

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN Y DISEÑO

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DRA. DINA ROCHMAN BEER

1. Datos generales

1.1 Geometría en movimiento 2.

1.2 El proyecto de investigación "Geometría en movimiento 2", es la continuación del proyecto de investigación "Geometría en movimiento", y trata del análisis geométrico, modelación y creación de modelos e impresión 3D de los caparazones animales para su futura aplicación en el terreno de la Arquitectura, el Diseño y la Robótica.

1.3 Responsable del proyecto: Dra. Dina Rochman Beer, Profesora investigadora Titular "C", del Departamento de Teoría y Procesos del Diseño de la División de Ciencias de la Comunicación y Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Cuajimalpa. Participación en el proyecto en la realización del diseño paramétrico, simulación, corte e impresión 3D de los modelos y/o prototipos.

1.4 En este proyecto se pretende trabajar con los alumnos que estudian la carrera de Diseño, en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Cuajimalpa quienes hayan cursado y aprobado las UEA de: Taller de representación y expresión por medio del dibujo y trazo geométrico y Taller de expresión gráfica y dibujo técnico para incursionarlos en la investigación desde que están estudiando la carrera.

Como experiencia, puedo comentar que en el proyecto de investigación "Geometría en movimiento", se trabajó en dos proyectos terminales y cuatro alumnos realizaron su servicio social, y los resultados, en ambos casos fueron significativos.

Por lo que el proyecto "Geometría en movimiento 2", brindará la oportunidad de que los alumnos pongan en práctica y refuercen los conocimientos adquiridos en el aula a través del contacto con la investigación, fortalezcan su formación académica, desarrollen habilidades y actitudes y adquieran experiencia profesional.

2. Justificación y planteamiento del objeto de estudio.

Poco se ha estudiado la geometría, la forma y el tamaño de los caparazones animales, siendo éstos los que les proporcionan a los animales protección frente a golpes, al ataque de los depredadores y al mal tiempo, además que les da forma y les posibilita el movimiento.

El interés del proyecto de investigación "Geometría en movimiento 2", es el de crear modelos y/o prototipos tridimensionales de formas orgánicas y no orgánicas a través de la morfometría geométrica y la geometría descriptiva para describir, representar, analizar e inferir la forma biológica de los caparazones animales.

Un caparazón es una sección dorsal (superior) del exoesqueleto o cáscara de una serie de grupos animales incluyendo moluscos, crustáceos, tortugas, armadillos y organismos microscópicos por

mencionar algunos, y su patrón geométrico, que en algunos casos es complejo, varían en forma y tamaño según la especie.

Los patrones geométricos son una secuencia que siguen las figuras geométricas, en donde por medio de líneas o curvas se van creando las superficies y cuerpos geométricos que al transformarlos isométricamente por rotación, traslación y reflexión o simetría no cambian ni en su forma ni en su tamaño sino que solamente cambian su posición en el espacio, quedando la figura original y la figura final geométricamente similares y congruentes.

Para poder modelar los caparazones de los animales y crear los modelos y la impresión 3D, es necesario tener físicamente al animal que se va a estudiar para fotografiarlo desde cinco vistas, es decir, de arriba, de frente, por atrás, a la derecha y a la izquierda para obtener las medidas reales de su forma y tamaño.

Por lo que esta investigación se centra en:

- La técnica de morfometría geométrica, ya que la morfometría estudia la forma y el tamaño de las formas biológicas de los animales mediante el uso de descriptores cuantitativos.

A partir de la técnica de la morfometría geométrica, que comprende el estudio de la forma de los animales en el espacio bi o tridimensional (Bookstein 1982) se definen los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y" en un espacio cartesiano para generar, a través de las coordenadas "x", "y" y "z" el modelado 3D de los caparazones de los animales.

El modelado 3D, desde el punto de vista de la tecnología se define como la creación de modelos tridimensionales mediante algoritmos a partir de un sistema CAD (Computer-aided Design), en el que se genera un archivo digital para la reproducción de un objeto físico.

- En las transformaciones isométricas de rotación, traslación y reflexión o simetría de las superficies.

Ya que desde la perspectiva de la geometría descriptiva, los caparazones son considerados superficies y cuerpos geométricos que al transformarlos isométricamente por rotación, traslación y reflexión o simetría no cambian ni en su forma ni en su tamaño sino que solamente cambian su posición en el espacio, quedando la figura original y la figura final geométricamente similar y congruente.

Así podemos decir que, en las transformaciones por reflexión o simetría la correspondencia exacta se encuentra en la disposición regular de las partes o puntos de un cuerpo o figura con relación a un punto (centro), una recta (eje) o a un plano y se denominan simetrías central y axial.

