



**Diseño y construcción de un sistema
de alimentación automático para
peces de 200 kg de capacidad,
provisto por energía solar
fotovoltaica para la granja piscícola
Asociación Propaz en Mesetas
(Meta).**

JAIME ALEJANDRO ARCILA FLÓREZ

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2021

Diseño y construcción de un sistema de alimentación automático para peces de 200 kg de capacidad, provisto por energía solar fotovoltaica para la granja piscícola Asociación Propaz en Mesetas (Meta).

JAIME ALEJANDRO ARCILA FLÓREZ

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Mtro. **JUAN CARLOS MONROY CASTRO**

Codirector (a):

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2021

*Primero a Dios por ser el guía en mi camino.
A mis padres por ser la fuente inagotable de
energía, porque han estado ahí, para orientar
mi proceso de aprendizaje. A toda mi familia
por su apoyo incondicional.*

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi maestro Juan Carlos Monroy Castro, quien con sus conocimientos, paciencia y apoyo me guio a través del desarrollo de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También, quiero agradecer a mi familia por apoyarme en este camino aun cuando creía que no lo iba a lograr. En especial, quiero hacer mención de mis padres, que siempre estuvieron ahí para darme apoyo tanto emocional y económico para lograr esta etapa de mi vida y lograr culminar mis estudios.

Muchas gracias a todos.

Resumen

Actualmente, la asociación Propaz realiza la actividad de alimentación para peces manualmente, un obrero alimenta las diferentes etapas del cultivo con la frecuencia de 8 a 6 raciones en un día, a un intervalo de 1 hora y media cada una. Una desventaja de esta forma de alimentar es que el tiempo de alimentación no es constante y no se puede cumplir con la racionalidad del alimento para darlo a una hora determinada esto afecta la ganancia de peso de los animales. Además, el trabajador puede realizar otra actividad mientras la maquina realiza el trabajo.

Se desarrollo una búsqueda de antecedentes de este tipo de máquinas para evaluar que mecanismo de distribución de alimento era el más conveniente a elegir, con este mecanismo se realiza un diagnostico en los tiempos y cantidad de alimento a suministrar, una vez definido el sistema mecánico de distribución se dimensiona el sistema fotovoltaico y almacenamiento de energía y finalizando se calcula la flotabilidad y equilibrio de toda la estructura.

El resultado final es una máquina que realice la alimentación de los peces de forma automática alimentada con energía solar fotovoltaica.

Palabras clave: Energías alternativas, automatización, energía solar, desarrollo rural, acuicultura.

Abstract

Currently, the Propaz association carries out the activity of feeding fish manually, a worker feeds the different stages of the culture with the frequency of 8 to 6 servings in a day, at an interval of 1 hour and a half each. A disadvantage of this way of feeding is that the feeding time is not constant and it is not possible to comply with the rationale of the food to give it at a certain time, this affects the weight gain of the animals. In addition, the worker can perform another activity while the machine performs the work.

A background search of this type of machines was developed to evaluate which food distribution mechanism was the most convenient to choose, with this mechanism a diagnosis is made on the times and quantity of food to be supplied, once the mechanical system of distribution, the photovoltaic system and energy storage are dimensioned and finally the buoyancy and balance of the entire structure is calculated.

The end result is a machine that automatically feeds the fish, powered by photovoltaic solar energy.

Keywords: Alternative energies, automation, solar energy, rural development, aquaculture.

Contenido

Pág.

1. Introducción	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2 JUSTIFICACIÓN	21
1.3 OBJETIVOS	22
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
2. Estado del Arte	23
2.1 Antecedentes de máquinas dosificadoras de alimento	23
2.2 Alimentadores automáticos para peces.....	25
2.2.1 Alimentadores mecánicos.....	28
2.3 Concentrado o alimento	31
2.3.1 Cantidad de alimento a suministrar.....	32
3. FUNDAMENTOS MECÁNICOS	34
3.1 Engranaje.....	34
3.1.1 Relación Transmisión	34
3.1.2 Tornillo Sin Fin Collarín.....	35
3.2 FLOTABILIDAD.....	37
3.2.1 Principio De Arquímedes	38
3.2.2 Estabilidad de Cuerpos Prismáticos.....	39
3.3 AUTOMATISMO CON ARDUINO	40
4. ENERGÍA ELÉCTRICA.....	41
4.1 CORRIENTE ELÉCTRICA	41
4.2 LEY DE OHM	¡Error! Marcador no definido.
4.3 POTENCIA Y ENERGÍA ELÉCTRICA.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4 MOTORES ELÉCTRICOS	41
4.4.1 MOTOR DC	43
4.4.2 MOTOR PASO A PASO	43
4.5 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	45
4.5.1 Principio fotoeléctrico.....	45
4.5.2 Instalación fotovoltaica aislada	46
5. Diseño y construcción del sistema de dosificación y suministro del alimento.	49
5.1 Selección de mecanismo de dosificación	49
5.2 Diseño compuerta y mecanismo de dosificación de alimento.....	50
5.3 Construcción compuerta y mecanismo de dosificación de alimento	56
5.4 Construcción del plato giratorio horizontal y selección de motor.....	58

6. Diseño y construcción del sistema fotovoltaico y circuitos eléctricos asociados al sistema de suministro de energía.....	62
6.1 Determinación de los tiempos de funcionamiento del sistema de dosificación del alimento.....	62
6.2 Consumos de potencia	63
6.3 Diagnóstico de condiciones meteorológicas.....	64
6.4 Radiación solar, brillo solar	65
6.5 Cálculos paneles solares necesarios:	68
6.6 Cálculo de las baterías	69
6.7 Cálculo del regulador/controlador de carga.....	72
6.8 Construcción del circuito Eléctrico	74
7. Diseño y construcción de la estructura metálica y flotante.....	79
7.1 Cálculo de Empuje y estabilidad de la estructura del alimentador.....	82
7.2 Modelo CAD del sistema de alimentación automático para peces	88
8. Pruebas de funcionamiento	89
9. Conclusiones	92
10. Anexos.....	93
11. Bibliografía.....	107

Lista de figuras

Pág.

