

# Diseño y manufactura de una colección de accesorios de joyería generada a partir de geometrías paramétricas: análisis formal de tres especies en vía de extinción

*Design and manufacturing of a geometric - parametric based jewelry collection: formal analysis of three endangered species*

Artículo recibido 05/03/ 2015 aprobado 15/04/2015  
ICONOFACTO VOL. 11 N° 16 / PÁGINAS 213 - 227

Autores:

Luis Alberto Laguado Villamizar

Diseñador Industrial, Especialista en Docencia Universitaria y Magister en Ingeniería de Materiales. Docente cátedra Escuela Diseño Industrial UIS Universidad Industrial de Santander y como docente tiempo completo Programa Ingeniería Electromecánica UTS Unidades Tecnológicas de Santander. Pertenece a los grupos de investigación GI-MAT UIS y Grupo DIMAT UTS. [llaguado@correo.uts.edu.co](mailto:llaguado@correo.uts.edu.co)

Laura Elisa Olivella Rodríguez

Diseñadora Industrial de la Universidad Industrial de Santander, egresada en el año 2012, desde ese momento mi carrera profesional ha estado enfocada a trabajar en importantes empresas de manufactura de materiales, especialmente sectores del manejo de pieles naturales, exóticas y textiles. Con experiencia en el desarrollo de piezas de joyería en plata comercializadas bajo su propia línea de accesorios Lo Accesorios. Actualmente trabaja en la empresa Yuma Crocodile Products, que fabricar y comercializa productos realizados con pieles exóticas. [yumaproduccion@yumacrocodile.com](mailto:yumaproduccion@yumacrocodile.com)

**Resumen** En el presente trabajo se muestra el proceso de diseño y desarrollo de una serie de productos de joyería configurados a partir de estructuras naturales de especies nativas colombianas en vía de extinción. Esta colección se inspira en la morfología de la tortuga *carranchina*, el ave *cucarachero* del Chicamocha y el *coral cuerno de ciervo*. Para iniciar, se realiza un proceso de análisis formal y la geometrización de las estructuras naturales, con el fin de obtener módulos que permitan definir la forma y dimensiones de los productos. Posteriormente, se realiza el modelado digital y la creación de geometrías paramétricas por medio de las herramientas Rhinoceros® y Grasshopper®. A partir de las mismas se pueden controlar las variables del diseño, con la posibilidad de crear una gran cantidad de alternativas formales con altos niveles de complejidad y precisión. Además, el modelado paramétrico permite optimizar la manufactura de los productos de joyería al proporcionar alta precisión en el prototipado de los modelos de cera, los cuales posteriormente se procesan por microfusión para obtener las joyas terminadas.

**Palabras clave** Diseño; estructuras naturales; geometrías paramétricas; joyería; prototipado.

**Abstract** This paper describes the designing and manufacturing process of jewelry products which primary raw materials are natural structures from endangered Colombian indigenous species. This collection was motivated by the morphology of the carranchina turtle, the Chicamocha wren and the deer horn coral.

The first stage is formal analysis and geometrization of a natural structure in order to obtain units that allow defining the product's dimension and shape. Next, there is the digital molding and the creation of parametric geometries by means of tools such as Rhinoceros® and Grasshopper®. As a result, it is possible to control the design category, with the opportunity to generate several formal alternatives with high levels of accuracy and complexity. Furthermore, the parametric molding helps to the manufacturing of jewelry products, since it gives high accuracy in the prototyping of wax models, which are subsequently processed through microfusion in order to get the final jewelry.

**Keywords** Design, natural structures, parametric geometries, jewelry, prototyping.

## 1. Introducción

Por tradición, el diseño y la fabricación de piezas de joyería se ha realizado por medio de procesos manuales, los cuales requieren la habilidad técnica y artística del personal calificado para lograr productos de calidad. El sector joyero en Colombia está

formado por personas que han aprendido el oficio por tradición familiar o educación no formal, los diseños más comerciales se copian de revistas y la fabricación se caracteriza por su bajo nivel tecnológico (UNESCO, Artesanías de Colombia, 2005).

En los últimos años, en Latinoamérica, se ha presentado un panorama de apertura económica, gracias a los tratados de libre comercio, los cuales permiten la comercialización de productos propios de la región fuera de sus fronteras. En Colombia, esta apertura favorece el fortalecimiento de sectores productivos como la moda, el calzado, las artesanías y la joyería. Los mercados extranjeros demandan un mayor volumen de producción, con precios competitivos, diseños innovadores y de alta calidad. En el sector de la joyería se hace necesario modernizar los procesos tradicionales de diseño y fabricación con el apoyo de herramientas digitales que permiten aumentar el volumen de producción, disminuir la cantidad de procesos, elaborar piezas de mayor complejidad en menor tiempo y obtener productos de alta precisión (Cámara de Comercio de Bogotá, 2010).

