

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE  
SIMULADOR DE OLAS ALIMENTADO CON ENERGÍA  
SOLAR PARA REALIZAR ESTUDIOS DEL  
COMPORTAMIENTO DE LOS MANGLARES Y LAS  
ESPECIES MARINAS EN EL PACÍFICO DE GUATEMALA

Trabajo de graduación en modalidad de informe de graduación presentado  
por

Hugo Daniel Mena Enamorado

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología  
Industrial

Guatemala

2019



“DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE  
SIMULADOR DE OLAS ALIMENTADO CON ENERGÍA  
SOLAR PARA REALIZAR ESTUDIOS DEL  
COMPORTAMIENTO DE LOS MANGLARES Y LAS  
ESPECIES MARINAS EN EL PACÍFICO DE GUATEMALA”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



DISEÑO, ANÁLISIS Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE  
SIMULADOR DE OLAS ALIMENTADO CON ENERGÍA  
SOLAR PARA REALIZAR ESTUDIOS DEL  
COMPORTAMIENTO DE LOS MANGLARES Y LAS  
ESPECIES MARINAS EN EL PACÍFICO DE GUATEMALA

Trabajo de graduación en modalidad de informe de graduación presentado  
por


Hugo Daniel Mena Enamorado

para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología  
Industrial


Guatemala

2019

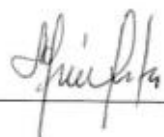
Vo.Bo.:

(f)   
Ing. Henry Armando Olcot Ejcalón

Tribunal Examinador:

(f)   
Ing. Henry Armando Olcot Ejcalón

(f)   
Ing. Hector Alfonso Monzón Guevara

(f)   
Ing. Jorge Ramón Méndez Costa

Fecha de aprobación: Guatemala, Jueves 24 de octubre de 2019

# ÍNDICE

LISTA DE CUADROS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
A. GENERAL .....	2
B. ESPECÍFICOS .....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. DESARROLLO DEL INFORME.....	4
A. INVESTIGACIÓN.....	4
B. DISEÑO DEL PROTOTIPO .....	4
C. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO .....	5
D. ELECTRÓNICA DEL SISTEMA .....	7
E. PANEL SOLAR.....	14
F. SISTEMA MECÁNICO .....	17
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	24
VI. CONCLUSIONES .....	32
VII. RECOMENDACIONES .....	33
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	34
IX. ANEXOS.....	36
X. GLOSARIO.....	40

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Lista de elementos utilizados y su costo .....	5
Cuadro 2. Tipo de cambio para el 06 de octubre 2018 .....	6
Cuadro 3. Especificaciones técnicas Arduino Uno.....	8
Cuadro 4. Especificaciones técnicas módulo de relé.....	11
Cuadro 5. Características eléctricas del panel solar.....	14
Cuadro 6. Características generales del panel solar.....	15

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de conexión de partes electrónicas .....	7
Figura 2. Tarjeta Arduino Uno .....	8
Figura 3. Entorno de desarrollo integrado Arduino .....	9
Figura 4. Bloque de código para interruptor de velocidad baja y alta .....	9
Figura 5. Bloque de código para interruptor stop .....	10
Figura 6. Diagrama de relé simplificado .....	10
Figura 7. Tarjeta doble módulo de relé .....	11
Figura 8. Pulsadores de timbre (stop, lento y rápido. De izquierda a derecha) .....	12
Figura 9. Señal TTL 5 voltios .....	12
Figura 10. Variables utilizadas para el temporizador de los pulsadores .....	13
Figura 11. Bloque de código para el ciclo del temporizador .....	13
Figura 12. Regulador de carga tipo PWM.....	16
Figura 13. Mecanismo biela-manivela .....	18
Figura 14. Sistema biela manivela.....	19
Figura 15. Planos de biela manivela y guía .....	20
Figura 16. Vista frontal de estructura completa con biela-manivela y guía .....	21
Figura 17. Vista lateral de estructura metálica .....	24
Figura 18. Vista de planta de estructura metálica.....	24
Figura 19. Vista isométrica de estructura metálica.....	25
Figura 20. Estructura completa con el mecanismo de biela manivela y tanque contenedor de agua .....	26
Figura 21. Foto real de estructura con el tanque contenedor de agua.....	27
Figura 22. Foto real estructura y tanque contenedor de agua .....	28
Figura 23. Foto real de estructura de biela manivela .....	29
Figura 24. Foto del panel solar .....	29
Figura 25. Foto real del panel solar ya instalado en el techo.....	30
Figura 26. Foto real del tanque simulador de olas ya en funcionamiento .....	30
Figura 27. Foto real del tanque simulador de olas ya en funcionamiento diferente vista .....	31
Figura 28. Módulo de relé doble para Arduino .....	36
Figura 29. Tarjeta controladora Arduino Uno .....	37
Figura 30. Instalación del panel solar sobre terraza de 2 caídas de agua.....	38
Figura 31 Construcción del sistema mecánico biela-manivela y la paleta generadora de olas.....	39

## RESUMEN

Con este proyecto se facilitó el estudio de las olas de mar, para ver el efecto que estas producen sobre las barreras naturales, como los manglares, a través de un modelo simulador. El proyecto fue implementado en las instalaciones de reproducción de especies del zoológico La Aurora en las playas de Monterrico, departamento de Santa Rosa. Este simulador permitió a los investigadores ver el efecto del oleaje y resolver el problema que tenían para conservar ciertas especies marinas debido al oleaje, asimismo, les permitió diseñar estrategias que permitan la conservación de la vida de las especies marinas después de las barreras.

Para dar inicio al trabajo, se diseñó y se analizó los componentes que llevaría el tanque simulador de olas. El diseño contemplaba la alimentación de energía a través de un panel solar y una batería, que servirían para alimentar la energía del motor que movería el sistema generador de olas. Una vez realizado el diseño se hizo la construcción del simulador, el cual tendría diferentes escenarios que simularían tanto barreras naturales como los manglares hasta barreras artificiales.

# I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo está motivado por una inminente necesidad de poder desarrollar y construir un prototipo simulador de olas para el departamento educativo del zoológico La Aurora en el área de Monterrico.

El objetivo final del proyecto es la construcción de un simulador de olas alimentado con energía solar para uso didáctico en la reserva de vida marina de Zoológico La Aurora, ubicada en el municipio de Monte Rico, departamento de Santa Rosa.

En esta investigación se presenta una propuesta metodológica que anhela optimizar el estudio sobre el comportamiento de las olas en el Pacífico de Guatemala, para concluir con un modelo que nos ayude a visualizar y comprender el sentido de la investigación y la manera en cómo este simulador de olas opera.

Dado que el zoológico decidió donar parte del equipo a utilizar para este proyecto, se hizo la recolección de datos a partir de las mediciones que se tomaron del motor, para saber la cantidad de amperios que consumía y así poder definir qué tipo de batería y panel solar se adaptaba mejor a los requisitos solicitados por el zoológico La Aurora. Posterior a ello se procedió con la selección de materiales para la construcción del simulador, tomando en cuenta las características finales como peso de la pecera y las fuerzas a las que estaría expuesto una vez el agua estuviera en movimiento. Finalizada la recolección de datos y el diseño, se procedió a la construcción del simulador de olas que estaba dividida en dos partes; la parte de la estructura metálica y el sistema generador de olas.

Se concluyó que el diseño del tanque simulador de olas debía llevar un sistema de biela-manivela por el tipo de motor a utilizar, ya que, por la cantidad de masa de agua a mover, el motor debía poseer una caja reductora grande para proporcionarnos la potencia necesaria para generar las olas.

Siendo futuristas, este tipo de trabajo tiene una diversidad de aplicaciones, ya que usando este mismo proyecto se puede realizar el estudio de olas como fuente de energía para el estudio de la energía undimotriz, la cual tendrá lugar predominante dentro la rama de las energías renovables. Aunque hoy en día, el nivel de desarrollo de dicha tecnología no tiene el mismo impacto que las energías eólica y solar, ya podemos ver plantas comerciales que aprovechan la energía de las olas para generar energía eléctrica en la localidad de Mutriku que turbinan el aire comprimido por la acción del oleaje.

## II. OBJETIVOS

### A. GENERAL

Diseñar y construir un tanque simulador de olas, alimentado con energía solar, con escenarios de barrera natural y artificial para el departamento de proyectos educativos del zoológico La Aurora para realizar estudios del comportamiento de las olas ante distintos escenarios.

### B. ESPECÍFICOS

- Definir las especificaciones de diseño del simulador, para que cumplan con los propósitos de uso de este, a través de la información que provee el solicitante y los usuarios que harán investigación en él, automatizando el movimiento de las olas a diferentes velocidades mediante el uso de un controlador electrónico.
- Diseñar un mecanismo capaz de generar olas a diferentes velocidades con el fin de manipular el equipo para procesos educativos y de investigación.
- Realizar un análisis de consumo de energía a través de mediciones para implementar un panel solar que cumpla con los requerimientos adecuados de potencia necesaria para el funcionamiento del equipo simulador de olas.
- Crear una estructura capaz de soportar el tanque que contiene el agua, el mecanismo generador de olas y cada uno de los componentes del sistema para que su uso, traslado y manipulación se realicen de forma sencilla.

