

Una herramienta para la manipulación de configuraciones geométricas *

Maria Gisela Dorzán¹, Edilma Olinda Gagliardi¹, Pablo Rafael Palmero¹
Gregorio Hernández Peñalver²

¹ Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, Argentina

{mgdorzan,oli,prpalmero}@unsl.edu.ar,

² Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, España
{gregorio}@fi.upm.es

Resumen En este artículo se presenta una herramienta para la generación y visualización de triangulaciones, pseudotriangulaciones y poligonizaciones de conjuntos de puntos en el plano. La misma permite generar diferentes tipos de dichas estructuras geométricas, realizar operaciones sobre ellas y describir propiedades de interés. Además, permite visualizar secuencias de configuraciones geométricas obtenidas mediante la aplicación secuencial de un operador.

Palabras claves: Geometría Computacional, Triangulación, Pseudotriangulación, Poligonización, Visualización.

1. Introducción

El estudio y desarrollo de ciertos algoritmos geométricos implica considerar los datos de entrada, las configuraciones paramétricas y los resultados intermedios, de forma tal que finalizada la etapa de ejecución, el paso siguiente es el análisis de resultados. De ese análisis, se puede determinar el desempeño del algoritmo, la influencia de los parámetros que se utilicen, o el alcance de la toma de decisiones como consecuencia de los resultados, por lo cual el investigador extrae teorías o conclusiones de su trabajo. Este proceso previo a la revisión de resultados finales conlleva en algunas situaciones a tener que trabajar con grandes volúmenes de datos, por lo que se hace necesario contar con herramientas adicionales que faciliten y viabilicen estas tareas.

En el estudio de problemas de optimización sobre configuraciones geométricas, tales como las triangulaciones, pseudotriangulaciones y poligonizaciones, los autores nos encontramos con una dificultad semejante. Un algoritmo metaheurístico genera diversas instancias del problema, que mediante una estrategia dada, encuentra la configuración geométrica más cercana a la óptima buscada.

*Este trabajo es subvencionado por el Proyecto “Tecnologías Avanzadas de Base de Datos” 22/F614-UNSL; y parcialmente subvencionado por el proyecto del Ministerio Ciencia e Innovación MTM2008-05043 - España.

El uso de este tipo de algoritmos, provoca que la cantidad de soluciones observadas superen los miles, evidenciando que el tratamiento y observación de cada instancia manualmente no se puede llevar adelante. Por ello, nos propusimos el desarrollo de una aplicación capaz de visualizar estas estructuras, ayudar a comprender mejor los resultados obtenidos y a tomar decisiones con mayor rapidez respecto a los cambios en el algoritmo utilizado.

Esta herramienta cumple diversos propósitos, de acuerdo a cada uno de los problemas investigados, facilitándonos observar las evoluciones de las búsquedas, comportamientos surgidos, aproximaciones a las soluciones buscadas, entre otras, y también, nos ha permitido facilitar la didáctica de la enseñanza-aprendizaje de los tópicos investigados.

En este artículo se describe la funcionalidad de la aplicación. Dentro de la sección 3 se describe la aplicación en general. La sección 4 detalla las diferentes partes que componen la ventana de la aplicación. Desde la sección 5 a la 9 se explican las diferentes zonas que contienen las herramientas de trabajo. En la sección 10 se identifican las referencias sobre los colores y la notación utilizada en el área de trabajo. Las opciones son descriptas en la sección 11. En la sección 12 se describe la barra de estado que muestra la información referente a la configuración que se esté visualizando. Se describe la barra de menús en la sección 14. La sección 15 refiere a la muestra de lotes de instancias. Finalmente se dan las conclusiones y visión de futuro del trabajo.

2. Descripción de la aplicación

Existen varias aplicaciones visualizadoras de algoritmos geométricos disponibles. Algunas de ellas, además, están disponibles para uso libre, pero pocas están dedicadas a la visualización de lotes de resultados devueltos por algoritmos geométricos utilizados para mejorar ciertas medidas de calidad. Además, se pueden conseguir aplicaciones dedicadas a mostrar resultados de algunos algoritmos en particular, pero no se encuentran aplicaciones que reúnan diferentes algoritmos con el objetivo de poder comparar sus resultados.

Dentro de la línea de investigación Geometría Computacional y Bases de Datos, se realizan estudios sobre temas referidos a problemas de optimización relacionados con ciertas medidas de calidad de configuraciones geométricas ¹ tales como triangulaciones [1], pseudotriangulaciones [2] y poligonizaciones [6]. De esto, resulta necesario contar con una aplicación capaz de visualizar estas estructuras y que ayude a comprender mejor los resultados obtenidos y a tomar decisiones con respecto a los cambios en el algoritmo utilizado con mayor rapidez.