Uno de los métodos de creación de geometrías complejas es el diseño generativo o paramétrico. Este se ha usado principalmente en diseño arquitectónico y de espacios interiores, como se puede observar en las obras de diseñadores como Zaha\_Hadid (Architects, 2015), Ross Lovegrove (Lovegrove, 2015) y Daniel Widrig (Widrig, 2015). La diseñadora Irakí Zaha\_Hadid ha utilizado este tipo de modelado en su proyecto de urbanismo paramétrico, nombre dado a su intervención de la ciudad de Timisoara, en Rumania, al proponer estructuras urbanas con grandes posibilidades de comunicación y articulación (Zaha, 2015). El diseñador inglés Ross Lovegrove utiliza el modelado paramétrico para diseñar lámparas y piezas decorativas con geometrías abstraídas de organismos marinos como caracoles y conchas de mar, y les añade todos los detalles y texturas superficiales de estos organismos. Por su parte, el arquitecto inglés Daniel Widrig aplica el modelado y el prototipado digital para crear trajes y accesorios de moda (Sánchez, 2015).

En aplicaciones de joyería, el diseño generativo se puede manejar por medio de aplicaciones como Rhinoceros® y Grasshopper®, entre otros programas computacionales. El Rhinoceros® es un software de modelado 3D, el cual permite crear, editar, analizar, documentar, renderizar, animar y traducir curvas NURBS, superficies y sólidos (McNeel, 2010). Grasshopper® es un editor gráfico de algoritmos completamente integrado con las herramientas de modelado 3D de Rhinoceros (Davidson, 2012).

En el presente trabajo de investigación se propone una colección de productos de joyería por medio del diseño generativo, a partir de formas orgánicas obtenidas de especies nativas en vía de extinción. Por medio del modelado y prototipado de las piezas en cera, se pretende obtener accesorios de alta complejidad formal, de alta precisión y excelente calidad.

## 2. Metodología

En el diseño de esta colección de accesorios de joyería se plantea un proceso metodológico que siga las siguientes etapas: análisis formal, geometrización y diseño paramétrico.

### 2.1. Análisis formal y geometrización

Por medio de la observación de las estructuras naturales que rigen la morfología de plantas y animales, se pueden obtener grandes posibilidades de concepción de formas, productos y estructuras artificiales. Gui Bonsiepe denomina análisis biónico de los fenómenos formales en la naturaleza al proceso por medio del cual se captan los detalles tridimensionales y los principios formales que los estructuran, para incrementar la capacidad de transformación (Bonsiepe, 1978).

Para iniciar el proceso de creación de las piezas se hace un análisis biónico netamente formal. No se realiza el análisis de biónica funcional, debido a que las especies estudiadas en este trabajo se utilizan únicamente con fines estéticos, sin reparar en los mecanismos anatómicos que rigen sus movimientos. Así como en las soluciones de diseño y de ingeniería se estudian las estructuras funcionales de los seres vivos, una gran cantidad de diseños biomiméticos están basados en la morfología estática de estructuras biológicas (Dickinson, 1999).

Las especies animales utilizadas en este trabajo se seleccionaron teniendo en cuenta las características formales de sus elementos estructurales: son módulos orgánicos que permiten la geometrización y la repetición múltiple en diferentes direcciones. Este atributo posibilita una gran cantidad de alternativas formales para configurar productos de joyería por medio de la generación de geometrías paramétricas.

Las tres especies analizadas son las siguientes: tortuga carranchina "*Batrachemys dahli*" (Sampedro-Marín, Alcides Tobíos-Atencio, & Trespalcio-Solana, 2012), ave cucarachero del Chicamocha "*Thryothorus nicefori*"<sup>1</sup> y coral cuerno de ciervo "*Acropora cervicornis*"<sup>2</sup>. Cada una de estas especies se utiliza como inspiración para obtener los módulos formales básicos que permiten configurar tres líneas de accesorios de la colección Extinción. Línea 1: "Batrachemys", línea 2: "Nicefori", línea 3: "Acropora". Cada línea se compone de cuatro accesorios: collar, aretes, anillo y pulsera.

Para el análisis formal, se realizaron fotografías de algunas especies, y otras se han tomado de sitios referenciados en las notas al pie y en las referencias.

Estas fotografías se trataron por medio de técnicas de digitación y edición digital, con el fin de identificar las dimensiones y las proporciones de los elementos.