### III. JUSTIFICACIÓN

El departamento de proyectos del zoológico La Aurora está construyendo un área dedicada a la conservación de las especies marinas en el pacífico de Guatemala en las playas de Monterrico; debido a la complejidad que representa hacer el estudio de olas sobre el océano, se planteó la necesidad de construir un simulador que permita analizar el comportamiento de los oleajes que se producen y la forma en la que estos afectan la reproducción de las especies marinas en el canal de Chiquimulilla.

Este proyecto servirá para que investigadores del zoológico La Aurora puedan realizar en él, estudios del comportamiento de las olas frente a diferentes tipos de barreras tanto naturales como artificiales. También podrán ser beneficiados estudiantes que estén interesados en realizar estudios de olas o algún tema relacionado con ellas.

## IV. DESARROLLO DEL INFORME

### A. INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación preliminar acerca de los diferentes métodos utilizados para la simulación y generación de olas marítimas, con el objetivo de conocer las principales características, ventajas, tipos de operación y así poder realizar una comparación con el prototipo solicitado por el departamento educativo del zoológico La Aurora. Esto ofreció un panorama completo acerca de nuevas ideas para diseñar y construir un tanque simulador de olas alimentado con energía solar. Sobre todo, que brindara estabilidad estructural a la máquina diseñada.

Finalizada la investigación sobre los diferentes métodos utilizados para la simulación y generación de olas, se investigaron los diferentes tipos de motores de corriente directa de 12 voltios que fueran capaces de mover el sistema de biela manivela que generaría las olas dentro del tanque. Para ello, se seleccionaron 2 motores distintos de 12 voltios que eran ideales para el sistema; sin embargo, era necesario realizar pruebas y decidir cuál cumpliría con los requerimientos necesarios para la generación de olas.

Posteriormente, se investigó sobre los paneles solares capaces de alimentar la batería de 12 voltios, con el objetivo de definir el panel solar adecuado para alimentar la batería que daría energía a todo el sistema. Se eligió el panel solar adecuado que cubría el consumo del motor y del controlador. Ya que uno de los requerimientos del proyecto era poder usar el sistema generador de olas continuamente sin que la batería se descargara mientras estuviera la energía solar.

Por último, se realizó una investigación sobre los diferentes tipos de barreras naturales y artificiales, capaces de contener la energía de las olas y poder disiparlas, con el objetivo de encontrar cuales eran las mejores barreras para poder diseñarlas y usarlas dentro del sistema.

### B. DISEÑO DEL PROTOTIPO

Para iniciar con el diseño del prototipo se realizó primero un esbozo provisional en el que se incluía únicamente los elementos esenciales para la construcción del prototipo a escala real. El esbozo fue diseñado con las medidas y las indicaciones solicitadas por el departamento educativo del zoológico La Aurora.

Posteriormente, se procedió a realizar el diseño de cada una de las piezas que conformarían el sistema completo, para realizar el diseño, se utilizaron dos programas asistidos por computadora los cuales son; Autodesk Inventor 2017 y Fusión 360, cada uno de ellos, nos permitieron diseñar a exactitud cada una de las piezas con sus medidas y sus materiales a utilizar dentro de la construcción del prototipo.

Después de crear cada una de las piezas por separado, se inició a ensamblar cada una de ellas para crear el sistema del diseño requerido, con el objetivo de poder analizar si cada una de las piezas ya ensambladas funcionarían de manera adecuada o si era necesario hacer cambio en alguna de ellas. Para esto, el programa Inventor 2017 nos permitió hacer simulaciones del funcionamiento completo y así poder sacar conclusiones para proceder a la construcción del simulador.

### C. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En el Cuadro 1 se puede observar la lista de materiales y componentes utilizado en la construcción del prototipo del sistema generador de olas, así como el costo de cada uno de los elementos utilizados. Algunos de estos materiales fueron comprados directamente en dólares en los Estados Unidos por lo que se realizó la conversión de dólares a quetzales a un valor de Q 7.69883 por dólar, tipo de cambio del seis de octubre de dos mil dieciocho.

Cuadro1. Lista de elementos utilizados y su costo

<b>Cantidad</b>	<b>Elemento</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>Costo (Q)</b>
1	Motor DC 12 Voltios High Power	\$ 32.47	Q 250.00
1	Metro de cable paralelo calibre 12	\$ 1.56	Q 12.00
2	Tubo cuadrado de 1" ½', calibre 18	\$ 32.47	Q 250.00
1	Angular de 1" ½', 3/16' de grosor	\$ 11.69	Q 90.00
1	Angular de 1"	\$ 5.85	Q 45.00
1	Lamina de 1/16', tamaño 3"x6"	\$ 21.43	Q 165.00
1/2	Galón de cemento contacto	\$ 6.49	Q 50.00
5	Discos para cortar metal	\$ 3.25	Q 25.00
2	Libras de electrodos	\$ 3.38	Q 26.00
1/4	De pintura celeste acrílica	\$ 8.44	Q 65.00
1/2	Galón de pintura gris anticorrosiva	\$ 9.09	Q 70.00
2	Pie de flexiglass	\$ 9.74	Q 75.00
1/2	Galón de tiner	\$ 2.60	Q 20.00
4	Pomos de epoximil	\$ 6.49	Q 50.00
1/2	Libra de remaches	\$ 1.56	Q 12.00
1/2	Libra de tornillos	\$ 1.56	Q 12.00
1	Hembra de 1" ½', 3/16' de grosor	\$ 7.79	Q 60.00
1	Tubo cuadrado de 1"	\$ 4.03	Q 31.00
1	Spray gris	\$ 1.95	Q 15.00
1	Pliego de foamy	\$ 1.82	Q 14.00

Cantidad	Elemento	Costo (\$)	Costo (Q)
1	Broca de 1/4" para metal	\$ 2.34	Q 18.00
2	Bisagras	\$ 3.12	Q 24.00
1	Pecera de vidrio de grosor de 10 mm	\$ 181.85	Q 1,400.00
1	Panel solar de 150W 18 Voltios	\$ 155.87	Q 1,200.00
1	Batería de carro 12 Voltios (10 placas)	\$ 64.94	Q 500.00
3	Pulsadores de timbre	\$ 3.90	Q 30.00
1	Controlador de panel solar con salida USB	\$ 51.96	Q 400.00
1	Arduino uno con caja	\$ 29.23	Q 225.00
1	Módulo de puente H BTS7960 de 43A	\$ 32.47	Q 250.00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 699.33</b>	<b>Q 5,384.00</b>

Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Cuadro 1. Tipo de cambio para el 06 de octubre 2018

Cambio para el 06 de octubre 2018	
Moneda	TCR 1/2
Dólares de EE.UU. **	7.69883
<p>1/2 Tipo de cambio de referencia calculado conforme resolución JM-126-2006  ** Expresado en Quetzales</p>	

Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Se realizaron pruebas con el motor de corriente directa para verificar que el sistema fuera capaz de mover el volumen de agua dentro de la pecera y generar las olas. Esto con el fin de verificar que el motor elegido fuera el indicado para el sistema.

Después de las pruebas realizadas al motor, se armó el sistema mecánico de biela manivela. Luego se hizo un ajuste en el sistema de biela manivela para poder ajustar el movimiento de la paleta, logrando así, generar olas continuas y bien definidas para la distancia requerida.

Posteriormente, se armó la estructura metálica que contendría todo el sistema en conjunto. Esta estructura se armó siguiendo el diseño anteriormente realizado en Autodesk Inventor. Se determinó el material adecuado y una vez toda la estructura fue ensamblada, se prosiguió a Aplicar una pintura base anticorrosivo para evitar el deterioro que pueda causar el ambiente salino al que estará expuesto. Luego, se aplicó la segunda capa de pintura acrílica para darle el acabado final.

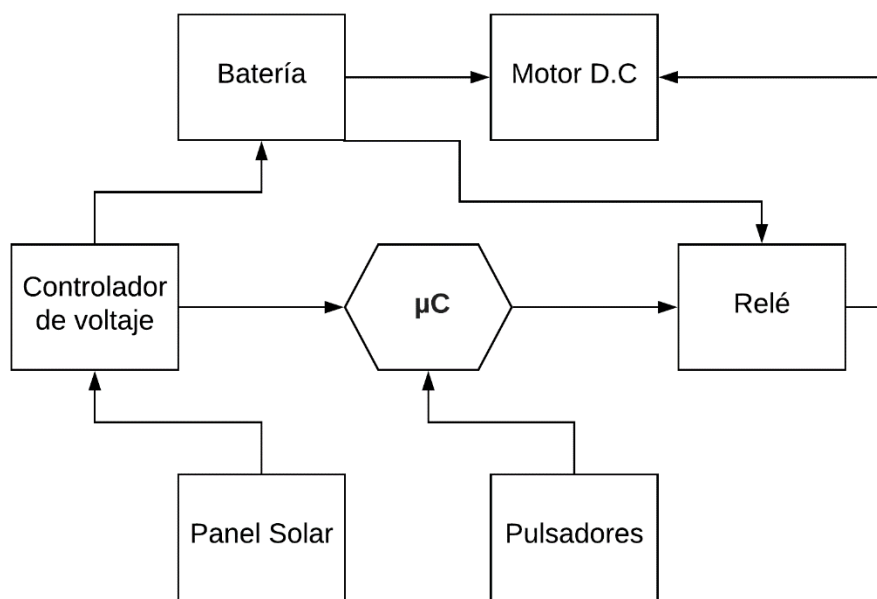
Se añadió a la estructura una hembra de metal que daría soporte al vidrio de la pecera, eso con la finalidad de evitar que el golpe de las olas al final de la pecera rompiera el vidrio.