Figura 1-1. Plastic Solar Auto Feeder For Shrimp Pond	20
Figura 1-2. Madan Auto Feeder Electric Model	20
Figura 2-3. Estructura física del prototipo del comedero para aves de engorde.....	24
Figura 2-4 Esquema sistema de alimentación.	25
Figura 2-5. Un alimentador automático que consta de un contenedor de alimento.....	26
Figura 2-6. Alimentador De Pescado Flotante Pond King.....	26
Figura 2-7. Alimentadores mecánico tipo 1.....	28
Figura 2- 8. Alimentador Tipo 2.	29
Figura 2- 9. Alimentador tipo 3.	29
Figura 2-10 dispositivos de alimentación.	30
Figura 2-11. Tipo 4.	30
Figura 2 -12. Alimento típico utilizado en la granja marca CONTEGRAL.....	32
Figura 3-13 Trasmisión de movimiento de engranajes.	34
Figura 3-14 Relación de engranaje.....	35
Figura 3-15. Tornillo de potencia.	36
Figura 3-16 Diagramas de fuerza	36
Figura 3-17. Prototipo balsa turismo.....	37
Figura 3-18 Flotación.....	38
Figura 3-19. Sección transversal cuerpo prismático	39
Figura 4-20 Motor de corriente continua.....	41
Figura 4-21. Curva Torque	43
Figura 4-22 Motor paso a paso sección.....	44
Figura 4-23. Célula fotoeléctrica.....	45
Figura 4-24. Circuito eléctrico célula fotoeléctrica.....	46
Figura 4-25 sistema de generación.	46
Figura 4-26. Panel solar monocristalino.	47
Figura 4- 27. Curva corriente voltaje panel solar	47
Figura 4-28 Tipos de baterías.....	48
Figura 5-29 vista lateral del sistema de compuerta para dosificación	51
Figura 5-30 Vista superior de la compuerta.....	52
Figura 5-31 esquema fuerzas compuerta	52
Figura 5-32. Diagrama cuerpo libre de la compuerta.....	52
Figura 2-33. Coeficientes de rozamiento de diferentes polímeros	54

Figura 5-34. Tuerca cobre.....	54
Figura 5-35 Varilla roscada	55
Figura 5- 36 seccion tuerca laton	56
Figura 5-37 Vista lateral de la compuerta.....	57
Figura 5-38 Vista superior de la compuerta.....	57
Figura 5-39 Vista interna de la compuerta del tornillo 8 hilos y el collarín.....	57
Figura 5-40 boceto plato giratorio.....	59
Figura 5-41 Plato giratorio.....	59
Figura 5-42 Cilindro con rodamientos 6306N y montaje.....	60
Figura 5-43 Montaje del disco horizontal en estructura	60
Figura 5-44 Motor DC M1125EC.....	61
Figura 6-45 ubicación espacial del área de irradiación.....	64
Figura 6-46 promedio horario de radiación en la estación climática del IDEAM en el municipio de Villavicencio, Meta.	65
Figura 6-47. Promedio mensual de brillo solar por mes en el municipio de Villavicencio, meta.....	66
Figura 6-48 rendimiento medio mensual	67
Figura 6-49 Producción energética estimada par aun sistema FV autónomo.....	67
Figura 6-50 etiqueta Regulador - batería.....	70
Figura 6-51 Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día.....	71
Figura 6-52 probabilidad del estado de carga de la batería al final del día.	71
Figura 5-53 Regulador	73
Figura 6-54. Diagrama esquemático del sistema eléctrico. Ver como anexo.....	74
Figura 6-55. Diagrama gráfico del sistema eléctrico con los componentes eléctricos.....	76
Figura 6-56. Modulo Mosfet controlador de motor DC.....	77
Figura 7-57. Boceto estructura.....	79
Figura 7-58 Tolva.....	80
Figura 7-59 Estructura para soportar la tolva.	81
Figura 7-60. Perfil 4x8 calibre 18	81
Figura 7-61 proceso de construcción estructura metálica.	82
Figura 7-62. Dimensiones caneca.....	83
Figura 7-63. Diagrama cuerpo libre.....	83
Figura 7-64. Área volumen desplazado por la caneca.....	84
Figura 7-65. Área de un segmento circular y triangulo isósceles.....	85
Figura 7-66 Diagrama de momentos de inercia.....	87
Figura 7-67. Centros de Inercia de diferentes figuras geométricas.....	Error! Marcador no definido.
Figura 7-68. Esquema de sistema de alimentación automático.....	88
Figura 7-69. Partes del alimentador	100
Figura 7-70 Dispositivo finalizado.....	89
Figura 7-71. Funcionamiento disco horizontal.....	91
Figura 10-72 Rodamientos rígidos de bolas.....	93
Figura 6-73 Mp26 Right Angle	97
Figura 6-74 MP26 Angle Gearmotor	99

Figura 6-75 Arduino.....	99
Figura 10-76 Código Arduino:.....	102

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1. Composición de los ingredientes.....	31
Tabla 2-2 Calculo cantidad de alimento.	32
Tabla 2-3. Cantidad de alimento por ración diaria.	33
Tabla 5-4. Selección mecanismo de dosificación.	50
Tabla 5-5. Coeficiente de fricción de peso roscado.....	56
Tabla 5-6. Coeficiente de fricción de collarín de empuje	56
Tabla 6-7. Tiempos de descarga de alimento sistema abierto.....	62
Tabla 6-8 Tiempo de funcionamiento por ración.	63
Tabla 6-9 Calculo de instalación fotovoltaica aislada.	63
Tabla 6- 10 Ficha técnica panel solar Solartech.....	68
Tabla 6-11 Relación de latitud y Angulo de inclinación.....	69
Tabla 6-12 Circuito eléctrico.....	74
Tabla 7-13 de pesos específico del agua a diferentes temperaturas.....	95
Tabla 7-14 Partes del alimentador	101
Tabla 7-15 Prueba de cobertura del alimento	90

Lista de ecuaciones

Pág.

Ecuación 3-1. Relación de transmisión.....	35
Ecuación 3-2. Formula momento tornillo.	37
Ecuación 3-3 Peso liquido	38
Ecuación 3-4 Masa de líquido.	38
Ecuación 3-5 Altura metacéntrica	40
Ecuación 4-6. Voltaje.....	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 4-7 Potencia.....	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 8. Sumatorias fuerzas en Y	53
Ecuación 6-9 La fórmula expresa el consumo de energía medio al día en Ah/día.	64
Ecuación 6-10 Numero de paneles.....	68
Ecuación 6-11 Calculo de baterías	69
Ecuación 6-12 corriente de entrada regulador	72
Ecuación 7-13. Ecuación de volumen.....	80
Ecuación 7-14 Volumen cilindro y cono.....	80

1.Introducción

Propaz es una asociación sin ánimo de lucro dedicada al rubro de la producción piscícola, opera su granja mediante el sistema de recirculación de agua al 90% y la técnica simbiótica Bioacuafloc¹ para el cultivo de peces tropicales, como la tilapia, cachama, bagre, bocachico y además piensan incursionar en la producción de camarón en dulce con baja salinidad.

La asociación está en búsqueda de reducir sus costos de operación y personal, con base a esta necesidad, se presentó la necesidad de adaptar un sistema que reemplace la actividad de alimentación por un sistema automatizado que funcione con energía solar fotovoltaica. El proyecto se encuentra enmarcado en el campo de, la automatización y las energías alternativas como una opción para reducir la intervención humana mediante el trabajo realizado por una máquina de alimentación para el sistema de producción piscícola de la asociación Propaz.