La simetría axial, es una transformación respecto a un eje de simetría, en la cual, a cada punto de una figura se le asocia a otro punto llamado imagen que cumple con las siguientes condiciones: (a) la distancia de un punto y su imagen al eje de simetría, es la misma y (b) el segmento que une un punto en su imagen, es perpendicular al eje de simetría.

En las transformaciones de rotación, las formas geométricas en el espacio cambian su orientación a través de: (a) un punto llamado centro de rotación, (b) un ángulo y (c) una dirección de rotación.

Y en las transformaciones de traslación, cada punto de la figura geométrica se mueve y cambia su posición en el espacio, tanto en su dirección: derecha, izquierda, abajo, arriba, adelante y atrás, como en su distancia que se refiere a la unidad de medida.

Una vez que se tienen recopilados la ubicación, la morfología, los planos y los prototipos de los caparazones de los animales es posible realizar una base de datos electrónica y una base de datos tangible. En la base de datos electrónica, que se podrá imprimir, se incluirá: el nombre del animal, la clasificación, el lugar común donde habita, su geometría, su forma y su tamaño. Esta base de datos se relaciona con la base de datos tangible, es decir físicamente y a una escala mayor.

La ventaja de la base de datos tangible es que se puede realizar la reproducción de los caparazones de los animales cuantas veces sea necesario y entregarla al investigador, al estudiante o a cualquier persona interesada en el estudio y aplicación de los caparazones animales no solamente en el área de Biología sino que también en la Arquitectura, el Diseño y la Robótica.

Ya que los modelos a gran escala permitirán ver a detalle las transformarlos isométricamente por rotación, traslación y reflexión o simetría de los caparazones animales para llegar a una propuesta espacial de grandes dimensiones.

Con este proyecto, se tendrá una colección científica en la Universidad Autónoma Metropolitana Cuajimalpa, imprescindible para el desarrollo del país, cuya función e importancia radica en su naturaleza única y en la relación que tienen con la generación y avance del conocimiento científico tanto nacional como internacional. Y que además, permitirá generar y validar hipótesis.

En el ámbito de este proyecto, los beneficios sociales más relevantes sin considerar diferencias en la clase social, la raza, la religión, el entorno geográfico, económico y la edad, serían:

1. Conocimiento científico. Comprender la naturaleza, cualidades y relaciones de los caparazones animales. Además de la adquisición y elaboración de nuevos conocimientos.
2. Conocimiento tecnológico colaborativo. Presencia comunicativa y cooperativa para la generación, distribución y uso del conocimiento.
3. Entendimiento. Aprender, entender, razonar y tomar decisiones en proyectos de investigación desde la educación media superior hasta el ejercicio profesional.
4. Recursos tecnológicos. Tener un medio para conseguir la información del conocimiento científico.

3. Antecedentes históricos, teóricos y conceptuales.

La naturaleza ha sido una de las fuentes de inspiración para científicos e ingenieros desde hace cientos de años. La fabricación de prototipos por parte de Leonardo Da Vinci es sólo un ejemplo de cómo la tecnología puede aprovecharse del mundo que nos rodea.

Hoy en día, los animales han sido una gran influencia para los avances tecnológicos para inventar artefactos y estructuras que son útiles para mejorar nuestra vida.

Así, por ejemplo podemos nombrar: el generador eléctrico de bioStream que está inspirado en una aleta de tiburón. El tren bala Shinkansen que imita el pico del ave Martín Pescador. La cinta adhesiva reutilizable, cuya solución se basó en las extremidades de las ranas.

La Villa Olímpica en Barcelona, diseñada por el Arq. Frank Gehry que está inspirada en un pez. El Museo Nacional Zayed, en Abu Dhabi que está inspirado en la forma y vuelo de un halcón. Y porque no mencionar el Robot humanoide diseñado para asimilar el cuerpo y los movimientos de un ser humano.

En este proyecto se aplicará un nuevo método que une a la morfometría geométrica y a la geometría descriptiva para encontrar, a través de las coordenadas "x", "y" y "z" los puntos morfológicos que definen la geometría de los caparazones animales que, por medio de otros métodos, la digitalización y el escaneo sería muy difícil de conseguir.

En el año 2015, se trabajó en el Laboratorio de Morfometría Geométrica en el Instituto de Ecología A.C, INECOL, Xalapa, Veracruz, en el proyecto "Análisis, desarrollo y creación de prototipos 3D a partir de las formas biológicas de los animales usando la morfometría geométrica".