Por último, se diseñó y se programó un circuito para automatizar el movimiento de las olas a diferentes velocidades mediante el uso de un microcontrolador Arduino Uno. Se realizaron pruebas con diferentes módulos de puente H para verificar que el controlador elegido fuera apropiado para el sistema de automatización de las olas, una vez armado el circuito, se procedió a realizar el programa en Arduino 1.0.6 para posteriormente almacenarlo en el microcontrolador.

## D. ELECTRÓNICA DEL SISTEMA

La electrónica del sistema consta de una batería de 12 Voltios D.C., un panel solar como sistema de carga para la batería principal, un microcontrolador Arduino Uno, un motor eléctrico de 12 voltios con un sistema de reducción de velocidad incorporado, 3 pulsadores, un módulo de 2 relés para Arduino y un controlador de voltaje del panel solar con salida USB. En la Figura 1 se muestra un diagrama de las partes electrónicas y como se conectan entre sí.

Figura 1. Diagrama de conexión de partes electrónicas



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

El cerebro del tanque simulador de olas es una placa electrónica Arduino Uno, basada en el microcontrolador Atmega328, que cuenta con entradas y salidas digitales y un puerto de comunicación serial. Las características técnicas de esta placa se pueden observar en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Especificaciones técnicas Arduino Uno

<b>Microcontrolador</b>	Atmega328
<b>Voltaje</b>	5V
<b>Voltaje entrada (Recomendado)</b>	7V – 12V
<b>Entradas/Salidas digitales</b>	14 (6 son PWM)
<b>Entradas analógicas</b>	6
<b>Memoria Flash</b>	32 KB
<b>SRAM</b>	2 KB
<b>EEPROM</b>	1 KB
<b>Puerto serial con conexión USB</b>	1 puerto
<b>Frecuencia reloj</b>	16 MHz

Fuente: (Luis Thayer, sin fecha)

El microcontrolador Arduino Uno se encarga de todas las operaciones lógicas para llevar a cabo el correcto funcionamiento del sistema; de recibir los pulsos de los interruptores tipo timbre y de activar y desactivar automáticamente los relés durante 30 segundos para controlar el motor. Para la programación del microcontrolador se utilizó el entorno integrado de desarrollo Arduino 1.8.1, con un lenguaje basado en C.

Como se observa en la Figura 2, la tarjeta Arduino Uno incluye ya un puerto serial con conexión USB, cuya función también es alimentar eléctricamente esta placa, por lo que no fue necesario utilizar una fuente de poder específica y se aprovechó la conexión USB de la tarjeta controladora del panel solar. En la Figura 4 y Figura 5 se muestra un segmento del código implementado, cuya función fue determinar qué pulsador se presionó y activar o detener el motor a la velocidad correspondiente.

Figura 2. Tarjeta Arduino Uno



Fuente: (Luis Thayer, sin fecha )

Figura 3. Entorno de desarrollo integrado Arduino



Fuente: (Luis Thayer, sin fecha)

Figura 4. Bloque de código para interruptor de velocidad baja y alta

```
void loop() {
  if (!moving) {
    // Revisar pulsador de baja velocidad
    lowState = digitalRead(LOW_VEL);
    if (lowState == LOW) {
      moving = true;
      movLow = true;
      movHigh = false;
      digitalWrite(LOW_OUT, LOW);
      digitalWrite(HIGH_OUT, HIGH);
      Serial.println("Velocidad baja...");
      startMillis = millis();
    }

    // Revisar pulsador de alta velocidad
    highState = digitalRead(HIGH_VEL);
    if (highState == LOW) {
      moving = true;
      movLow = false;
      movHigh = true;
      digitalWrite(HIGH_OUT, LOW);
      digitalWrite(LOW_OUT, HIGH);
      Serial.println("Velocidad alta...");
      startMillis = millis();
    }
  } else {
```

Fuente: D. Mena, 2019, UVG

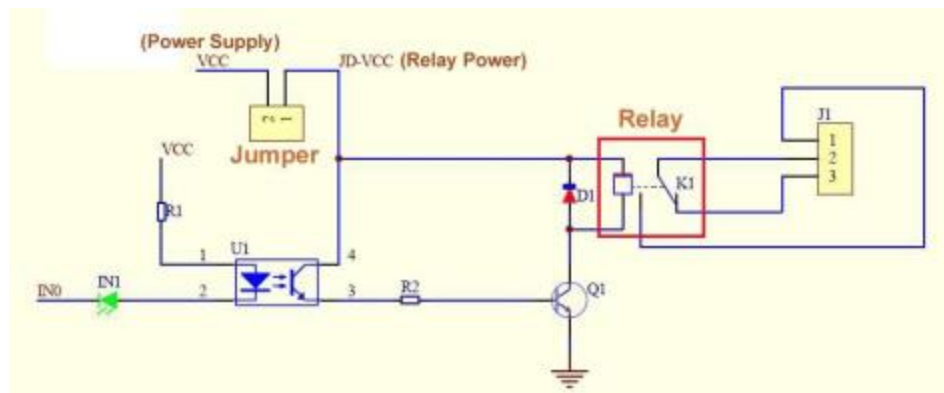
Figura 5. Bloque de código para interruptor stop

```
// Revisar pulsador de detener
stopState = digitalRead(STOP);
if (stopState == LOW) {
  moving = false;
  movLow = false;
  movHigh = false;
  Serial.println("Detenido manual...");
  digitalWrite(LOW_OUT, HIGH);
  digitalWrite(HIGH_OUT, HIGH);
}
```

Fuente: D, Mena, 2019, UVG

Para evitar daños en la tarjeta del microcontrolador Arduino Uno debido al voltaje generado por el motor eléctrico, se optó por utilizar un circuito de potencia que incluyera dos relevadores con una corriente máxima en los contactos del relé de 10 Amperios, con esto se logró obtener así un factor de seguridad máximo de 2 para el microcontrolador. El diagrama electrónico del módulo de relé se muestra en la Figura 6. Aprovechando la existencia de un módulo de doble relé, se compró la tarjeta ya fabricada. Cada relé contenía su propio pin de activación, un polo doble contacto, SPDT y una corriente de trabajo de 0.2A a 0.8A. Las características más importantes del módulo electrónico se muestran en el Cuadro No. 4

Figura 6. Diagrama de relé simplificado



Fuente: (Alberto Valero, 2016)

Figura 7. Tarjeta doble módulo de relé



Fuente: (Alberto Valero, 2016)

Cuadro 3. Especificaciones técnicas módulo de relé

<b>Polo doble contacto</b>	SPDT
<b>Voltaje</b>	5V
<b>Corriente de trabajo</b>	0.2A a 2 A
<b>Corriente máxima en contactos</b>	10 amperios
<b>Entradas analógicas</b>	6

Fuente: (Alberto Valero, 2016)

Para facilitar el uso de la máquina simuladora de olas se decidió utilizar pulsadores de timbre como se muestra en Figura 8, esto se hizo con el objetivo de crear una interfaz de fácil uso y más intuitiva para el usuario.

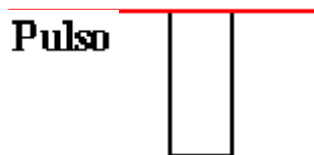
Figura 8. Pulsadores de timbre (stop, lento y rápido. De izquierda a derecha)



Fuente: Propia

Los pulsadores solamente envían una señal eléctrica a la tarjeta Arduino Uno para que este decida la acción a tomar: seleccionar una velocidad rotacional o detener el motor. Estos pulsadores se pueden observar en la Figura 8 el pulsador rojo funciona como un paro de emergencia o un “Stop”, el pulsador de en medio es el encargado de activar la velocidad de oleaje lenta y el tercer pulsador de izquierda a derecha es el encargado de activar la velocidad de oleaje alto.

Figura 9. Señal TTL 5 voltios



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Cada uno de los pulsadores se comunica con la tarjeta Arduino Uno enviando una señal TTL invertida como se muestra en la Figura 9 (con 5V para el 'idle state') a los puertos de entrada de la tarjeta Arduino Uno; el cambio de la señal es detectado mediante un flanco que activa la rutina en programa para evitar los rebotes provocados por los componentes mecánicos del pulsador, y se inicia el temporizador para el arranque o paro del motor. En las Figuras 15 y 16 se observa la programación utilizada para el temporizador de arranque.

