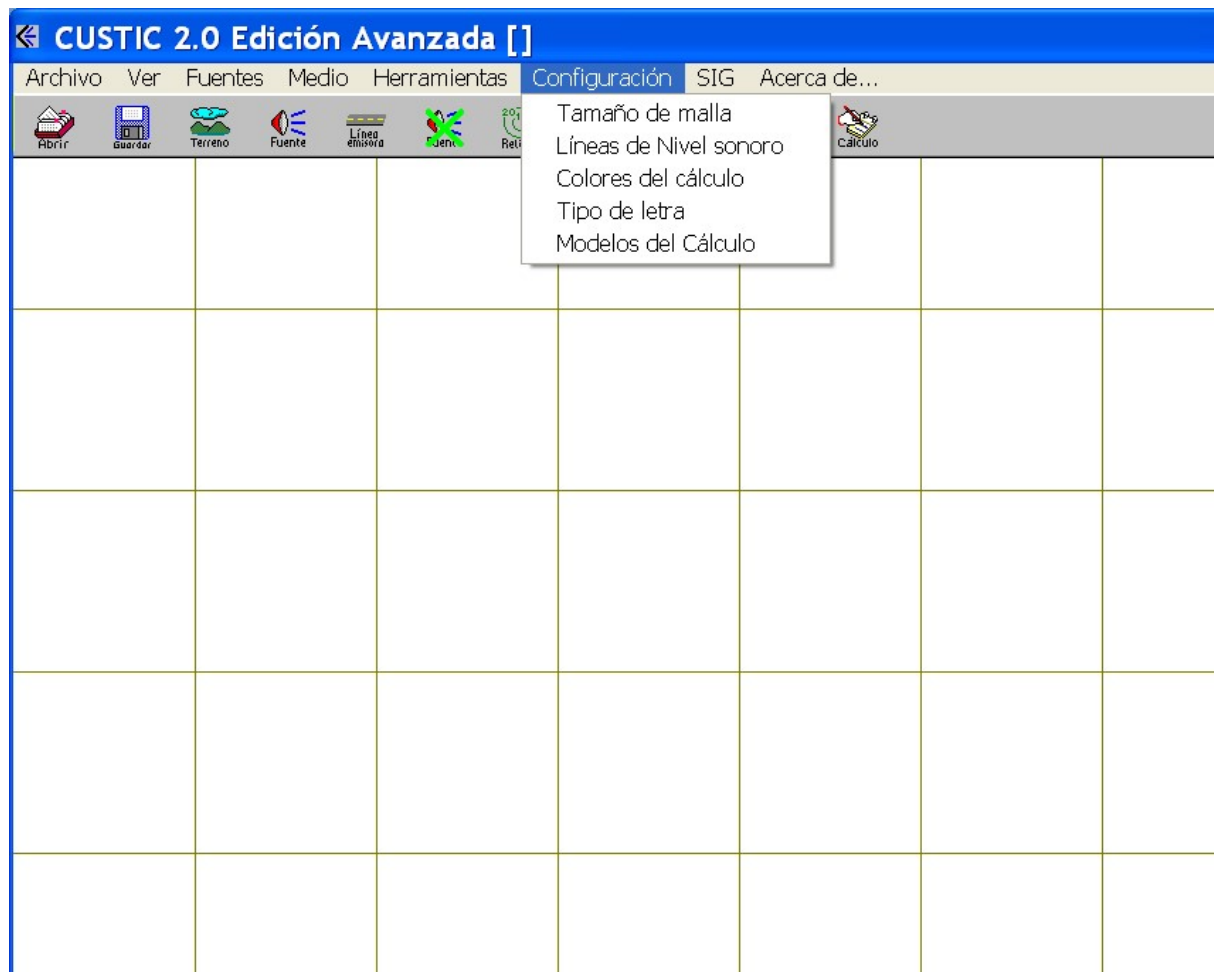
**Mostrar parámetros.**.- Esta función nos va a indicar los parámetros que tenemos asignados antes de realizar el cálculo. Es conveniente su uso para verificar que hemos introducido correctamente los parámetros. Una vez finalizado el cálculo nos muestra, además, el valor del nivel sonoro máximo y su posición. Si tenemos cálculos guardados en forma de ficheros **\*.cus** deberemos de ejecutar nuevamente el cálculo para obtener los datos correctamente. En el caso de hacer uso de un promedio nos mostrará los datos del primer punto temporal únicamente (el promedio es mejor verificarlo haciendo uso de las ventanas que aparecen en la función promedio). La ventana que debe de aparecer, una vez ejecutada la función, tiene que tener la forma siguiente:



### 5.1.6 Configuración

El menú configuración incluye todo lo relacionado con la configuración numérica de las simulaciones. Estos ficheros deberemos ejecutarlos antes de utilizar la función cálculo ya que estos parámetros deben de estar perfectamente definidos antes de ejecutar la simulación. El menú configuración contiene los siguientes comandos **Tamaño de malla** y **Líneas de nivel sonoro**, **Colores del cálculo**, **Tipo de letra**, **Opciones de difuminado** y **Modelos del cálculo**.

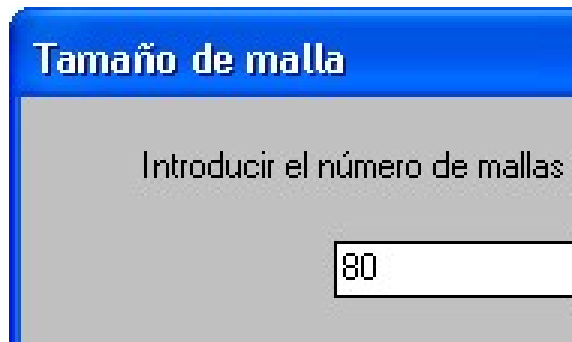
Al hacer **click** con el ratón sobre dicho menú se despliegan las siguientes opciones:



**Tamaño de malla.**- El tamaño de malla es un parámetro importante en la configuración del sistema. Nos va a decir el número de puntos que vamos a tomar a la hora de evaluar una simulación numérica determinada. A la hora de definirlo deberemos de tener en cuenta que a medida que aumentamos el número de puntos, el computador va a tardar mucho más tiempo en realizar el cálculo pero el resultado será mucho más preciso. El número de puntos a evaluar va a aumentar cuadráticamente con el número de puntos elegido  $N$ , es decir, aumentará como  $N^2$ . Por ello, deberemos tener en cuenta que si tomamos un tamaño excesivo de puntos, obteniendo una resolución numérica no necesaria, lo que va suceder es que el computador estará ocupado trabajando un tiempo innecesario.



Si hacemos **click** sobre dicha opción, aparecerá la siguiente ventana:



En dicha ventana podremos elegir el número de mallas (puntos de cálculo) que queremos tener en el eje X. Cuando tengamos el valor escrito en la casilla, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **Aceptar** y quedará introducido el nuevo valor y desaparecerá la ventana anterior. Si pulsamos el botón **Cancelar** desaparece la ventana sin introducir los cambios realizados. Este comando deberemos ejecutarlo antes de utilizar la función cálculo ya que este parámetro debe de estar perfectamente definido antes de ejecutar la simulación.

Cuando ejecutemos dicho comando el programa inicia todo, y borra todo lo escrito anteriormente, por lo que si queremos no perder la información obtenida hasta el momento deberemos de usar la función **Guardar** antes de ejecutar dicho comando.

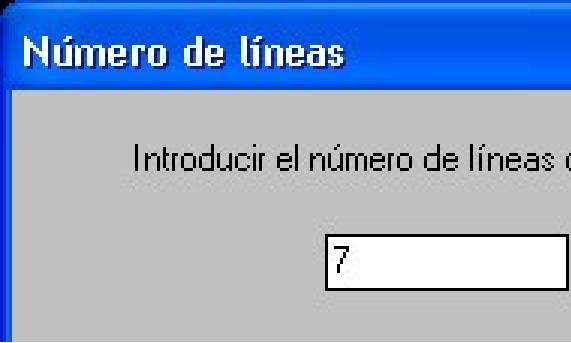
**CASTOR-NOISE** *usa un número de mallas igual a 100 por defecto. Dicho valor hace que el programa funcione con ordenadores de 16 MB de memoria RAM. Incrementar el número de mallas produce que el programa funcionando consuma mucha más memoria.*

Si tomamos un número de mallas tan alto que supere la memoria disponible del PC, se bloqueará el ordenador y deberá ser reiniciado. Por otra parte, un tamaño de 100 mallas nos dan resolución gráfica suficiente para poder trabajar.