Se han encontrado este tipo de máquinas en el mercado, las cuales son utilizadas para la alimentación de animales domésticos como son gatos, perros y animales de granja como son las aves de corral, ganado y peces, Como aporte general se realizó una búsqueda en bases de datos que permitirá visualizar otros fundamentos teóricos y de antecedentes. a continuación, hay una descripción de este tipo de trabajos realizados.

A continuación (figura 1-1), se mostrará un ejemplo del producto comercial que se encuentra disponible en el mercado nacional, pero tienen un costo muy elevado y por ende no es una tecnología accesible para a los pequeños productores piscícolas.

¹¹¹ (La acuicultura simbiótica es aquella que en la que ciertos microorganismos y los animales de cultivo se benefician uno del otro) Cada parte genera servicios o substancias que benefician a la otra parte.)

Este equipo (figura 1-2) proviene de una empresa vietnamita tiene un costo aproximado de US\$3500 sin costo de importación. Su capacidad de almacenamiento es de 180 kg; su función es la alimentación de los peces durante el día, 5 veces entrega de alimento es de 3 horas.

Figura 1-1. Plastic Solar Auto Feeder For Shrimp Pond



Fuente: Connecting Buyers with Chinese Suppliers.[6]

Figura 1-2. Madan Auto Feeder Electric Model



Fuente: Madan technologies.[7]

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para aumentar la conversión alimenticia de los peces, haciendo ganar más peso vivo en menos tiempo, se logra alimentando ad libitum o su caso, aumentando la cantidad de raciones que se puedan suministrar en un día para esto se debe alimentar los peces mínimo 6 veces al día, el inconveniente está en el tiempo que emplea una persona en la actividad de alimentar los peces en el sistema productivo piscícola es una dificultad, ya que este proceso si no se realiza con la regularidad adecuada no se logra aumentar el peso de los peces y por ende la ganancia económica de esta actividad.

Para la problemática planteada, en la granja piscícola de la asociación Propaz; se pretende realizar la instalación de un sistema de alimentación automático provisto por energía eléctrica por medio de energías renovables no convencionales como son paneles solares que satisfagan las necesidades energéticas del sistema ya que el suministro eléctrico rural falla y la alimentación de los peces no puede interrumpirse por problemas energéticos, de esta forma reemplazar el operario y reducir el uso de energía eléctrica de la red convencional para así obtener los beneficios económicos con la reducción de costos de consumo y ambientales que conlleva el ajuste de estas nuevas tecnologías.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El trabajo que realiza un obrero en la alimentación de los peces se puede reemplazar por una máquina automática que realice la misma tarea. Es un trabajo definido, las variables son tiempo y cantidad de alimento a suministrar, entre las ventajas que tiene la implementación del comedero automático están que se estimula el consumo, debido al acceso fácil y constante que los peces tienen al alimento. No es necesaria la asistencia continua de un operario del abastecimiento diario manualmente, lo cual ayuda a la productividad reduciendo gastos de mano de obra. Con la implementación de esta máquina ahorra alimento reduciendo el desperdicio y mejorando la conversión, aumenta en un alto nivel de bioseguridad ya que no hay contacto con el alimento y mayor bienestar de las peces.

En cuanto al suministro de energía que la maquina necesita, este debe ser constante, sin embargo, se tiene esta dificultad en la asociación Propaz ya que en los lagos no hay conectividad eléctrica.

Al garantizar suministro eléctrico constante por medio de energía solar fotovoltaica para la operación del sistema de alimentación de la granja piscícola de la asociación, Se brinda seguridad, al asegurar la estabilidad en el suministro de alimentación de los peces, aumentando beneficios económicos y disminuyendo riesgos de mortalidad de peces por falta de alimento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un sistema de alimentación electromecánico para peces con capacidad de 200kg, que emplee energía solar fotovoltaica y que permita el control de suministro del alimento (en cantidad y periodicidad), para la granja piscícola de la asociación Propaz.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir el sistema de suministro y dosificación de alimento para la granja piscícola de la asociación Propaz.
- Diseñar y construir el sistema fotovoltaico y circuitos eléctricos asociados al sistema de suministro de energía.
- Diseñar y construir la estructura metálica flotante del sistema alimentador para peces.
- Elaborar planos: mecánicos y eléctricos del sistema de alimentación para peces.
- Validar el funcionamiento del sistema de alimentación electromecánico para peces, mediante pruebas en campo

2.Estado del Arte

2.1 Antecedentes de máquinas dosificadoras de alimento

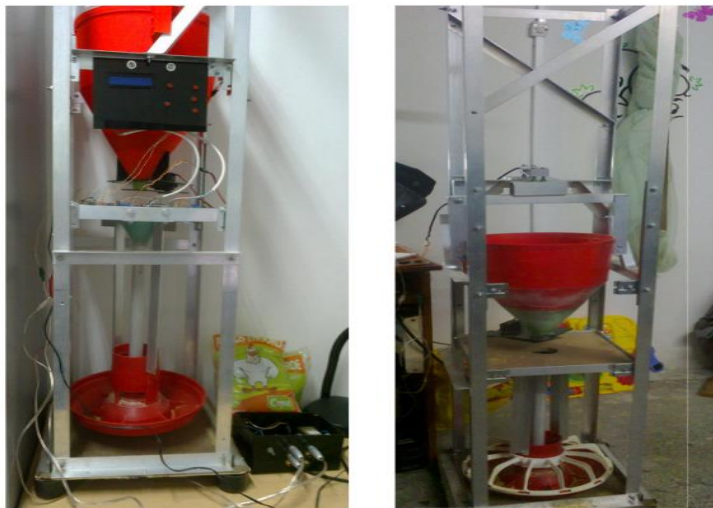
En la ciudad de Cali en el año 2020 fue desarrollado el proyecto denominado Dispositivo automático para la administración de alimento y cuidado de mascota [1], el documento refleja que la dosificación de alimento y cuidado de la mascota a partir de un proyecto en el cual se formula la programación de la dosificación de alimento seco, que a través de un monitoreo y configuración remota utilizando una aplicación móvil por medio de una app. El proceso describe una interfaz implementada en sistema operativo Android, en este menú se ingresa la configuración y supervisión. Su función principal es la dosificación de alimento. La máquina utilizó una estructura mecánica y electrónica que se acopla de tal manera que permita el correcto funcionamiento del dispositivo.