Teniendo esta idea en mente, resulta de gran utilidad realizar una aplicación utilizando técnicas de programación orientada a objetos para proveer características de extensibilidad y para estructurar el desarrollo de un sistema complejo.

¹Siempre que se hable de configuración geométrica se refiere a un grafo $G = (P, R)$, donde P es el conjunto de puntos y $R \subseteq P \times P$. Este grafo tiene la restricción de que sus aristas no pueden intersectarse entre ellas.

Esta aplicación tiene como fines ser utilizada como una herramienta educativa y de experimentación en las actividades de proyectos de investigación como así también en cursos de Geometría Computacional. En este sentido, esta herramienta forma parte de una colección de trabajos que se vienen realizando conjuntamente con el Departamento de Matemática Aplicada de la Universidad Politécnica de Madrid, teniendo de esta forma visualizaciones y operaciones sobre distintos problemas dentro del campo de la Geometría Computacional y que son usados como apoyo en la enseñanza de la disciplina.

La herramienta visualizadora que aquí se presenta se ha desarrollado en lenguaje Java, utilizando NetBeans como framework para la codificación de los algoritmos y la edición del entorno gráfico. Los algoritmos geométricos desarrollados están basados en algoritmos utilizados por las aplicaciones: ProRouting [7], Intercambio de Aristas [8] y Triangulaciones [4], las cuales son implementaciones de algoritmos teóricos. Los algoritmos de pseudotriangulaciones [2] y poligonizaciones [6] son adaptaciones de los desarrollados por integrantes del grupo de investigación. Además, cuenta con la capacidad de calcular y mostrar el peso y la dilación de un grafo dado, de comparar distintos algoritmos de triangulaciones con triangulaciones de Delaunay, intercambiar (*flip*) aristas y dibujar grafos manualmente.

Esta aplicación puede ser ejecutada en cualquier sistema que tenga instalado una Máquina Virtual de Java (JVM) tanto en modalidad de escritorio como embebida en la web.

3. Entorno gráfico

Al ejecutar la aplicación, se despliega la ventana de la Figura 1, en la cual vemos que tenemos dos barras para trabajar: la barra de herramientas, donde se encuentran las diferentes zonas de herramientas, y la barra de estado, donde se brinda información de la configuración visualizada.

Además de las barras, hay un área de trabajo, la cual por razones de implementación de la librería Swing de Java, el centro del plano cartesiano (0,0) se encuentra en la esquina superior izquierda del área de trabajo y, por ende, la coordenada y se incrementa positivamente hacia abajo del área de trabajo. Aunque por lo general las aplicaciones tienen botones en la parte superior de la ventana, en este caso se ha decidido colocarlos al lateral de la misma. La razón de esta política se basa en que la mayoría de los monitores tienen una relación de aspecto de proporciones 4:3, o sea, cada 4 píxeles de ancho, hay 3 de alto. Colocando los botones lateralmente, se logra un área de trabajo con dimensiones similares en ancho y alto.

4. Zona de dibujo

Las tareas que se pueden realizar aquí se excluyen mutuamente, es decir que sólo se puede realizar una tarea a la vez.

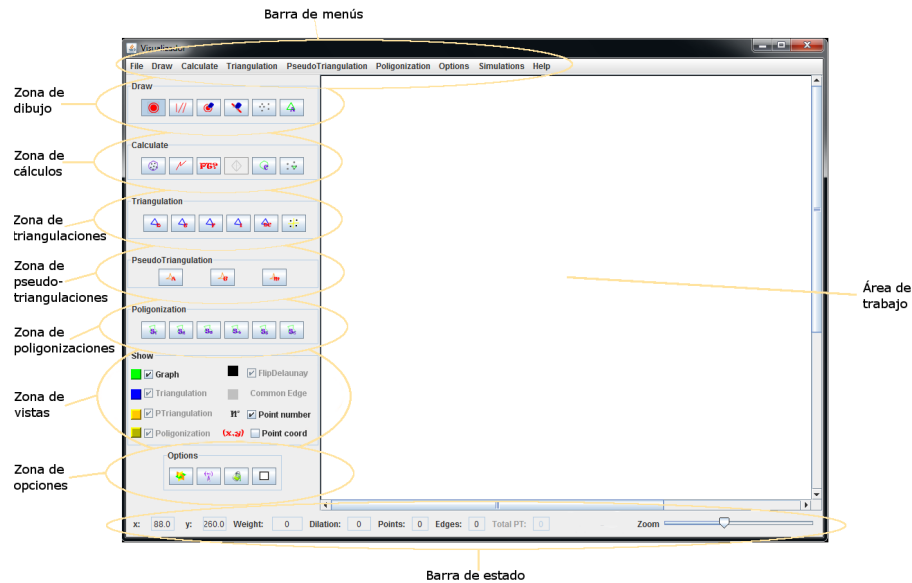







Figura 1: Ventana de la aplicación.


