

Biomimética, sustentabilidad y diseño

Mtro. en Arq. Javier García Figueroa¹
javiergarciam93@aragon.unam.mx

Biomimetics, sustainability and design

Resumen

Con el propósito de integrar otras áreas del conocimiento como la Biología al desarrollo de nuevos productos, se han realizado ejercicios de Diseño que tomen ejemplos de la naturaleza, (del reino animal y vegetal entre otros), para de esta manera aprovechar los años de evolución que esta tiene, logrando así: formas, estructuras, mecanismos, materiales y procesos optimizados en todas sus manifestaciones. Es así como surge la Biomimética, disciplina que trata de resolver problemas complejos tomando como ejemplo nuestro entorno y resolver de la forma más optimizada problemas que bien se pueden aplicar en la Arquitectura, la Ingeniería, la cibernética, y en sí, en nuestra vida diaria.

En el presente trabajo se ejemplifica un proceso aplicado en un grupo de alumnos de la Carrera de Diseño Industrial, quienes desarrollaron objetos utilizando esta disciplina y aplicando diferentes técnicas que se describirán a continuación.

Palabras clave: Biomimética, Diseño Industrial, productos, interacción.

Abstract

With the purpose of integrating other areas of knowledge such as Biology to the development of new products, design exercises have been carried out taking examples from Nature (from the animal and plant kingdom, among others), in order to take advantage of the years of evolution it has, thus achieving: forms, structures, mechanisms, materials and optimized processes in all its manifestations. This is how Biomimetics arises, a discipline that tries to solve complex problems taking as an example our environment and solve in the most optimized way problems that can be applied in architecture, engineering, cybernetics, and yes, in our daily life.

This work exemplifies a process applied in a group of students of Industrial Design, who developed objects using this discipline and applying different techniques that will be described below.

Keywords: Biomimetics, Industrial Design, products, interaction.

¹Maestro en Arquitectura, FES Aragón, UNAM.

Introducción

Actualmente, en el área del Diseño ya es común abordar conceptos importantes como sustentabilidad, sostenibilidad, reciclaje, entre otros tantos, todos estos relacionados con nuestro entorno, con la vida y respeto del planeta en sí, pero ¿qué estamos haciendo realmente en nuestras aulas? ¿Qué ejercicios de Diseño estamos aplicando para que nuestros alumnos integren dichos temas al momento de diseñar? y ¿Cómo podríamos mostrarles una forma de diseñar tomando como ejemplo a la naturaleza y/o nuestro entorno?

Una respuesta es sin duda aplicar los principios de la Biomimética, dicho de otra forma, diseñar de una manera holística en la que nosotros como seres humanos, no seamos la entidad que dispone a diestra y siniestra de todos los recursos naturales, posicionándonos hasta arriba de toda la cadena alimenticia como depredadores de todo lo existente, sino más bien concientizarnos de que somos parte de un todo, somos un eslabón más (muy importante por cierto) en esta cadena de organismos vivos en la que dependemos unos de otros y que, en la medida que vayan desapareciendo las especies y/o deteriorando nuestro entorno, el ciclo de la vida en el planeta se desestabilizará hasta un punto de “no regreso”.

En la Carrera de Diseño Industrial el profesorado planifica programas de estudio donde se desarrollen proyectos para la creación de productos y servicios de Diseño (entre otros) abordando diferentes métodos, autores, procesos, técnicas y herramientas y una de

estas herramientas que ha cobrado fuerza en los últimos años es la Biomimética, pero, ¿Qué es? Según la Biomimética es una práctica que aprende e imita las estrategias de la naturaleza para resolver los problemas de diseño humanos y encontrar esperanza. (<https://biomimicry.org/>, 2024)

Otra acepción también aceptada es la de Benyus (2008), “la biomimesis es, sobre todo, una modificación en la manera que tenemos de concebir la relación con la naturaleza; consiste en dejar de verla simplemente como un conjunto de recursos útiles y comenzar a pensarla como una maestra para, entonces, aprender de ella”, porque le da importancia a todo el sistema biológico poniéndolo como ejemplo no solo para copiarlo y adaptarlo a procesos y objetos de diseño, sino también como sistema respetuoso de cada uno de los elementos que así lo integran y conforman, de ahí que sea holístico². Y es así como surgen este tipo de ejercicios en donde la observación, el análisis y la creatividad llevan a los alumnos a crear cosas inimaginables aterrizadas en productos de consumo con una función bien específica, un usuario bien determinado, y un contexto ya identificado.

