

## Geometría Fractal aplicada al Diseño de Piezas de Joyería

Juan M. Taboada, Jorge Rojas & Francisco J. Vico  
Grupo de Estudios en Biomimética  
Universidad de Málaga  
Parque Tecnológico de Andalucía  
E-29590 Málaga

### Motivación

La posibilidad de dotar de creatividad a la máquina ha sido explorada desde la creación de los primeros ingenios mecánicos. Por ello no es sorprendente que el diseño automático, como objetivo restringido de la creatividad pura, se haya convertido en uno de los principales objetivos en el campo de la Inteligencia Artificial. Sin embargo, el enorme avance de las técnicas de CAD (diseño asistido por ordenador) contrasta con el estancamiento en razonamiento deductivo. En efecto: la Informática ha revolucionado la metodología del diseñador, ofreciendo un conjunto de herramientas que reduce el tiempo de desarrollo, mejora la calidad del resultado y permite acceder a nuevas técnicas de diseño, pero son escasos (y siempre poco eficientes) los programas que ayuden en el proceso creativo, estimulando, guiando o emulando el estilo del diseñador.

### Antecedentes

El Grupo de Estudios en Biomimética de la Universidad de Málaga ha trabajado en los últimos años en la obtención de técnicas de diseño inspiradas en la Naturaleza. La Biomimética está aportando soluciones al campo del diseño, basadas en los modelos de Redes Neuronales, los Algoritmos Genéticos y la Geometría Fractal. En esencia se trata de imitar la computación natural: la estructura de algunos objetos (desde formaciones geológicas hasta el sistema sanguíneo) y los procesos de optimización observables en los seres vivos. Los trabajos publicados demuestran el uso de la computación evolutiva en el diseño de piezas de implante (Vico, 2000), y su combinación con neurocomputación para diseñar teléfonos (Vico et al., 1997, 1999), así como el potencial creativo del proceso embrionario (Veredas et al., 2000).

La principal conclusión de este período de trabajo es que los métodos de apoyo al diseño creativo pueden ser viables y eficientes, entendidos como herramientas que estimulen la obtención de formas iniciales (búsqueda en amplitud), y refinar las soluciones seleccionadas (búsqueda en profundidad). Es decir, estas técnicas deben incorporarse poco a poco en tareas de diseño, como una evolución del trabajo actual, interactuando con el diseñador en problemas que demandan esfuerzo. Por poner un ejemplo, vemos que el *brainstorming* en diseño es una de las actividades más costosas, pues demanda una dedicación intensa y coordinada de los expertos. El ordenador, como máquina generadora de ruido, ofrece unas características ideales para realizar un *brainstorming* continuo sobre el diseñador (Vico et al., 1999).

Los estudios sobre geometría fractal han puesto de manifiesto la preferencia de la creatividad humana y natural por el ruido  $1/f$  (o ruido rosa). Este tipo de estructura estadística subyace en las composiciones musicales (clásica o étnica), en la lengua hablada, en los mercados financieros y en el ritmo cardíaco, por citar solo unos ejemplos. El ruido rosa domina nuestro entorno y la actividad humana en general, y parece un ingrediente importante en la cognición y el trabajo creativo. Las técnicas fractales son modelos matemáticos generadores de formas con dosis variables de ruido rosa, y la actividad del diseño se beneficia en buena parte de esta propiedad: la arquitectura y la decoración son sectores avanzados en la aplicación de la geometría fractal. El trabajo que presentamos aquí combina técnicas fractales y estrategias evolutivas en una de las tareas de diseño más antiguas que realiza la especie humana: la joyería.

### Resultados

*Geoma* es una herramienta de apoyo en el diseño de piezas de joyería, que “bombardea” al diseñador con formas novedosas, inspirando nuevas líneas de exploración o refinando ideas prometedoras para llevarlas a piezas finales. Basado en métodos fractales compatibles con las técnicas actuales de fabricación de joyas (prototipos artesanales e impresión en cera), *Geoma* genera de forma interactiva objetos resultantes de la utilización de gramáticas (*L-systems* y

*Shape-grammars*). Arborizaciones, mallas, estructuras planas y tridimensionales emergen al parametrizar el conjunto de reglas de producción (figura 1). La generación de objetos se realiza en dos fases: (1) con una gramática se genera la forma del objeto, es decir, su estructura fractal, y (2) añadir al objeto la información necesaria para su representación gráfica (maquillaje) en un segundo plano la traducción a un lenguaje que se centra en la representación del objeto, y que se basa esencialmente en ser capaz de representar el objeto en el plano o en el espacio. Este lenguaje es genérico para 2D y 3D, lo que nos permite trabajar directamente con las gramáticas generadoras de formas obviando los cálculos para su representación.