En la tortuga carranchina, se realizó un análisis de las proporciones del cuerpo completo, y de la distribución de los módulos que componen el caparazón. En el caparazón se identificó un módulo orgánico con geometría hexagonal, con sus proporciones  $X=1.3 Y$ , el cual se tomó como módulo base en la generación de geometrías paramétricas (ver Figura 1).

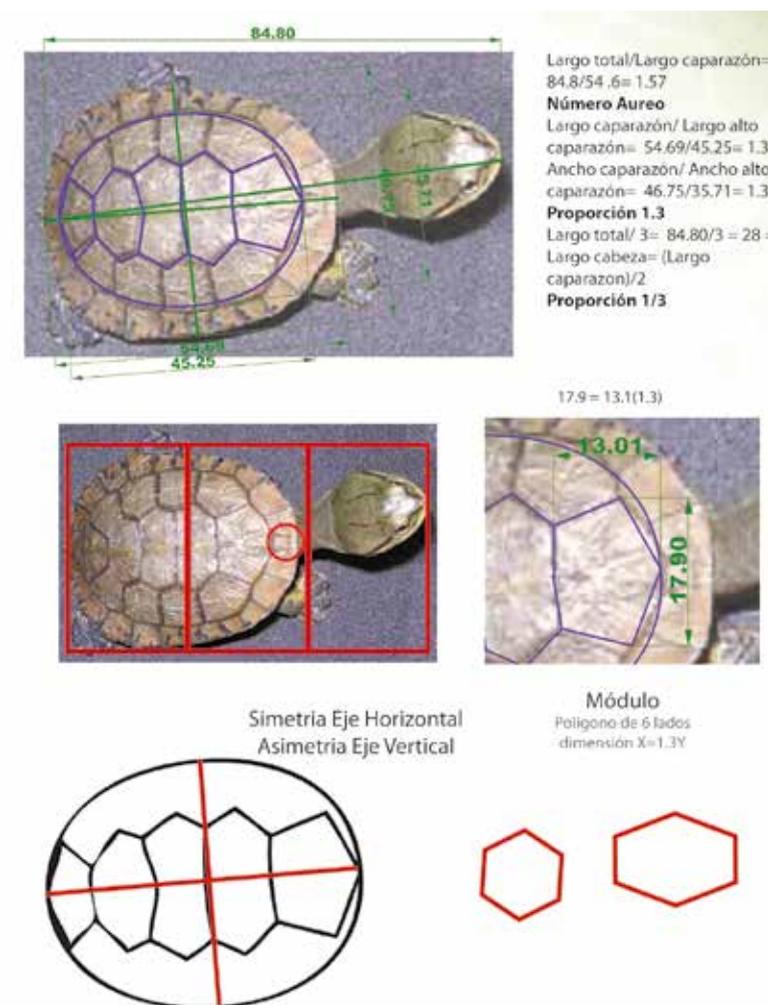


Figura 1: Análisis de proporciones en la estructura formal de la tortuga carranchina "*Batrachemys dahli*". Fuente: los autores.

1 WildscreenArkive, Niceforo's wren (*Thryothorus*).  
<http://www.arkive.org/niceforos-wren/thryothorus-nicefori/> (25/07/2014).

2 NOAA Fisheries, Office of Protected Resources, Staghorn Coral (*Acropora cervicornis*) <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/species/invertebrates/staghorncoral.htm> (25/07/2014).

En el proceso de análisis formal mostrado en la Figura 2, se identifican las proporciones del cuerpo del ave y de sus plumas. Con las formas elípticas identificadas se crean dos módulos geométricos, los cuales pueden parametrizarse por medio de geometría radial, con el fin de buscar posibilidades formales más complejas en el proceso de creación de piezas de joyería.