Para aplicar estos principios se propuso un proyecto que fue coordinado por los asesores: M. en A. Javier García, M. en D. Martín Villa y el D.I. Carlos Maya en un grupo de trabajo conformado por alumnos de la Carrera de Diseño Industrial de 8o. semestre en donde se estableció un objetivo que fue: Diseñar un juguete aplicando principios de la Biomimética de una entidad biológica³ (un cangrejo,

²Del griego hólos que significa: total, todo, entero. holístico indica que un sistema y sus propiedades se analizan como un todo, de una manera global e integrada. (<https://www.rae.es/>, 2024)

³Concepto que se refiere al reconocimiento de la existencia de las especies como entidades naturales o como unidades biológicas reales. (Barberá, 1994)

específicamente en sus tenazas).

Desarrollo

El proceso de Diseño se dividió en tres fases: la primera para identificar al nicho de mercado, al usuario, la necesidad a cubrir o satisfacer, así como el contexto en donde se encuentra e insertará el producto en sí. En la segunda etapa se aplicaron los principios de la Biomimética de tal modo que independientemente de las características y/o necesidades del usuario, el ejercicio de Diseño era aterrizar dichos principios, esta fue la parte medular y la cual se describe en este artículo.

La segunda fase aborda dos métodos: el *Biomimicry Design Thinking*³ y la Ingeniería Inversa⁴. El primero ayuda al diseñador a observar, analizar, identificar e idear aquellas partes de la entidad biológica seleccionada y de la cual se parte para saber qué es lo que se quiere retomar o rescatar. El segundo es más un proceso analítico-sintético que ayuda a analizar las variables dividiéndolas en sistemas y subsistemas de un todo, para reconocer la función e importancia de cada uno de los elementos que lo conforman y partiendo de este análisis, llevar a cabo la síntesis y su aplicación en este caso, en un producto de diseño.

Finalmente, en la tercera fase se adecuaron los materiales y procesos industriales para la elaboración del producto final en un área exclusiva del Diseño Industrial.

Primera fase: Determinación del usuario

Dentro de la primera fase se identificaron grupos de usuarios. La herramienta utilizada fue agrupar e identificar a grupos de personas con características similares de comportamiento y

patrones de personalidad, forma de ser, proceder, gustos, entre otros, de acuerdo a los establecidos por Carl Jung⁵, algo que se ve reflejado en la manera de actuar, de comportarse, inclusive de consumir productos y servicios en una sociedad.

Carl Jung propone que dentro del conjunto de capacidades de los individuos conscientes existe algo conocido como Inconsciente Colectivo: patrones universales de comportamiento que se expresan a través de los arquetipos.

Los arquetipos representan tipos de comportamiento, sentimientos y vivencias que son comunes a todas las culturas, ejemplos de ellos son el inocente, el héroe, el cuidador, el explorador, el rebelde, el amante, el creador, el sabio, el gobernante entre muchos otros, estos influyen en nuestra forma de pensar, sentir y actuar. Los Arquetipos nos ayudan a entender el comportamiento e intereses de un grupo de usuarios y pueden ser tan amplios como en una familia o grupo de familias, una delegación o municipio o inclusive una Entidad Federativa o un país.

El uso de los Arquetipos tiene aplicaciones en los departamentos de Mercadotecnia y de Diseño dentro de una empresa para establecer el interés así como las necesidades que hay en un usuario. De aquí surgen muchos datos de orden cualitativo que ayudan al profesional en la fase de detección de necesidades. Cabe señalar que el uso de Arquetipos no es la única herramienta ni la más importante, pero ayuda mucho, ahorrando tiempo en el proceso de investigación.

Los grupos de trabajo establecieron Arquetipos muy específicos y delimitaron rangos de edad (la mayoría de ellos infantes o adolescentes) con intereses similares en cuanto a: actitudes y aptitudes, capacidades motrices, gustos por la forma y el color, entre otros, se analizó la actividad de dichos grupos (hablando ya en el ámbito de juguetes que involucren

³Mientras que el Design Thinking hace hincapié en iniciar el proceso de diseño centrándose en la empatía con los usuarios humanos, la biomimesis amplía ese concepto para incluir todas las formas de vida. (Stevens, 2020) (Brown, 2008)

⁴La ingeniería inversa estudia o analiza un producto disponible en el mercado con el fin de conocer detalles de su diseño, construcción y operación. (Ramos, 2013)

⁵Carl Gustav Jung, médico psiquiatra Suizo, desarrolló la teoría del Inconsciente Colectivo retomando estudios de Sigmund Freud sobre el inconsciente (Jung, 1970)

la interacción del objeto, con otro usuario).