Figura 10. Variables utilizadas para el temporizador de los pulsadores

```
// Variables de temporizador
unsigned long startMillis;
unsigned long currentMillis;
```

Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 11. Bloque de código para el ciclo del temporizador

```
void loop() {
  if (!moving) {
    // Revisar pulsador de baja velocidad
    lowState = digitalRead(LOW_VEL);
    if (lowState == LOW) {
      Serial.println("Velocidad baja presionado...");
      lowBounce = true;
      startMillis = millis();
    }

    if (lowBounce) {

      // Revisar pulsador de alta velocidad
      highState = digitalRead(HIGH_VEL);
      if (highState == LOW) {
        moving = true;
        movLow = false;
        movHigh = true;
        digitalWrite(HIGH_OUT, LOW);
        digitalWrite(LOW_OUT, HIGH);
        Serial.println("Velocidad alta...");
        startMillis = millis();
      }
    } else {
```

---

Fuente: D. Mena, 2019, UVG

## E. PANEL SOLAR

Para cumplir con los requerimientos solicitados por el departamento educativo del zoológico La Aurora, fue necesario comprar un panel solar capaz de mantener encendido el sistema generador de olas mientras la batería se cargaba, por ello se optó por comprar un panel solar de 18 voltios, compuesto por 36 células capaces de generar una potencia máxima de 150W. En el Cuadro 5 se muestran las características eléctricas del panel solar.

Cuadro 4. Características eléctricas del panel solar

Características eléctricas a STC*	
Potencia máxima (Pmax)	150 W
Capacidad máxima de voltaje (Vmp)	18.37 V
Capacidad máxima de corriente (Imp)	8.17 A
Tension de circuito abierto (Voc)	22.44 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.82 A
<b>Pruebas en condición estándar:</b> Radiación: 1000 W/m <sup>2</sup> · Temperatura de las células: 25 grados centígrados · AM: 1.5	

Fuente: (B+digital, s.f)

Al contar con 36 células todas las placas solares de 12 voltios, el panel solar logra obtener una tensión de trabajo que gira en torno entre los 18 voltios a los 19 voltios. Tomando en cuenta que se utilizó una batería de 12 voltios, la tensión generada por las placas solares es la necesaria para cargar las baterías de 12 voltios, ya que necesitan llegar hasta los 14.4 voltios en su fase de absorción para poder cargar al 100%. En el Cuadro 6 se muestran las características generales del panel solar.

Cuadro 6. Características generales del panel solar

Características generales	
Tipo de celda	Policristalino (156x156 mm)
Número de celdas	36
Dimensiones	1480x670x30 mm
Peso	11.0 kg
Vidrio	3.2 mm vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio
Caja de control	IP65 o IP67
Cable	0.9 m
Conector	Mc4 o Mc4 compatible

Fuente: (B+digital, s.f)

Para poder controlar la energía proveniente del panel solar, se utilizó un regulador de carga solar PWM o convencional que nos permite controlar la energía de entrada a las baterías y la energía generada en los paneles solares. Se eligió este regulador de carga convencional ya que su potencia no superaba los 200W como se puede observar en el Cuadro 5, de lo contrario hubiera sido de uso obligatorio un regulador de carga tipo MPPT. El regulador de carga tipo PWM se utilizó con el fin de alargar la vida de la batería ya que el regulador de carga permite el paso de electricidad a la batería según el estado en el que se encuentre la batería. Además, se puede obtener información importante sobre los parámetros del funcionamiento de la instalación. En la Figura 12 se muestra el regulador de carga utilizado para el sistema.

Figura 12. Regulador de carga tipo PWM



Fuente: Propia

Una de las razones por las cual se eligió este regulador de carga tipo PWM es que nos facilitaba la alimentación de la tarjeta Arduino Uno, ya que al poseer dos puertos USB como se muestra en la Figura 12. Con esto se eliminaba automáticamente una placa que funcionaría como fuente para el Arduino Uno.

Se comprobó que dicho panel solar tuviese la suficiente potencia para alimentar y cargar la batería. Para ello, se asumieron ocho horas de aprovechamiento de luz solar máxima (esto, siendo la zona de instalación del simulador de olas una playa), y tomando en cuenta que la eficiencia del regulador de carga tipo PWM era de 0.9, la potencia entregada a la batería era de 135W, como se observa en la *Ecuación A*.

$$n = W_{out}'/W_{in}' = 135 W/150 W \cong 0.9$$

*Ecuación A*. Eficiencia del regulador de carga tipo PWM

El motor eléctrico presentaba un consumo de corriente de 6 A continuos durante el funcionamiento a máxima velocidad, equivalente a una potencia de 72 W, como se observa en la *Ecuación B*. Se asumió que este motor trabajaría a esa potencia durante las mismas 8 horas diarias (altamente improbable, porque el motor eléctrico solo puede trabajar por períodos de treinta segundos), por lo que la energía eléctrica utilizada sería de 576 Wh (*Ecuación C*), y la energía entregada por el regulador de carga tipo PWM sería de 1080 Wh (*Ecuación D*), por lo que el factor de seguridad de carga de la batería resultante fue de 1.88 (*Ecuación E*).

$$\dot{W}_m = I * V = 6 A * 12 V = 72 W$$

*Ecuación B.* Potencia eléctrica de motor a alta velocidad

$$W_m = \dot{W}_m * t = 72 W * 8 h = 576 Wh$$

*Ecuación C.* Energía utilizada por motor eléctrico

$$W_r = \dot{W}_r * t = 135 W * 8 h = 1080 Wh$$

*Ecuación D.* Energía entregada por regulador de carga PWM

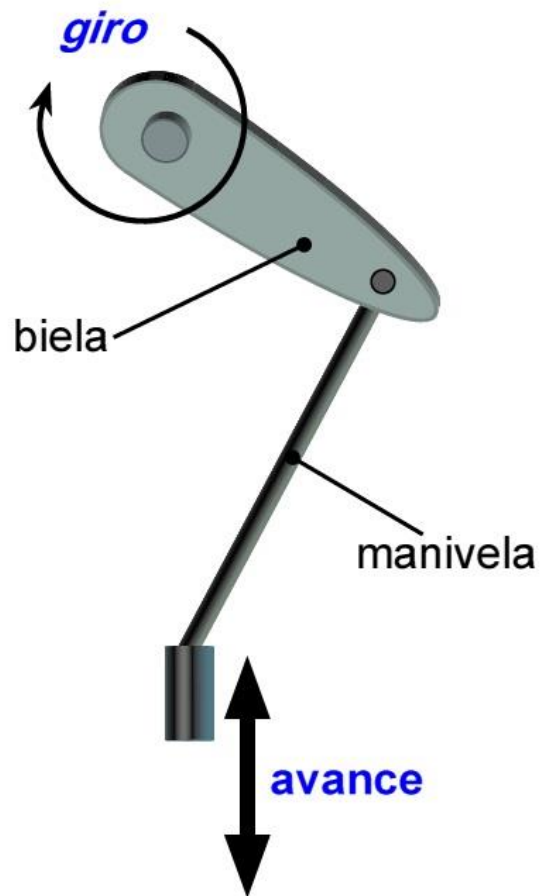
$$N = W_r / W_m = 1080 Wh / 576 Wh = 1.88$$

*Ecuación E.* Factor de seguridad de carga de la batería

## F. SISTEMA MECÁNICO

El sistema mecánico del dispositivo generador de olas consta de dos partes, el sistema de biela-manivela y el sistema de bisagra que sostiene la paleta que genera las olas. Se decidió utilizar un sistema biela-manivela para transformar el movimiento circular del motor de 12 voltios a un movimiento rectilíneo alternativo como se puede observar en la Figura 18.

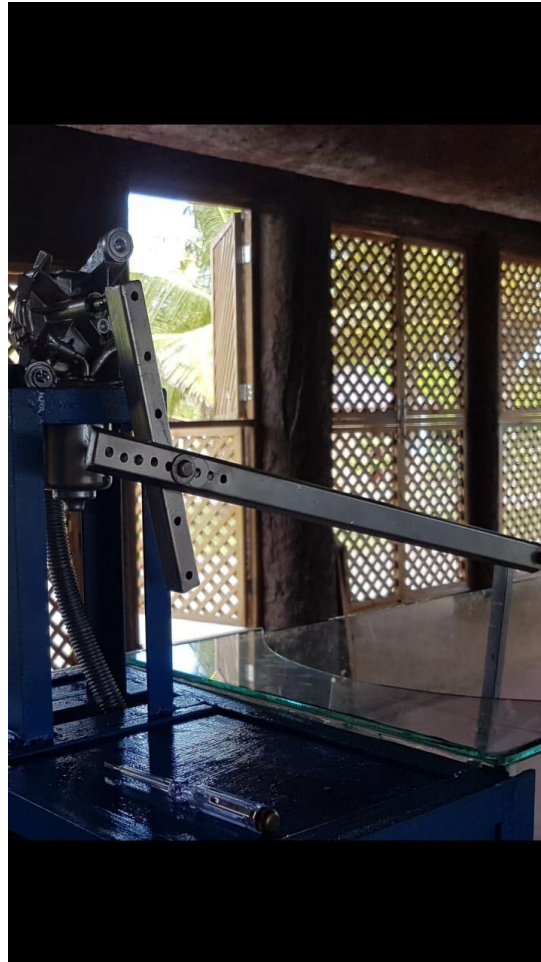
Figura 13. Mecanismo biela-manivela



Fuente: (Manuel Torres Búa, 30 de abril de 2014)

Este mecanismo de biela-manivela fue elegido ya que proporcionaba la capacidad de poder convertir el movimiento circular del motor a movimiento lineal, con lo cual permitía por medio de la biela y la manivela poder elegir el avance necesario para generar olas. Para esto fue necesario hacer agujeros a la biela a una distancia de 2 centímetros y a la manivela se le hicieron agujeros cada 3 centímetros como se muestra Figura 14, esto permite graduar el avance de la paleta que genera las olas, hasta encontrar su punto óptimo capaz de cumplir con las especificaciones requeridas.