 Agregar punto: Presionando el botón izquierdo del ratón dentro del área de trabajo se agregan la cantidad de puntos necesarios. Los mismos están representados con dos círculos, uno relleno contenido en otro, ambos de color negro. Luego se verá que es posible modificar la imagen que los representa.

 Agregar arista: Para agregar una arista entre dos puntos p y q se debe marcar con el cursor primero el punto p , el cual quedará resaltado en rojo, y luego el punto q con lo que la arista quedará dibujada, si es que no corta alguna de las ya agregadas.

 Borrar punto: Para borrar un punto se debe presionar sobre el punto que se desea borrar. Si la operación tuvo éxito, los puntos restantes se numerarán nuevamente.

 Borrar arista: para borrar aristas, hay que presionar en la arista a borrar directamente.

 Agregar puntos aleatoriamente: Si se quieren agregar puntos aleatoriamente, una vez elegida la opción, la aplicación abrirá una caja de diálogo que solicita la cantidad de puntos a agregar. Esta operación utiliza un algoritmo de aleatorización de la clase Math de Java.

 Generar triangulación aleatoria: A partir de esta opción se genera una triangulación aleatoria del conjunto de puntos del área de trabajo.

Si se necesita mover un punto, asegurarse que los botones de la zona de dibujo no estén seleccionados. Luego de esto, podrá mover el punto deseado manteniendo presionado el botón izquierdo del ratón sobre el punto en cuestión.

Para quitar la selección de un punto, sólo se debe clicar en alguna parte del área de trabajo libre de puntos.

Las aristas agregadas manualmente se muestran de color verde.

5. Zona de cálculos

Este grupo de botones permite realizar distintas operaciones aplicadas a un conjunto de puntos o configuraciones geométricas:



Casco convexo: Marca el casco convexo de un conjunto de puntos utilizando el algoritmo scan de Graham[5].



Dilación: Calcula y muestra la dilación de una triangulación o pseudotriangulación, manual o generada por algún algoritmo, marcando las aristas involucradas con color rojo. El valor numérico resultante de esta operación es mostrado en la barra de estado.



Consulta por pseudotriangulación: Es posible preguntar si cierta configuración generada manualmente cumple con las restricciones para ser una pseudotriangulación.



Intercambio de aristas: Una vez que una triangulación ha sido generada por algún algoritmo, se activa la opción de *flips* que permite intercambiar aristas de la misma. Al presionar este botón, se resaltan en celeste las aristas intercambiables, en negro las que coinciden con aristas que pertenecen a la triangulación de Delaunay de la actual nube de puntos y en azul las que no se pueden intercambiar.

Para poder intercambiar una arista es necesario seleccionarla aproximadamente en la parte media de dicha arista. Si intentamos hacerlo con una arista de color azul, nos mostrará un cartel indicando el error.



Polígono convexo: Otra de las operaciones posibles es la generación de un polígono convexo aleatorio. Para el mismo, la aplicación solicita al usuario la cantidad de puntos por los que estará constituido el polígono.



Triángulo de menor área: El último de los cálculos que puede realizar la aplicación es la búsqueda en tiempo $O(n^2)$ del triángulo de menor área dentro de una nube de puntos dada por el usuario. Para este cálculo se utiliza el algoritmo 3SUM [3].

6. Zona de triangulaciones






La aplicación cuenta con cinco algoritmos de triangulación aplicables a una nube de puntos como entrada. Una vez elegida la triangulación que se desea generar, se muestran las aristas en el área de trabajo y permite elegir alguna de las restantes retriangulando el polígono en el momento, pudiendo comparar los


resultados y las medidas de calidad entre todas las triangulaciones que resulten de interés.

Solamente la triangulación incremental con preordenación necesita de un dato extra para su ejecución: el ángulo con el que se quiere realizar la preordenación y la elección del próximo candidato. Este ángulo puede ir de 1° a 180° , donde el ángulo se mide contrariamente a las agujas del reloj.

Las aristas que pertenecen a una triangulación obtenida por alguno de los algoritmos provistos son de color azul. Se pueden agregar, eliminar o modificar la ubicación de puntos manualmente, triangulándose nuevamente la nube de puntos resultante.




Se puede generar cualquiera de los siguientes grafos:

 Delaunay -  Voraz (Greedy) -  Abanico -  Incremental con preordenación -  Basada en la técnica Divide y Vencerás con preordenación.

Otro algoritmo implementado, aunque no genera una triangulación, está directamente relacionado con la de Delaunay, es el que construye el diagrama de Voronoi . El mismo se aplica a una nube de puntos y sus regiones se muestran con líneas punteadas amarillas. También se recalcula una vez que se agrega, borra o modifica algún punto de la nube.