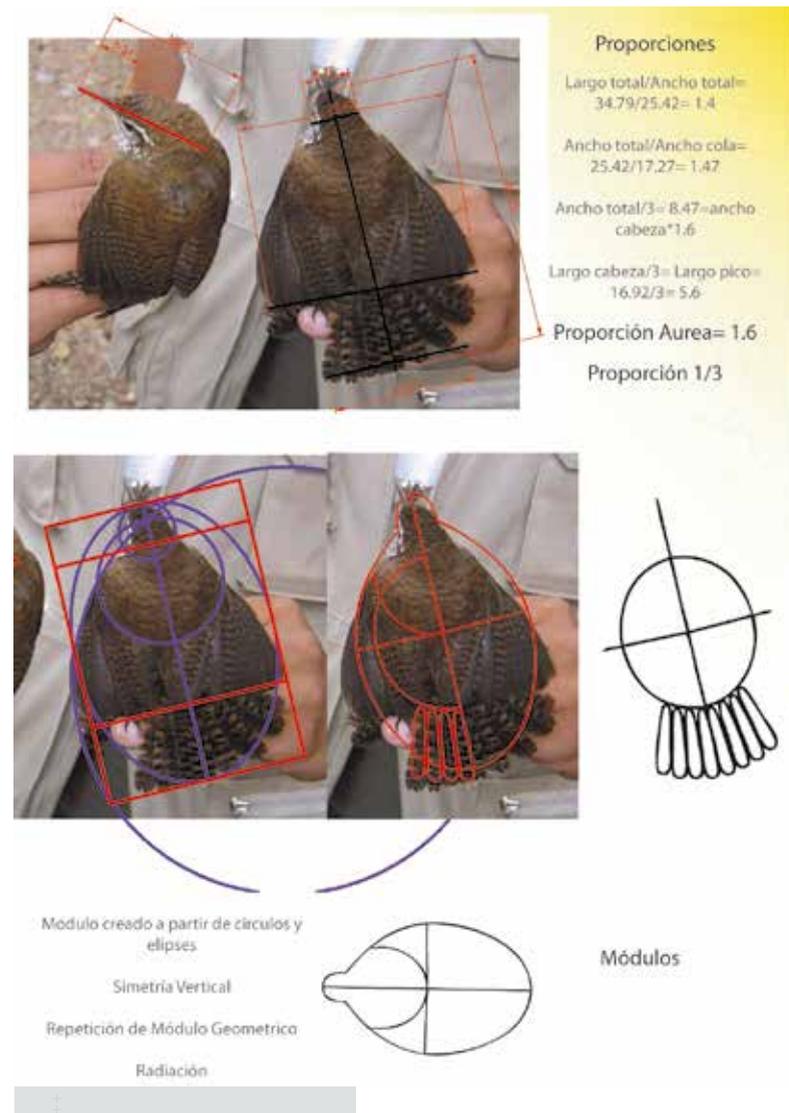


Figura 2: Análisis de proporciones en la estructura formal del pájaro cucarachero del Chicamocha “Thryothorus nicefori”. Fuente: los autores.

En el coral cuerno de ciervo se identifica una geometría esférica, la cual envuelve todos los módulos. Por lo tanto, se tomó como base un círculo para ubicar y definir las proporciones de los módulos. Las proporciones mostradas en la Figura 3, se obtienen por medio de técnicas de edición digital, y se consiguieron las dimensiones directamente sobre la fotografía en milímetros. El módulo está formado por arcos que terminan en los extremos de dos ejes ortogonales “a” y “b”, con la posibilidad de modificar las proporciones por medio del eje “b”. En la Figura 3 se puede observar una modificación donde el eje b se aumentó 1.6 veces.