SEGUNDA FASE

Se realizó una sesión con los estudiantes donde se les explicaron las disciplinas con las que se trabajarán en un proyecto multidisciplinario como por ejemplo Ingeniería Mecánica y la Biología y cómo estas en conjunto con el Diseño Industrial, ayudarán a crear objetos con formas y funciones optimizadas basados en la entidad biológica seleccionada. Se hicieron diecisiete grupos de trabajo conformados por tres o cuatro alumnos y a su vez se designó un representante de equipo con la finalidad de coordinar entregas, resoluciones, información unificada, entre otros.

Algo fundamental para el proyecto fue establecer uno de los objetivos de la Biomimética: Retomar los principios elementales del comportamiento de procesos biológicos de la naturaleza, del medio ambiente, de todo o una parte de lo que nos rodea, para aplicarlos a procesos de manufactura en un contexto industrial, que nosotros como seres humanos, de hecho como Diseñadores Industriales podamos dominar y manipular en beneficio de la sociedad.

Se realizaron analogías, se proyectaron videos, se mostraron imágenes de objetos ya producidos por el hombre que se basaron en estos principios e inclusive se invitaron a expertos de otras áreas del conocimiento con la finalidad de que el alumno tuviese una idea más clara de la finalidad del ejercicio.

Se determinó un organismo (entidad biológica) para su análisis. En este caso fue un cangrejo, enfocándose principalmente en las tenazas, su estructura y función y para ello se realizó una práctica de laboratorio en la que se diseccionó precisamente la parte que bien se podría interpretar como brazo “quelípedo” conformado por la carpopodita, propodita y dactilopodita. Se analizaron sus formas, el color, sus características físicas, previo a la disección se investigó acerca de la entidad, tipo de cangrejo, características, dónde vive, cómo se

comporta, entre otros.

Cada grupo de alumnos utilizó herramientas básicas para poder manipular, fotografiar y estudiar las tenazas, como pinzas, navajas, lupas, escalímetros, en algunos casos herramientas rotativas eléctricas como *mototools*, entre otros y para su protección batas, guantes y mascarillas, como se muestra en la

Figura 1 Práctica de Laboratorio herramientas.



Fotografías: Javier García F. (Oct. 2023)

Observación y análisis

Parte importante del ejercicio fue la “observación y el análisis”. Registrar cada uno de los elementos que integran el sistema que conforma las tenazas de la entidad, tanto externa como internamente, de tal modo que los estudiantes se dieran cuenta de la función de cada una de estas y establecer cómo cada elemento de la tenaza tiene una función en específico, cómo interactúa con otras partes, cómo trabajan en conjunto, cuántos elementos intervienen en dicho mecanismo, todo ello se registró en: dibujos y/o esquemas, videos, creando así una memoria descriptiva de la práctica en la que se detectaron diferentes tipos de funciones.

Entre las principales funciones fueron: colocar, sujetar, desgarrar, mover, cortar y/o dividir en partes. Se detectaron otras que se pusieron en segundo plano como por ejemplo las que tienen que ver con el tamaño y tipo de la tenaza, el color de la misma, etc.

¿Cuál fue el criterio para jerarquizar las funciones de la entidad biológica? Desde el inicio del proyecto, en el objetivo, se les indicó a los alumnos que uno de los fines era realizar un juguete y la interacción del