En este proyecto de investigación se trabajó con un escarabajo, que pertenece a la familia *Scarabaeidae* del género *Doltochilum*, del cual se realizaron dos prototipos en impresión 3D (Fig.1), a partir de los trazos en dos dimensiones y el modelado en tres dimensiones. Se utilizó un nuevo método para encontrar las coordenadas "x", "y" y "z" de los puntos en el espacio que conforman las formas geométricas de las partes de los animales, tomando en cuenta los puntos morfológicos que se obtienen por medio del programa tpsDig2.



Fig. 1: Escarabajo: (a y b) Modelado y (c y d) Impresión 3D.

En los años 2015 y 2017 se trabajó en la Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, en el proyecto "Geometría en movimiento". En este proyecto de investigación se trabajó con la mariposa *Heliconius Doris obscurus*, se utilizó las técnicas de la morfometría geométrica, la geometría descriptiva y la tensegridad. Se realizaron tres prototipos.

En el primer prototipo (Fig.2 (a y b)), el cuerpo de la mariposa mide 144 mm, es un sólido y se imprimió en su totalidad en la impresora 3D.

En el segundo prototipo (Fig. 2 (c y d)), el cuerpo de la mariposa mide 240 mm, se dividió en 24 partes que junto con las patas y las antenas se imprimieron en la impresora 3D. Las alas son de cartón batería y de lámina plástica. Cada una de las partes se unieron por medio de una red tridimensional reticulada de monofilamento de nylon para tensionar y unos popotes como separadores entre cada pieza.

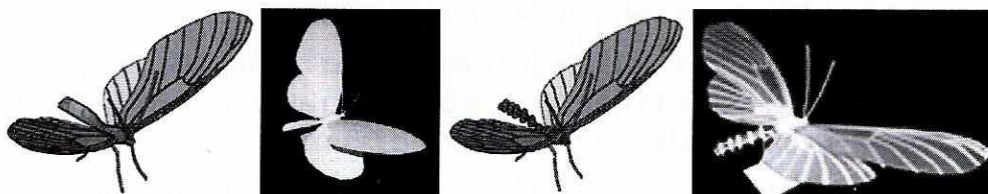


Fig. 2: Mariposa: (a y b) Primer prototipo: Modelado e impresión 3D y (c y d) Segundo prototipo: Modelado e impresión 3D.

Y en el tercer prototipo (Fig. 3, 4 y 5), el cuerpo de la mariposa mide 960 mm y se dividió en 24 partes. En cada una de las partes se abrieron dos orificios para colocar dos cilindros con cuatro orificios. Se agregó un cilindro intermedio entre cada parte con cuatro orificios, para así pasar el monofilamento de nylon y tensar el cuerpo.

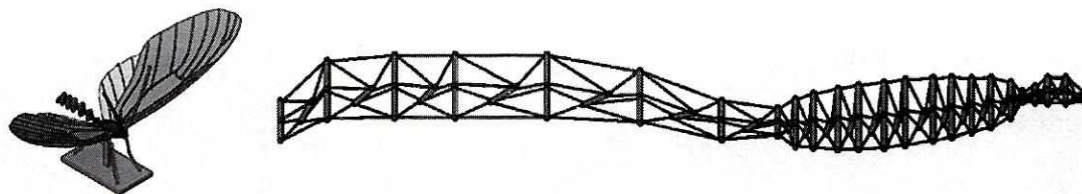


Fig. 3: Mariposa tercer prototipo: (a) Modelado, (b) Tensegridad.

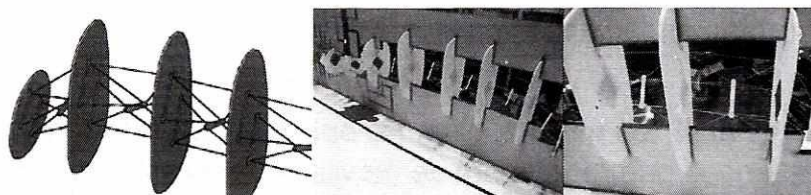


Fig. 4: Mariposa tercer prototipo: (a) Detalle tensegridad, (b) Impresión 3D y ensamblado y (c) Detalle.