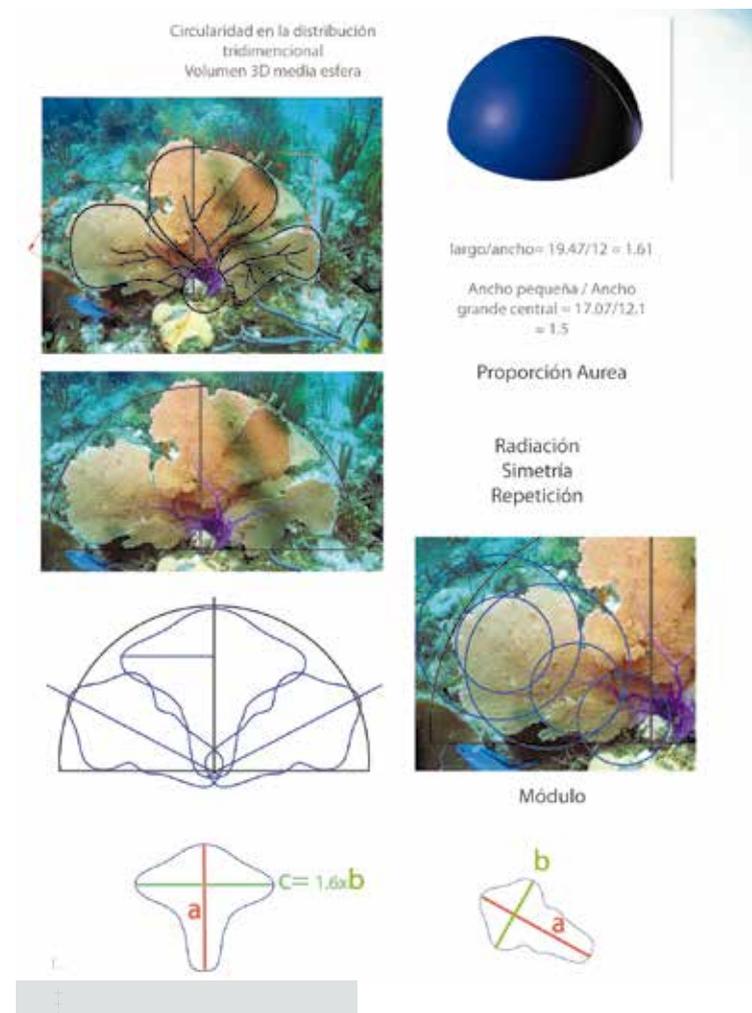


Figura 3: Análisis de proporciones y estructura formal del coral cuerno de ciervo “Acropora cervicornis”. Fuente: los autores.

## 2.2 Creación y programación de las geometrías paramétricas

Al principio se modelaron los módulos obtenidos en el análisis formal, por medio del software Rhinoceros®. Posteriormente, se editaron estos módulos a través del complemento Grasshopper®, el cual tiene una interfaz gráfica que consiste en una librería de bloques o pilas, a las cuales se les asignan geometrías y operaciones específicas que se traducen gráficamente en la pantalla del modelado 3D. Estos bloques se pueden interconectar, multiplicar y editar, de tal manera que se les pueden asignar atributos específicos a cada uno, para obtener geometrías de alta complejidad en el modelo de tres dimensiones.

Las geometrías paramétricas se obtienen por medio de la repetición múltiple de los módulos creados. Esta repetición se hace de acuerdo con la estructura general del cuerpo de la especie a la que corresponde el módulo. En la creación de una de las piezas basadas en la tortuga, el módulo se repite, se aplica gradación de tamaño y geometría radial, para obtener estructura elíptica, siguiendo la forma del caparazón.

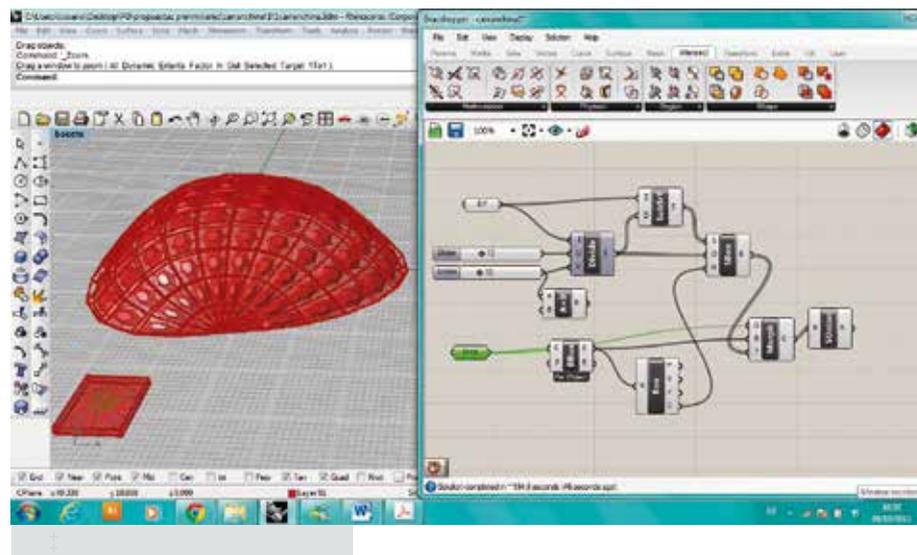


Figura 4: Modelado y programación de una de las alternativas con el módulo hexagonal obtenido de la tortuga carranchina. Fuente: los autores.

En la Figura 4, en la imagen de la izquierda, se puede ver el módulo inicial en la esquina inferior, el cual está representado por el bloque de color verde en la interfaz de programación, en la imagen de la derecha. En esta interfaz se crean los demás bloques, se asignan atributos y se interconectan para generar la geometría

paramétrica compleja que se muestra en tiempo real en la pantalla del modelado 3D y se puede editar como una pieza de diseño.