**Líneas de Nivel sonoro constante.**.- El comando líneas de nivel sonoro es una función auxiliar en la representación del

dibujo. Su función consiste en definir, antes de realizar el cálculo, el número de líneas de nivel sonoro constante que queremos tener en el dibujo. En determinados casos puede ser interesante tener un número elevado de líneas para una mejor visualización. En otros casos, esto puede ser engorroso ya que dependiendo del tamaño de malla se pueden confundir unas con otras. El tamaño de malla dependerá, a su vez, de la precisión con la que queramos tener el cálculo.

Este fichero deberemos ejecutarlo antes de utilizar la función cálculo ya que este parámetro debe de estar perfectamente definido antes de ejecutar la simulación. Si hacemos **click** sobre dicha opción, aparecerá la siguiente ventana:



The image shows a dialog box with a blue title bar that reads "Número de líneas". Below the title bar, the text "Introducir el número de líneas" is displayed. At the bottom of the dialog, there is a text input field containing the number "7".

En dicha ventana podremos elegir el número de líneas de nivel sonoro que queremos tener en el dibujo. El programa toma el número de líneas incluyendo como línea el punto donde aparece el nivel sonoro máximo que aparece en color violeta. Por lo tanto, las líneas reales que aparecerán serán una menos que las que figuran en la casilla de entrada de datos más el punto de valor máximo.

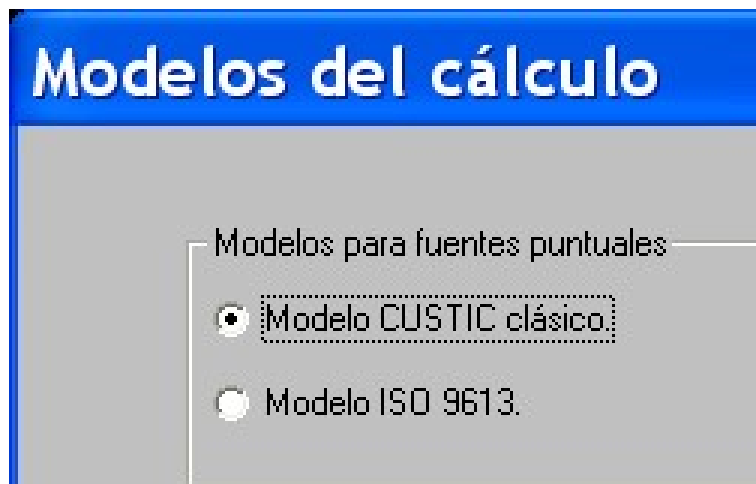
Cuando tengamos el valor escrito en la casilla y la opción elegida, haremos **click** con el ratón sobre la tecla **Aceptar** y quedarán introducidos los nuevos valores y desaparecerá la ventana anterior. Si pulsamos el botón **Cancelar** desaparece la ventana sin introducir los cambios realizados.

**Colores del cálculo.**.- Esta función nos posibilita el poder cambiar los colores de las líneas de concentración constante, de la fuente y del máximo.

**Tipo de letra.**- En esta función podremos cambiar el tamaño de la letra, así como elegir la opción 'bold' para letras en negrita. También podremos elegir si aparece o no el número de la fuente en pantalla, el número de decimales del cálculo y el grosor de las líneas de cálculo y de las fuentes.

**Opciones del difuminado.**- En esta ventana se puede elegir el color del gradiente de concentración, así como el diámetro de los puntos, la cantidad de los mismos y si se quiere que aparezcan en forma aleatoria o no. También se puede elegir el porcentaje, con respecto al valor máximo, que se quiere representar en color y acotar de esta manera la zona que nos interese.

**Modelos del cálculo.**- Con esta opción se puede decidir el modelo matemático que se emplea en el cálculo. Podemos elegir entre dos modelos diferentes: el modelo CASTOR-NOISE clásico y el modelo de la ISO-9613. El método de la ISO es para fuentes puntuales considerando la humedad ambiental, la temperatura y el ángulo sólido de la fuente. En el caso de carreteras, únicamente se tendrán en cuenta efectos de ángulo sólido cuando la opción ISO-9613 sea activada.



### 5.1.7 SIG

**SIG.**- En esta sección se encuentra todo lo necesario para trabajar con sistemas de información geográficos.

Al hacer **click** con el ratón sobre dicho menú se despliegan las siguientes opciones:



Coordenadas del origen. - mediante este comando se elige el valor de las coordenadas del origen, que está en la esquina inferior izquierda de la ventana de trabajo. Se puede trabajar en coordenadas geográficas y cartesianas.

**Coordenadas del origen**

Coordenadas cartesianas

X:  Y:

Coordenadas geográficas

X:  Y:

**Punto de referencia.-** Con este comando se decide el valor de las coordenadas de un punto, conocido previamente en el mapa, para tener el sistema referenciado. Se puede trabajar en coordenadas geográficas y cartesianas. Una vez introducidas las coordenadas deseadas hacemos 'click' en el punto de la pantalla donde se situará dicha coordenada. Aparecerá un marcador rojo que indicará el punto de referencia. Después de usar el comando se podrán exportar los datos referenciados a un sistema del tipo ArcSIG.

**Punto de referencia**

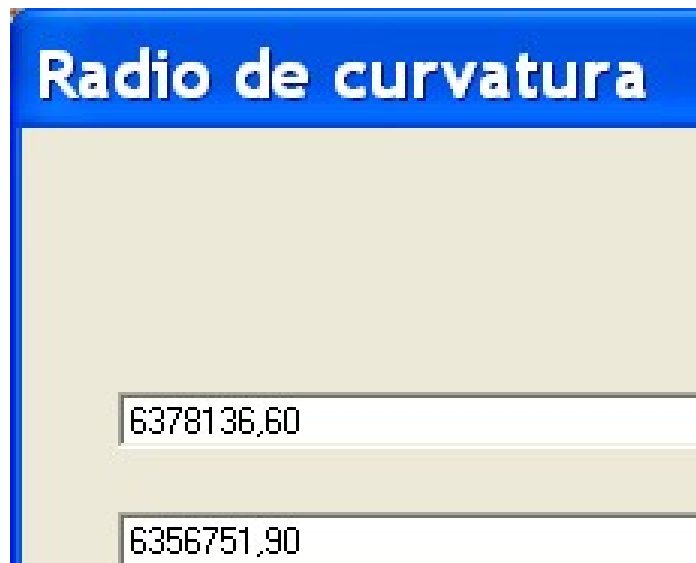
Coordenadas cartesianas

X: 0.00 Y: 0.00

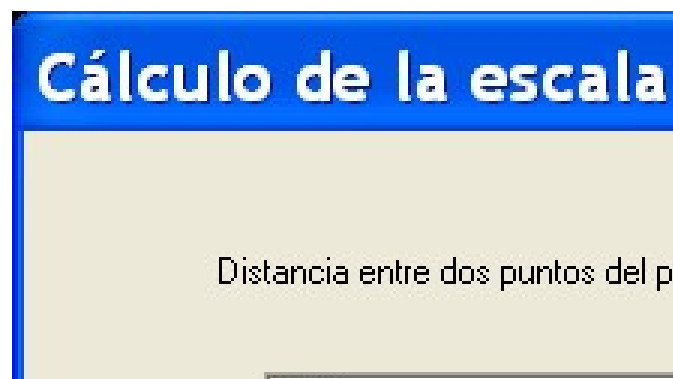
Coordenadas geográficas

X: 63.00000000 Y: 64.00000000

**Radio de curvatura.-** Con este comando el usuario podrá elegir el valor para los dos radios de la Tierra. Usamos el sistema geodésico mundial WGS 84. Dicho sistema es el sistema de coordenadas de referencia usado por los GPS Sistemas de posicionamiento global. Estos radios pueden ser cambiados ligeramente para modificar y ajustar el sistema de referencia a los datos que tenemos, pero se recomienda no modificar los valores que vienen por defecto.



**Cálculo de la escala.-** Este comando es para ajustar la escala de la imagen de fondo importada con la escala de trabajo del programa. Se necesita conocer la distancia entre dos puntos conocidos del mapa. Primero se introduce la distancia conocida entre los dos puntos, y luego se hace 'click' consecutivamente sobre dichos dos puntos del plano y la escala queda automáticamente calculada.



**Exportar en coordenadas cartesianas o geográficas.-** Con este comando podrá exportar los resultados del programa (isolíneas, fuentes, concentraciones, máximos) en ambos tipos de coordenadas. El fichero que se genera es en formato EXCEL.csv y podrá ser abierto con ~~Windows Notepad~~ ~~Arcview~~ o Microsoft Excel. Para que los ficheros puedan ser importados en Arcview sin problemas hemos utilizado el sistema inglés para la numeración decimal. Por ejemplo, un euro con treinta céntimos en el formato inglés sería 1.30 (¡NO 1,30!).