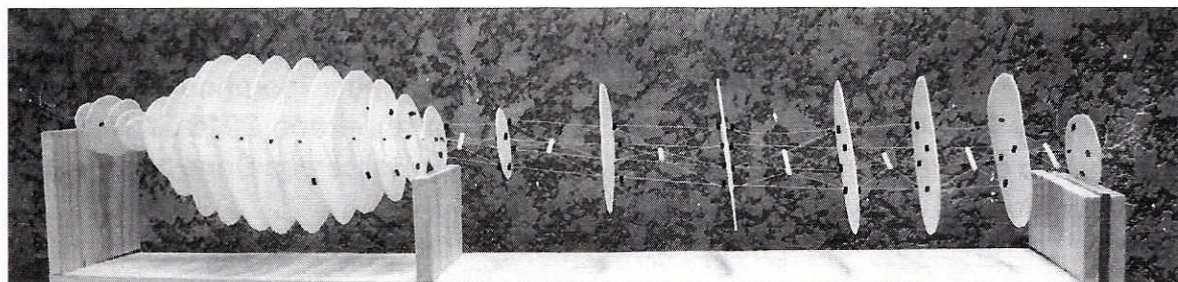


Fig. 5: Estructura flotante.

En este proyecto, dos alumnos realizaron su servicio social, y se integraron los alumnos que cursaron la UEA Proyecto terminal I (Fig. 6 (a, b y c)). Los alumnos observaron y analizaron, por medio del microscopio la estructura anatómica y fisiológica de la mariposa. Tomaron fotografías, utilizaron las técnicas de morfometría geométrica y geometría descriptiva para modelar la mariposa y generaron la animación 3D (Fig. 6 (d)).



Fig. 6: (a, b y c) Alumnos trabajando y (d) Modelo digital de la mariposa para la animación 3D.

En la UEA Proyecto terminal II, los mismos alumnos continuaron en el proyecto "Geometría en movimiento". Desarrollaron el modelado, impresión 3D y animación 3D de una cochinilla (Fig. 7). En este trabajo los alumnos aplicaron el conocimiento adquirido de la morfometría geométrica y la geometría descriptiva. Se integraron dos alumnos más para realizar su servicio social.

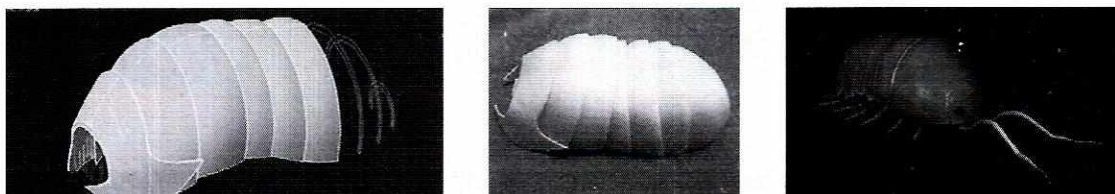


Fig. 7 Cochinilla: (a) Modelado, (b) Impresión 3D y (c) Modelo digital para la animación 3D.

En la UEA Proyecto terminal III, los mismos alumnos aplicaron, en el terreno del Diseño el caparazón de la cochinilla. Y los alumnos que regresaron de movilidad realizarán en el Proyecto Terminal III, un alacrán utilizando el mismo procedimiento.

Se escribió el libro "Geometría en movimiento. Transformaciones geométricas de rotación, traslación y simetría basadas en las obras de Ródchenko e Ioganson", en colaboración con una alumna de la licenciatura de Diseño.

Y se han presentado en diversos congresos las siguientes investigaciones: "Prototyping the complex biological form of the beetle *Deltotilum Lobipes* via 2D geometric morphometrics landmarks and descriptive geometry for 3D printing", en Vancouver Canadá en el año 2016. Y "Application of the Tensegrity system to create 3D impression of the butterfly body *Heliconius Doris obscurus* as a floating compression structure", en Okayama Japón en el año 2017.

4. Preguntas y supuestos de investigación.

A partir de la geometría, que tiene una larga historia siempre ligada a las actividades humanas, sociales, culturales, científicas y tecnológicas, y en cualquier situación, por elemental que sea, permite una amplia gama de exploración, formulación de conjeturas y experimentación de situaciones con la idea de explicar, probar o demostrar hechos, surge la pregunta de investigación: ¿A partir de las transformaciones isométricas de los planos, se puede describir la configuración geométrica de los caparazones animales?

Supuesto de investigación: La estructura geométrica de los caparazones animales, coadyuva a crear modelos a gran escala.

5. Objetivo general.

Realizar una base de datos electrónica y una base de datos tangible para describir la configuración geométrica de los caparazones animales.

Una base de datos electrónica, es un conjunto de información digital estructurada en registros y almacenada en un soporte legible por un ordenador. En donde se crea y mantiene de forma continua

la información con el objetivo de resolver necesidades. Además de ser una herramienta básica para recuperar información digitalizada de cualquier tipo.