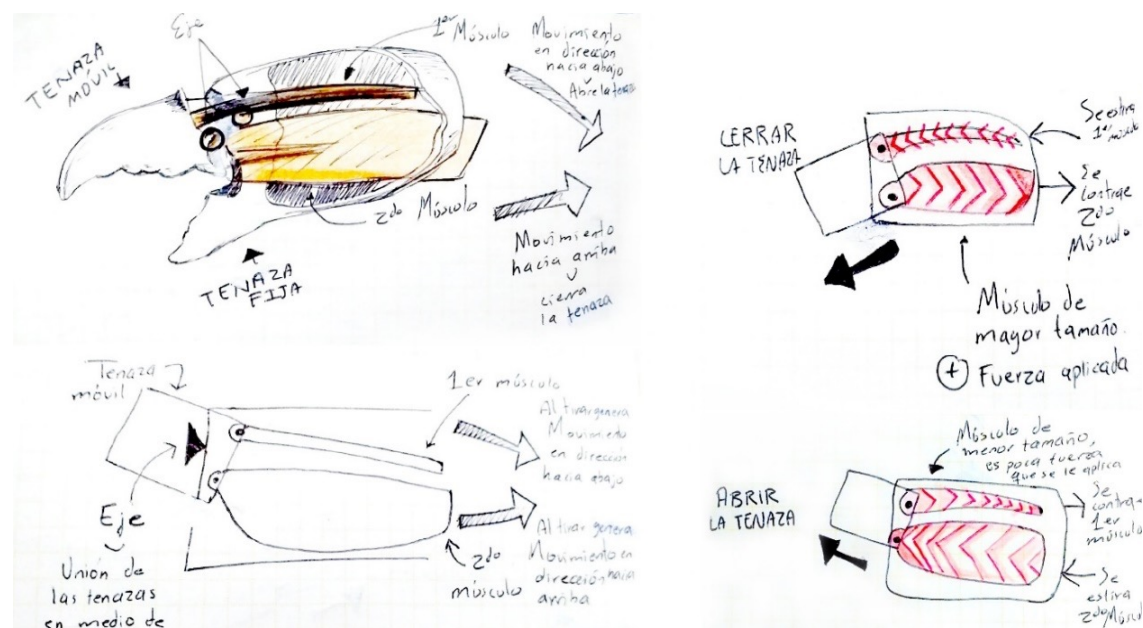
usuario con este.

Ellos establecieron la relación entre cada función de las pinzas y cómo podrían trasladar dicha función al desarrollo de un objeto (un juguete) para un usuario ya determinado por ellos y a la vez hubiese interacción con el mismo, la relación objeto-usuario fue primordial para la toma de decisiones al momento de trasladar las funciones de la entidad biológica al producto final (juguete).

Abstracción y síntesis

La siguiente parte del proceso consistió en la realización de modelos conceptuales, diagramas y esquemas, actividad primordial en el ejercicio de diseño ya que, es aquí donde el alumno, una vez que identifica la función de cada elemento dentro del sistema la traslapa al desarrollo del objeto en sí, dándole preponderancia a la función sobre la forma. Según Cervini, (2020) “Se puede entender a dichos modelos como representaciones o mapas que ilustran y describen cómo se interrelacionan los distintos factores o componentes de un sistema” y esto permitirá, como lo menciona Norman, (1988) predecir los efectos de nuestros actos, anticiparnos a aquello que pueda ocurrir y, de este modo, evitar movernos en zonas grises, en la incertidumbre, y entender que siempre es mejor tomar medidas

Figura 2 Diagramas y modelos de funcionamiento de pinza



Elaborado por alumnos de la Carrera de Diseño Industrial. Fotografía: Javier García F. (Oct. 2023)

preventivas que paliativas. Figura 2

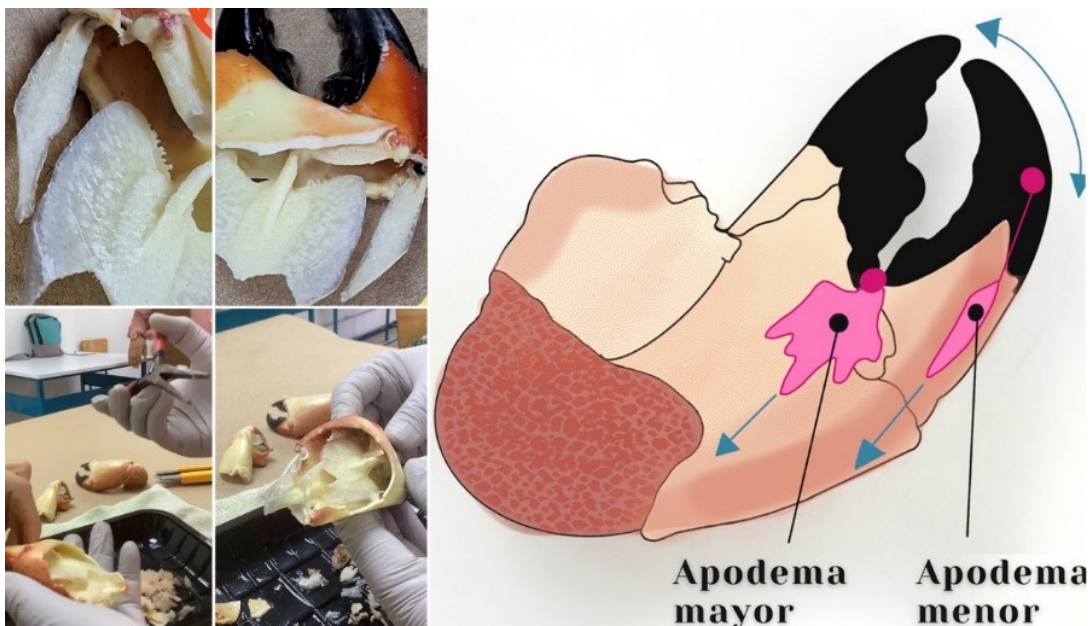
Cabe señalar que la carga formal de la tenaza no está en relación directa a la forma final del producto ya que otros elementos intervienen en el ejercicio tales y como el tipo de usuario al que va dirigido, el contexto en donde se ubicará, entre otros, y por lo tanto el producto final (juguete) podrá parecerse o no a la tenaza original del cangrejo.