En Bogotá el documento Dosificador de alimentos y agua para gatos y perros de raza pequeña, controlado local y remotamente [2], en el cual realizaron un diseño, construcción y programación de un prototipo que permite dosificar alimento y la bebida de los felinos y caninos de raza pequeña. La idea que presentaron refleja un prototipo que utilizó como funcionamiento a través de una pantalla LCD del prototipo, además de la aplicación para dispositivos Android, también describe el estado de los tanques de almacenamiento y de los platos donde finalmente la mascota consume el alimento y bebida dosificados. El aporte diferenciador es el uso de la aplicación a través del dispositivo móvil, ésta permite realizar la apertura y cierre de la válvula de agua, así mismo el accionamiento del motor para dosificar tanto el alimento como la bebida de manera remota en caso de ser requerido, lo que brinda una mayor facilidad para el usuario en cuanto al control y suministro del alimento para la mascota y al mismo tiempo contribuye a que ésta tenga una alimentación adecuada.

El documento que lleva por nombre Comedero automatizado para pollos de engorde [3] tuvo como objetivo diseñar un prototipo a baja escala figura 2-3, de un sistema de alimentación para pollos de engorde que cuenta con una máquina que aporta a la

reducción de tiempo y la cantidad de alimento que se usa para cada etapa de producción. El documento deja ver cómo lograr que la dispensación del alimento sea de manera eficiente y ahorre recursos. se analizaron los sistemas que pueden solucionar el problema, para encontrar el que se adaptara al factor económico y eficiente. En los resultados refleja que durante la simulación del sistema global por medio del software proteus funciono adecuadamente.

Figura 2-3. Estructura física del prototipo del comedero para aves de engorde



Fuente: Sarmiento y Vargas (2014) [3]

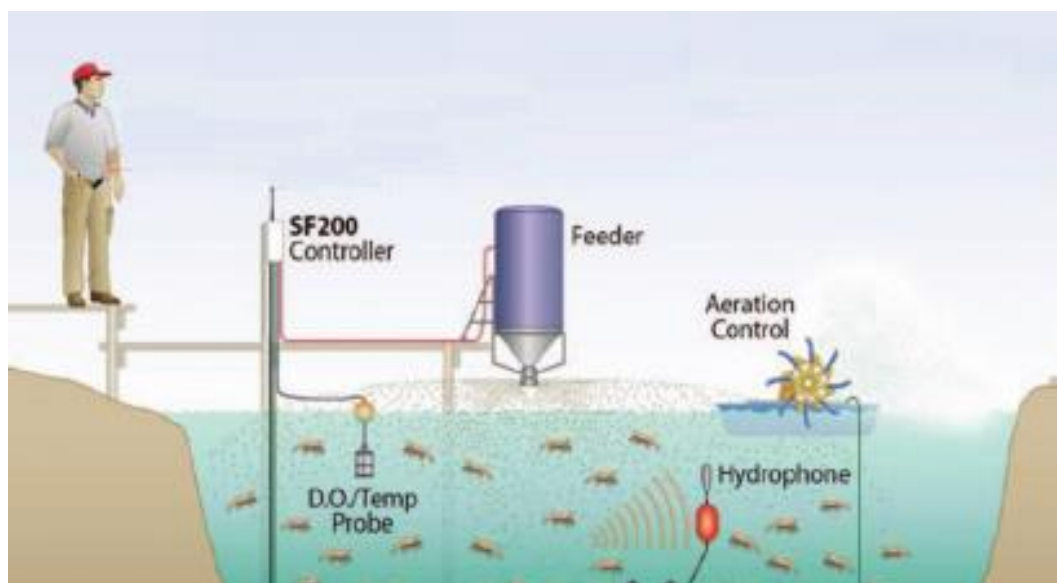
Otro de los antecedentes que refiere corresponde al realizado bajo el título Dispensador automático de comida para mascotas, programable y controlado remotamente [4], el cual dejó ver como objetivo el diseño y la fabricación de un dispensador electrónico de comida para perros y gatos, que puede ser programado y monitoreado de manera local y remota; en el mismo, se evidencia un análisis desde los procesos, para ello utilizaron un procedimiento de ingeniería de software para el desarrollo del firmware del sistema y la aplicación Android a través de los cuales el usuario interactúa con el dispensador. El documento refleja un sistema implementado a partir de un microcontrolador ATmega644, más allá de ser innovador la interfaz, lo que relaciona es una base de acción desde la fijación de acciones a control remoto, a través de un móvil bajo el sistema operativo Android, el cual tiene que escribir los datos de registro, parametrizar los datos de dosificación e iniciar el proceso de dispensación automática.

2.2 Alimentadores automáticos para peces

Los comederos o alimentadores automáticos se usan para aplicar en fracciones pequeñas pero frecuentes el alimento, cubriendo un área circular dependiendo de las características de esparcimiento y su posición en el estanque [5]. Esta estrategia de alimentación frecuente permite que los peces y especies de interés zootécnico atrapen los gránulos de alimento antes de que lleguen al fondo del estanque, los peces de todas las tallas se alimentan uniformemente comiendo al mismo tiempo evitando competencia.

El Sistema de retroalimentación figura 2-4 AQ1 usa un hidrófono para escuchar la respuesta de alimentación del camarón analiza si tiene hambre y luego determina la cantidad de alimentación adecuada a suministrar (Bador 2013)

Figura 2-4 Esquema sistema de alimentación.

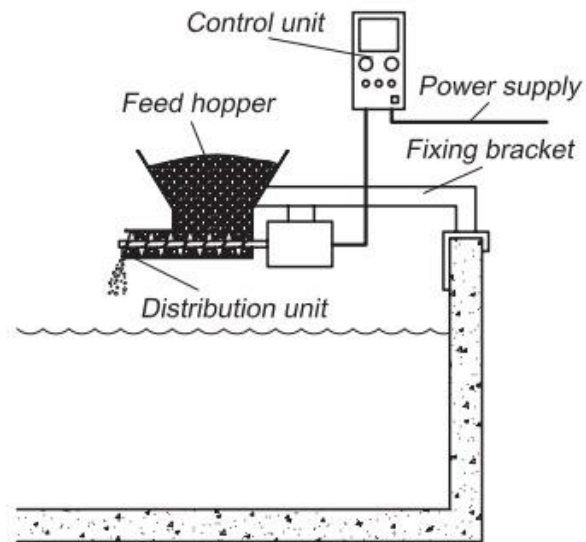


Fuente: Ullman, Rhodes, Hanson y Cline (2017)

Un alimentador automático consta de cuatro componentes principales figura 2-5 en el cual se muestra un contenedor de alimento (tolva), un mecanismo de distribución de alimento, una fuente de alimentación eléctrica para el mecanismo de distribución y una unidad de control para iniciar y detener el mecanismo de distribución. El mecanismo de distribución de alimento es el componente principal de un alimentador automático y lo distingue de un

dispensador de alimento. Los comederos se fijan en un lado del estanque, pero también se pueden colocar en una boya (figura, 2-6). Cuando se utiliza un alimentador automático, se conoce la cantidad de alimento que debe distribuirse durante un período de tiempo y la unidad de distribución funciona durante el período que satisface este requisito [6].