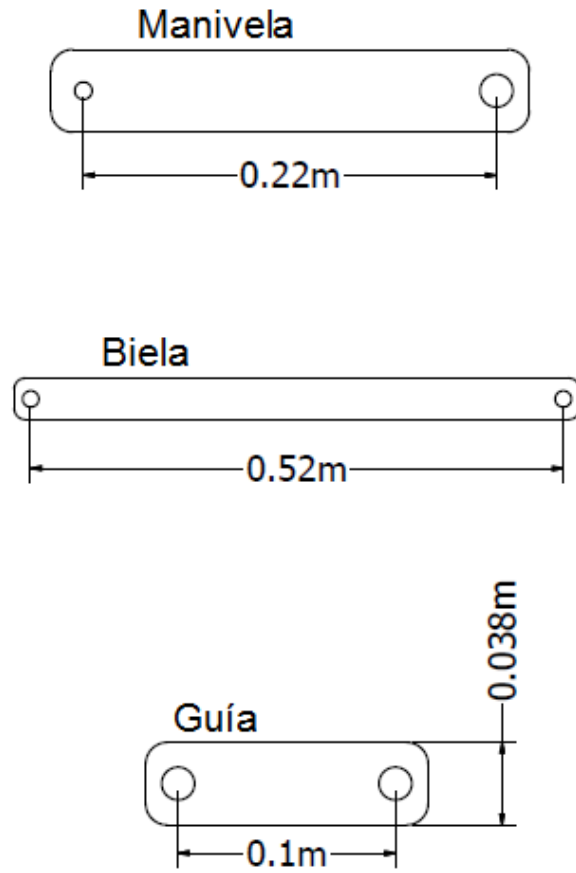
Figura 14. Sistema biela manivela



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

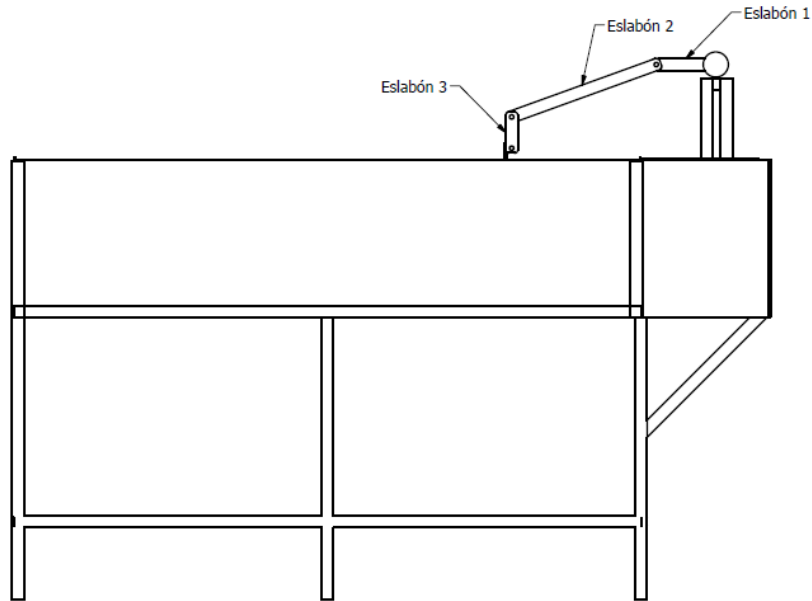
La manivela se construyó de tubo cuadrado de 1"  $\frac{1}{2}$ ', calibre 18 y sus dimensiones al punto ideal de olaje se muestran en la Figura 15, Se eligió este material ya que, para poder sujetar la manivela al eje del rotor del motor, era necesario soldar ambas partes (eje del motor más manivela). La biela se construyó de material de plástico ya que se puede manipular y moldear sin tanto esfuerzo y su costo era menor al del tubo cuadrado.

Figura 15. Planos de biela manivela y guía



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 16. Vista frontal de estructura completa con biela-manivela y guía



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Para determinar que los materiales fueran los adecuados para la estructura metálica, se calculó el peso tanto de la pecera como del agua contenida, y el peso resultante fue utilizado para calcular los esfuerzos necesarios soportados por la estructura.

Se calculó el peso del agua usando como base la densidad del fluido a 4°C para facilitar el análisis (1000 Kg/m<sup>3</sup>), y el peso de la pecera vacía usando la densidad del vidrio (4000 Kg/m<sup>3</sup>). Los cálculos de volumen y masa se observan en las siguientes ecuaciones:

$$V_w = b * h * l = 0.40 \text{ m} * 0.25 \text{ m} * 2.00 \text{ m} = 0.2 \text{ m}^3$$

*Ecuación F.* Volumen de agua máximo en la pecera

$$m_w = V_w * \rho_w = 0.2 \text{ m}^3 * 1000 \text{ Kg/m}^3 = 200 \text{ Kg}$$

*Ecuación G.* Masa de agua contenida en la pecera

$$V_g = \sum l * h * t = 2 * (0.4 \text{ m} * 0.5 \text{ m} * 10e^{-3} \text{ m}) + 2 * (2.0 \text{ m} * 0.5 \text{ m} * 10e^{-3}) + (2.0 \text{ m} * 0.4 \text{ m} * 10e^{-3}) = 32e^{-3} \text{ Kg}$$

*Ecuación H.* Volumen total del vidrio de la pecera

$$m_g = V_g * \rho_g = 32e^{-3} Kg * 4000 Kg/m^3 = 128 Kg$$

*Ecuación I. Masa de vidrio*

$$m_t = \sum m = 200 Kg + 128 Kg = 328 Kg$$

*Ecuación J. Masa total a soportar por estructura*

Se asumió que la aceleración gravitacional era de 10 m/s<sup>2</sup>, por lo que el peso a soportar por la estructura fue de 3,280N, como se observa en la Ecuación K.

$$w_t = m * g = 328 Kg * 10 m/s^2 = 3280 N$$

*Ecuación K. Peso total a soportar*

Debido a que la Figura geométrica de la pecera era un ortoedro, el centro de gravedad se ubicó en el centro geométrico de la pecera, facilitando los cálculos estructurales. Para los cálculos, se tomó solamente en cuenta la parte de la estructura que soportaba la pecera, la parte del panel de control y del motor se descartaron, pues su peso no era representativo y se podía despreciar.

El material empleado para la estructura fue acero al carbono AISI 1040, y sus propiedades mecánicas más importantes se pueden observar en el Cuadro 7

<b>Sy (esfuerzo de tensión)</b>	415 MPa
<b>Sut (esfuerzo último)</b>	620 MPa

Cuadro 7. Propiedades mecánicas del acero AISI 1040

Debido a que la estructura ya estaba construida, los cálculos pertinentes fueron solamente para determinar el factor de seguridad resultante. Dicha estructura, como se observa en la Figura 22 y en la Figura 23, estaba soportada por seis columnas de acero AISI 1040 con perfil tubular cuadrado de 2” con cedula de 1/16”, por lo que el peso se distribuía de forma uniforme por toda la estructura. Siendo estas columnas solo de soporte, se determinó que estas presentaban solamente esfuerzos normales de compresión, facilitando así los cálculos. Estos cálculos se observan en las siguientes ecuaciones:

$$w_n = w_t/n = 3280N /6 = 546.67 N$$

*Ecuación L. Peso soportado por cada columna*

$$A_t = b^2 - \left(b - \frac{1}{16in}\right)^2 = 4 \text{ in}^2 - 3.75 \text{ in}^2 = 1.613e^{-4} \text{ m}^2$$

*Ecuación M.* Área transversal de perfil tubular cuadrado de 2"

$$\sigma_c = -w_n/A_t = -546.67 \text{ N}/1.613e^{-4} \text{ m}^2 = -3.4 \text{ MPa}$$

*Ecuación N.* Esfuerzo de compresión en cada columna

Tomando en cuenta que el prototipo iba a ser ubicado cerca de las playas de Monterrico se calculó también el peso del agua de mar usando como base la densidad del fluido a 26°C siendo esta de 1030 Kg/m<sup>3</sup>, Aprovechando las ecuaciones anteriores se facilitaron los cálculos y las nuevas ecuaciones se muestran a continuación:

$$m_{sw} = V_w * \rho_w = 0.2 \text{ m}^3 * 1030 \text{ Kg}/\text{m}^3 = 206 \text{ Kg}$$

*Ecuación O.* Masa de agua contenida en la pecera

Teniendo ya la masa del vidrio como se muestra en la Ecuación I que es de 128 Kg se calculó la masa total a soportar por la estructura dando el siguiente resultado:

$$m_{t2} = \sum m = 206 \text{ Kg} + 128 \text{ Kg} = 334 \text{ Kg}$$

*Ecuación P.* Masa total a soportar por estructura.