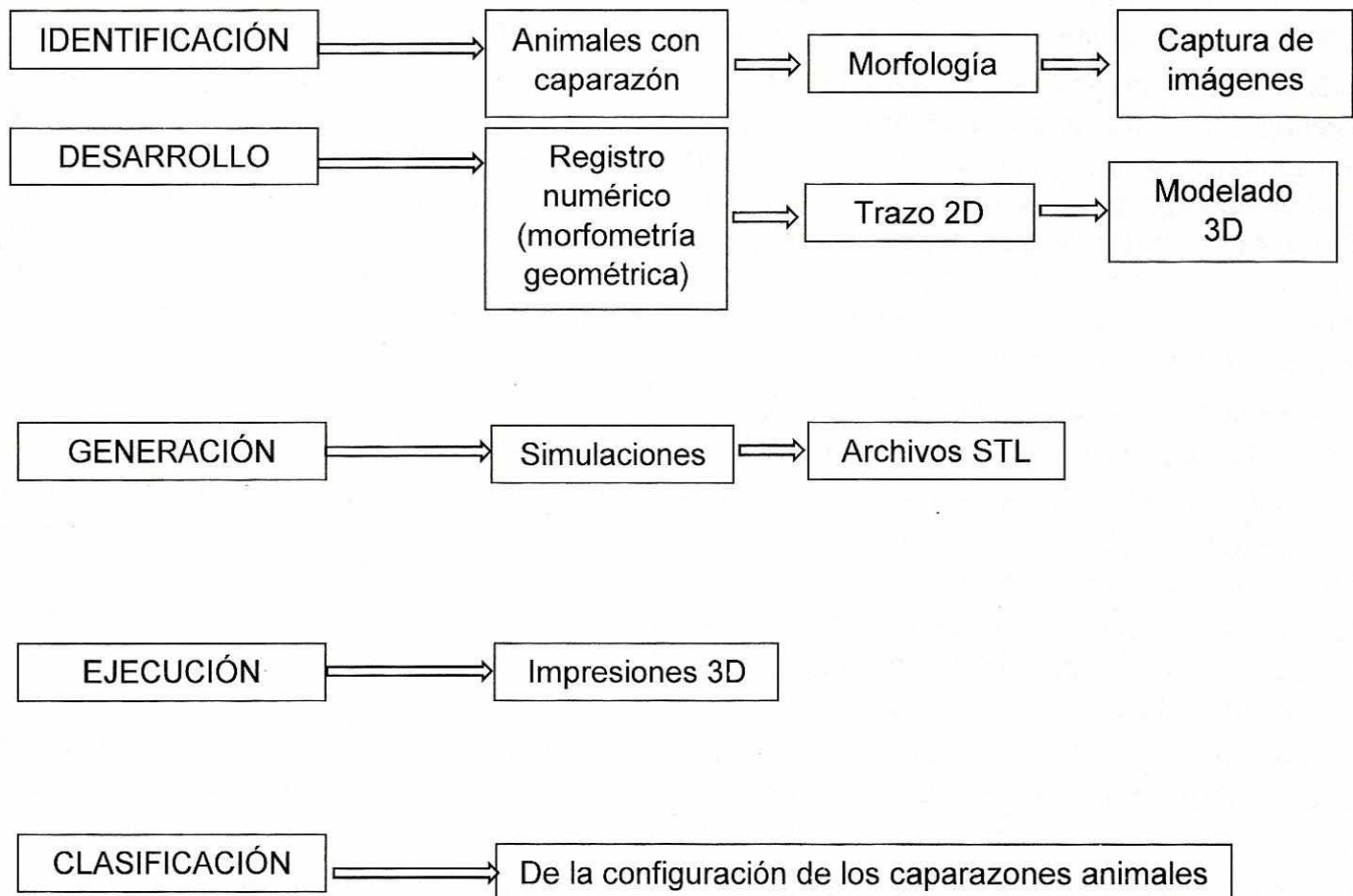
Una base de datos tangible, son productos manufacturados que se pueden ver, tocar, ensayar o probar y que pueden ser inspeccionados. Su ventaja es que se pueden realizar a gran escala.

6. Objetivos específicos

- Analizar la geometría de los caparazones animales para conceptualizar sus formas geométricas.
- Explicar las transformaciones geométricas de los caparazones animales para la solución de problemas de diseño.

7. Metodología.

Para realizar este estudio se involucran una serie de etapas:



En el mundo animal hay millones de diferentes especies animales y la ciencia descubre nuevas especies todo el tiempo. En este proyecto solamente se trabajará con los animales que tiene caparazón y debido a la cantidad que hay nos concentraremos únicamente en los insectos, moluscos, crustáceos, tortugas y armadillos.