Es importante mencionar que el objetivo (en este nivel de aplicación de la Biomimética) es la función que tiene la tenaza, aprovechar los elementos que intervienen en el funcionamiento de la misma y reproducirlos de forma análoga en un producto, en un contexto industrial tomando en cuenta los principales requerimientos:

- Los elementos que intervienen en la conformación del mecanismo para apertura, cierre y aplicación de fuerzas en la tenaza, sean reproducidos en el producto final de Diseño logrando de esta manera, esfuerzos optimizados
- El número de partes que conforman el sistema completo sea reducido al máximo.
- Los materiales que conformarán el producto final tendrán un impacto ambiental controlado, que sea mínimo.

Una vez identificadas cada una de las partes, se realizaron modelos de experimentación con materiales reciclables para comprobar el correcto funcionamiento. El 80% del grupo identificó que hay dos elementos internos en la pinza del cangrejo movable de la entidad biológica y que los grupos de trabajo interpretaron como un similar al músculo en el cuerpo humano, el primero interconectado con la tenaza fija para abrirla y el segundo conectado a la misma pinza para cerrarla, el primero de una dimensión muy inferior en relación a la segunda por lo que se puede interpretar que la fuerza ejercida para abrir la pinza es mínima, en relación a la fuerza ejercida para cerrarla que es muy superior, en algunos casos la relación de fuerzas era del doble (2 a 1) en otros llegaba a (4 a 1). Todo dependió de la especie de cangrejo que llevaron consigo los grupos de trabajo, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3 Imágenes de pinzas seccionadas (izquierda) diagrama elaborado por alumnos de Diseño Industrial (derecha).

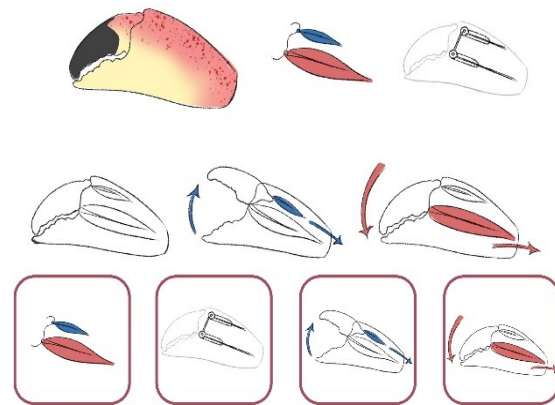
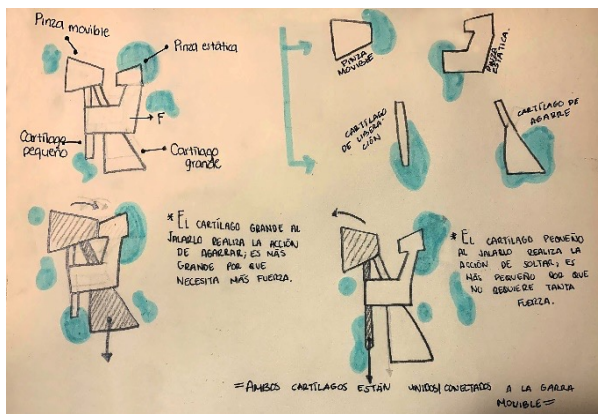


Imágenes Natalia Mireles (Oct. 2023)

Después de realizar la memoria descriptiva se realizó un ejercicio de abstracción y síntesis, actividades que ayudaron al grupo de alumnos a identificar la función de cada parte del sistema hasta llegar a realizar diagramas del mecanismo principal para la apertura y cierre. Dichos diagramas fueron como los que se muestran en la Figura 4.

TERCERA FASE.