Figura 2-5. Un alimentador automático que consta de un contenedor de alimento.



Fuente: Aquaculture Engineering - Feeding Systems [6]

Figura 2-6. Alimentador De Pescado Flotante Pond King.



Fuente: Texasdirecthunting.com [7]

El alimento se distribuye por volumen, desde este punto de vista cuando se utiliza el volumen para la distribución, debe conocerse la cantidad de volumen de alimento con antelación a suministrar de acuerdo a los requerimientos nutricionales de los peces y

depende del tamaño de las partículas del alimento. Es necesaria la calibración de los comederos para saber la ración a suministrar.

Para calibrar el alimentador, se ejecuta durante un período de tiempo conocido; luego se pesa la cantidad exacta de alimento que se ha dispensado para poder calcular el alimento distribuido por unidad de tiempo. Esta información se utiliza luego para encontrar el tiempo necesario que el alimentador tiene que funcionar para distribuir una cierta masa o volumen de alimento.

Con respecto a los tipos de mecanismo de distribución, los cuales se dividen en dos categorías generales:

- Los alimentadores mecánicos
- Alimentadores por aire comprimido.

En ambos casos los dispositivos de control son eléctricos. El operador puede preestablecer el tiempo y la duración mediante un temporizador eléctrico. La energía utilizada para accionar proviene de la red eléctrica o por un banco de baterías. Algunos alimentadores sofisticados están controlados no solo por temporizadores sino también por sensores que detectan cuando ciertos factores ambientales que interviene en el proceso de alimentación de los peces son correctos, como la temperatura del agua, el pH, la saturación de oxígeno, los sólidos suspendidos o la intensidad de la luz de acuerdo a estas variables se suministra la cantidad de alimento que se necesite.

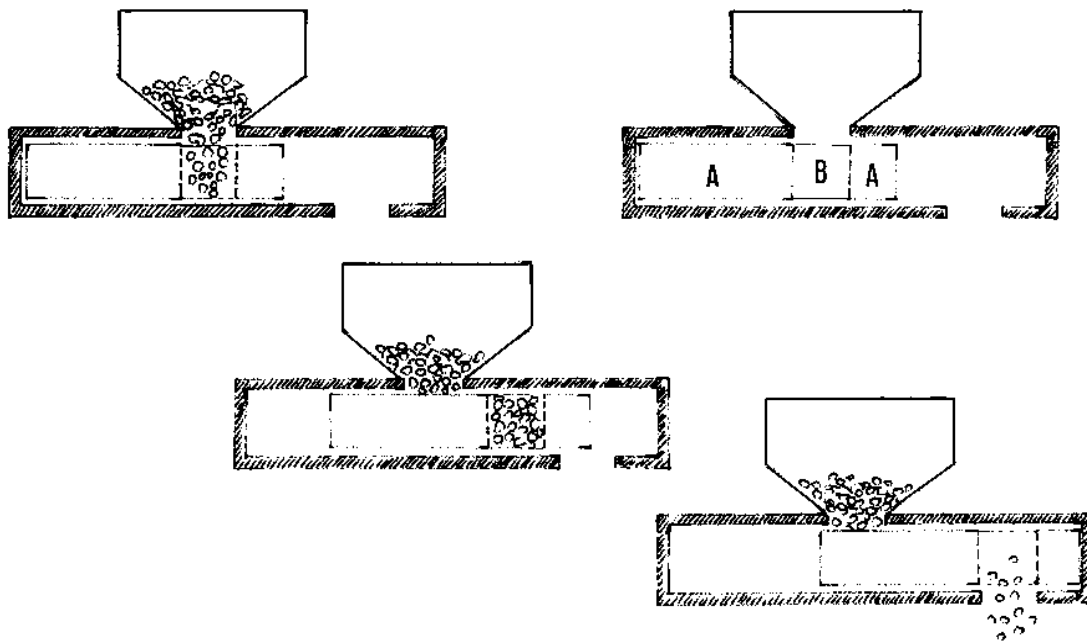
Los alimentadores de aire comprimido funcionan mediante un blower que es un ventilador que genera un flujo de aire en la salida de una tolva haciendo la dispersión del alimento hacia los estanques.

2.2.1 Alimentadores mecánicos

El funcionamiento de este tipo de alimentadores, depende de motores eléctricos y electroimanes. Los principios de funcionamiento se describen mejor mediante la siguiente serie de diagramas:

En la figura 2-7 se puede observar el alimentador tipo 1, el cual describe un movimiento de la banda 'A' está controlado por un electroimán. El espacio 'B' administra la cantidad de alimento liberado en cada movimiento de banda 'A'.

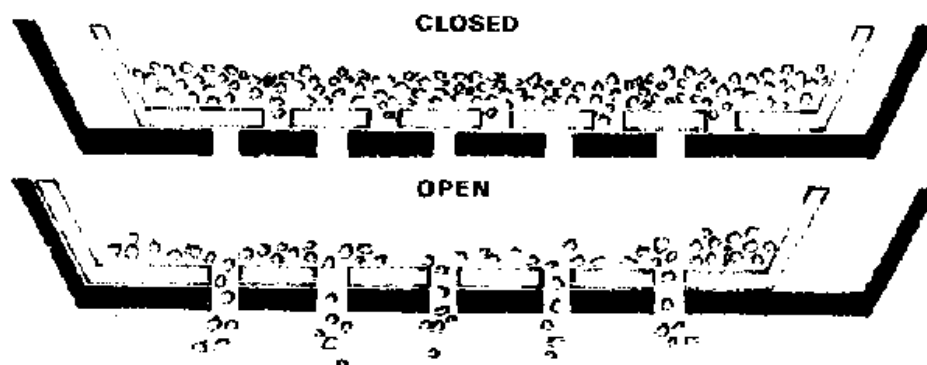
Figura 2-7. Alimentadores mecánico tipo 1.



Fuente: FAO, (2014). [4]

En la figura 2-8 se puede observar el alimentador tipo 2 donde el comedero consta de dos partes, una dentro de la otra. El movimiento del interior está controlado por un electroimán. Cuando coinciden los orificios en las dos partes del alimentador, el alimento cae.