De cada una de estas especies se identificará a la familia a la que pertenecen y las clases que se conocen que se encuentren vivas, debido a que se les va a tomar fotografías. Se identificará y marcará en un mapa su localización, para planear una ruta a seguir en las visitas que se van a realizar.

En la primera parte del desarrollo se realiza el registro de los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y", de la siguiente manera: teniendo las 5 fotografías, desde arriba, dos laterales, es decir derecha e izquierda, de frente y una posterior de los caparazones, se acomodan en un editor de gráficos simulando la proyección ortogonal, es decir en el plano frontal, en los planos lateral derecho e izquierdo, en el plano superior y en el plano posterior.

Se marcan por medio del signo de más (+), en las fotografías correspondientes los puntos en el espacio que delimitan las líneas y curvas de la forma de los caparazones, se enumeran y se guarda el archivo con terminación JPG.

Se abre el archivo JPG en el programa tpsDig2. Este programa, que es software libre los biólogos lo utilizan para encontrar por medio de las marcas o landmarks las coordenadas "x" y "y" de cada uno de los puntos marcados. Por lo que nosotros marcaremos los puntos de cada una de las proyecciones encontradas en el editor de gráficos. Al guardar, se crea en el programa tpsDig2 un archivo con terminación Tps. En este archivo se encuentran los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y".

Se utilizarán tres programas de cómputo, los cuales fueron programados específicamente para la investigación y la educación: (1) Programa de cómputo para el plano frontal arriba y/o frontal abajo de la proyección ortogonal (número de registro 03-2016-111412111800-01), (2) Programa de cómputo para el plano superior de la proyección ortogonal (número de registro 03-2016-111412015900-01) y (3) Programa de cómputo para el plano lateral derecho y/o lateral izquierdo de la proyección ortogonal (número de registro 03-2016-111412075700-01), para rectificar los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y", y para encontrar el valor numérico de la coordenada "z" a partir de las proyecciones lateral, frontal y posterior de la proyección ortogonal.

Ya que se tienen los valores numéricos de las coordenadas "x", "y" y "z" se concatenan y se pasan (copy - paste) al programa de vectores para encontrar los puntos en el espacio tridimensional.

En la segunda y tercera parte del desarrollo se trazan las rectas en el espacio por medio de poli líneas. Se modela la forma del caparazón de los animales por medio de 3Dface para formar la malla triangular y se termina formando el sólido.

En la parte de generación, las simulaciones se realizan para verificar la geometría de los caparazones animales antes de realizar el archivo STL (Standard Triangle Language). El archivo STL se crea en el programa de vectores.

En la parte de ejecución, los archivos STL se pasan al programa de la impresora 3D para crear el archivo con terminación x3g y se comienza con la impresión. El tiempo que tarda la impresión depende del tamaño de la forma. Mientras tanto se comenzará a estructurar el libro y se escribirán los artículos.

El proyecto se termina con la publicación del libro, la realización de la base de datos electrónica y la base de datos tangible, para esta última se diseñarán contenedores especiales para cada uno de los caparazones para que sean fácil de transportar.

Se realizará un seminario para exponer la investigación y los resultados obtenidos.

8. Bibliografía.

- [1] Adriaenssens, Sigrid, Block Philippe, Veenendaal Diederik and Williams Chris: *Diseño. Shell Structures for Architects, Form finding and optimization*, Routledge, Taylor and Francis, New York, 2014.
- [2] Bürdek, Bernhard: *Diseño. Historia, teoría y práctica del Diseño Industrial*, Ediciones G Gili Diseño, España, 2002.
- [3] Cardona Suárez, Carlos Alberto: *La geometría de Alberto Durero. Estudio y modelación de sus construcciones*, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia, 2006.
- [4] Carlo, Pedretti: *Leonardo. The machines*, Giunti Editore, Florence, Itali, 1999.
- [5] Ching, Francis: *Arquitectura. Forma, espacio y orden*, Ediciones G Gili, México, 2002.
<https://www.educacion-holistica.org/notepad/documentos/Ching/Forma,%20Espacio%20y%20Orden%20de%20Ching.pdf>
- [6] Elam, Kimberly: *Geometry of design: studies in proportion and composition*, Princeton Architectural Press, New York, 2011.
- [7] LeCorbusiere, The Modulor 1 y 2, Faber and Faber, Alemania, 2004.
- [8] Machajewski, Sarah: *What are Mollusks*, Rosen Publishing Group, Inc, New York, N.Y. 2017. ISBN: 9781508103875
- [9] Vitruvio Polión, Marco: *Los diez libros de la Arquitectura*, Alianza Forma, Madrid, 1997.
http://aparejadoresacc.com/wp-content/uploads/Vitruvio_Polion_Marco.pdf
- [10] Rochman, Dina: *Manual descriptivo para utilizar el programa de cómputo para el plano superior de la proyección ortogonal*, Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, México, 2016.
- [11] Rochman, Dina: *Manual descriptivo para utilizar el programa de cómputo para el plano frontal arriba y/o abajo de la proyección ortogonal*, Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, México, 2016.
- [12] Rochman, Dina: *Manual descriptivo para utilizar el programa de cómputo para el plano lateral derecho y/o lateral izquierdo de la proyección ortogonal*, Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, México, 2016.
- [13] Rochman, Dina, Sánchez, América: *Geometría en movimiento. Transformaciones geométricas de rotación, traslación y simetría basadas en las obras de Ródchenko e loganson*, Universidad Autónoma Metropolitana, Cuajimalpa, México, 2017.