Se asumió que la aceleración gravitacional era de 10 m/s<sup>2</sup>, por lo que el peso a soportar por la estructura fue de 3,280N, como se observa en la Ecuación K.

$$w_{t2} = m * g = 334 \text{ Kg} * 10 \text{ m}/\text{s}^2 = 3340 \text{ N}$$

*Ecuación Q.* Peso total a soportar.

Con estos nuevos cálculos se puede observar que si hay una pequeña en el peso total a soportar por la estructura de 60N como se muestra en la siguiente ecuación:

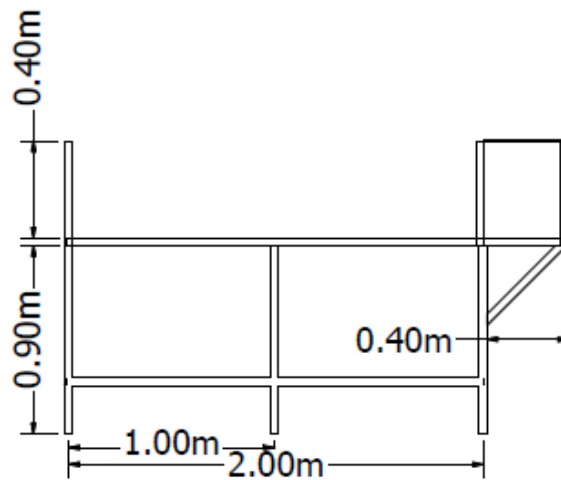
$$\Delta m_t = w_{t2} - w_t = 3340 \text{ N} - 3280 \text{ N} = 60 \text{ N}$$

*Ecuación R.* Diferencia de peso soportado entre el agua de mar y agua dulce

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

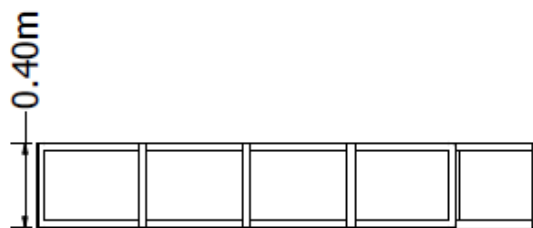
A continuación, se muestran los resultados obtenidos del diseño y construcción del tanque simulador de olas, tomando en cuenta los lineamientos establecidos por el departamento educativo del zoológico La Aurora.

Figura 17. Vista lateral de estructura metálica



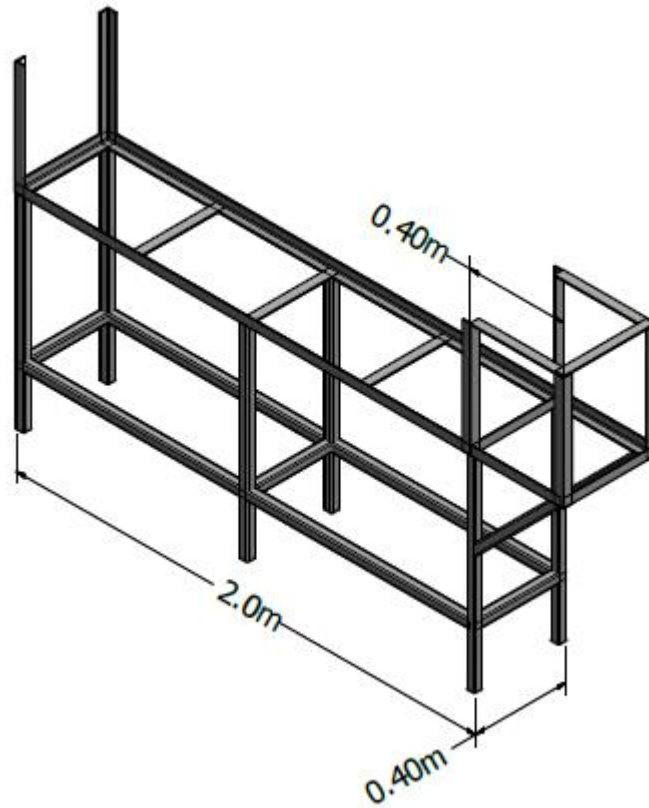
Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 18. Vista de planta de estructura metálica



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 19. Vista isométrica de estructura metálica

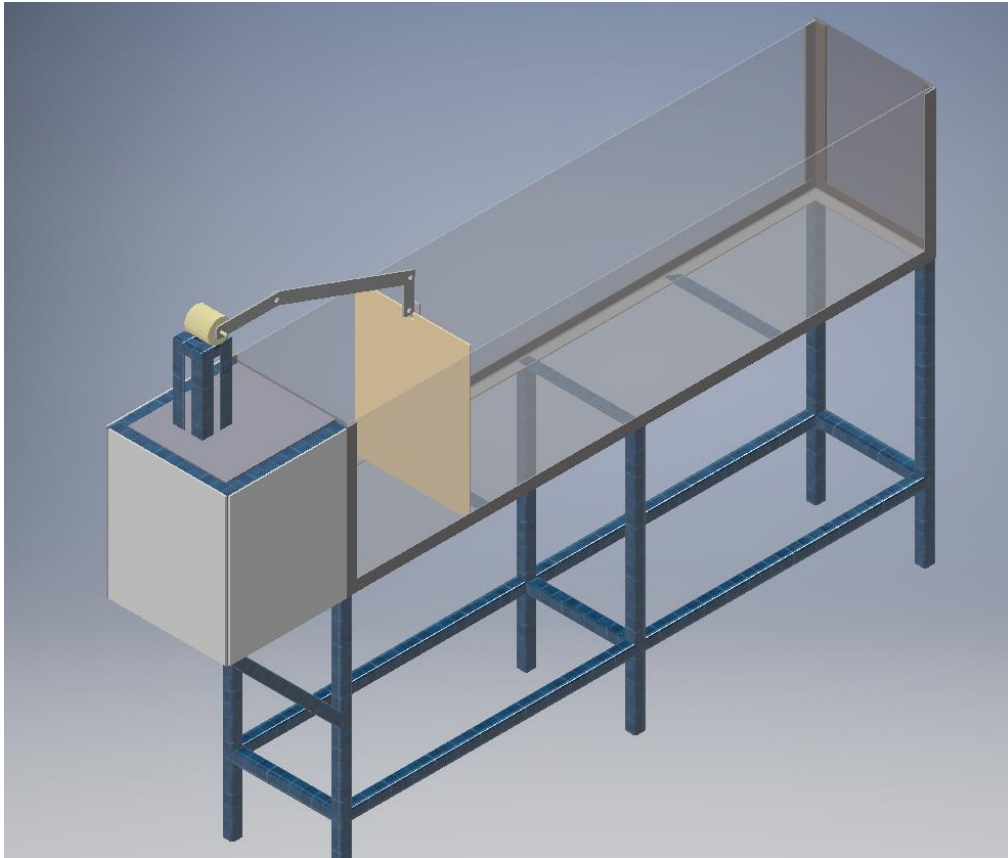


Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Como se puede observar en la Figura No.17 se muestra la vista lateral, en la Figura 18 se muestra la vista de planta de la estructura metálica, y en la Figura No. 19 se muestra la vista isométrica de la estructura metálica con sus respectivas medidas y con sus respectivos materiales a utilizar simulados en el programa Inventor de AutoCAD.

En la Figura No.20 se muestra el diseño y la estructura completa con su mecanismo de biela manivela que se diseñó conforme a lo solicitado, el diseño se realizó en un programa asistido por computador (Inventor 2016) y se mostró a las autoridades del departamento educativo del zoológico La Aurora para su aprobación.

Figura 20. Estructura completa con el mecanismo de biela manivela y tanque contenedor de agua



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Cabe destacar que la realización del diseño utilizando el programa asistido por computadora (Inventor), fue de gran utilidad ya que eso permitió al departamento educativo del zoológico La Aurora, tener una idea completa de cómo sería la estructura ya finalizada y el espacio que utilizaría para luego poder ubicarla de una mejor manera dentro de sus instalaciones.

Figura 21. Foto real de estructura con el tanque contenedor de agua



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Se observa en las Figuras No. 21, y 22 una foto real de la estructura con el tanque que contendrá el agua que se usará para genera las olas. Cabe recordar que dicho tanque, fue fabricado de vidrio con un espesor de 10 milímetros con lo que se obtuvo una mayor rigidez para soportar el volumen del agua y el impacto de las olas en dicha estructura. Además de eso, se le agregaron soportes laterales con goma en medio para aislar el golpe directo entre el vidrio y la estructura de metal.

Figura 22. Foto real estructura y tanque contenedor de agua



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 23. Foto real de estructura de biela manivela



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 24. Foto del panel solar



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

En las Figura 24 y 25, podemos ver la foto real de cómo quedó instalado el panel solar ya conectado con sus respectivos cables para alimentar la batería, siendo fundamental para la alimentación del sistema. Además se evaluó la parte del techo sobre el cual el recorrido del sol se aprovechará al máximo.