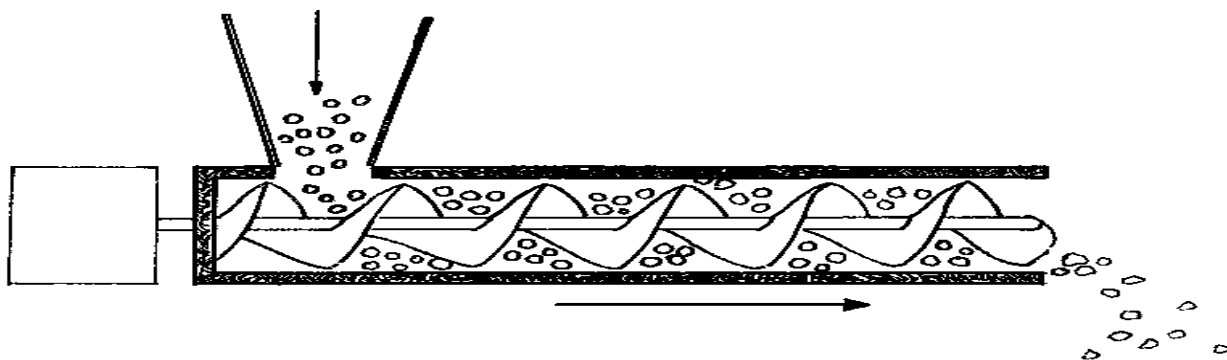
Figura 2- 8. Alimentador Tipo 2.



Fuente: FAO, (2014). [4]

Alimentador Tipo 3 la figura 2-9 presenta un mecanismo de tornillo sin fin que transfiere el alimento desde la tolva hasta la salida. La cantidad de alimentación liberada depende del número de vueltas del tornillo sin fin accionado por el motor, que está controlado por un temporizador, al igual que la periodicidad de la alimentación.

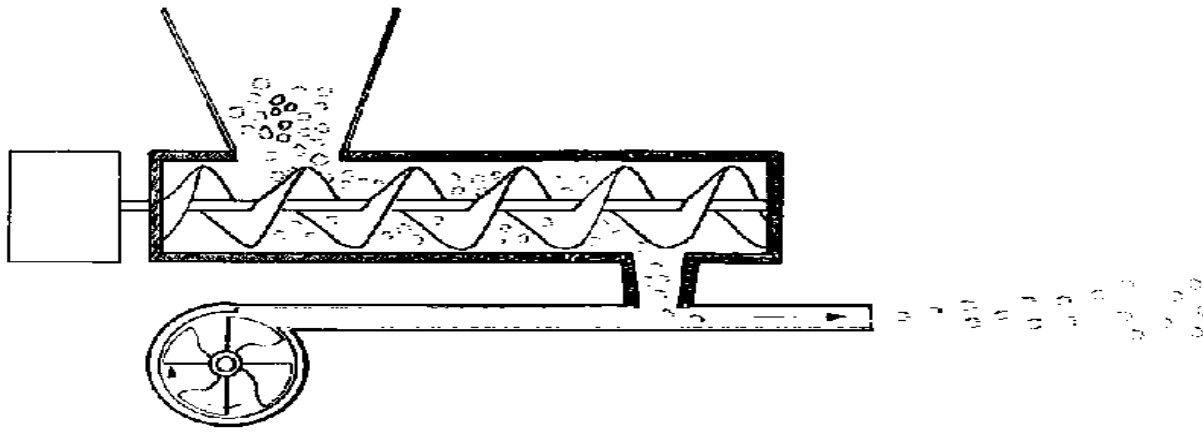
Figura 2- 9. Alimentador tipo 3.



Fuente: FAO, (2014). [4]

En la figura 2-10 se puede observar una variación que hay es que se agrega un soplador, que distribuye la alimentación en una mayor distancia.

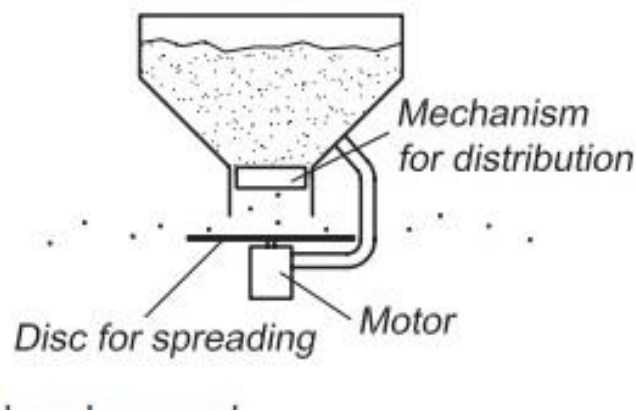
Figura 2-10 dispositivos de alimentación.



Fuente: FAO, (2014). [4]

En el caso de la figura 2-11 en la cual se puede observar que, en algunos comederos, el módulo para esparcir el alimento se adjunta debajo del mecanismo de distribución. El propósito es distribuir el alimento en una parte más grande del estanque, tanque. Se utilizan tres patrones de distribución: alimentación puntual (sin mecanismo de distribución), alimentación sectorial y alimentación circular.

Figura 2-11. Tipo 4.



Fuente: FAO, (2014). [4]

El sistema de alimentación normalmente consta de un plato giratorio horizontal. Cuando esta gira, el alimento se distribuye en un sector del estanque a 360 grados. Una técnica de alimentación circular emplea un sistema de dispersión centrífuga. Las partículas de

alimento caen desde la unidad de distribución y golpean un disco giratorio colocado horizontalmente. Debido a las fuerzas centrífugas, la alimentación se distribuye en círculo por toda el área. La unidad de esparcimiento puede ser parte integral del sistema de distribución o puede instalarse por separado debajo de la unidad de distribución. La velocidad plato determina el área del sector o el círculo donde se extiende la alimentación. Sin embargo, una velocidad alta aumentará la cantidad de quiebra de los granos de alimento, porque las fuerzas transferidas desde el módulo de esparcimiento a las partículas de alimentación aumentarán y el alimento no flota y se hunde [6].

2.3 Concentrado o alimento

El concentrado que se suministra a los peces en los cultivos, debe ser un suplemento alimenticio destinado para Cachamas, Mojaras, Tilapias y Carpas, producidas en estanques con alto y mediano abonamiento. Generalmente es un producto extrudido flotante, fabricado en gránulos de 4.0 mm de diámetro figura 2-12. Asegura un óptimo crecimiento de la Tilapia y una excelente conversión alimenticia [8].

El alimento está compuesto por los siguientes ingredientes:

Tabla 2-1. Composición de los ingredientes.

PROTEÍNA (MIN)	24%
GRASA (MIN)	6%
HUMEDAD (MAX)	12%
FIBRA (MAX)	8%
CENIZA (MAX)	12 %

Fuente: Elaboración propia. 2021.

Figura 2 -12. Alimento típico utilizado en la granja marca CONTEGRAL



Fuente: elaboración propia. 2021.

2.3.1 Cantidad de alimento a suministrar

Para calcular la cantidad de alimento de los peces se usa la siguiente tabla

Figura 2-13 Calculo cantidad de alimento.