7. Zona de pseudotriangulaciones

Esta aplicación cuenta con la capacidad de poder generar cualquiera de las siguientes pseudotriangulaciones sobre una nube de puntos:


 Aleatoria -  Voraz distancia mínima (Greedy) -  Voraz distancia máxima (Greedy).


Se pueden realizar las mismas operaciones que se efectúan sobre las triangulaciones, excepto la operación de flip.


Las aristas son de color naranja pero en el caso que se generen junto a una triangulación sobre la misma nube de puntos, las aristas coincidentes a ambas configuraciones se muestran en color gris.


8. Zona de poligonizaciones


Se puede aplicar un algoritmo de poligonización simple con diferentes parámetros a una nube de puntos. Dentro de los parámetros a elegir se encuentran: la forma de calcular el triángulo inicial, la política para elegir el próximo punto y la próxima arista a considerar. Las distintas combinaciones permitidas son las siguientes:


 S1: El primer punto es elegido aleatoriamente, pero los dos siguientes serán los más cercanos al elegido (*RandomGreedyTriangle*). Luego de armar el triángulo inicial, el próximo punto será el más cercano (*GreedyPoint*). Dentro de las aristas visibles, se elige la que al agregar forme la menor área (*GreedyEdge*).

 S2: Para el triángulo inicial se utiliza la estrategia *RandomGreedyTriangle*. Los próximos puntos se eligen aleatoriamente (*RandomPoint*). Al igual que S1, la arista se elige con la estrategia *GreedyEdge*.

 S3: El triángulo inicial se toma como en los dos casos anteriores (*RandomGreedyTriangle*), pero continúa tomando los puntos junto con la arista que agreguen el área menor (*GreedyArea*).

 S4: El triángulo inicial se forma con tres puntos elegidos aleatoriamente (*RandomTriangle*). Para elegir el punto y la arista siguiente se utilizan las estrategias *GreedyPoint* y *GreedyEdge*, respectivamente.

 S5: En este caso se elige el triángulo inicial como en S4 (*RandomTriangle*), de la misma forma se elige el próximo punto (*RandomPoint*), pero para la elección de la arista se utiliza la estrategia *GreedyEdge*.

 S6: La última modalidad toma como estrategias a *RandomTriangle* y a *GreedyArea* para formar el polígono.

Al igual que en el caso de las triangulaciones y las pseudotriangulaciones, se puede agregar, mover o borrar puntos de la nube, recalculándose la poligonización automáticamente.

9. Zona de vistas

En esta zona se permite mostrar u ocultar un grafo manual, una triangulación, una pseudotriangulación y/o una poligonización generada. Además, posibilita al usuario a mostrar u ocultar el número y las coordenadas de cada punto.

También esta zona puede ser usada de referencia para identificar el significado de los colores que se utilizan para dibujar cada configuración geométrica. Así mismo, presionando el cuadro de color que referencia cada grafo se despliega un panel de colores para poder modificarlo.

Esta zona se muestra en la Figura 2.

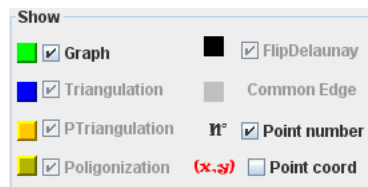


Figura 2: Zona de vistas.

10. Zona de opciones

En la zona de opciones, además de encontrarse el botón para limpiar el área de trabajo, hay tres botones que pueden ser utilizados para dar una mejor percepción de la realidad representada por el grafo actual. Dentro de ellos están:



Imagen de fondo: Muestra u oculta la imagen de fondo, previamente cargada desde el menú.



Imagen de punto: Cambia el ícono preestablecido del punto y así da la posibilidad de que sea una imagen más representativa, como en la Figura 4 donde el punto es simbolizado por el dibujo de una antena.



Pintar triángulo: Permite pintar triángulos que pertenezcan a una triangulación de diferentes colores y con ello realizar modelados de texturas. Como fue el caso del uso que le dieron los jóvenes que visitaron la UNSL para el día del investigador del año 2011, quienes modelaron sus caras (ver apéndice).



Limpiar área de trabajo: Permite limpiar el área de trabajo para iniciar nuevamente.

11. Barra de estado

En la barra de estado se encuentra información referente a la configuración en la que se esté trabajando. Los datos que se muestran son los siguientes:

- Posición del cursor del ratón dentro del área de trabajo.
- Peso de la triangulación o pseudotriangulación.
- Dilación de la triangulación o pseudotriangulación.
- Cantidad de aristas.
- Cantidad de puntos.
- Cantidad de pseudotriángulos (en caso de que el grafo sea de tales características).
- Ampliar / Reducir (*Zoom*): Una de las ventajas de contar con una aplicación para visualización de resultados de algoritmos, es la posibilidad de aplicar técnicas gráficas para tener una mejor comprensión de los resultados. Es posible modificar el *zoom* de la imagen que se está visualizando en el área de trabajo, lo que permite observar con claridad ciertas partes del grafo que necesitan de un mayor detalle o ampliar el área para trabajar con configuraciones de mayor tamaño. Esta operación puede ser aplicada de manera gradual.

Las distintas partes de esta barra se pueden ver en la Figura 3.

12. Área de trabajo

El primer paso para empezar a generar una configuración es agregar puntos. Los puntos pueden ser agregados manualmente a través del ratón, generados de manera aleatoria o cargados desde un archivo.



Figura 3: Barra de estado.

- Carga manual: El usuario puede hacer uso del ratón para agregar puntos, presionando el botón izquierdo en el área de trabajo. Mientras mueve el ratón por esta zona, verá sus coordenadas en la barra de estado. Podrá agregar tantos como quiera, siempre y cuando el punto a agregar no tenga la misma coordenada que alguno ya añadido. Si mantiene presionado el botón del ratón en alguna posición donde hay un punto, podrá moverlo hacia la ubicación deseada.
- Carga aleatoria: Desde esta opción se pueden cargar tantos puntos como se desee, los mismos serán distribuidos uniformemente dentro de la zona del área de trabajo cuyas coordenadas son (x, y) , donde x e y pertenecen al rango $[0, 1000]$.
- Carga desde archivo: Para el tratamiento de los datos (puntos y aristas) desde archivos de texto, la aplicación permite recuperar configuraciones que: hayan sido generadas manualmente, a través de algún algoritmo que provee la herramienta o alguna instancia que haya sido el resultado de alguna evaluación experimental. Para ello, la aplicación necesita de un archivo donde estén guardadas las coordenadas de puntos y otro donde estén las aristas (opcional) para vincular los puntos que estén cargados.

En el caso del archivo de puntos, las coordenadas deben tener el siguiente formato: (x, y) , donde cada punto descripto debe ir en una línea distinta del archivo de texto. Estas coordenadas pueden estar dadas en valores enteros o reales (utilizando el símbolo punto para separar el valor entero del decimal). Para el archivo de aristas, las mismas deben estar dadas por la referencia al índice o número de línea que tenga cada punto. Deben ser descriptas con este formato: $p_1 p_2$. Cada una de las aristas separadas por un espacio en la misma línea del archivo de texto.

Pasos para cargar configuraciones desde archivos:

1. Ir a la barra de menú y presionar *File*.
2. Elegir *Load points* y seleccionar el archivo de puntos.
3. Volver al menú *File* y esta vez elegir *Load edges* para cargar las aristas.

Una vez realizados estos pasos se mostrará la configuración resultante, pudiendo salir un mensaje de advertencia sobre los puntos no agregados (si tienen coordenadas negativas) o aristas no agregadas (si hacen referencia a puntos no insertados).

Puesto que los algoritmos geométricos están basados en problemas de la vida real, es necesario contar con un ambiente capaz de reproducirlo para un mejor entendimiento, por lo que la herramienta permite insertar una imagen de fondo para poder mostrar estudios reales de estos algoritmos. Además es posible

modificar la imagen que representa el punto sobre el problema real. Las imágenes pueden estar en formatos como GIF, JPEG o PNG. Por ejemplo, si estamos modelizando la ubicación de las antenas WIFI dentro de una ciudad, podemos poner un mapa de la ciudad en cuestión como imagen de fondo y cambiar el punto por la imagen de una antena, como en la Figura 4.

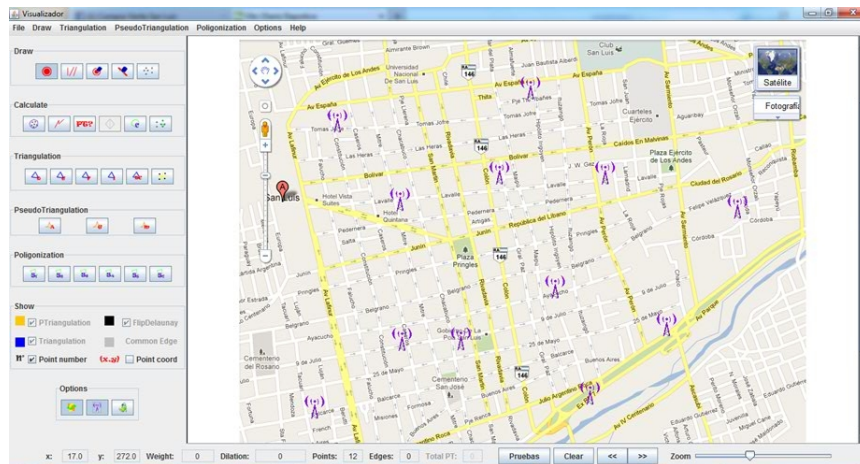


Figura 4: Representación de energía.

Las estructuras geométricas resultantes del uso de la aplicación, se pueden almacenar en dos archivos de texto (solamente guarda coordenadas de puntos y aristas). También es posible guardar lo visualizado en el área de trabajo en una imagen de tipo PNG de alta calidad o en una imagen vectorial EPS.

13. Barra de menús

La barra superior de menús cuenta con los mismos accesos que los que se encuentran en la barra de herramientas, pero agrega algunas particularidades más. Una de las características a las que se accede desde aquí es al tratamiento de archivos. En el menú *File* se puede operar de la siguientes formas:

- Cargar puntos (*Load points*): Permite cargar puntos desde archivo.
- Cargar aristas (*Load edges*): Permite cargar aristas desde archivo.
- Cargar imagen de fondo (*Load background image*): Brinda la posibilidad de seleccionar una imagen como fondo del área de trabajo.
- Cargar imagen de punto (*Load point image*): Desde aquí se puede seleccionar un archivo de imagen para representar el punto.
- Guardar puntos y aristas (*Save points and edges*): Guarda la configuración generada en el área de trabajo. Se abrirán dos cuadros de diálogos diferentes, uno para guardar el archivo de puntos y el otro para el de aristas.

- Guardar imagen - PNG (*Save image - PNG*): Almacena en un archivo tipo .PNG la configuración visualizada en el área de trabajo actual junto con la imagen de fondo y la imagen del punto, siempre que éstos hayan sido modificados.
- Guardar imagen - EPS (*Save image - EPS*): Almacena en un archivo tipo .EPS la configuración visualizada en el área de trabajo actual.
- Salir (*Exit*): De la misma forma que sucede cuando se presiona sobre el botón de salir de la ventana, la aplicación revisa si se ha generado algo dentro del área de trabajo y, en caso de que así sea, brinda al usuario la posibilidad de guardar su trabajo.

También se encuentra en esta barra toda la documentación de la aplicación, a la que se accede desde el menú *Help*. Ahí se encuentra el manual de uso, el sitio web del grupo de investigación desde donde se puede obtener información y descargar la aplicación, y los datos de la versión de la misma.

Una de las características más importantes de esta aplicación es la posibilidad de mostrar simulaciones generadas desde algoritmos externos. En la siguiente Sección se describe la opción *Simulations* la que permite la visualización de una secuencia de configuraciones.

14. Simulaciones

Dado que esta herramienta está pensada con fines científicos, cuenta con la posibilidad de visualizar paso a paso la generación de distintas configuraciones geométricas de modo tal de poder ver la transición entre una y otra.

Cada vez que se cambia de una instancia a otra, la aplicación dibuja la próxima configuración destacando en rojo las aristas que desaparecieron, en verde las que se agregan, en azul las que se quitaron y se volvieron a añadir, y en negro las que no se modificaron, con respecto a la instancia anterior.

Algo importante de esta modalidad de trabajo, es la posibilidad de modificar alguna instancia particular. Esta opción permite cargar al área de trabajo del panel principal la configuración que se esté visualizando, la cual es tomada como un grafo dibujado manualmente al que se le pueden modificar los puntos y las aristas, calcular y mostrar su dilación y aplicar todas las operaciones que hemos indicado en las secciones anteriores.

La ventana de simulaciones puede verse en la Figura 5. En la misma se puede observar:

- Barra de información: Aquí se mostrará el título que referencia la modalidad con la que fue generada la ejecución (por extensión o por flips, como se explica en la sección siguiente), el nombre del archivo donde se encuentran las instancias cargadas, la dilación y el peso de la configuración que se esté mostrando en el momento.
- Área de muestra: En esta área se visualizará la instancia elegida. A diferencia de la visualización principal, cuenta con ejes numerados como guía para ubicarse dentro de la configuración. Aunque permite ver la posición de un

punto posicionándose encima de él con el cursor del ratón, no permite realizar modificaciones.

- Área de acceso: Cuenta con los botones necesarios para realizar la carga de los datos (una vez cargados los puntos se habilita el botón para cargar instancias), moverse a través del conjunto de instancias, ampliar o reducir (*zoom*) la visualización del gráfico, guardar la instancia mostrada en un archivo de imagen JPEG y por último, transferir la configuración mostrada al área de trabajo del panel principal.