Figura 4 Diagramas que muestran los elementos de apertura y cierre, elaborados por alumnos de Diseño Industrial



Fotografías: Javier García F. (Oct. 2023)

Aplicación y Desarrollo

La siguiente parte del proceso consistió en trasladar el sistema de apertura y cierre de pinzas con aplicación de fuerzas a un mecanismo con materiales de tipo industrial como polímeros, maderas, metales, entre otros; materiales que los grupos de trabajo pudiesen transformar y manipular ya como Diseñadores Industriales.

Un requerimiento importante en esta fase del proyecto era que el mecanismo generado no llegase de ninguna manera a dañar la integridad física del usuario al momento que este lo manipulase, por lo que algunos de los grupos de trabajo optaron por el desarrollo de carcasas o envoltentes que encerrarán dichos elementos para el correcto funcionamiento de la pinza.

Una vez realizada la parte del análisis de la pinza del cangrejo, la elaboración de bocetos dentro de la etapa creativa de Diseño fue de suma importancia y se dedicó exclusivamente al usuario, su actividad y el contexto donde se encontrase. Cada grupo de trabajo realizó varias propuestas entre las que destacan las que se muestran en la Figura 5.

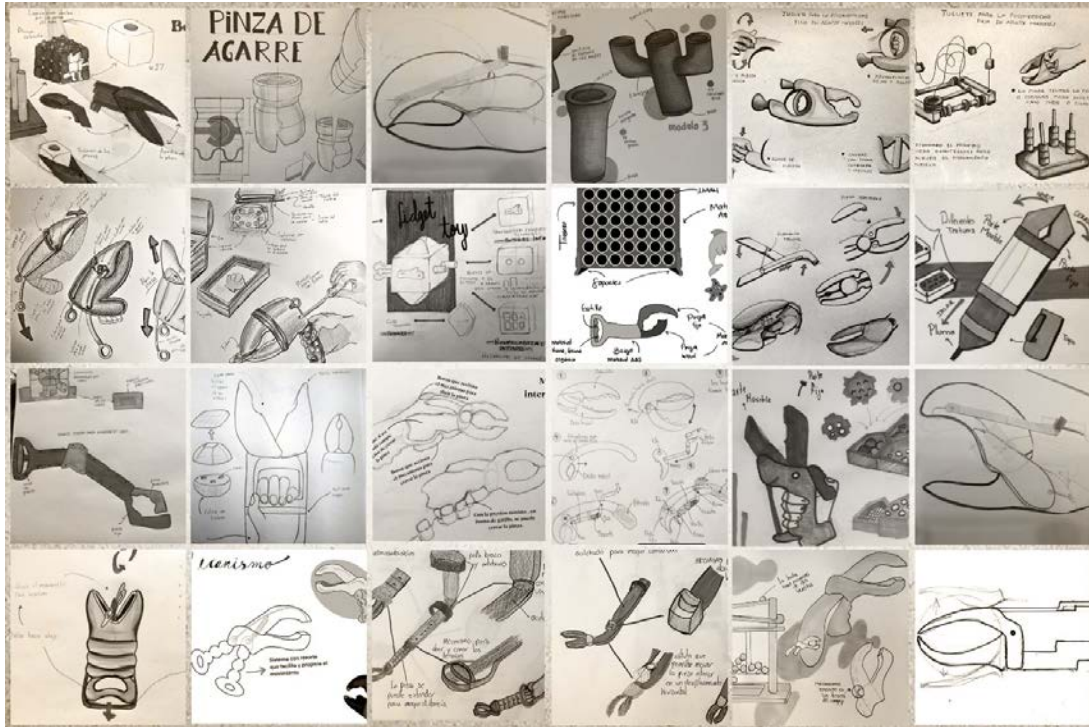
El siguiente paso consistió en realizar modelos funcionales que demostraran el correcto uso y función de las pinzas. Los grupos de trabajo realizaron experimentaciones en materiales diversos tales como cartón, madera, estirenos, etc.

Se consideraron aspectos de tipo ergonómico, resistencia de materiales, apariencia final del producto, etc. todos y cada uno de ellos, siempre tomando en cuenta al usuario (su edad, aspectos psicomotrices, intereses, nivel socioeconómico) y el contexto en el que se situaría la propuesta (en escuelas, en el hogar, en un museo).

Finalmente se corroboró mediante simulacros con niños y adolescentes que lograra la interacción. Se crearon dinámicas y/o juegos nuevos, no solo se hizo un juguete sino la configuración total de un juego nuevo. Algunos modelos realizados se muestran en la Figura 6.