Producto	Peso del pez (g)	Temperatura del agua °C					
		20	22	24	26	28	30
Mojarras iniciación 45% harina	0.1-0.5	4	5	6	7	7.5	8
Mojarras iniciación 45% extruido	0.5 - 5	3	4	4.5	5	5.5	6
Mojarras prelevante 40%	5 - 10	2	3	3.5	4	4.5	5
Mojarras levante 35%	10 - 20	1.8	2.7	3.1	3.6	4	4.5
	20 - 50	1.6	2.2	2.7	3	3.4	4
	50 - 75	1.4	1.9	2.2	2.4	2.9	3.1
Mojarras 30%	75 - 110	1.3	1.6	1.9	2	2.3	3
	110 - 150	1.1	1.4	1.6	1.8	2	2.3
Mojarras 30%	150 - 200	0.9	1.2	1.4	1.6	1.8	2
Mojarras 24%	200 - 250	0.85	1.15	1.35	1.55	1.7	1.9
	250 - 325	0.8	1.1	1.3	1.5	1.65	1.8
	325 - 400	0.75	1.05	1.25	1.45	1.6	1.7
	> 400	0.7	1	1.2	1.4	1.5	1.6

Fuente: Lagricola [9]

En base a esta tabla la tilapia en fase de engorde consume aproximadamente un 2% del peso vivo y este alimento se debe racionar en 6 comidas al día.

En la piscícola el estanque donde se va a instalar el alimentador automático tiene una población de 10.000 peces con una talla aproximada de 500 gramos por lo anterior se suministra la siguiente tabla:

Tabla 2-2. Cantidad de alimento por ración diaria.

Cantidad peces (unidad)	10000	Peso biométrico promedio por animal (g)	500	Cantidad alimento Total (Kg)	100	Cantidad alimento por ración (Kg)	16.7
--------------------------------	-------	--	-----	-------------------------------------	-----	--	------

Fuente: elaboración propia. 2021

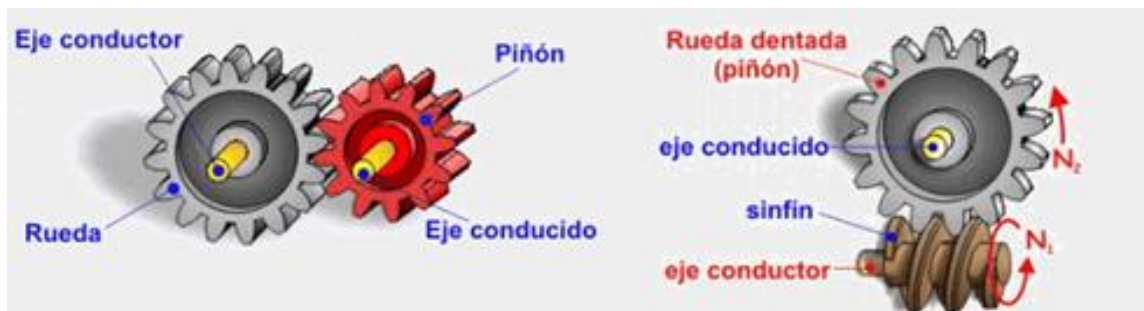
3.FUNDAMENTOS MECÁNICOS

A continuación, se presentan los principios físicos y mecánicos utilizados para elementos de transmisión y transformación de movimiento, desarrollo del trabajo.

3.1 Engranaje

Un engranaje se parte de la ubicación de dos ruedas, que disponen de unos dientes, que deben unificarse o encajarse, su finalidad es lograr la sincronización entre sus partes para generar un movimiento circular y continuo que se mueve en sentido opuesto al original. [10].

Figura 3-13 Trasmisión de movimiento de engranajes.



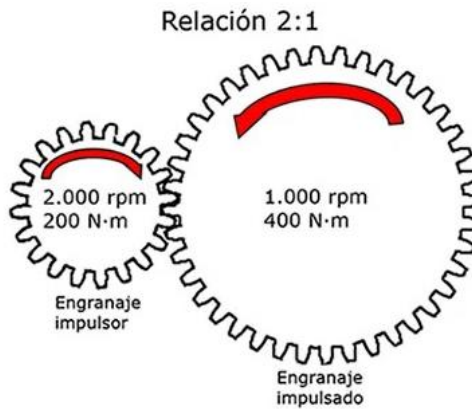
Fuente: Esboza (2016) [10]

En estas figuras se observa la transmisión de movimiento entre engranajes y tornillo sin fin estas se usan para diferentes aplicaciones de movimiento, velocidad y potencia.

3.1.1 Relación Transmisión

La relación de transmisión en los engranajes es igual al cociente que resulta de dividir el número de dientes del piñón motriz sobre el número de dientes del piñón conducido. O la velocidad de giro del piñón motriz sobre la velocidad del piñón conducido esto me permite aumentar el torque y la velocidad de giro [11].

Figura 3-14 Relación de engranaje.



Ecuación 3-1. Relación de transmisión

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_1}{D_2}, \quad D_1 * N_1 = D_2 * N_2$$

D1 = número de dientes del piñón motriz

D2 = número de dientes del piñón conducido

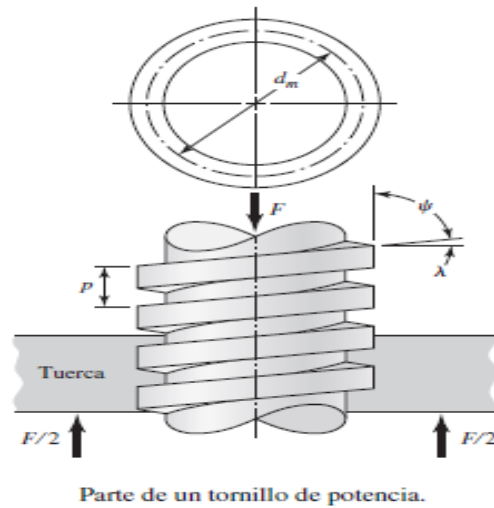
N1 = Velocidad de giro del piñón motriz

N2 = velocidad de giro del piñón conducido

3.1.2 Tornillo Sin Fin Collarín

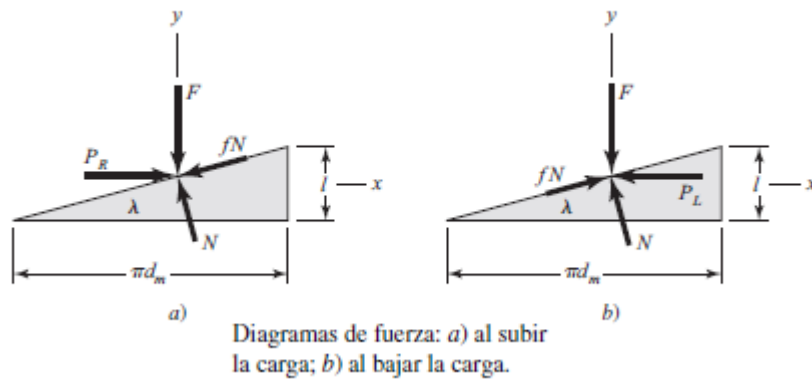
Para el accionamiento de la compuerta que abre y cierra la salida del alimento su utilizara el principio de un tornillo de potencia figura 3-15, para ello, el tornillo, dispositivo que se utiliza en maquinaria para cambiar el movimiento angular a movimiento lineal y, por lo general, para transmitir, elevar la potencia y mediante la tuerca mover la compuerta. [12]

Figura 3-15. Tornillo de potencia.