Si usted está utilizando el formato español cuando abra el fichero exportado con EXCEL obtendrá "todos los números en la misma casilla". En tal caso, lo mejor es cambiar el formato numérico de su ordenador. Es muy fácil. Solo debe ir a

WINDOWS >> INICIO >> PANEL DE CONTROL >> CONFIGURACIÓN REGIONAL y buscar el formato inglés. Una vez cambiado el formato se abrirá el fichero correctamente, con cada número en su correspondiente casilla.

### 5.1.8 3D

En esta sección se encuentran los comandos necesarios para trabajar en 3D. La representación 3D es una representación cualitativa de la contaminación, NO CUANTITATIVA. Los gráficos 3D ayudan a visualizar el proceso de contaminación. Los puntos que aparecen son introducidos de una manera artificial mediante un sistema aleatorio que puede regularse en las opciones del dibujo. El promedio temporal no funciona en 3D y las barreras no afectan al cálculo.

La ventana 3D es una extensión de la ventana XY. Los valores de X e Y y las concentraciones que aparecen a pie de gráfico corresponden a la vista del plano XY. Los valores máximos de las concentraciones que aparecen son orientativos. Si después de hacer un cálculo en 2D, efectuamos un cálculo en 3D, desaparecerán los valores del cálculo 2D anteriores. La función IMPRIME, envía a la impresora la información del plano XY. Para imprimir en 3D, use IMPRIME IMAGEN DE FONDO o guarde la imagen en un fichero BMP y luego edítelo con otro programa de imagen Windows e imprima.

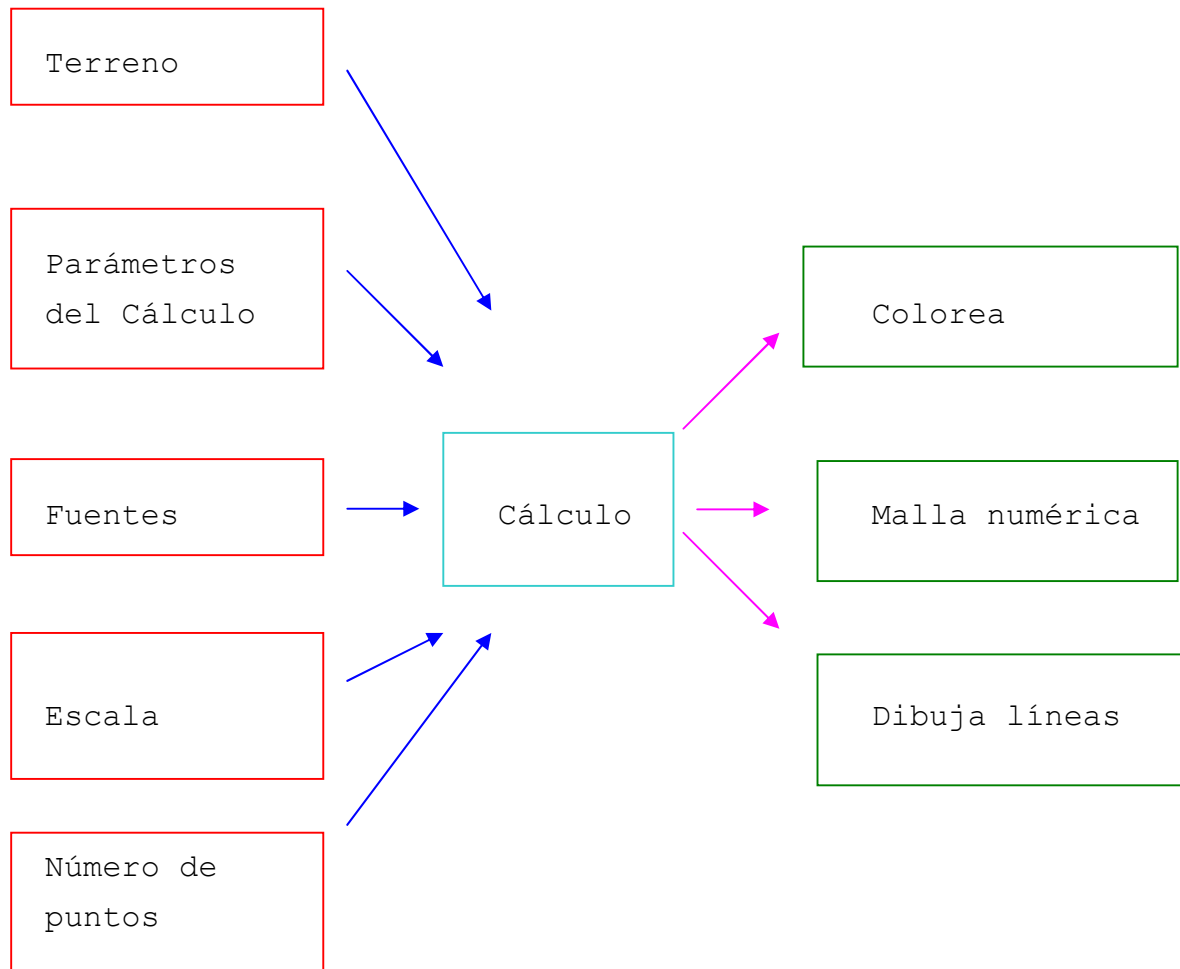
## 5.2 La barra de herramientas de CASTOR-NOISE

Debajo de los menús está la barra de herramientas y nos encontramos con las funciones más habituales de CASTOR-NOISE que vienen en forma de iconos para su fácil utilización. En la barra de herramientas nos encontramos con los iconos de las funciones de **Abrir**, **Guardar**, **Terreno**, **Fuente**,... que serán habitualmente utilizadas por el usuario.

## 6. Estructura del programa

La estructura general de funcionamiento del programa CASTOR-NOISE es la siguiente. Tal y como muestra la figura, la función **cálculo** deberá de aplicarse después de haber introducido los ingredientes necesarios para la simulación, es decir, las fuentes, el terreno y las especificaciones numéricas del cálculo como son la escala y el número de puntos

N. Este comando usará toda esta información para obtener el ruido en cada punto de la malla que anteriormente hemos definido. Si cambiamos cualquier ingrediente como la posición de la fuente, la temperatura, ... deberemos de volver a aplicar la función cálculo para poder volver a obtener un nuevo resultado que tenga en cuenta las nuevas condiciones iniciales.



Las funciones **Colorea** y **Dibuja líneas** son para realizar un tratamiento de la imagen resultante y, por lo tanto, aplicarlas después de haber realizado el cálculo.

La función promedio nos permitirá promediar en el tiempo la simulación numérica. Con el paso del tiempo, pueden variar muchos factores de interés para la simulación como son la cantidad de ruido que emite la fuente, la humedad, ... Con todo esto, el programa permite realizar promedios temporales a la hora de hacer el cálculo.