**Cuadro 1.** Gramática generadora de formas.

<b>objeto</b> → ( nodo <b>rama</b> * ) <b>rama</b> → arista nodo  <b>objeto</b>
--

Para obtener derivaciones de la gramática anterior se busca una cadena que corresponda con lo que encontramos antes de la flecha y sustituimos por lo que encontramos después de la flecha. El "\*" representa que podemos poner "rama": 0, 1 o más veces repetidas consecutivamente, permitiendonos sustituir cada una de ellas por lo que "rama" nos ofrece para sustituir. El "|" indica que podemos elegir entre las dos opciones presentadas "nodo" u "objeto".

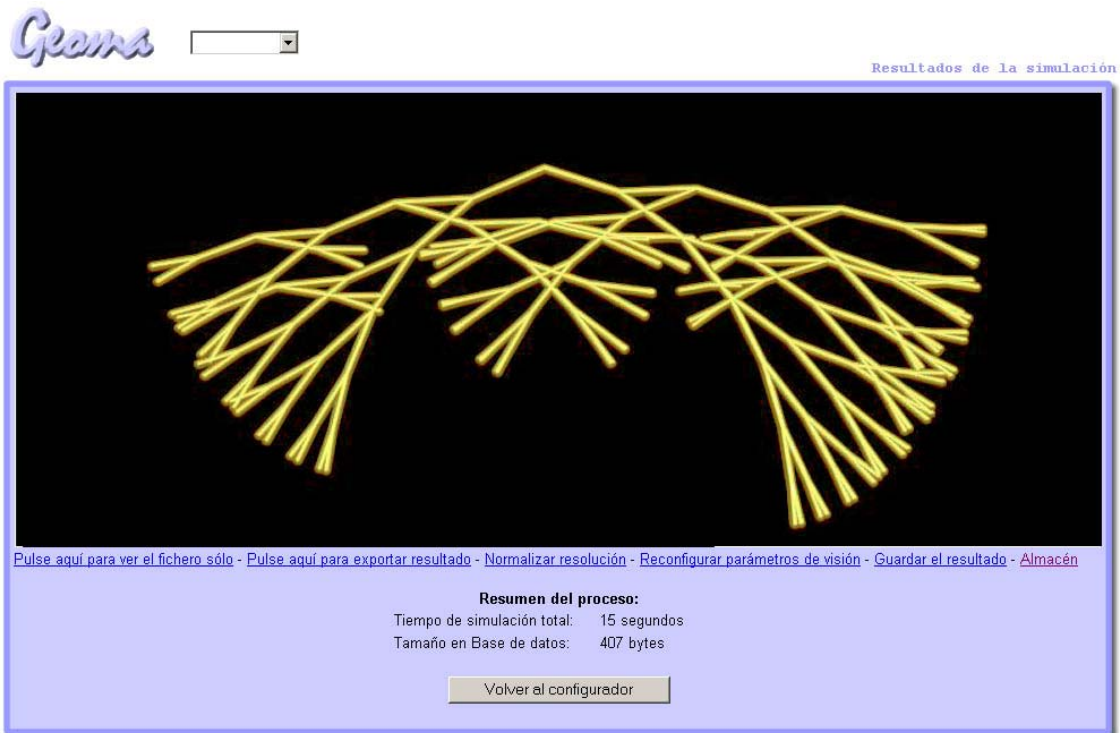
**Cuadro 2.** Derivación de la gramática anterior.

<b>objeto</b> ⇒ ( nodo <b>rama</b> ) ⇒ ( nodo arista <b>objeto</b> ) ⇒ ( nodo arista ( nodo <b>rama</b> <b>rama</b> ) ) ⇒ ( nodo arista ( nodo arista nodo arista nodo ) )
--

Realmente la derivación presentada en el cuadro 2 está incompleta, ya que la gramática es aún más compleja, con objetivo de controlar cambio de ángulos, longitudes y grosores, por lo que el resultado real equivale a: "( nodo (1.44) arista (-15.0, 32.3) ( nodo (4.81) arista (-15.0, 32.3) nodo (1.3) arista (15.0, 16,1) nodo (2.6) )" y que equivale a:

- Un nodo de radio 1.44 unidades conectado mediante una rama que varía  $-15^\circ$  del ángulo inicial y que es de longitud 32.3 unidades a otro nodo.
- Este otro nodo de 4.81 unidades de radio está conectado a dos ramas.
- Una de longitud 32.3 unidades, y que varía  $-15.0$  grados con respecto al ángulo inicial del segundo nodo y en cuyo extremo hay un nodo que tiene un radio de 1.3 unidades.
- La otra rama de longitud 16.1 unidades, y que varía  $15.0$  grados y en cuyo extremo hay un nodo que tiene un radio de 2.6 unidades.