En la mayoría de los casos se pueden observar un número de piezas muy amplio. En casi todas las opciones se crearon dinámicas, juegos nuevos con

Figura 5 Bocetos de alumnos de Diseño Industrial



Fotografías: Javier García F. (Nov. 2023)

Figura 6 Modelos funcionales de alumnos de Diseño Industrial



Fotografías: Javier García F. (Nov. 2023)

reglas a seguir (algo que involucró la elaboración de un manual dentro de la secuencia de uso de los juguetes), en el 90% de los casos se logró la interacción que se había fijado como uno de los requerimientos principales. Las consideraciones ergonómicas que influyeron en la configuración de la forma y propuesta de los materiales. Los aspectos cognitivos se describieron de manera satisfactoria en la presentación final de todos los proyectos.

En la Figura 7 y 8 se presentan algunos ejemplos de los resultados obtenidos del ejercicio:

Figura 7 y 8 *Juego para hombres y mujeres mayores de 18 años.*



Equipo: Airam Balleza, Erick Hernández, Ricardo Rodríguez. Fotografías: Javier García F. (Nov. 2023)

- “Crabby explorer” Juguete para niños de 5 años para el desarrollo de habilidades motoras e intelectuales así como favorecer la estimulación de sentidos. Figura 9 y 10

Figura 9 y 10 *Equipo: Fátima Carrillo, Fátima Castro, Carla Hernández.*

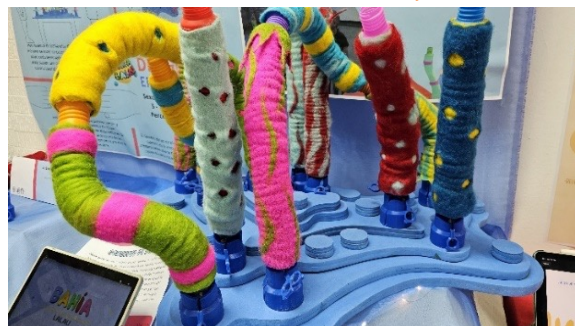


Fotografías: Javier García F. (Nov. 2023)



- “Bahia lalau” Instalación de juego inspirado en un hábitat marino compuesto por piezas modulares retomando formas y colores de un arrecife posibilitando el ensamble con otras piezas para niños de 3 a 6 años de edad. Figura 11 y 12

Figura 11 y 12 *Equipo: Paola Cepeda, Cassandra Gutiérrez, Emilio Herrejón.*



Fotografías: Javier García F. (Nov. 2023)

- “Crabbo” Juego para niños de 4 a 6 años que ayuda a expandir la creatividad y desarrolla la motricidad fina ayudando además a distinguir colores. Figura 13 y 14

Figura 13 y 14 *Equipo: Lesly García, Montserrat Hernández, Mariana López.*



Fotografías:
Javier García F.
(Nov. 2023)



- “Arcan”. Juego de mesa que fusiona la construcción, la puntería y la estrategia, inspirado en la mitología de la Edad Media para niños de 8 a 14 años de edad. Figura 15 y 16

Figura 15 y 16 Equipo: Gael García, Manuel Rodríguez, Javier Vázquez



Fotografías:
Javier García F.
(Nov. 2023)



- “Tateku” Juguete para la psicomotricidad fina en adultos mayores con déficit de la coordinación y fuerza muscular. Figura 17 Y 18

Figura 17 y 18 Equipo: Abraham Juárez, Paola Martínez, Velia Deloya.



Fotografías:
Javier García F.
(Nov. 2023)



Materiales

Los materiales que se implementaron en el 70% de los proyectos tienen un bajo impacto ambiental. Para la construcción de piezas se utilizó impresión 3D en PLA⁶ en otros casos donde el número de piezas era mayor la propuesta fue realizarlos utilizando bioplásticos⁷. Hubo equipos de trabajo que desarrollaron sus propuestas en presentaciones comerciales de otros materiales como el MDF⁸ o Metal.

Con todo esto queremos destacar que se refuerza la actividad del Diseñador Industrial como lo menciona Rodríguez Morales, (2015): “El diseño se entiende hoy como un proceso para solucionar problemas

⁶ Plástico PLA está compuesto de ácido poliláctico. En realidad se elabora aprovechando materias primas que vienen de la naturaleza como el almidón de maíz.

⁷ Tipo de plásticos que se caracterizan por estar fabricados a partir de materiales orgánicos (de ahí que se denominen con el prefijo “bio”) y que, en consecuencia, son biodegradables.

⁸ MDF (Medium Density Fiberboard) es un material compuesto que se obtiene a partir de la fibra de madera y resinas sintéticas, prensadas a alta temperatura y presión para formar paneles densos y homogéneos.

Figura 19, 20 y 21.



Figura 22, 23 y 24.



Figura 25, 26 y 27.



Fotografías: Javier García F. (Nov. 2023)

complejos y no se centra en la aplicación de habilidades y conocimientos relacionados exclusivamente con la configuración formal de objetos...”

Figura 19: “Crab Shell”. Alan Mendoza, César Rojas, Andrea Zaldivar.

Figura 20: “Fidget Toy”. Dalia Cruz, Miriam Macías, Viridiana Ramírez.

Figura 21: “TDAH”. Rafael Novoa, Erick Castro, Josie Larra, Víctor Macías.

Figura 22: “5°. Sol”. Karla Landeros, Aldo Sánchez, José A. Vargas.

Figura 23: “Playful Krabb”. Alessandra Nuño, Frida Hernández, Marina Bernal.

Figura 24: “Galaxy Muu”. Aranza López, Sofía Loperena, Natalia Mireles.

Figura 25: “Bahia lalau”. Paola Cepeda, Cassandra Gutiérrez, Emilio Herrejón

Figura 26: “Konnen”. Sara Aguilar, Jesús Arguello, Ma. De la Luz López.

Figura 27: “Kani”. Jesús de la O, Eder Ortiz, Alejandro Cervantes

Conclusiones

El hecho de integrar la Biomimética como disciplina para la innovación al área del Diseño no solo ayuda a darle valor agregado a los productos porque desde un inicio se piensa en posibles soluciones respetando nuestro entorno, sino además sirve como herramienta generadora de ideas y cumple con uno de los objetivos del Diseño Industrial que es elevar la calidad de vida del ser humano.

El trabajo multidisciplinario es de suma importancia para la actividad del Diseñador como ente unificador de áreas del conocimiento quien aprovechará y potencializará las mismas para la creación de productos y servicios.

Algunos equipos se distanciaron del objetivo del proyecto y aunque dieron buenos resultados, la Biomimética no se vio reflejada en los objetos obtenidos.

Las tecnologías aditivas y sustractivas son herramientas útiles para eficientar la elaboración de modelos y realización de pruebas en los productos antes de pasar a la fase de realización de prototipos.

Referencias

- Barberá, O. (1994). *Departament de Didactica de les Ciències de la Universitat de Valencia*.
 Obtenido de Aparat de Correus 22045, E-46071 Valencia.
- Benyus, J. (2008). *Repositorio UAPA CUAIED UNAM*. Obtenido de Biomimesis Unidad de apoyo para el aprendizaje: https://repositorio-uapa.cuaieed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2472/mod_resource/content/5/UAPA-Biomemesis/index.html
- Bernatene, M. (2015). *La historia del diseño industrial reconsiderada*. Editorial de la Universidad de la Plata, Buenos Aires
- Biomimicry Institute (13 de 05 de 2024). Obtenido de <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>
- Brown, T. (2008). *Design Thinking*. *Harvard Business Review*.
- Cervini, F. (2020). *El Diseño Industrial y el desafío de la sustentabilidad*. Buenos Aires: Facultad de Artes. Universidad Nacional de la Plata.
- Egido, J (2004) *Biodiseño: biología y diseño industrial*. (Tesis de Maestría). Dir. Gral. De Bibliotecas, UNAM
- Egido, J (2012) *Biodiseño Biología y Diseño, Designio Teoría y práctica*. Editorial Designio
- Jung, C. (1970). *Arquetipos e inconsciente colectivo*. Barcelona: Paidós Psicología Profunda.
- Norman, D. (1988). *La psicología de los objetos*. Madrid: Nerea.
- Ramos, D. (2013). *Uso de la Ingeniería inversa como metodología de enseñanza en la información para la innovación*. Recuperado de: <https://dspace-escuelaing.metacatalogo.com/handle/001/2315>
- Real Academia Española (2024) Recuperado de: <https://dle.rae.es/holismo?m=form>
- Rodríguez, L. (2015). *Diseño como incremento de valor*. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*.
- Stevens, L. (2020). *Biomimicry design thinking education: a base-line exercise in preconceptions of biological analogies*. *Springer*, 797-814. *International Journal of Technology and Design Education* (2021) 31:797–814
- Stevens, L. (2022). *Building from the Bottom Up: A closer look into the Teaching and learning of Life’s principles in Biomimicry Design Thinking Courses*. *Biomimetics* 7, no. 1:25. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/biomimetics7010025>