Figura 25. Foto real del panel solar ya instalado en el techo



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Por último, podemos observar en las Figuras 26 y No. 27 las fotos reales del la máquina simuladora de olas, en dichas fotos, el simulador se encontraba ya en funcionamiento por lo que se puede observar en el agua el efecto del movimiento del mecanismo de biela manivela que daba como resultado la creación de olas. además en la Figura No.27, se puede observar las piedras como barreras naturales para absorber el impacto de la ola.

Figura 26. Foto real del tanque simulador de olas ya en funcionamiento



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 27. Foto real del tanque simulador de olas ya en funcionamiento diferente vista



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

## VI. CONCLUSIONES

- Se analizó la construcción de un tanque simulador de olas alimentado con energía solar y con escenarios de barreras naturales y artificiales para el zoológico La Aurora. Se determinó con el análisis el tipo de material a utilizar bajo los lineamientos del departamento educativo del zoológico La Aurora y así determinar cuáles eran los más eficientes para el proyecto.
- Se determinó que el diseño del tanque simulador de olas debía llevar un sistema de biela-manivela por el tipo de motor a utilizar ya que, por la cantidad de masa de agua a mover, el motor debía poseer una caja reductora grande para proporcionarnos la potencia necesaria para generar las olas. La construcción del sistema propuesto se hizo acorde a las necesidades del departamento educativo del zoológico La Aurora
- Se definió las especificaciones del diseño del simulador, cumpliendo con los requisitos solicitados por el departamento educativo del zoológico La Aurora siendo estos un tanque simulador de olas de 2 metros de largo por 0.40 metros de ancho y 0.50 metros de profundidad. A esto se añadió un panel solar de 150 watts, que nos proporcionaba 18 voltios capaces de alimentar la batería a su carga máxima.
- Se determinó mediante el análisis de consumo de energía eléctrico del motor, la potencia de las celdas solares necesarias para poder alimentar el sistema generador de olas completo. Se obtuvo que la potencia necesaria del panel solar debía ser mínima de 120 watts. Por lo que se optó por comprar un panel solar de 150 watts
- Se diseñó y construyó un tanque simulador de olas, alimentado con energía solar con escenarios de barrera natural y artificial para el departamento de proyectos educativos del zoológico La Aurora. Para que en él se puedan realizar estudios del comportamiento de las olas ante las distintas barreras.

## VII. RECOMENDACIONES

- Dentro de un proyecto tan ambicioso como lo fue este, lo ideal sería que haya una mejora continua del mismo; por lo tanto, se recomienda a futuros estudiantes o al mismo departamento educativo del zoológico La Aurora, el rediseño del tanque que contiene el agua para la generación de las olas.
- Se recomienda la construcción de un tanque como mínimo de 2.5 metros de largo y reducir el ancho a 20 cm con el fin de reducir la cantidad de volumen de agua a mover y poder observar por más tiempo el comportamiento de las olas a través del tanque completo
- Se recomienda la implementación de sensores de nivel y de fuerza para obtener mejores resultados en cuanto a las mediciones del oleaje.
- Se recomienda realizar pruebas con otro tipo de motor eléctrico, como un motor sin caja reductora o un servomotor, esto con el fin de observar el comportamiento de las olas con diferentes tipos de velocidades y potencia del motor.
- Realizar las simulaciones con diferentes tipos de agua a diferentes concentraciones salinas como agua de mar, agua de estero entre otras, con el objetivo de ver si hay diferencia entre el oleaje y la protección que brindan las barreras
- Realizar estudios de resaca de energía tras el impacto que producen las olas en la pared final del tanque.

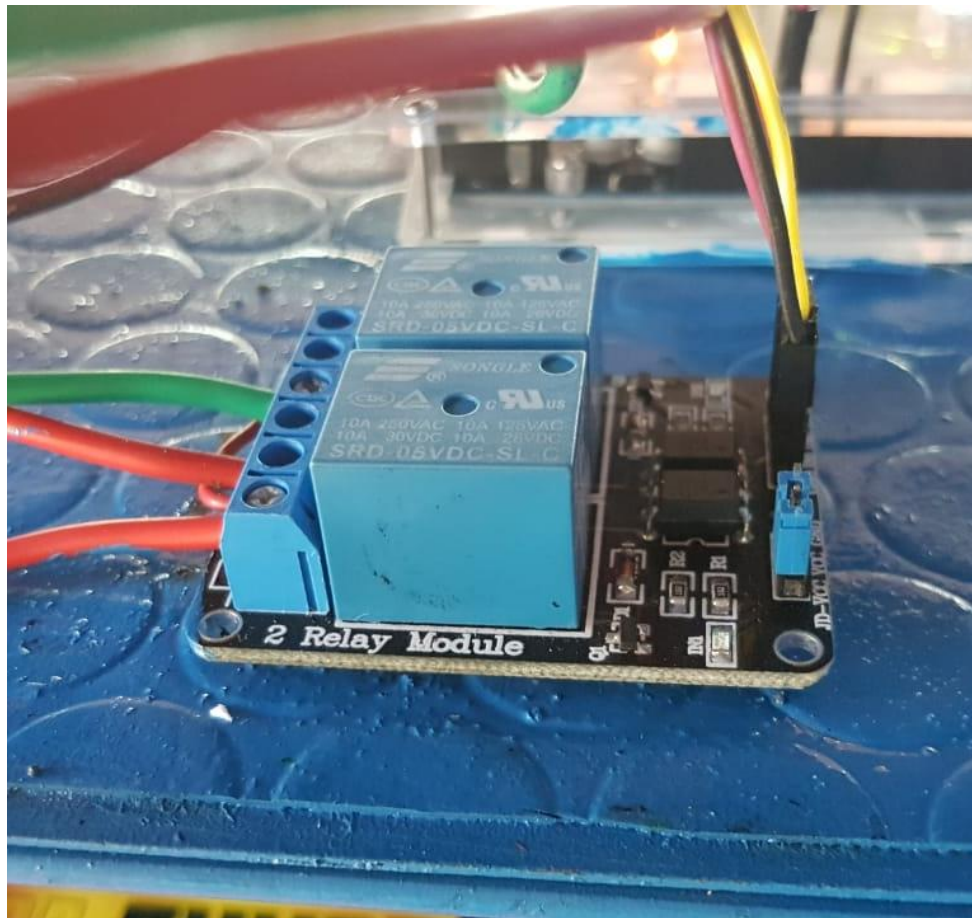
## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, A. (28 de julio de 2015). *Angie Melissa Alvarez Pascuaza*. Obtenido de <http://angiemelissa042198.blogspot.com/2015/07/tipos-de-biela.html>
- Anónimo. (21 de abril de 2015). *Geekbot electronics*. Obtenido de <http://www.geekbotelectronics.com/motores-de-dc/>
- Anónimo. (19 de mayo de 2017). *¿Sabes cómo se reciclan los paneles fotovoltaicos?* Recuperado el 11 de septiembre de 2018, de <https://inarquia.es/paneles-fotovoltaicos-reciclar>
- Anónimo. (8 de junio de 2017). *Baterías solares*. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de <https://solar-energia.net/definiciones/baterias.html>
- Anónimo. (13 de abril de 2017). *Panel Solar*. Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de <https://solar-energia.net/definiciones/panel-solar.html>
- Anónimo. (5 de septiembre de 2017). *Primeros Pasos Programación Arduino*. Recuperado el 13 de septiembre de 2018, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/c/>
- Anónimo. (15 de febrero de 2018). *Estructura de un panel fotovoltaico*. Recuperado el 11 de septiembre de 2018, de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico/estructura>
- Anónimo. (s.f.). *ARDUINO TECNOLOGÍA PARA TODOS*. Recuperado el 13 de septiembre de 2018, de <https://arduinodhtics.weebly.com/iquestqueacute-es.html>
- Anónimo. (s.f.). *Baterías para Sistemas Solares y Eólicos*. Recuperado el 18 de septiembre de 2018, de <https://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias>
- Anónimo. (s.f.). *Distribuidores de Batería Solar*. Recuperado el 12 de septiembre de 2018, de <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/>
- Anónimo. (s.f.). *Electricidad y automatismos*. Obtenido de <http://www.nichese.com/motor-c.c.html>
- Beicher, R. J. (2000). *Physics for Scientists and Engineers*. Orlando: Saunders College.