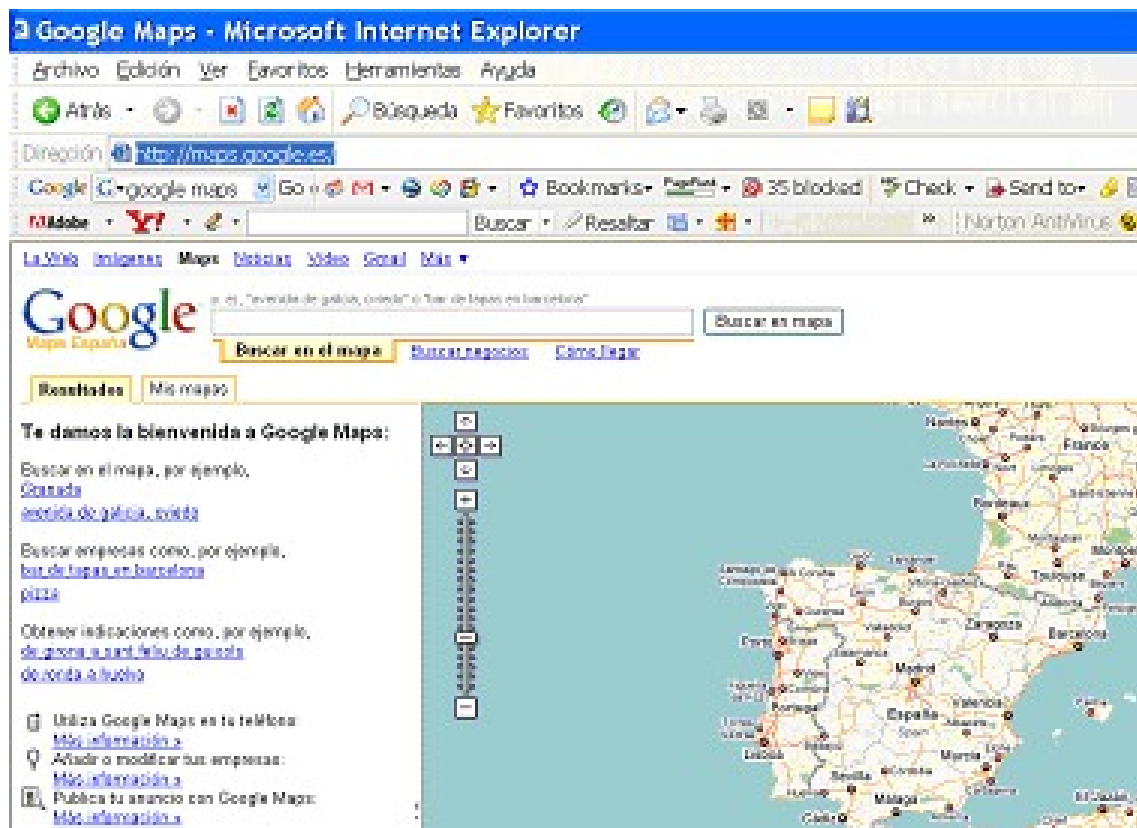




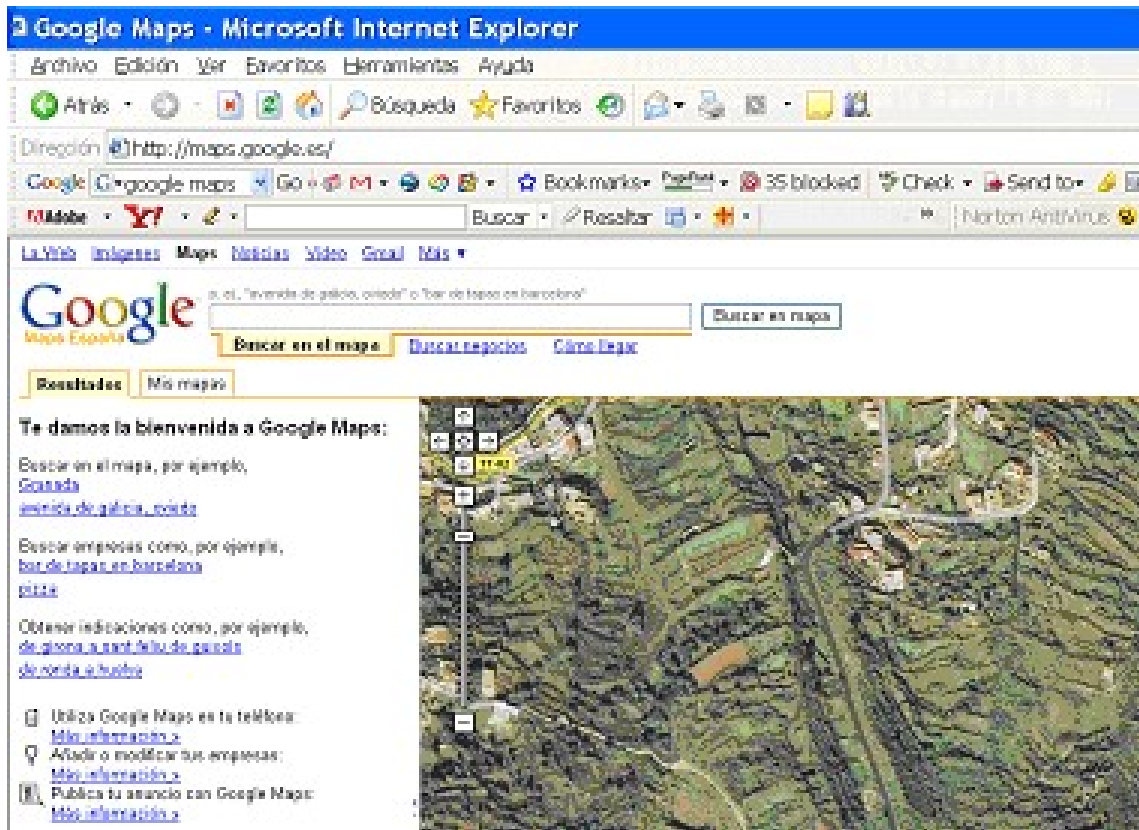
## 7. Trabajar con mapas de Google

1. Use primero su navegador para dirigirse a la página de Google maps. En este caso, usaremos la de España

<http://maps.google.es/>

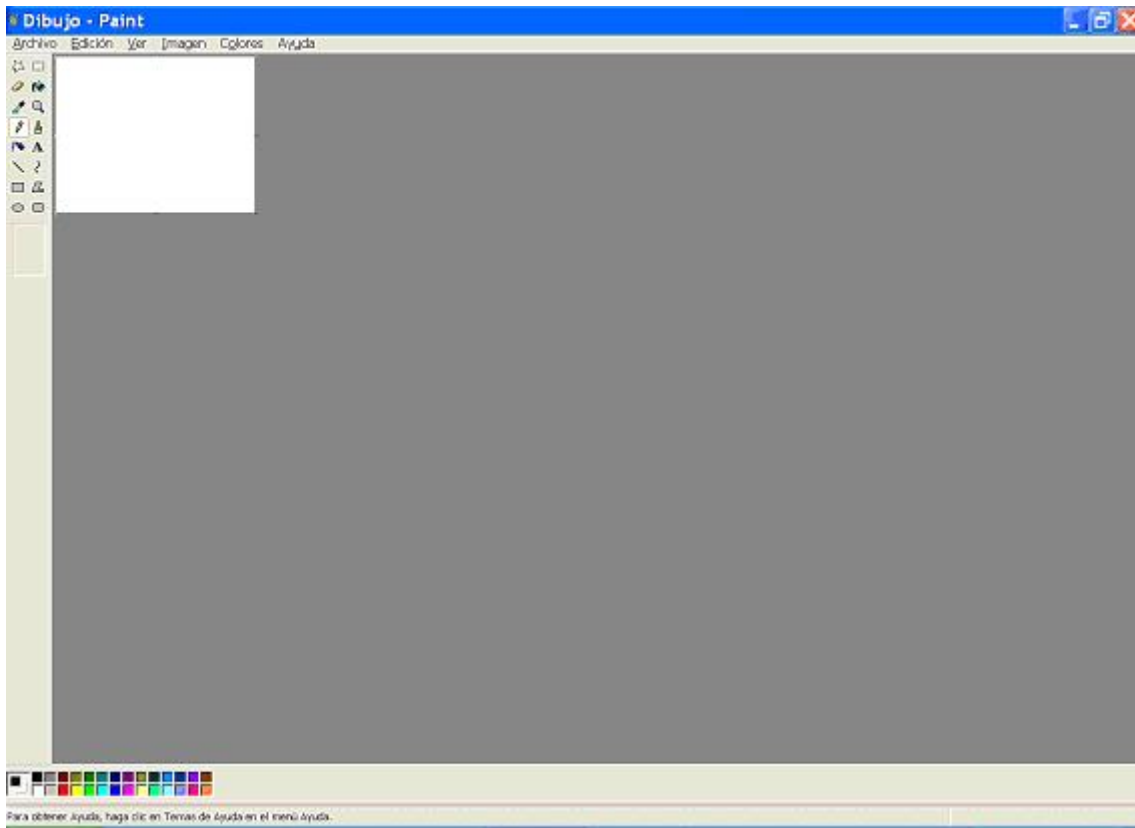


2. Muévase a la zona de interés con las flechas y elija la opción *Terreno* si quiere una vista de satélite. Buscamos en este caso es una zona de Garachico al norte de la isla de Tenerife.

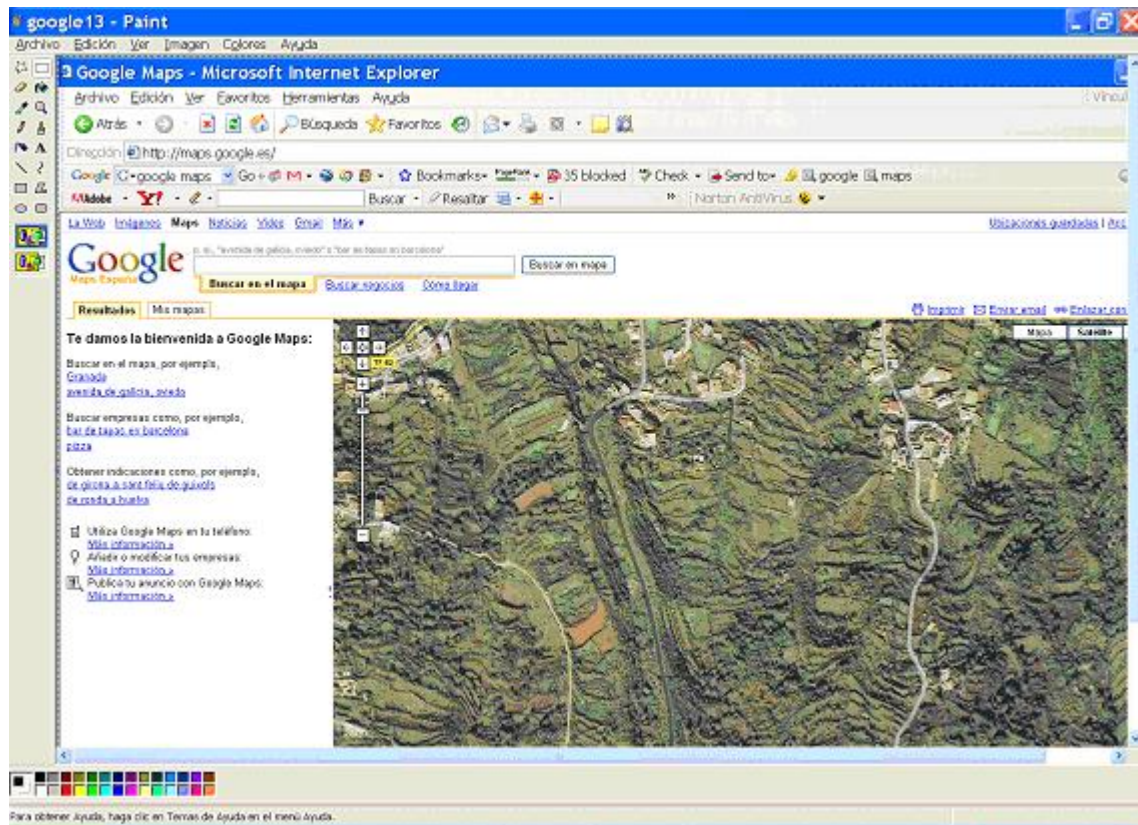


3. Para capturar la imagen puede usar las teclas de capturar imagen de pantalla (*Ctrl+Alt+Impr Pant*), es decir, manteniendo pulsado control (*Ctrl*) y alternativa (*Alt*) a la vez, en el teclado, pulse la tecla imprimir pantalla (*Impr* o bien *Impr Pant* *Pet Sis*, depende del teclado). Así el ordenador captura la imagen de pantalla.

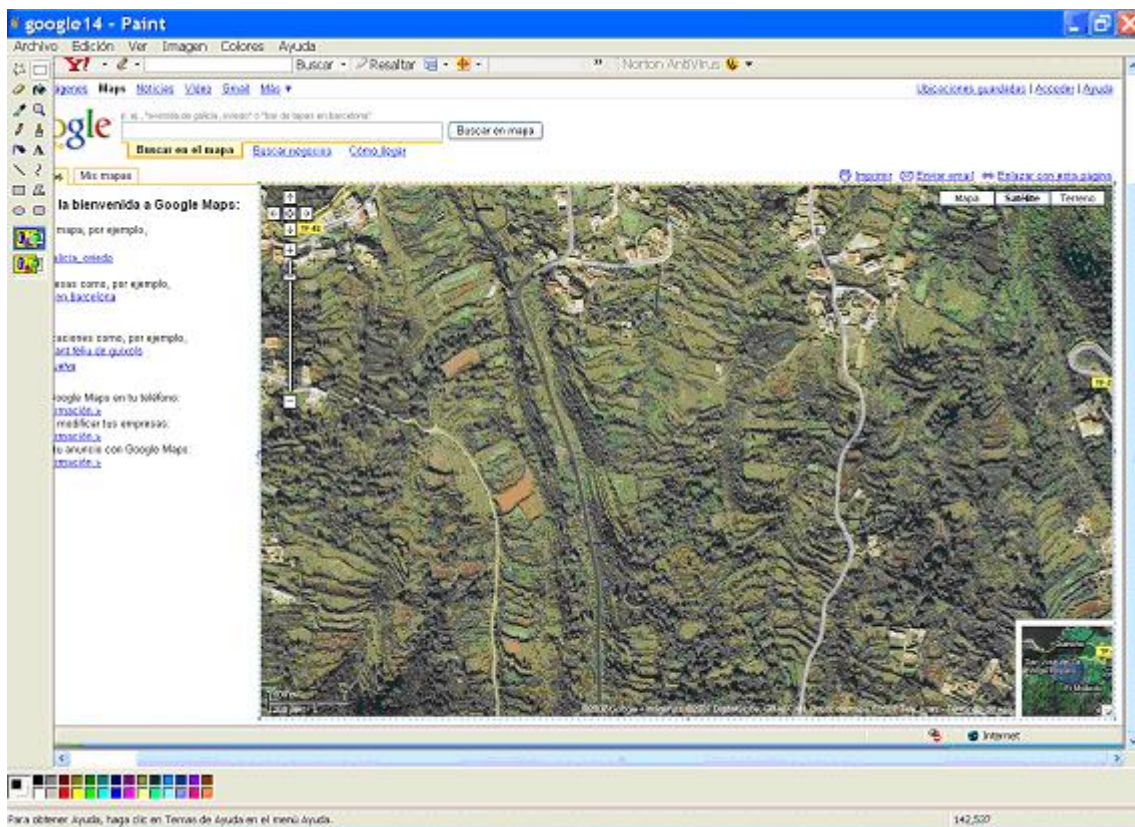
4. Abra el programa *PAINT* de windows (*Inicio >> Todos los programas >> Accesorios >> PAINT*).



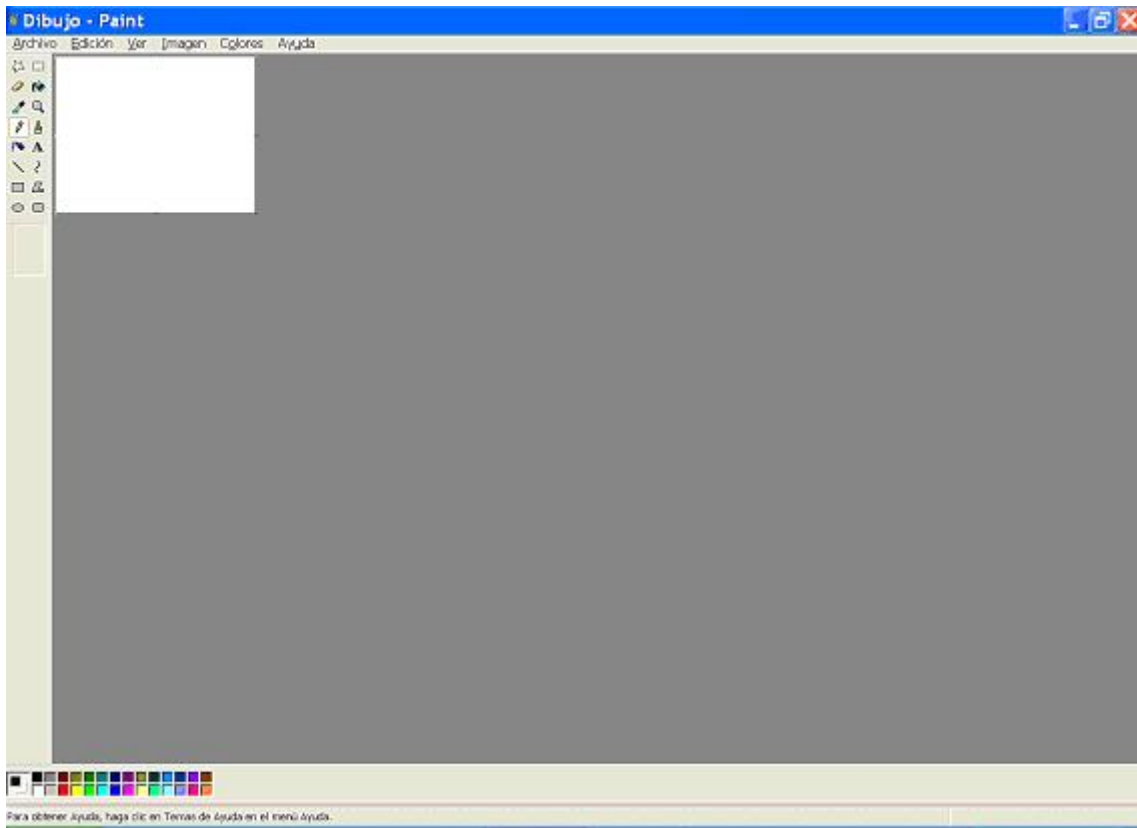
5. Pegue la imagen copiada previamente (*Edición >> Pegar* en el *PAINT*) o usando *Ctrl+V* (pulsar *control* y la tecla *V*). Podrá ver la pantalla capturada de la página web de Google.



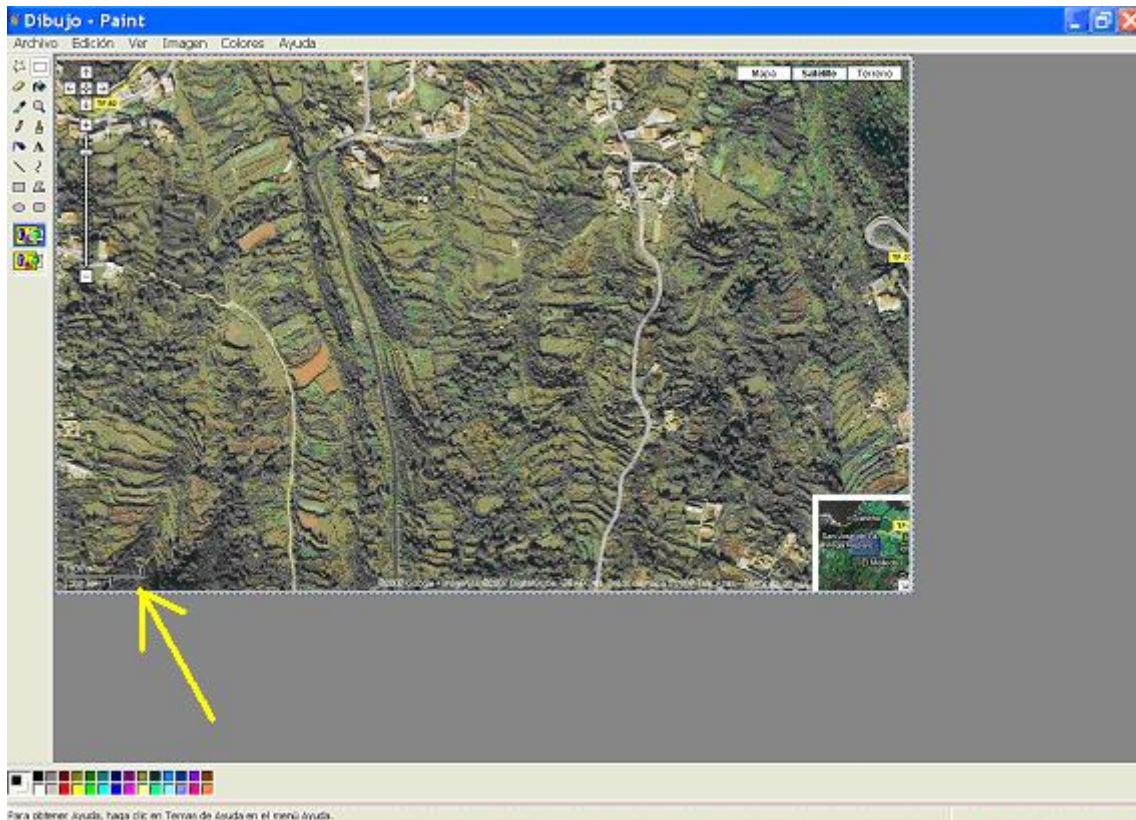
6. Como es natural no desea que aparezcan en la imagen las barras del navegador. Use las flechas del *PAINT* para centrar la imagen del mapa. En la barra de herramientas del *PAINT*, pulse selección (en la gráfica anterior es el icono superior de la fila de la derecha y se encuentra pulsado). Y arrastre manteniendo pulsado el ratón la zona de interés que en este caso es el rectángulo donde se encuentra la imagen.



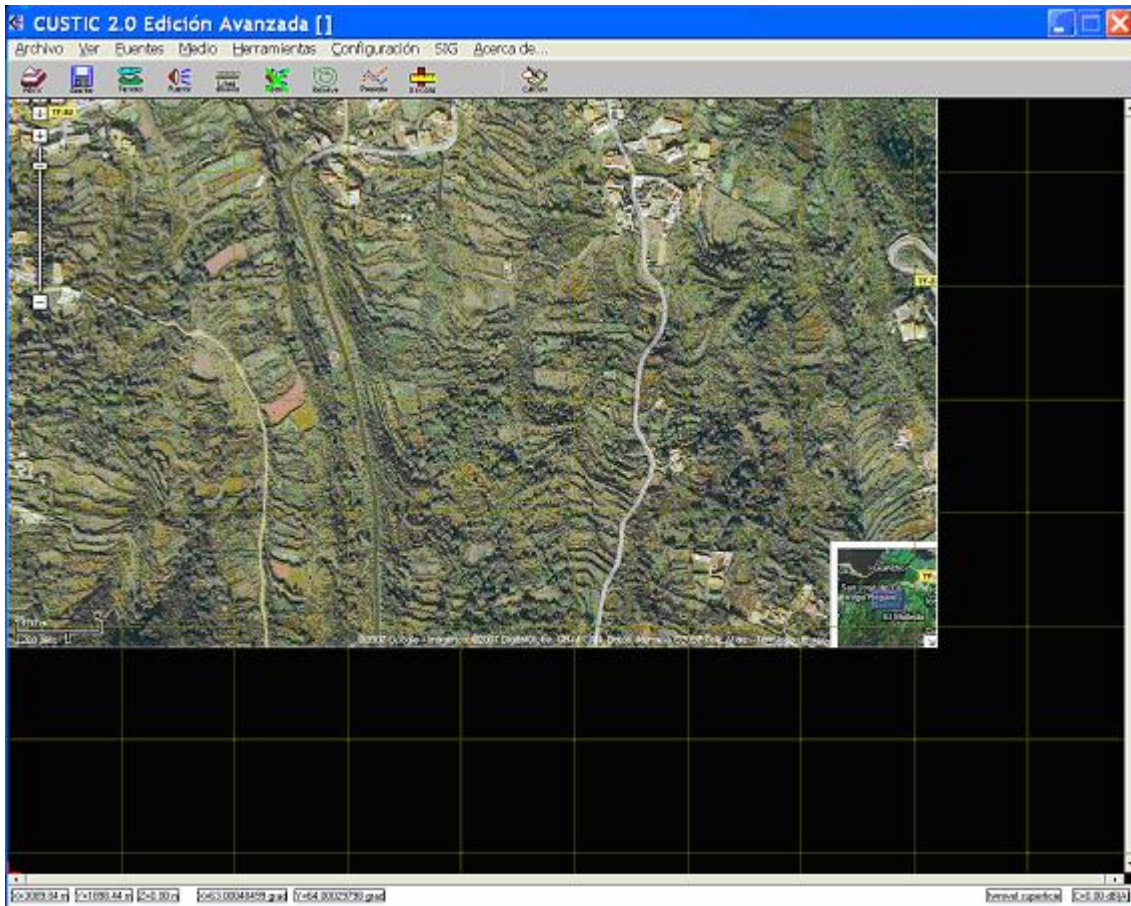
7. Una vez que el rectángulo seleccione la zona de interés, cópiela con *Ctrl+C* o bien en el *PAINT Edición>>Copiar*. A continuación, pulse *Archivo>>Nuevo* en el *PAINT* para tener una pantalla limpia.