9. Metas.

La meta general del presente proyecto es contribuir a la generación de conocimiento científico a través de la Geometría Descriptiva que es una ciencia que deriva de las matemáticas consistente en las relaciones y análisis del espacio tridimensional. Cuyo objetivo primordial es la representación de los cuerpos geométricos en un plano cartesiano, por medio del punto, la recta, el plano y el volumen.

10. Resultados esperados

Generación de nuevo conocimiento:

- Se expone la configuración geométrica de los caparazones animales.
- Se contribuye con la generación de los modelos en impresión 3D a mayor escala, que amplían el análisis de la forma y tamaño de los caparazones animales.
- Se estudia los caparazones animales como modelo para provecho humano.

11. Resultados entregables esperados

- Libro
- Base de datos electrónica y base de datos tangible
- Artículos de divulgación científica
- Alumno para que realicen su servicio social
- Formación de recursos humanos para la investigación científica

12. Cronograma de actividades (trimestres naturales).

- Primer trimestre: clasificación de los animales a estudiar. Toma de fotografías.
- Segundo trimestres: Realización del proceso para encontrar los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y" de la forma de los caparazones a estudiar, a partir del método de la Morfometría geométrica. Realización del proceso para encontrar las coordenadas "x", "y" y "z" de la forma de los caparazones a estudiar, para realizar los trazos 2D y el modelado 3D de los caparazones de los moluscos, a partir de la técnica de la Geometría Descriptiva. Generación de las simulaciones de los caparazones a estudiar, para analizar su configuración geométrica. Creación de los archivos STL. Impresión 3D y/o realizar modelos con cartón de los caparazones a estudiar.
- Tercer trimestre: Realización del proceso para encontrar los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y" de la forma de los caparazones a estudiar, a partir del método de la Morfometría geométrica. Realización del proceso para encontrar las coordenadas "x", "y" y "z" de la forma de los caparazones a estudiar, para realizar los trazos 2D y el modelado 3D de los caparazones de los moluscos, a partir de la técnica de la Geometría Descriptiva. Generación de las simulaciones de los caparazones a estudiar, para analizar su configuración geométrica. Creación de los archivos STL. Impresión 3D y/o realizar modelos con cartón de los caparazones a estudiar.
- Cuarto trimestre: Realización del proceso para encontrar los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y" de la forma de los caparazones a estudiar, a partir del método de la Morfometría geométrica. Realización del proceso para encontrar las coordenadas "x", "y" y "z" de la forma de los caparazones a estudiar, para realizar los trazos 2D y el modelado 3D de los caparazones de los moluscos, a partir de la técnica de la Geometría Descriptiva. Generación de las simulaciones de los caparazones a estudiar, para analizar su configuración geométrica. Creación de los archivos STL. Impresión 3D y/o realizar modelos con cartón de los caparazones a estudiar. Escribir artículos, asistir a congresos
- Quinto trimestre: Realización del proceso para encontrar los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y" de la forma de los caparazones a estudiar, a partir del método de la Morfometría geométrica. Realización del proceso para encontrar las coordenadas "x", "y" y "z" de la forma de los caparazones a estudiar, para realizar los trazos 2D y el modelado 3D de los

caparazones de los moluscos, a partir de la técnica de la Geometría Descriptiva. Generación de las simulaciones de los caparazones a estudiar, para analizar su configuración geométrica. Creación de los archivos STL. Impresión 3D y/o realizar modelos con cartón de los caparazones a estudiar. Comenzar a elaborar el libro.