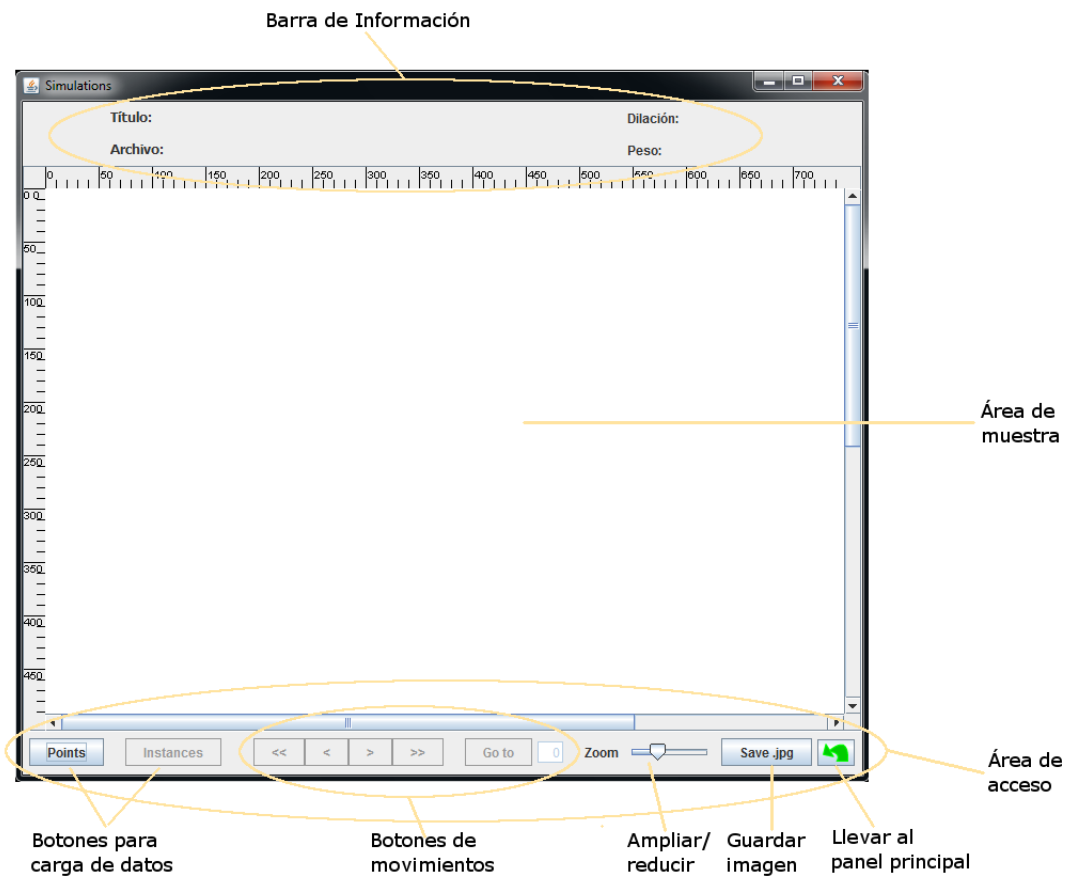


Figura 5: Ventana de simulaciones.

14.1. Formato de archivos

Se necesitan dos archivos para la muestra de la simulación. Primero debemos tener un archivo de puntos, el cual debe tener el mismo formato descrito para

la visualización principal, denotando cada punto con sus coordenadas (x, y) , con un punto por línea. En el segundo archivo se especifican las diferentes configuraciones generadas a partir de los puntos cargados anteriormente. Estas instancias pueden estar descritas de dos maneras: dando todas las configuraciones por extensión que se quieran mostrar o dando la configuración inicial y en las líneas siguientes, los intercambios de aristas que se fueron aplicando a lo largo de la ejecución que las generó.

A continuación se detallan las dos maneras posibles de generar archivos de instancias:

- Opción 1: El archivo debe contener cada configuración a mostrar en una línea distinta. Cada configuración se denota como un conjunto de pares ordenados $\{(p_1, p_2) (p_2, p_3) (p_1, p_6) \dots (p_n, p_m)\}$. Cada par ordenado representa una arista identificada por medio de dos puntos, los cuales deben ser indicados por el orden en que fueron leídos desde el archivo.
- Opción 2: En la primera línea se debe describir la configuración inicial, dando las aristas a través de referencias al índice de los puntos que la componen con el formato descrito en la Opción 1. Luego, las próximas instancias se formarán de acuerdo al conjunto de intercambios que se hayan realizado, describiendo cada uno en una línea. Dentro de cada línea tendremos dos conjuntos de aristas, las que se quitan y las que se agregan, cada uno encerrado entre un par de llaves $(\{(p_1, p_2) (p_3, p_4) \dots (p_5, p_2)\} \{(p_4, p_2) (p_3, p_4) \dots (p_3, p_2)\})$.