- Corbin Ordoñez, A. (27 de octubre de 2015). *¿Qué es un panel solar?* Recuperado el 10 de septiembre de 2018, de <http://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/paneles-solares-que-son-y-variedades/>
- Espada, B. (19 de junio de 2018). *Energía solar ventajas y desventajas*. Recuperado el 11 de septiembre de 2018, de <https://erenovable.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
- Europe, D. T. (s.f.). *Conceptos sobre baterías para placas solares – Parte III*. Recuperado el 13 de septiembre de 2018, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-fotovoltaicos-baterias-solares-parte-iii/>
- FM, Y. (3 de agosto de 2018). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Recuperado el 13 de septiembre de 2018, de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Geekbot electronics*. (21 de Abril de 2015). Obtenido de <http://www.geekbotelectronics.com/motores-de-dc/>
- Intecap. (2007). Máquinas eléctricas rotativas. Guatemala: Instituto técnico de capacitación y productividad.
- Lorenzo, E. (12 de septiembre de 2017). *Tipos de paneles solares. Energía solar para principiantes*. Recuperado el 11 de septiembre de 2018, de <https://endef.com/tipos-de-paneles-solares-energia-solar-para-principiantes/>
- Robotics plus. (26 de julio de 2018). *Robotics plus*. Obtenido de <http://robotics.plus/biela-manivela/>
- Tecno12-18. (sf). *Tecno12-18*. Obtenido de <http://www.edu.xunta.gal/centros/iesvaldotea/?q=system/files/Mec%C3%A1nica2.pdf>
- Torres Saez, J. J. (17 de marzo de 2014). *Hardware para novatos (VII): Arduino ¿qué es y cómo funciona?* Recuperado el 13 de septiembre de 2018, de <https://hipertextual.com/archivo/2014/03/hardware-novatos-arduino/>
- Luis Thayer Ojeda. (Sin fecha) *Arduino Uno R3* Obtenido de <https://arduino.cl/arduino-uno/>
- Flores-Verdugo, F.J.; C.M. Agraz-Hernández, D. Benítez-Pardo. 2007. Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. En: Óscar Sánchez, Mónica Herzig, Eduardo Peters, Roberto Márquez-Huitzil y Luis Zambrano (Eds). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología. 297 p.

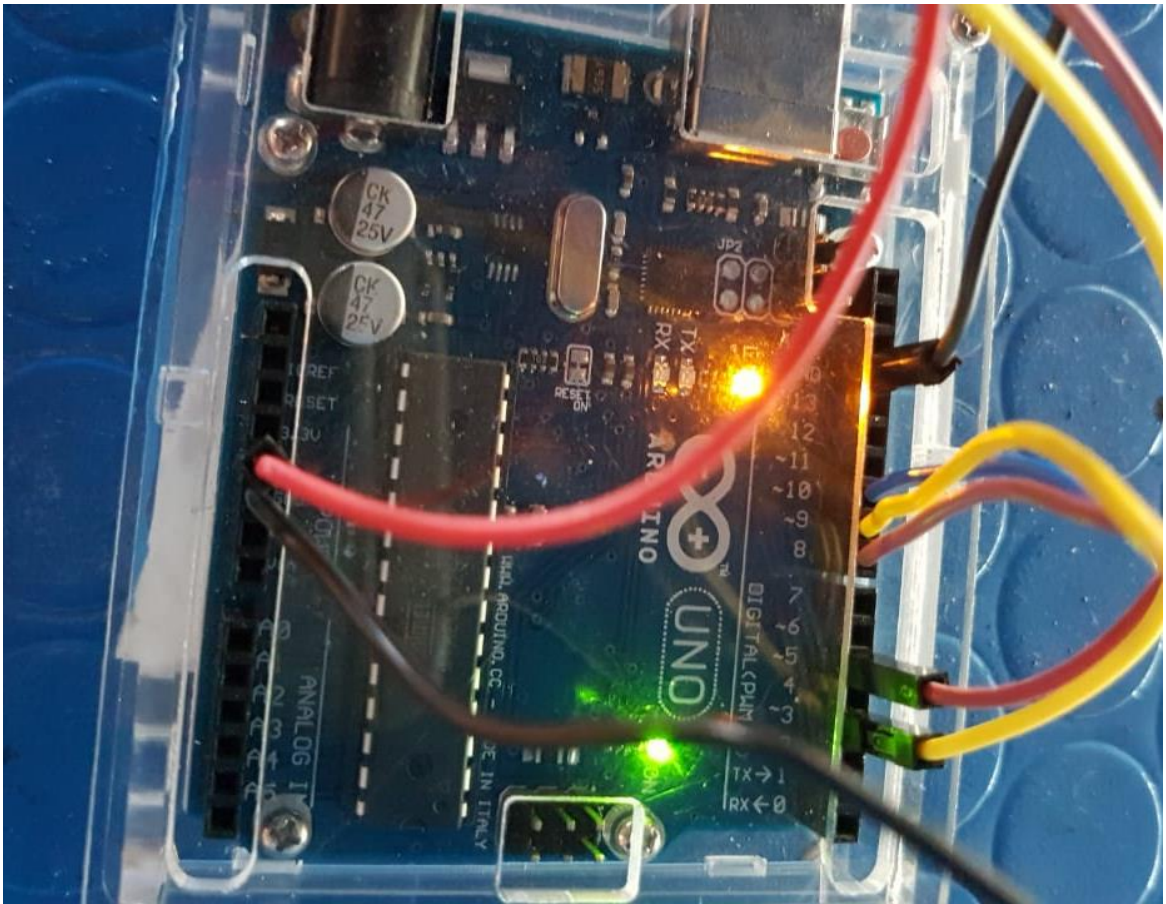
## IX. ANEXOS

Figura 28. Módulo de relé doble para Arduino



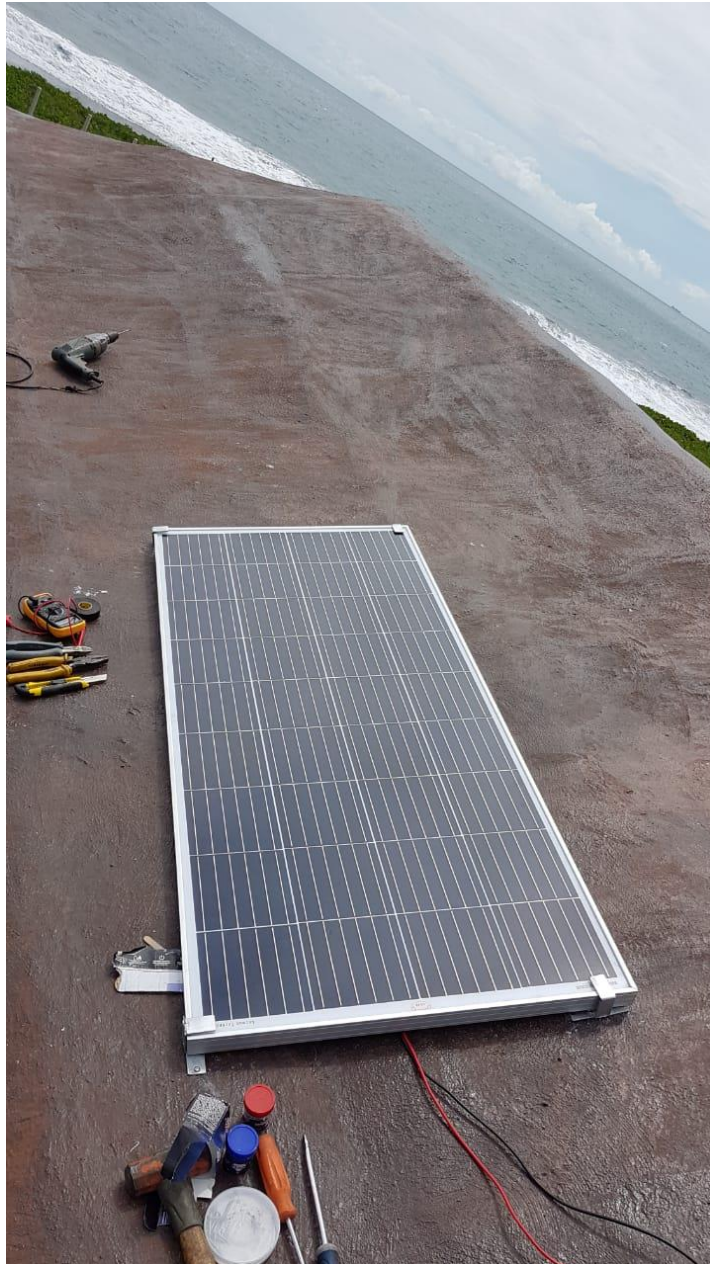
Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 29. Tarjeta controladora Arduino Uno



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 30. Instalación del panel solar sobre terraza de dos caídas de agua



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

Figura 31 Construcción del sistema mecánico biela-manivela y la paleta generadora de olas



Fuente: D. Mena, 2019, UVG

## X. GLOSARIO

Arduino	Es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open – source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado e inspirado en artistas, diseñadores, y estudiantes de computación o robótica y para cualquier interesado en crear objetos o entornos interactivo, o simplemente por hobby.
Autodesk Inventor	Es el programa para diseño mecánico avanzado en 3D, con modelado paramétrico, directo y libre, tiene una capacidad base para realizar diseño de piezas, sus dibujos y ensambles de partes.
Factor de seguridad	El coeficiente de seguridad (también conocido como factor de seguridad) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido.
Mecanismo Biela-Manivela	Permite convertir el movimiento giratorio continuo de un eje en uno lineal alternativo en el pie de la biela. También permite el proceso contrario: transformar un movimiento lineal alternativo del pie de biela en uno en giratorio continuo en el eje al que está conectada la excéntrica o la manivela.
Panel Solar	Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad.

Regulador de Carga PWM	Son reguladores sencillos que actúan como interruptores entre las placas fotovoltaicas y la batería. Estos reguladores fuerzan a los módulos fotovoltaicos a trabajar a la tensión de la batería, sin ningún tipo de instalación extra.
Relé	Dispositivo electromagnético que, estimulado por una corriente eléctrica muy débil, abre o cierra un circuito en el cual se disipa una potencia mayor que en el circuito estimulador.
Tarjeta Arduino Uno	Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz.