

# Biodigital Jewelry Through Parametric Design and Additive Fabrication Technologies

David A. Torreblanca-Díaz

Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia  
david.torreblanca@upb.edu.co

**Abstract.** Traditional jewelry is the result of knowledge that have been inherited from generation to generation, a traditional activity focused on the skills and manual dexterity of the artisan. In recent decades, a new paradigm for jewelry has emerged thanks to the integration of parametric design and digital additive fabrication technologies. A design project was proposed, aimed to create a series of jewels connecting nature, emotions, and digital technologies. The following methodological sequence was carried out (1) Selection of referents from nature (2) Design concept (3) Parameterized morphological synthesis (4) Morphological explorations (5) Detailed design (6) Materialization through additive fabrication technologies (7) User testing and emotional evaluation (8) Conclusions and improvement proposal. People perceived that the proposals were based on nature, there was a tendency towards positive emotions, such as fascination, desire, pride and hope. Finally, the methods used can be used in other design projects.

**Keywords:** Bio-inspired design, Biophilic design, Parametric design, Digital fabrication technologies, Additive fabrication technologies.

## 1 Introducción

La joyería convencional es el resultado de conocimientos y experiencias que se han transmitido de generación en generación, una actividad tradicional centrada en las habilidades y destreza manual del artesano. En las últimas décadas, luego de un proceso de transición entre el uso de técnicas convencionales y tecnologías digitales, emerge un nuevo paradigma para la joyería gracias a la integración del diseño paramétrico y la fabricación digital aditiva. El diseño paramétrico ha impulsado un notable crecimiento en diferentes campos del diseño, incluyendo a la joyería; permite desarrollar geometrías complejas, explorar un amplio rango de posibilidades, superando a los sistemas CAD (*Computer Aided Design*) convencionales, sólo modificando los inputs se originan variaciones en el resultado o conjunto de resultados del algoritmo, estas transformaciones se pueden ver en un flujo de

datos explícito (Demarco et al., 2020). La fabricación digital aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D, se caracteriza por construir piezas a través de la adición de capas horizontales a través de diferentes técnicas y materiales. Tiene amplias ventajas, tales como fabricar piezas que no son posibles a través de otros procesos: piezas poliméricas sin moldes, un alto grado de precisión, ensambles ya armados, entre otras posibilidades (Bertacchini et al., 2021). La impresión 3D ha tenido un impacto significativo en el proceso de fabricación de joyas, optimizando los tiempos y la productividad, fortaleciendo la producción en serie y personalizada, permitiendo la materialización de piezas complejas que no serían posibles de realizar a mano, mejorando la calidad en definición de detalles entre muchas otras posibilidades (Humberto & Trujillo, 2016). Ejemplos de joyería paramétrica a nivel internacional son las propuestas de Zaha Hadid, Nervous system, Growth objects, Studio seed y Generative ways.

Por otra parte, surge la biofilia definida como la inclinación humana para vincularse con la naturaleza, fundamental para la salud física, mental y el bienestar (Wilson 1986, Kellert and Wilson 1993, Kellert 1997, Kellert 2012). Esta tendencia a relacionarnos con la naturaleza se origina desde una función adaptativa y de supervivencia que llevamos en los genes gracias a nuestros antepasados, que pasaron años inmersos en el medio natural, observando, sintiendo y aprendiendo (Kellert, 2015). El diseño biofílico es la manera de materializar la biofilia y obteniendo como resultados productos, sistemas, espacios y experiencias; según Kellert & Calabrese (2015) hay tres tipos de experiencias con la naturaleza: directa, indirecta y con el espacio y lugar. El diseño biofílico se conecta con el concepto emergente de diseño positivo, la evolución del término diseño emocional. El enfoque conocido como diseño emocional fue establecido a partir de la primera conferencia internacional Design & Emotions, en 1999 en los Países Bajos, esta aproximación buscaba el desarrollo de productos más significativos y conectados con sus usuarios, utilizando las emociones desencadenadas en la interacción persona-objeto como mediador para dicho fin. El diseño positivo en cambio se ha ido orientado hacia aspectos cada vez más profundos y de largo plazo –al tiempo que más humanos y relevantes–, buscando como fin último el bienestar integral de las personas (Jacob-Dazarola, 2022). Considerando estos antecedentes, se propuso un proyecto orientado a diseñar una serie de joyas basadas en referentes de la naturaleza, aprovechando las ventajas de las tecnologías del diseño paramétrico y la fabricación digital aditiva.

## 2 Metodología

Se planteó un proyecto con un enfoque *empírico-experimental*, uso de métodos de análisis cualitativo, con énfasis en el uso de tecnologías digitales para el diseño y materialización. Desde la biofilia se trabajó con una experiencia indirecta con la naturaleza según Kellert & Calabrese (2015), es decir a través de elementos artificiales basados organismos o sistemas naturales. Como se puede ver en la figura 1, se realizó la siguiente secuencia metodológica (1) Selección de referentes en la naturaleza (2) Concepto de diseño *-idea generatriz-* (3) Síntesis morfológica parametrizada (4) Exploraciones morfológicas (5) Diseño detallado (6) Materialización a través de tecnologías de fabricación aditiva (7) Validaciones y evaluación emocional (8) Conclusiones y propuestas de reconfiguración.

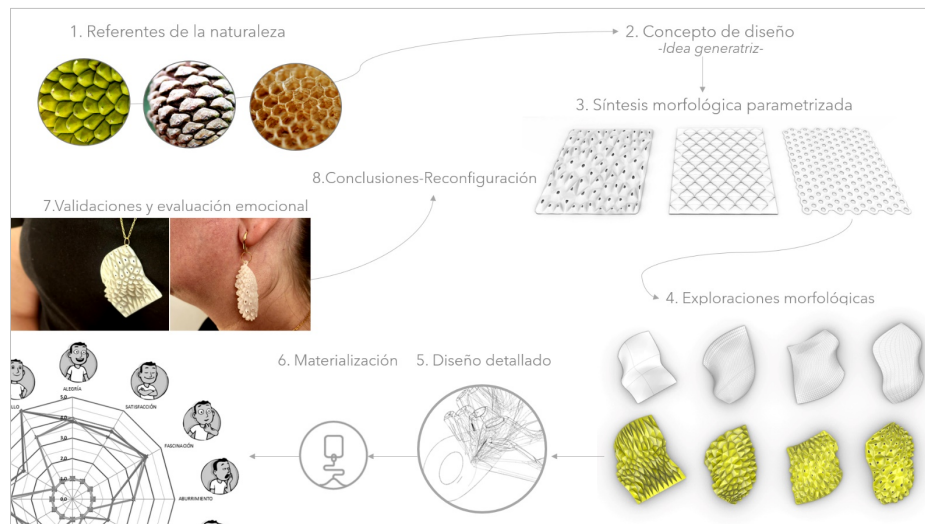


Figura 1. Secuencia metodológica del proyecto. Fuente: el autor, 2022.

El proyecto empezó con la búsqueda de referentes en el ámbito de las superficies, pieles y membranas. Se buscaron elementos de diferentes entornos, con morfologías diversas y con patrones modulares, como se puede ver en la figura 2 se eligieron tres referentes: el fruto del *Artocarpus heterophyllus*, el panal de avispas y el porta semilla de la *Pinus pinea*.



Figura 2. Referentes de la naturaleza. Fuente: el autor y Silvia Gallego, 2022.

Una vez elegidos los referentes, se definió un concepto de diseño o *-idea generatriz-*, trabajar con superficies complejas y doble curvatura con texturas bioinspiradas. Se decide trabajar en líneas integradas por aretes (aros o pendientes) y un colgante para collar. Esta idea será el eje que definirá el trabajo y exploración en adelante. Como se puede ver en la figura 3 se hizo el proceso de abstracción y parametrización de los patrones morfológicos en Grasshopper®, en el entorno del software Rhinoceros®.



Figura 3. Abstracción y parametrización de patrones. Fuente: el autor, 2022.

Posteriormente se hicieron diversas exploraciones morfológicas parametrizadas con superficies complejas de doble curvatura, este tipo de morfologías que están presentes en la naturaleza, no obedecen a características estructurales o funcionales para las propuestas, están enfocadas a un planteamiento *estético-comunicativo*, para saber cómo se perciben estas superficies complejas con diferentes texturas bioinspiradas, que emociones activan y con que intensidades. En las figuras 4 y 5 se pueden observar las superficies base elegidas. En las figuras 6, 7 y 8 se pueden ver los algoritmos para cada referente y en las figuras 9 a la 12 se aprecian las tres propuestas de línea.

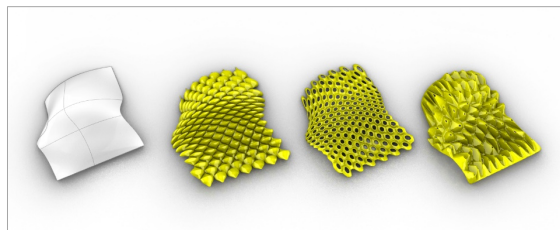


Figura 4. Parametrización para el colgante de collar. Fuente: el autor, 2022.

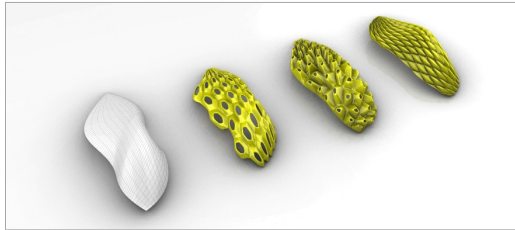


Figura 5. Parametrización para los aretes. Fuente: el autor, 2022.

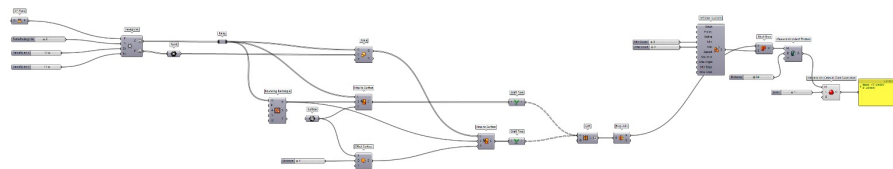


Figura 6. Algoritmo de la línea panel. Fuente: Patricio Rabus y el autor, 2022.

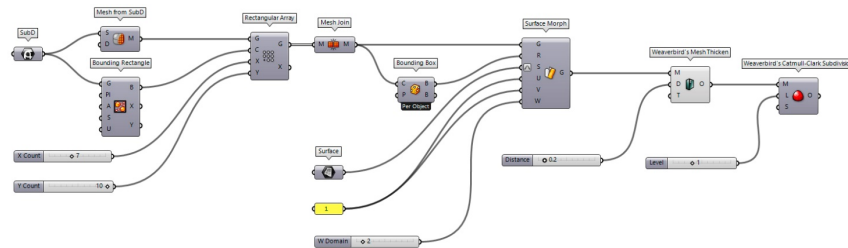


Figura 7. Algoritmo de la línea basada en el porta semilla de la *Pinus pinea*. Fuente: Patricio Rabus y el autor, 2022.

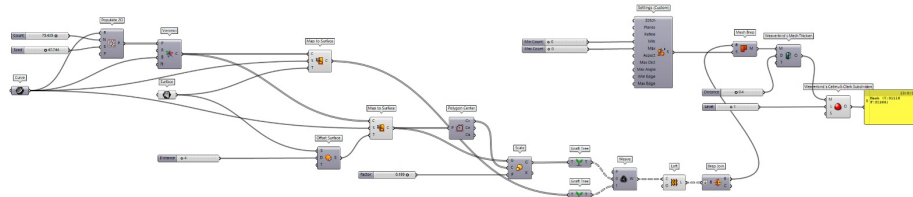


Figura 8. Algoritmo de la línea basada en el fruto del *Artocarpus heterophyllus*. Fuente: Patricio Rabus y el autor, 2022.

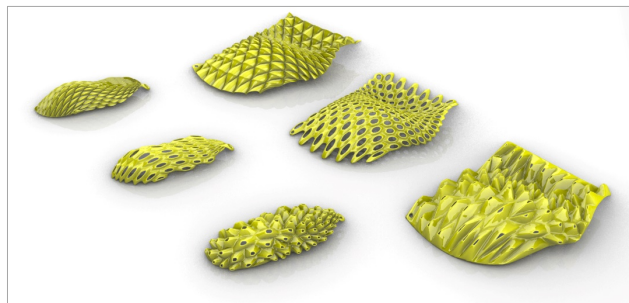


Figura 9. Las tres propuestas de líneas. Fuente: Patricio Rabus y el autor, 2022.

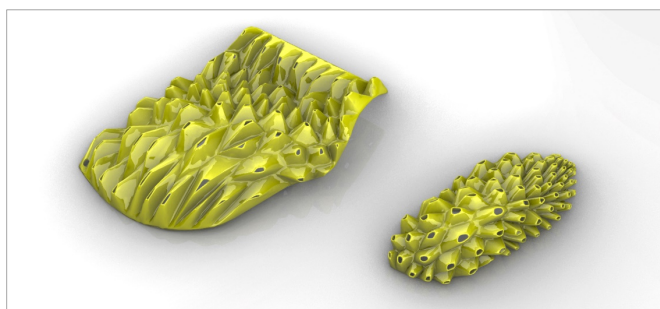


Figura 10. Propuesta de Línea 1, basada en el *Artocarpus heterophyllus*, patrón Voronoi. Fuente: Patricio Rabus y el autor, 2022.

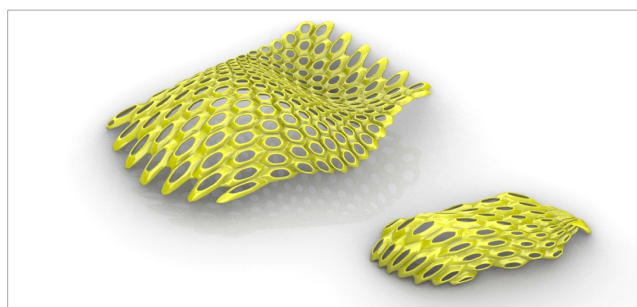


Figura 11. Propuesta de Línea 2, basada en panal. Fuente: Patricio Rabus y el autor, 2022.

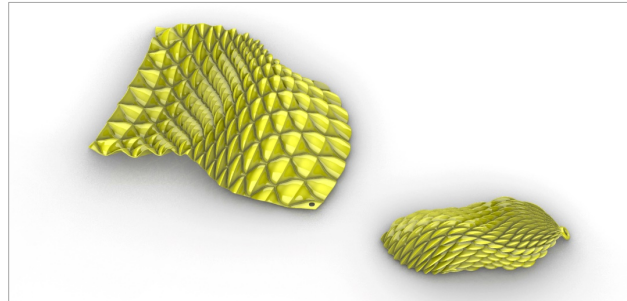


Figura 12. Propuesta de Línea 3, basada en el *Pinus pinea*. Fuente: Patricio Rabus el autor, 2022.

Luego se hizo el proceso de diseño detallado de cada una de las piezas en el software Rhinoceros®. Para materializar las joyas se decidió trabajar con la tecnología Liquid Crystal Display (LCD), esta tecnología permite diseñar piezas muy delgadas, se definió un espesor de 0.2 mm y perforaciones de 1 mm para el anclaje de piezas metálicas. En la tabla 1 se pueden ver los parámetros de impresión.

Tabla 1. Parámetros de impresión

Impresora	UNIZ SLASH 2
Tecnología	LCD
Material	Resina epóxica termocurable color blanco
Resolución de pantalla	4K
Altura de capa	0,1 mm
Tiempo de exposición	4 seg

Fuente: Autor, 2022

Se materializaron las tres líneas de joyas, finalmente se hicieron pruebas de uso y una evaluación sobre emociones y percepciones a 10 personas, esta actividad consideró tres partes: PrEmo (Emotion Measurement Instrument), diferencial semántico y una entrevista semiestructurada.

### 3 Resultados

#### 3.1 Prototipos

En la figura 13 y 14 se pueden ver los prototipos de resina blanca termocurable construidos a través de la tecnología Liquid Crystal Display (LCD).

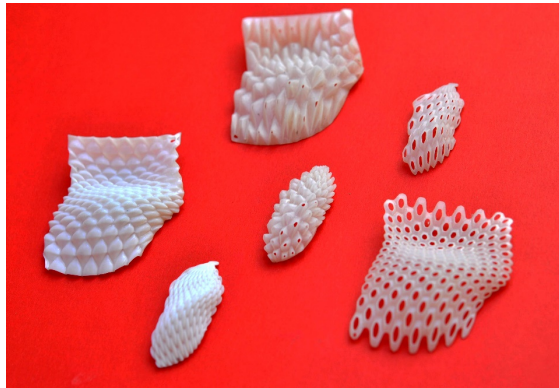


Figura 13. Prototipos de joyas construidos a través de la tecnología LCD. Fuente: el autor, 2022.



Figura 14. Prototipos de joyas construidos a través de la tecnología LCD con soportes metálicos. Fuente: el autor, 2022.

#### 3.2 Validaciones de uso

Se hicieron validaciones de uso con una persona que las utilizó durante un día. Se concluye que las piezas son ligeras y resisten, pero es recomendable aumentar el espesor para evitar quebrarlas con algún movimiento brusco o golpe. Las perforaciones de los colgantes (diámetro 1 mm) a veces dificulta insertar las piezas metálicas, entonces se recomienda agrandarlas. Los



tamaños y proporciones de las joyas son adecuadas respecto el cuerpo. Ver figura 15.



Figura 15. Fotos de algunas validaciones de uso. Fuente: el autor, 2022.

### 3.3 Evaluación perceptual y emocional

Se hizo una evaluación sobre emociones y percepciones a diez personas de Chile, Perú y Colombia. El perfil definido fue mujeres, profesionales del diseño, arquitectura o arte. Se define este tipo de personas porque tienen afinidad con el diseño de productos, pueden comprender con mayor facilidad el tipo de preguntas de la evaluación y la interpretación de códigos *estético-comunicativos* de las propuestas. Esta etapa se dividió en tres partes: PrEmo (*Emotion Measurement Instrument*), diferencial semántico y una entrevista semiestructurada.

Como se puede ver en la figura 16, el PrEmo evidenció que la línea 1 tiene una tendencia hacia emociones positivas (79,49%) por sobre las negativas (20,51%); entre las positivas se destacan deseo, alegría y satisfacción y las negativas más importantes fueron miedo, aburrimiento y enfado. En la línea 2 predominaron también las emociones positivas (90,24%) respecto las negativas (9,76); sobresalen las emociones positivas de orgullo, deseo y satisfacción, las negativas de miedo y aburrimiento. En el caso de línea 3 hay un mayor porcentaje de emociones positivas (94,44%) comparado con las negativas (5,56%); resaltan las emociones positivas de fascinación, deseo y satisfacción, con un bajo índice de emociones negativas. En la figura 17 se puede ver un gráfico comparativo de intensidades de emociones de las tres líneas, se aprecia una preponderancia de las emociones positivas de fascinación, deseo, orgullo y esperanza. La línea 3 fue la que tuvo una mayor inclinación hacia emociones positivas (94,44 %) y la línea 1 la que tuvo un mayor porcentaje de emociones negativas (20,51%).

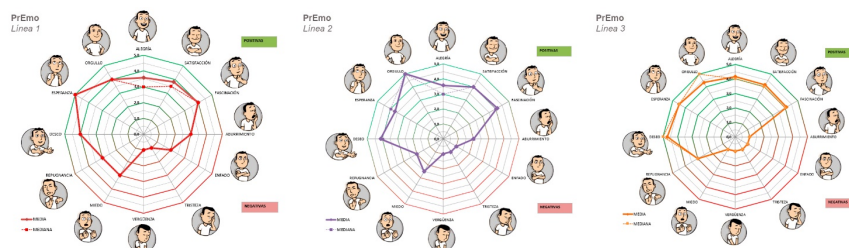


Figura 16. PrEmo: intensidades de emociones de las líneas. Fuente: el autor, 2022.

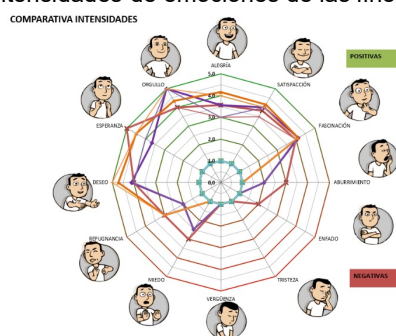


Figura 17. PrEmo: comparativa de intensidades de emociones. Fuente: el autor, 2022.

Los resultados del diferencial semántico mostraron que el estímulo A (Línea 1) se inclinó hacia los conceptos de atractivo, delicado, duro, futurista y complejo. El estímulo B (Línea 2) tuvo una tendencia hacia las palabras atractivo, delicado, duro, futurista, complejo y ligero. Por último, el estímulo C (Línea 3) tuvo propensión hacia atractivo, valioso, fuerte, blando, futurista y joven. Como se puede ver en la figura 18, la tendencia general del tipo de estímulos del diferencial semántico es hacia las ideas de atractivo, futurista, ligero, joven y pacífico; en el lado de los conceptos opuestos: complejo, inquieto, delicado y blando.

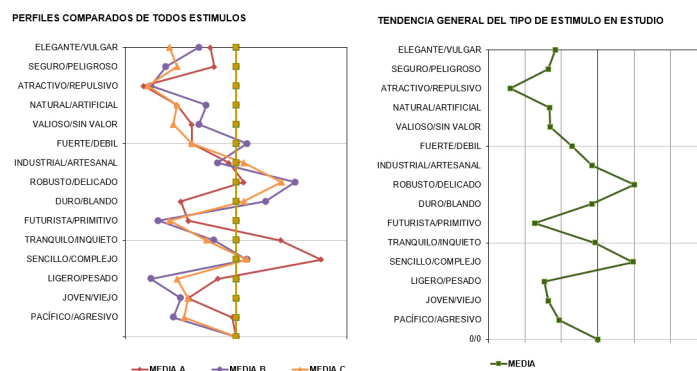


Figura 18. Comparativa y tendencia del diferencial semántico. Fuente: el autor, 2022.

Al revisar los resultados de las entrevistas semiestructuradas se puede concluir que se percibe como una propuesta interesante, inusual y diferente a lo que existente en el mercado. Un 90 % dijo que es una propuesta atractiva, las usarían o regalarían, sólo una persona dijo que no le parecieron interesantes, percibió las propuestas como agresivas y poco delicadas, un 100% de las entrevistadas reconoce que el diseño fue basado en la naturaleza, gracias a los patrones morfológicos y formas orgánicas en crecimiento dinámico, se relacionó con referentes como conchas, panales, frutas. Un 40% prefirió la línea 3, un 30% la línea 1, un 20% la línea 2, y a un 10% no le gustó ninguna (una persona). Algunas participantes sugirieron aplicar diferentes colores para potenciar la propuesta y dar un nombre a cada línea, también les causó curiosidad conocer el proceso de conceptualización y diseño del autor.