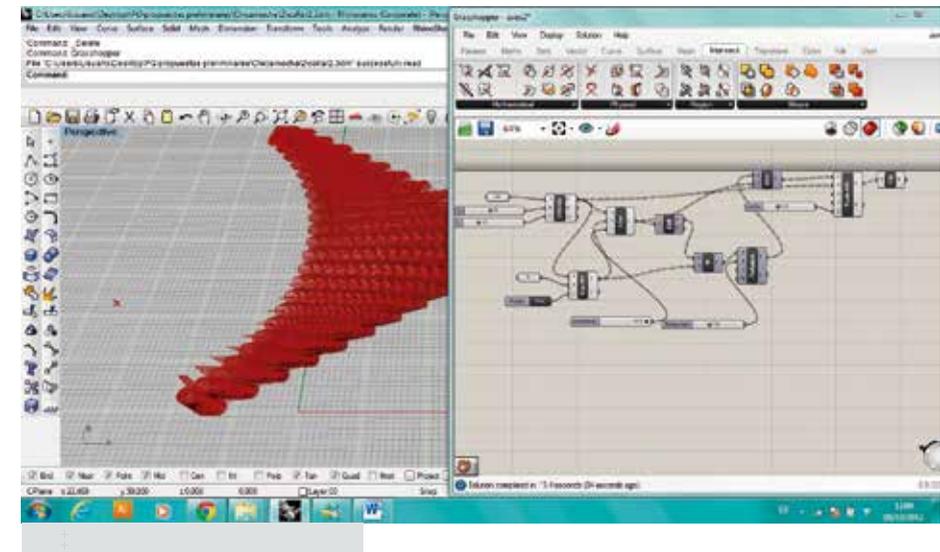


Figura 5: Modelado y programación de una de las alternativas con el módulo obtenido del cucaracho del Chicamocha. Fuente: los autores.

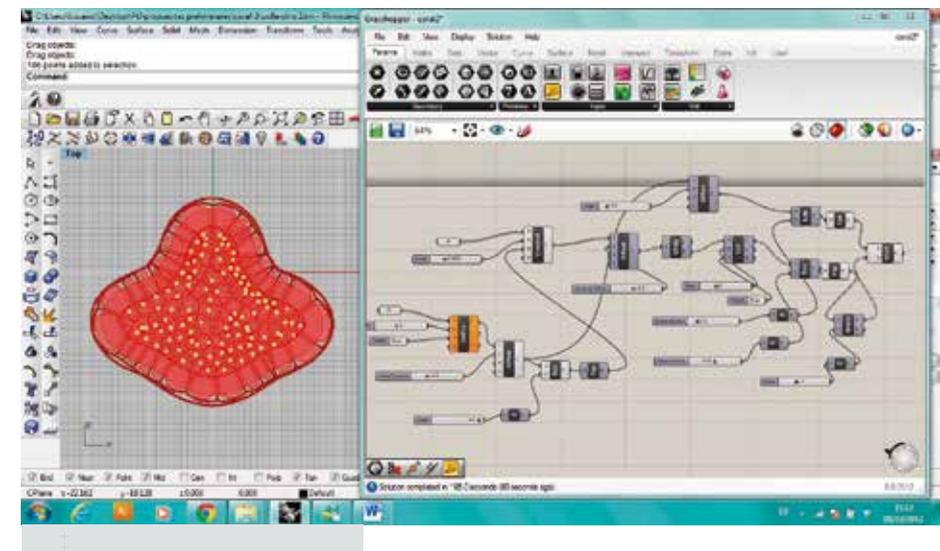


Figura 6: Modelado y programación de una de las alternativas con el módulo obtenido del coral cuerno de ciervo. Fuente: los autores.

Una de las geometrías paramétricas generadas a partir del módulo obtenido del pájaro cucarachero del Chicamocha se observa en la Figura 5. En la imagen de la izquierda, el pequeño punto de color rojo al lado izquierdo de la pantalla es el módulo inicial, el cual fue modificado por medio de la interfaz de programación por bloques mostrada al lado derecho.

Para finalizar, con el módulo obtenido del coral cuerno de ciervo, se crearon pequeños submódulos por medio de operaciones básicas de copia, simetría y rotación, a través de la programación mostrada al lado derecho de la Figura 6. La pila de color amarillo representa el módulo inicial. A partir de este módulo se pueden crear infinitas formas, se pueden variar las direcciones de crecimiento, las cantidades, las dimensiones y las posiciones de los elementos básicos. Por lo tanto, no existe un procedimiento específico para la creación de una pieza.

### 2.3. Proceso de elaboración de las piezas

Los modelos digitalizados se pueden prototipar o mecanizar con equipos CNC (Control Numérico Computarizado), utilizando en ambos casos cera para joyería como material de soporte. Se emplea el equipo de prototipado Envisiontec Perfactory Aureus y el equipo de CNC Roland JWX-30. Estos procesos permiten obtener piezas de alta precisión sin importar la complejidad de las geometrías paramétricas. Por medio del prototipado de los modelos en cera, se disminuyen ostensiblemente los tiempos de fabricación, en comparación con los procesos tradicionales de tallado manual de los modelos. Por medio del CNC se puede obtener una gran cantidad de piezas de cera, lo que aumenta el volumen de producción con respecto a los métodos tradicionales. En algunos casos es necesario realizar procedimientos de pulido y eliminación de residuos en la cera, con el fin de lograr la precisión requerida en los accesorios de joyería.

#### Etapas del procesamiento de los materiales:

Con los modelos prototipados se elabora un árbol de cera, para fundir una gran cantidad de piezas en una sola colada. El árbol se ubica dentro de un crisol, el cual es un cilindro de acero que permite la ubicación del árbol de cera, la recepción de yeso para joyería y la recepción del metal fundido.

Con el árbol dentro del crisol, se procede a recubrir con yeso para joyería, y se aplica sobre el árbol mientras el yeso está en estado líquido, hasta llenar completamente el crisol. De esta manera el yeso copia fielmente la forma de todas las piezas de cera ubicadas en el árbol, se deja secar y se endurece el yeso.

Luego, el crisol, conteniendo el árbol y el yeso, se lleva a un horno a 150°C, allí se derrite la cera y el yeso permanece sólido. Por medio de un ducto ubicado en la base del árbol, se elimina la cera líquida y el yeso permanece dentro del crisol para configurar todas las superficies externas que tenía el árbol de cera.

Después de obtener el molde de yeso, el crisol se ubica en el equipo de microfundición, allí se generan la temperatura y la presión necesarias para depositar el metal fundido dentro de las cavidades formadas por el yeso dentro del crisol. Se utiliza material de plata, que se funde a 900°C. Después de la fundición, el metal se deja enfriar y solidificar dentro del yeso y dentro del crisol. El yeso se separa del crisol, se destruye, y se obtiene el árbol en plata. Finalmente, por medio de procesos de corte, se separan las piezas fundidas y se llevan al proceso de limpiado, pulido y ensamble (Ver Figura 7).



Figura 7: Proceso de elaboración de los accesorios en plata.  
Fuente: los autores.

### 3. Resultados

Los accesorios de la colección Extinción se muestran, en un principio, como modelos renderizados, y luego se exponen las piezas obtenidas en el proceso de moldeo, cera perdida y microfundición.



1

Figura 8: Modelado y renderizado de las piezas de la línea 1: Batrachemys.  
Fuente: los autores.

En la Figura 8 se pueden observar las cuatro piezas obtenidas con el módulo de la tortuga carranchina. A las geometrías paramétricas se les ha agregado una base circular que permite sostener los módulos que han sido ubicados en forma de cúpula. Se observan un collar, un arete, un anillo y una pulsera.



2

Figura 9: Modelado y renderizado de los accesorios de la línea 2: Nicefori.  
Fuente: los autores.

En la Figura 9 se pueden ver las imágenes de la línea Nicefori: un collar, un arete, un anillo y una pulsera. Y finalmente, en la Figura 10, se aprecian las cuatro piezas de la línea Acropora. Los objetos obtenidos del proceso de fundición requieren un procedimiento final de pulido y acabados, para darles las características de brillo de los accesorios de joyería. En la Figura 11 se pueden ver las piezas fundidas (al lado izquierdo) y las piezas pulidas (al lado derecho).



3

Figura 10: Modelado y renderizado de los accesorios de la línea 3: Acropora.  
Fuente: los autores.



Figura 11: Piezas fundidas obtenidas en el proceso de microfundición.  
Fuente: los autores.

## 4. Discusión

En los accesorios de joyería obtenidos se observa un alto grado de complejidad, la cual se logra gracias a la manipulación geométrica de los módulos iniciales. Estos productos y las técnicas utilizadas permiten analizar el sector productivo de la joyería en Colombia desde dos perspectivas: la técnica y el diseño.

La joyería tradicional es altamente valorada por la capacidad técnica de los artesanos, los cuales dedican una gran cantidad de tiempo en el tallado de los modelos de cera para configurar piezas únicas de carácter artístico. Sin embargo, el mercado demanda altos volúmenes de producción para satisfacer los mercados mundiales. Estas características del mercado les exigen a los empresarios grandes inversiones en equipos de alta tecnología para generar volúmenes significativos de producción en tiempos reducidos, sin perder la calidad del producto. Por medio de técnicas de ingeniería inversa es posible realizar escaneado 3D, edición de modelado 3D y prototipado, con el propósito de parametrizar los modelos tallados a mano. De esta manera, los joyeros tradicionales pueden continuar realizando sus creaciones, y los empresarios se encargan de producir piezas de excelente calidad para el mercado nacional e internacional.

En cuanto al diseño, se puede observar que en las líneas de la colección Extinción, se vislumbra una alta riqueza formal, la cual es fruto de una amplia experimentación de alternativas obtenidas con la manipulación de módulos geométricos por medio del software de geometrías paramétricas.

El análisis formal de especies animales se presenta como una técnica para obtener módulos estructurales. Estos módulos se pueden manipular de diversas maneras para configurar productos industriales. En esta oportunidad se desarrollan productos de alta complejidad formal, debido a los alcances de las herramientas y los procesos utilizados; sin embargo, con una manipulación menos severa, se pueden obtener productos más sencillos.

Con el modelado de geometrías paramétricas se ofrece al diseñador una alternativa de creación con interfaces muy amigables que le permiten tener un control total del proceso de creación de la forma, gracias a la visualización inmediata de las operaciones y de los resultados que se van obteniendo. Estas ventajas, sumadas a las técnicas de fabricación digital, fortalecen los procesos de innovación y comercialización de productos de joyería, al tiempo que ofrecen una oportunidad de desarrollo a otros sectores productivos como el del calzado, la moda, los accesorios y la decoración.

## 5. Conclusiones

Los accesorios diseñados y elaborados por medio de los procesos de análisis formal, modelado de geometrías paramétricas y microfusión, permiten mejorar las técnicas de elaboración de prototipos utilizadas tradicionalmente en joyería. Estas me-

jas se reflejan en la facilidad de manipular las operaciones desde el software de modelado, obteniendo variantes del mismo módulo inicial para alcanzar diferentes accesorios de joyería con el mismo concepto de diseño.

Los sectores productivos de tradición artesanal no pueden ser ajenos a la inserción de nuevas tecnologías de diseño y fabricación, debido a que estas les ofrecen ventajas competitivas en el mercado global.

La ubicación de esta colección en mercados extranjeros va a permitir divulgar la problemática de las especies en vía de extinción. Por medio de estrategias de concientización ambiental se ofrece un producto integral, el cual brinda calidad, cultura y conciencia ecológica.

## Referencias

- Architects, Z. H. (18 de 03 de 2015). *Zaha Hadid Architects*. Obtenido de <http://www.zaha-hadid.com/archive>
- Arkive, F. (25 de 07 de 2014). *WildScreen arkive*. Obtenido de <http://www.arkive.org>
- Bonsiepe, G. (1978). *Teoría y práctica del diseño industrial*. Barcelona : Gustavo Gili .
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2010). *Agenda interna para la productividad y la competitividad. Metales y piedras preciosas, joyería y bisutería*. Bogotá: Departamento de Publicaciones Cámara de Comercio de Bogotá.
- Davidson, S. (05 de 05 de 2012). *Grasshopper, GENERATIVE MODELING FOR RHINO*. Obtenido de [www.grasshopper3d.com](http://www.grasshopper3d.com)
- Dickinson, M. H. (1999). Bionics: Biological Insight into Mechanical Design. *PNAS* , 96 (25), 14208 - 14209.
- Lovegrove, R. (18 de 03 de 2015). *Ross Lovegrove*. Obtenido de [http://www.rosslovegrove.com/index.php/custom\\_cat/architecture/](http://www.rosslovegrove.com/index.php/custom_cat/architecture/)
- McNeel, R. (15 de 05 de 2010). *Rhinoceros, NURBS modeling for windows*. Obtenido de [rhino3d.com](http://www.rhino3d.com)
- Proexport. (2004). *Estudio de mercado Canadá - Artículos de joyería. Convenio ATN/MT-7253-CO. Programa de información al exportador por Internet*. Bogotá: Proexport Colombia.
- Sampedro-Marín, Alcides Tobíos-Atencio, P., & Trespalacio-Solana, T. (2012). Estado de conservación de la tortuga "carranchina" (*Batrachemys dahli*) en localidades del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Animales* , 4 (1), 69-88.
- Sánchez, C. A. (18 de 03 de 2015). *www.pint3dworld.es*. Obtenido de <http://www.pint3dworld.es/2013/05/disenos-impresos-3d-daniel-widrig-collect-expo-londres.html>
- UNESCO, Artesanías de Colombia. (2005). *Encuentro entre diseñadores y artesanos, guía práctica*. New Delhi: Craft Revival Trust.
- Widrig, D. (18 de 03 de 2015). *Daniel Widrig*. Obtenido de <http://www.danielwidrig.com/>
- Zaha, B. (18 de 03 de 2015). *En Coded Fields Timisoara 2013*. Obtenido de <https://encodedfields.wordpress.com/2015/02/25/encodedfields-timisoara-2013/>