El siguiente ejemplo muestra un caso particular de una secuencia de flips en una triangulación:

- Archivo de puntos:
302.0 235.0
465.0 124.0
544.0 227.0
419.0 255.0
509.0 320.0
377.0 345.0
- Archivo de intercambios:
 $\{(5, 3) (0, 1) (1, 3) (1, 2) (1, 4) (5, 1) (2, 4) (3, 4) (4, 5) (0, 5)\}$
 $\{(1, 4) (5, 1)\} \{(3, 2) (3, 0)\}$
 $\{(1, 3) (3, 4)\} \{(0, 2) (5, 2)\}$

La Figura 6 muestra la secuencia de intercambios.

Los pasos para visualizar una simulación son:

1. Presionar el botón *Points* para cargar el archivo de puntos.
2. Presionar el botón *Instances* para cargar el archivo de instancias.
3. Moverse a través de los botones de movimientos para ver las diferentes configuraciones. Los botones son:
 - <<: Ir a la instancia inicial.
 - <: Retroceder a la instancia previa.

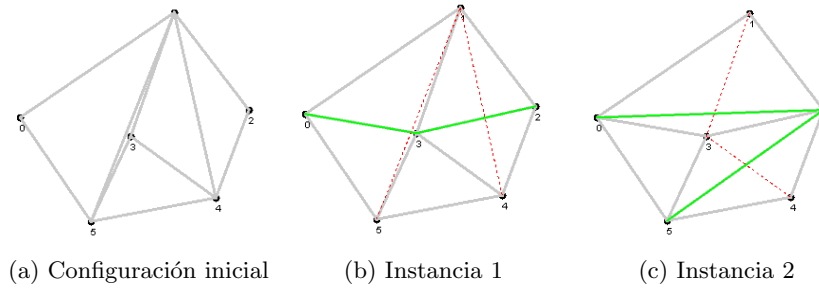


Figura 6: Secuencia de instancias.

- >: Adelantar a la instancia siguiente.
- >>: Ir a la instancia final.
- Go to: Ir a la instancia que se encuentra en la posición descrita en la caja de texto conjunta a este botón.

La aplicación diferencia a cada uno de los archivos de instancias de acuerdo a la segunda línea del archivo que define cómo son definidas las instancias que siguen a la inicial. Si la segunda línea presenta un solo conjunto de aristas, la aplicación leerá configuraciones completas. De lo contrario, si se describen dos conjuntos de aristas, encerrando cada con pares de llaves ($\{$, $\}$), la aplicación leerá el archivo esperando conjuntos de intercambios.

15. Conclusiones y visión de futuro

En este trabajo se presentó una aplicación capaz de mostrar diferentes configuraciones geométricas útiles para la resolución de problemas reales. Dentro de ellas tenemos: triangulaciones, pseudotriangulaciones y poligonizaciones.

Además de mostrarlas, permite realizar algunas operaciones sobre ellas: intercambio de aristas, cálculo de dilación y peso, búsqueda de triángulos de menor área.

Por otra parte, cuenta con la capacidad de mostrar un conjunto de instancias de configuraciones cargadas desde un archivo. Este sistema se puede utilizar para el proceso de análisis de resultados obtenidos por algoritmos metaheurísticos.

La aplicación está en continuo desarrollo, actualmente se está trabajando en la incorporación de algoritmos para generar nuevas triangulaciones y pseudotriangulaciones. También está preparada para la incorporación de nuevos algoritmos para el tratamiento de otras configuraciones geométricas u otras medidas de calidad.

Referencias

1. Leguizamón M. G. y Hernández Peñalver G. Dorzán M. G., Gagliardi E. O. Using aco metaheuristic for mwt problem. XXX International Conference of the Chilean Computer Science Society Chile, 2011.

2. Leguizamón M. G. y Hernández Peñalver G. Gagliardi E. O., Dorzán M. G. Approximations on minimum weight pseudo-triangulation problem using ant colony optimization. XXX International Conference of the Chilean Computer Science Society, 2011.
3. King J. A survey of 3sum-hard problems, 2004.
4. Arteaga Moreno L. M. Triangulaciones de nubes de puntos. Universidad Politécnica de Madrid, España, 2002.
5. Preparata F. P. and Hong S. J. Convex hulls of finite sets of points in two and three dimensions. *Commun. ACM*, 20(2):87–93, February 1977.
6. Gagliardi E. O. y Hernández Peñalver G. Taranilla M. T. Approaching minimum area polygonization. XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 2011.
7. Gil J. M. y Hernández G. Prorouting: una herramienta para la visualización de grafos de proximidad y estrategias de ruteo. Universidad Politécnica de Madrid, España, 2002.
8. Cubas J y Tarín U. B. Flips: Intercambios de aristas en grafos geométricos. Universidad Politécnica de Madrid, España, 2004.