## **1 Discusión**

Respecto el uso de tecnologías digitales, efectivamente fueron una ventaja para el proceso de diseño y materialización porque permitieron configurar fácilmente geometrías bioinspiradas con transformaciones dinámicas, materializar morfologías complejas, de alta precisión y espesores extremadamente delgados. Respecto las percepciones y emociones analizadas en las evaluaciones, es muy interesante que las personas entendieron o interpretaron claramente que se usaron referentes extraídos de la naturaleza, también se identificó una tendencia hacia la percepción de emociones positivas, se destacaron: fascinación, deseo, orgullo y esperanza; se dijo que estas joyas son atractivas, interesantes e inusuales. Con esta información se deduce que podría existir una relación directa entre el estímulo (diseño basado en la naturaleza) y la activación de emociones positivas. Sin embargo, en este proyecto aún quedan abiertas muchas preguntas, por ejemplo ¿Exactamente que rasgos morfológicos otorgan la apariencia de natural o artificial? ¿Qué estímulos específicos activan un mayor nivel de atracción? ¿Qué relación existe entre las formas complejas y el nivel de atracción? ¿Por qué junto a las percepciones positivas subsisten emociones como el miedo o el aburrimiento? sólo por mencionar algunas. Se espera a futuro explorar otro tipo de morfologías de la naturaleza por ejemplo fractales y ramificaciones; ampliar y afinar el tipo de herramientas para medir las emociones y utilizar los resultados obtenidos para hacer modificaciones a las propuestas de diseño. Sería interesante hacer validaciones con personas que no pertenezcan al ámbito de diseño, arquitectura o arte y contrastar los resultados con la información obtenida en este proyecto. Los resultados y métodos utilizados se pueden aplicar a otras iniciativas de joyería o a otros ámbitos, como calzado, vestuario, mobiliario, entre otros, en un campo emergente y aún en construcción que conecta las propuestas de diseño basado en la naturaleza, las emociones y las tecnologías digitales.

**Agradecimientos.** Agradezco a mi familia en Chile y Colombia, a Patricio Rabus, a la Universidad Pontificia Bolivariana y a la empresa EQ3D; gracias a la colaboración de todos ellos ha sido posible realizar esta investigación, me motiva a seguir haciendo proyectos a futuro para crecer en lo personal y profesional.

## Referencias

- Bertacchini, F., Bilotta, E., Demarco, F., Pantano, P., & Scuro, C. (2021). Multi-objective optimization and rapid prototyping for jewelry industry: methodologies and case studies. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112(9–10), 2943–2959. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06469-2>
- Demarco, F., Bertacchini, F., Scuro, C., Bilotta, E., & Pantano, P. (2020). Algorithms for Jewelry Industry 4.0. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 11973 LNCS*. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39081-5\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39081-5_37)
- Humberto, J., & Trujillo, S. (2016). *Lámpsakos ISSN: 2145-4086 Universidad Católica Luis Amigó*.
- Jacob-Dazarola, R. (2022). Diseño y afectividad para fomentar bienestar integral (Vol. 15, Issue 2, pp. 27–68).
- Kellert, S. (1997). *Kinship to Mastery: Biophilia in Human Evolution and Development*. Washington, DC: Island Press.
- Kellert, S. (2012). *Birthright: People and Nature in the Modern World*. New Haven: Yale University Press
- Kellert, S. R., & Cabrese, E. F. (2015). *The Practice of Biophilic Design*. Obtenido de: <https://www.biophilic-design.com/>
- Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Washinton: Island press.