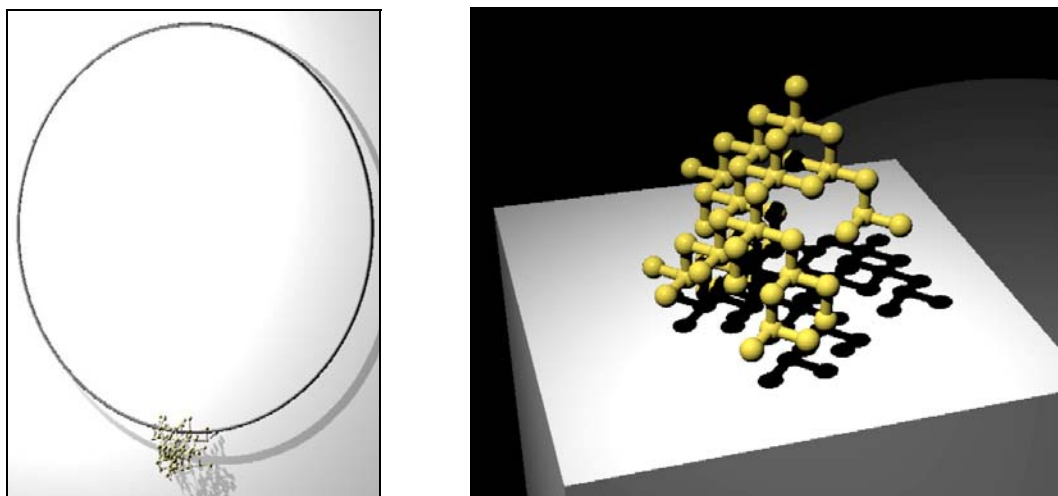
*Geoma* está desarrollado para su utilización a través de *Internet*, de manera que con los navegadores convencionales se puede llevar a cabo el proceso de diseño de una joya desde cualquier ordenador conectado a la red (<http://www.geoma.geb.uma.es>). Los resultados obtenidos pueden guardarse en un almacén de diseños particular de cada usuario y exportarse a los formatos gráficos convencionales, para su edición posterior con programas especializados (figura 2).



**Figura 2.** Objeto resultante de una simulación presentado en el interfaz de Geoma.

La interacción del diseñador con *Geoma* se convierte en un proceso de generación de formas por ensayo y error, donde el estilo creativo del diseñador guía la búsqueda de formas definitivas. Existen, sin embargo, un número de restricciones de diseño que pueden satisfacerse de forma automática. En este sentido, las restricciones ergonómicas son codificadas en *Geoma* para su optimización directa mediante estrategias evolutivas. Estas técnicas llevan a cabo una búsqueda por mutación de los parámetros gramaticales, hasta alcanzar objetos que maximizan unas determinadas condiciones (no tener extremos punzantes en determinadas piezas, no exceder un volumen en otras, etc.). De este modo, el diseñador realiza la parte artística del diseño, dejando al programa la adaptación ergonómica de la pieza.

Los resultados del diseño son finalmente montados (colocación de piezas de engarce) y presentados en escenarios adecuados. La figura 3 muestra dos ejemplos obtenidos mediante el proceso descrito.



**Figura 3.** Dos ejemplos de piezas obtenidas automáticamente por *Geoma*: la primera es un colgante realizada en hilo redondo y esferas en oro de 750 milésimas, la segunda corresponde a otro colgante en forma de escalera de oro de 750 milésimas..

## Conclusiones

El trabajo desarrollado demuestra la aplicación de técnicas fractales al diseño de joyas. Las principales restricciones no se encuentran en las características del objeto de diseño (la pieza de joyería), sino más bien en la interacción con el diseñador. La utilización de métodos de generación basados en gramáticas y el desarrollo de un interfaz de usuario muy flexible, permiten el diseño de joyas con estructura fractal. De este modo, el diseño de joyas fractales se une al conjunto de disciplinas de diseño que han incorporado esta geometría en sus bases matemáticas.

## Referencias

- Veredas, F. J., Vico, F. J. & Guillén, M. (2000). Genetic algorithms with implicit encoding for solving high-dimensional optimisation problems. En *Proceedings of the Workshop on "Real Life Evolutionary Design Optimisation"*. 16 septiembre, Paris (Francia).
- Vico, F.J. (2000). Automatic design of the knee implant placement by evolutionary techniques. En *Proceedings of the 6th International Conference on Artificial Intelligence in Design*. 26-29 junio 2000, Worcester (MA, EE.UU.).
- Vico, F.J., Veredas, F.J., Bravo, J.M. & Almaraz, J. (1999). Automatic design synthesis with artificial intelligence techniques. *Artificial Intelligence in Engineering*, 13(3), pp. 251-256.
- Vico, F.J., Bravo, J.M., Veredas, F.J. & Ortega, F. (1997). A design synthesis paradigm based on neural and genetic systems. En *Proceedings of the Concurrent Engineering European Conference*, pp. 149-153. 21-23 abril, Erlangen (Alemania).