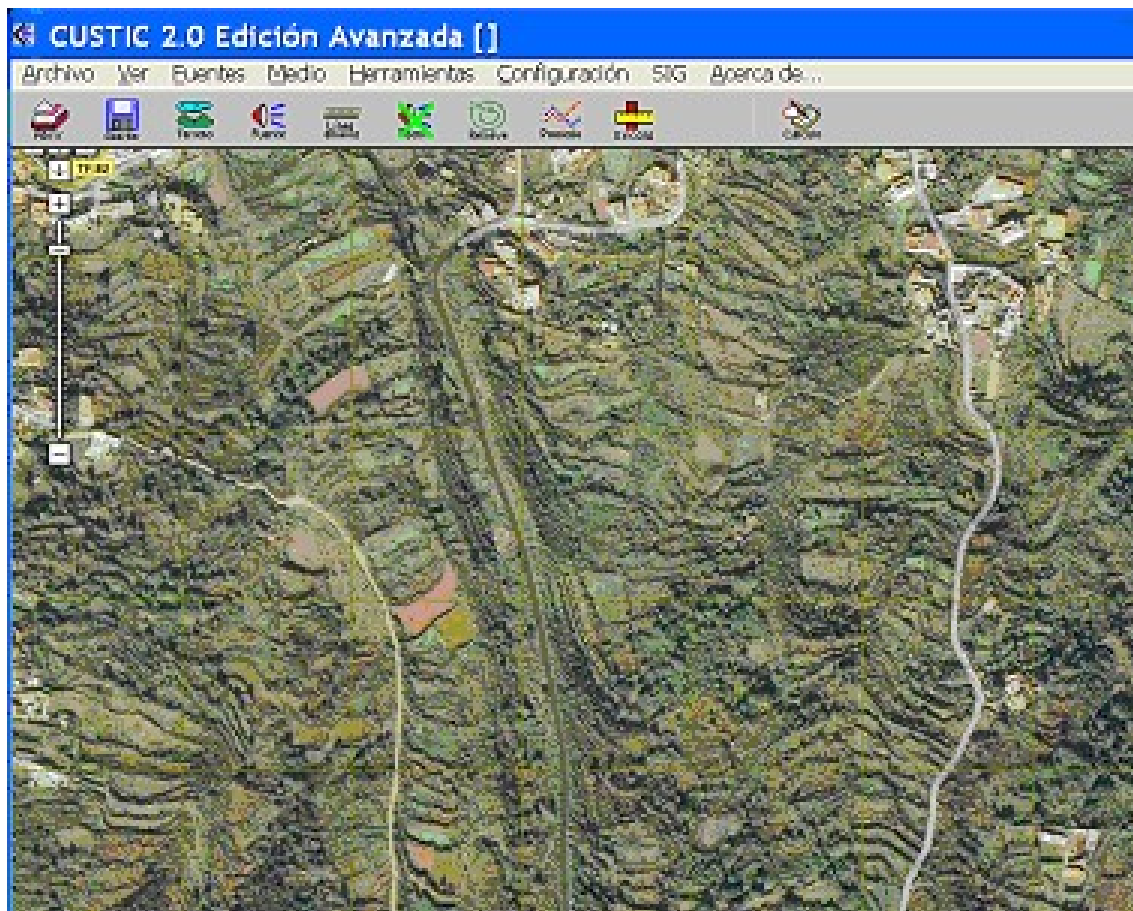
8. Pulse *Ctrl+V* o bien *Edición>>Copiar*. Donde aparecerá la imagen deseada. Nótese que aparece la escala del mapa (señalada con una flecha amarilla) que será de interés posteriormente. A la hora de seleccionar la imagen, procure que aparezca dicha escala.



9. Guarde el archivo como imagen en formato BMP haciendo uso de la función del *PAINT* que está en *Archivo>>Guardar como...*. A continuación abra el CASTOR-NOISE e importe dicho fichero.



10. Para ajustar la escala del CASTOR-NOISE, nos tenemos que fijar en el ancho en metros que aparece en la barra de la escala del mapa de Google (situada entre la punta de la flecha roja y la punta de la flecha amarilla) y en la coordenada X en metros del CASTOR-NOISE (flecha azul). La escala será la correcta cuando al mover el cursor del ratón, desde la punta de la flecha roja hasta la punta de la flecha amarilla, la diferencia en metros de los valores de la casilla (marcada con la flecha azul) coincidan.



Al poner la flecha del ratón en la flecha roja, aparece 7m en la casilla de la flecha azul. Y al poner la flecha del ratón en la flecha amarilla, aparece 75m en la casilla de la flecha azul. Es decir en nuestra escala, dicha distancia es  $75\text{m} - 7\text{m} = 68\text{m}$ .

Sin embargo la barra de la escala del mapa de Google marca 100m. La proporción a corregir es:

$$P = (\text{el valor real de la escala}) / (\text{nuestro valor})$$

$$P = 100 / 68 = 1,47.$$

**11.** Para corregir la escala podemos optar por dos métodos diferentes:

MÉTODO A (más fácil):

En el programa CASTOR-NOISE vamos a *GIS>>Cálculo de la escala* e introducimos una distancia entre dos puntos igual el al ancho en metros que aparece en la barra de la escala del mapa de Google, en este caso 100m.



Pulsamos aceptar en la ventana anterior y hacemos con el ratón un primer 'click' sobre un extremo de la barra de la escala del mapa de Google que aparece en la imagen y un segundo 'click' sobre el otro extremo. Tenemos la imagen a escala y lo podemos comprobar. Al poner la flecha del ratón en la flecha roja, aparece ahora 10m en la casilla de la flecha azul. Y al poner la flecha del ratón en la flecha amarilla, aparece 110m en la casilla de la flecha azul. Es decir en nuestra nueva escala dicha distancia es  $100\text{m} - 10\text{m} = 100\text{m}$  que coincide con la escala de la imagen del mapa de Google. Todo está correcto.

#### MÉTODO B:

En CASTOR-NOISE vamos a *Herramientas*>>*Escala* y nos sale lo siguiente:

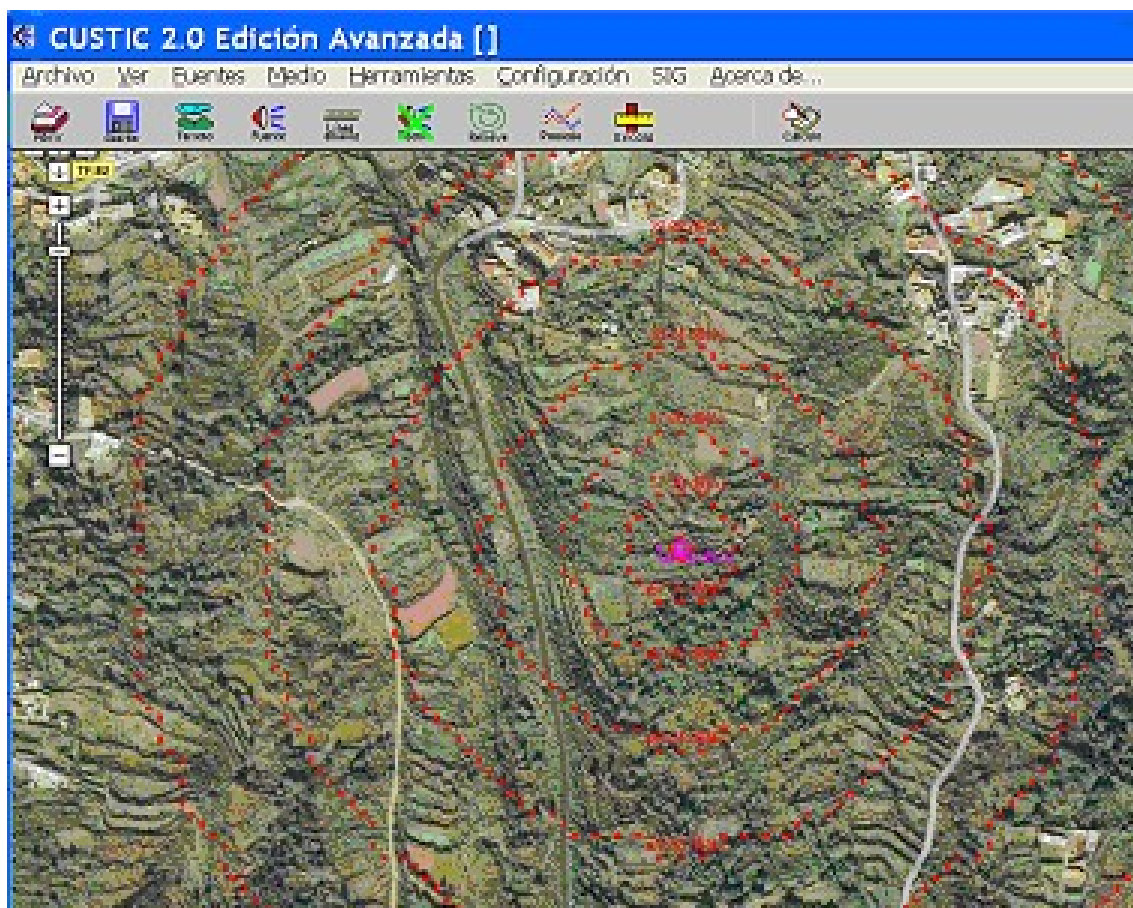
a continuación multiplicamos  $P_x$  (ancho total del eje X) para obtener el valor correcto de la escala, es decir,

(ancho total del eje X correcto)=Px(ancho total del eje X)