- Sexto trimestre: Realización del proceso para encontrar los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y" de la forma de los caparazones a estudiar, a partir del método de la Morfometría geométrica. Realización del proceso para encontrar las coordenadas "x", "y" y "z" de la forma de los caparazones a estudiar, para realizar los trazos 2D y el modelado 3D de los caparazones de los moluscos, a partir de la técnica de la Geometría Descriptiva. Generación de las simulaciones de los caparazones a estudiar, para analizar su configuración geométrica. Creación de los archivos STL. Impresión 3D y/o realizar modelos con cartón de los caparazones a estudiar.
- Séptimo trimestre: Realización del proceso para encontrar los valores numéricos de las coordenadas "x" y "y" de la forma de los caparazones a estudiar, a partir del método de la Morfometría geométrica. Realización del proceso para encontrar las coordenadas "x", "y" y "z" de la forma de los caparazones a estudiar, para realizar los trazos 2D y el modelado 3D de los caparazones de los moluscos, a partir de la técnica de la Geometría Descriptiva. Generación de las simulaciones de los caparazones a estudiar, para analizar su configuración geométrica. Creación de los archivos STL. Impresión 3D y/o realizar modelos con cartón de los caparazones a estudiar.
- Octavo trimestre: Escribir artículos, asistir a congresos. Clasificar los modelos y/o prototipos 3D de los caparazones animales estudiados. Realizar la base de datos electrónica y tangible. Terminar la estructura del libro. Enviar el libro a revisión de estilo y publicarlo.

13. Requerimientos y justificación de los recursos solicitados.

El proyecto de investigación "Geometría en movimiento 2" está dirigido a:

- Realizar visitas de campo para recolectar las especies, por lo que se solicita la cantidad de \$30,000.00 (treinta mil pesos) para los viajes y viáticos.
- La modelación y creación de modelos virtuales que se realizarán en programas de cómputo que se tiene en la División.
- La creación de los modelos físicos que se realizarán en impresión 3D y en cartón Canson, por lo que se solicita la cantidad de \$60,000.00 (sesenta mil pesos) para la compra de filamentos, cartón Canson y pegamento blanco.
- La edición de un libro virtual, por lo que se solicitará a la División: difusores (rebotes) y maleta de luces para la toma de fotografías.

14. Vinculación con los planes y programas de estudio de la División y la Unidad.

Programa de estudio de la Licenciatura de Diseño.

Primer trimestre			
Introducción al pensamiento matemático	Taller de lenguaje y argumentación	Taller de lenguajes para el diseño	Seminario de sustentabilidad y cultura ambiental
Segundo trimestre			
Introducción a la historia del arte universal	Taller de representación y expresión por medio del dibujo y trazo geométrico	Fundamentos de programación estructurada	Laboratorio de diseño bi y tridimensional
Tercer trimestre			
Introducción a la historia del arte en México	Taller de imagen y comunicación visual	Seminario de comunicación, diseño y tecnologías de la información	Laboratorio de diseño integral I
Cuarto trimestre			
Introducción a la historia del Diseño	Taller de expresión gráfica y dibujo técnico	Taller de ergonomía física y cognitiva	Laboratorio de diseño integral II
Quinto trimestre			
Diseño y sociedad	Taller de representación y expresión digital en dos dimensiones	Taller de procesos y tecnologías para la producción de modelos, prototipos y originales	Laboratorio de diseño integral III
Sexto trimestre			
Teoría y métodos de diseño	Taller de representación y expresión digital en tres dimensiones	Taller de procesos y tecnologías para la reproducción industrial	Laboratorio de diseño integral se sistemas de información
Séptimo trimestre			
Problemas contemporáneos del diseño en la cultura	Taller de animación digital	Taller de procesos y tecnologías para el manejo de sistemas de manufactura asistido por computadora	Laboratorio de diseño integral de la información y de los espacios
Octavo trimestre			
Gestión del diseño y	Comunicación, información y sistemas	Taller de programación y	Laboratorio de diseño integral de

fundamentos de proyectos		diseño de web-estático	sistemas interactivos
--------------------------	--	------------------------	-----------------------

El proyecto de investigación "Geometría en movimiento 2" se podrá trabajar con los alumnos que estén cursando las UEA:

- Taller de representación y expresión por medio del dibujo y trazo geométrico.
- Taller de expresión gráfica y dibujo técnico.
- Taller de representación y expresión digital en dos dimensiones.
- Taller de procesos y tecnologías para la producción de modelos, prototipos y originales.
- Taller de representación y expresión digital en tres dimensiones.
- Taller de procesos y tecnologías para la reproducción industrial.
- Taller de animación digital.
- Taller de procesos y tecnologías para el manejo de sistemas de manufactura asistido por computadora.
- En la optativa Simulación y modelización.
- En los laboratorios de diseño integral.
- En los proyectos terminales.