(ancho total del eje X correcto)=1,47x1000=1470m

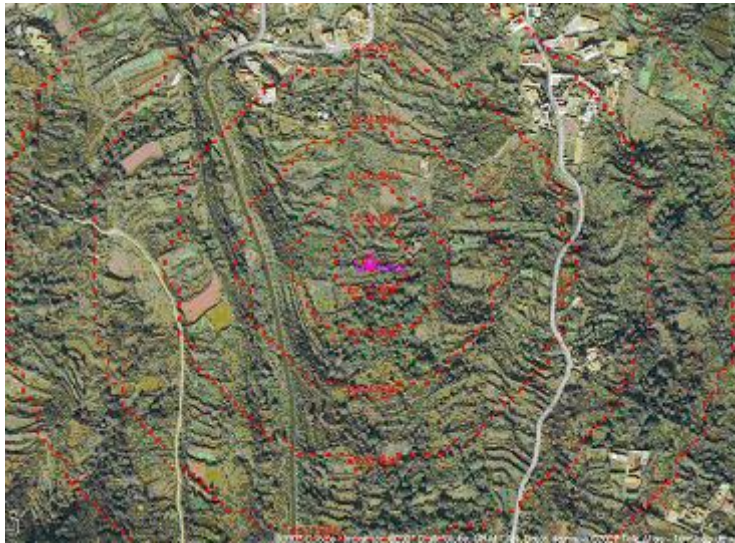
y lo introducimos como nuevo ancho del eje X y pulsamos *Aceptar*. Tenemos la imagen a escala y lo podemos comprobar. Al poner la flecha del ratón en la flecha roja, aparece ahora 10m en la casilla de la flecha azul. Y al poner la flecha del ratón en la flecha amarilla, aparece 110m en la casilla de la flecha azul. Es decir en nuestra nueva escala dicha distancia es  $100m-10m=100m$  que coincide con la escala de la imagen del mapa de Google. Todo está correcto.

**12.** Introducimos una fuente a la izquierda (punto fucsia) y realizamos la simulación. El resultado lo podemos exportar a BMP con el CASTOR-NOISE



**13.** Podemos repetir el procedimiento de los pasos anteriores 6-7-8 para eliminar partes no deseadas de los gráficos y

quedarnos con una imagen final limpia con la simulación realizada.



## 8. Algoritmos usados por el programa

El programa CASTOR-NOISE nos da la posibilidad de estudiar numéricamente una gran cantidad de emisores sonoros que afectan a nuestro medioambiente actual. La base del modelo es el uso de una ecuaciones aproximadas que simulan el ruido que se genera en el aire por un emisor. El modelo puede utilizarse para simular emisiones sonoras de fuentes puntuales, carreteras, vías de tren y aeropuertos. Los algoritmos matemáticos los describiremos con detalle en la siguiente sección.

El modelo CASTOR-NOISE admite datos de la atmósfera para establecer las condiciones de la forma del ruido contaminante. El programa establece el nivel sonoro en cada punto afectado del medio producido por cada una de las fuentes emisoras teniendo en cuenta las propiedades del emisor y el estado del aire. Existe la posibilidad de realizar promedios temporales (diarios, mensuales o anuales) de tal manera que se puede establecer el nivel sonoro promedio en cada punto del medio.

El modelo CASTOR-NOISE hace uso de una ecuación aproximada para cada uno de los puntos emisores. Para cada punto emisor y en cada instante de tiempo el origen de coordenadas se situará en el punto emisor.

Cada uno de los puntos receptores y en cada instante de tiempo tendrán que referirse a este sistema de coordenadas. Cuando hay más de un punto emisor, el ruido en cada punto receptor será igual a la suma de ruidos producida por cada uno de los puntos emisores en dicho punto tal y como vimos en la suma de intensidades sonoras en la sección 3.

Para una fuente exterior, la ecuación que nos dará la intensidad sonora equivalente vendrá dada por:

$$L_{eq} = LW - 20 \log(r) - 11 \text{dB (A)} \quad (1)$$

donde  $r$  es la distancia y  $LW$  la potencia emitida por la fuente puntual que se encuentra en el exterior. Sin embargo, si el ruido es generado por una instalación industrial que se encuentra a una distancia  $r$  del punto receptor, podremos usar la siguiente ecuación,

$$L_{eq} = Li + 10 \log(S) - 20 \log(r) - 14 \text{dB (A)} \quad (2)$$

dónde S es la superficie exterior de la industria y  $L_i$  es el nivel sonoro interior al establecimiento.

En el caso de carreteras, hay que tener en cuenta varias cuestiones. Consideraremos un mínimo de 1000 vehículos a la hora N que atraviesan la carretera y con una velocidad media  $v$  mínima de 50km/h (la máxima a considerar será de 100km/h). Ello nos producirá un nivel sonoro de 68 dB(A) a una distancia de 10m del eje de la calzada de una carretera recta de longitud infinita. El nivel sonoro será,

$$L_{eq}=68\text{dB (A)}+30\text{Log}(v/50)+10\text{Log}(N/1000)-10\text{Log}(r/10) \quad (3)$$

para una carretera recta e infinita. Para poder dibujar una carretera finita y con curvas el programa divide en porciones pequeñas cada uno de los trozos de carretera, que intervienen en el ruido, y analiza su contribución individual. Cada trozo realizará una contribución correspondiente al ángulo que ofrece al punto receptor de la siguiente manera

$$L_a=-10\text{Log}(a/180) \quad (4)$$

siendo  $a$  el ángulo en grados. La contribución total vendrá dada por la suma de cada una de las contribuciones individuales  $L_i$  según la ecuación

$$L_{eq}= 10.\text{Log}[\sum_i 10^{(L_i/10)}] \quad (5)$$

que es la manera habitual de sumar intensidades acústicas. Las vías férreas tendrán un tratamiento matemático análogo al de las carreteras. En el caso de aeropuertos, utilizaremos una ecuación propia para la intensidad sonora

$$L_{eq}=L_{eq}(300\text{m})-20\text{Log}(r/300) \quad (6)$$

dónde  $L_{eq}(300\text{m})$  es el nivel sonoro equivalente a 300m de la pista cada vez que despega o aterriza un avión. En todos los modelos empleados por CASTOR-NOISE cabe la posibilidad de evaluar efectos de atenuación del terreno debido a la humedad del aire y de la temperatura en cuyo caso se le restarán los decibelios correspondientes por cada 100m de distancia entre la fuente emisora y el receptor.

Finalmente, añadiremos que nuestro modelo considera la emisión sonora en un medio uniforme y de tamaño infinito en

todas las direcciones. No tiene en cuenta los efectos de la reflexión de las ondas en las montañas.

## 9. Referencias científicas

- P.M.Morse, K.U.Ingard, Theoretical Acoustics, Princeton University Press.
- J.Llinares, A.Llopis, J.Sáncho, 1996, Acústica arquitectónica y urbanística, Universidad Politécnica de Valencia.
- A.Lawrence, 1970, Architectural Acoustics, Applied Science Publishers.
- L.Beranek, 1962, Music Acoustics and Architectura, Wiley.
- The Highways Agency (1994) Design Manual for Roads and Bridges, Volume 10, Environmental Design, Section 5, Environmental Barriers, Part 1, Design Guide for Environmental Barriers, HMSO, London.
- The Highways Agency (1995) Design Manual for Roads and Bridges, Volume 10, Environmental Design, Section 5, Environmental Barriers, Part 2, Environmental Barriers: Technical Requirements, HMSO, London.
- The Highways Agency (1994) Manual of Contract Documents for Highway Works Volume 1 Specification for Highway Works Series 2500 Special Structures.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (1976) A Guide to Visual Quality in Noise Barrier Design. California Department of Transportation (1997) Technical Noise Supplement 1st Draft.
- Benz Kotzen and Colin English (1998) Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design, E & FN Spon, London.
- David C Hothersall and Richard J Salter (1977) Transport and the Environment, Crosby Lockwood Staples, London.
- Ian Sharland (1986) Woods Practical Guide to Noise Control, Woods of Colchester Limited.
- Environmental Protection Department, Application of Screening Structure to Abate Noise from Surface

Transportation, Environmental Protection Department, Hong Kong.

- Environmental Protection Department (2000) Housing Design to Abate Traffic Noise in Hong Kong, Environmental Protection Department, Hong Kong.
- Environmental Protection Department (2001) Screening Structures and Building Designs against Transportation Noise in Hong Kong, Environmental Protection Department, Hong Kong.
- Hong Kong Government (1991) Environmental Guidelines for Planning in Hong Kong, an Extract from the Hong Kong Planning Standards & Guidelines.
- Hong Kong Government (1997) Environmental Impact Assessment Ordinance.
- Hong Kong Government (1997) Technical Memorandum on Environmental Impact Assessment Process.
- Highways Department (2001) Particular Specification for Noise Barriers, Highways Department, Hong Kong.
- Highways Department (2002) Final Report of the Noise Enclosure Lighting - Engineering Study, Highways Department, Hong Kong.