Fuente: Ullman et al., 2019 [12]

Figura 3-16 Diagramas de fuerza



Fuente: Ullman et al., 2019 [12]

El diagrama de fuerzas ejercidas en el tornillo Figura 3-16 nos muestra las fuerzas que intervienen, como son F , fuerza aplicada al tornillo, N es la normal resultante opuesta a la fuerza, l es el paso del tornillo, y d_m es el diámetro medio del tornillo.

La expresión del momento requerido para elevar la carga, y otra expresión del momento necesario para bajarla tomado del libro diseño de máquinas de Hibbeler.

Ecuación 3-2. Formula momento tornillo.

$$M = F r_m \tan(\phi + \theta)$$

M = momento,

F = Fuerza

r_m = radio medio tornillo

$$\phi = \tan^{-1}(\mu_s)$$

μ_s = Factor de fricción

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{l}{2\pi r_m}\right)$$

l = Paso del tornillo

Fuente: Hibbeler [13]

3.2 FLOTABILIDAD

Debido a que el sistema de alimentación debe reposar en el centro del estanque, entonces se considera acudir a una plataforma flotante, la flotabilidad se logra por medio de canecas las cuales van en la base de la estructura soportando el peso de estructura.

Imagen referencia de la flotabilidad de las canecas.

Figura 3-17. Prototipo balsa turismo.

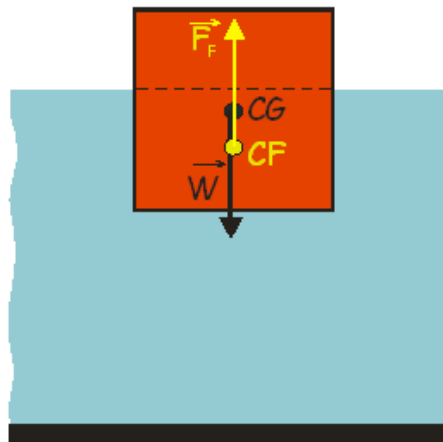


fuentes: Universidad Nacional de Colombia. [14]

3.2.1 Principio De Arquímedes

Para el trabajo se tendrá en cuenta la participación del principio de Arquímedes cuyo enunciado afirma que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del fluido desalojado del cuerpo sumergido en posición vertical figura 3-18 , para dar estabilidad vertical al cuerpo parcial o totalmente sumergido obedece al equilibrio existente entre el peso del cuerpo (w) y la fuerza de flotación (F):

Figura 3-18 Flotación



$$F_F = W \quad (\text{en el equilibrio})$$

Fuente: Marín (2017) [15]

Ecuación 3-3 Peso líquido

$$P_L = M_L * G, \text{ gravedad}$$

El peso del líquido desalojado (P_L) es igual a la masa de líquido desalojado por la gravedad (G). a continuación, la expresión.

Ecuación 3-4 Masa de líquido.

$$M_L = V_L * \rho_L$$

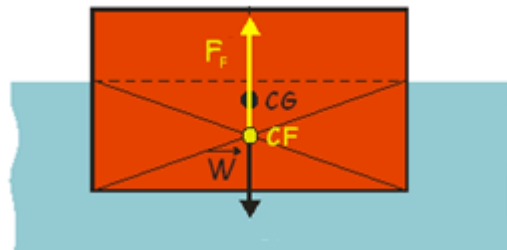
Masa de líquido desalojado (M_L) es igual al volumen de líquido desalojado (V_L) por la densidad del líquido (ρ_L) a continuación la expresión

3.2.2 Estabilidad de Cuerpos Prismáticos

Los cuerpos que flotan deben tener un equilibrio estable cuando su centro de gravedad está por encima del centro de flotación.

La figura (3-19) muestra la sección transversal de un cuerpo flotando en un fluido. En el dibujo se puede observar el centro de flotación (CF), el cual está ubicado en el centro del volumen sumergido del cuerpo, el centro de gravedad (CG) está ubicado en el centro del volumen total del cuerpo. Hay dos fuerzas La fuerza W que es la ejercida por el peso del cuerpo y la fuerza F que es la ejercida por el agua hacia el cuerpo.

Figura 3-19. Sección transversal cuerpo prismático



Fuente: Marín (2017) [15]

Cuando el metacentro M se encuentra por encima del centro de gravedad CG , el cuerpo presenta equilibrio estable. Cuando el metacentro se encuentra por debajo de CG el equilibrio es inestable; y cuando el metacentro coincide con CG , está en equilibrio neutro.

La distancia entre el metacentro y el centro de flotación se conoce como "altura metacéntrica" y es una medida directa de la estabilidad del cuerpo. Esta distancia se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 3-5 Altura metacéntrica

$$MF = \frac{I}{V_d}$$

Donde I es el momento de inercia de la sección horizontal del cuerpo flotante y V_d es el volumen de fluido desplazado por el cuerpo de flotación (F):

3.3 AUTOMATISMO CON ARDUINO

Para lograr la dispensación del alimento se debe controlar la variables como tiempo, y control de voltaje en los motores, para lograr este control se acude al Arduino que es un microcontrolador que vigila diferentes sensores y accesorios con la cual se hace la automatización de procesos por ejemplo; apagado de los motores eléctricos por medio de drivers conectados a la palca, esta usa electrónica digital y además es programada por un lenguaje de programación basado en C++ de fácil escritura, lo caula significa que tiene diferentes ficheros y programaciones disponibles en diferentes plataformas de uso público online, por esta razón es de fácil manejo [16].

Gracias a su versatilidad y costo se ves su utilidad en la aplicación para controlar los motes DC que activan los mecanismos mecánicos del proyecto.

4. ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica es el flujo de electrones a través de un conductor, Hay varias formas de generar electricidad las cuales son:

En el actual trabajo se pretende producir electricidad de manera renovable, por lo que se considera la obtención de electricidad mediante la luz y esto es posible mediante la aplicación de un sistema fotovoltaico, el cual será explicado adelante. Enseguida una descripción general de las relaciones entre las magnitudes eléctricas.

4.1 CORRIENTE ELÉCTRICA

Es un fenómeno físico, que se crea por el desplazamiento de una carga eléctrica dentro de un conductor. Dependiendo de este movimiento la corriente eléctrica puede ser corriente continua (CC) Corriente Alterna (CA).

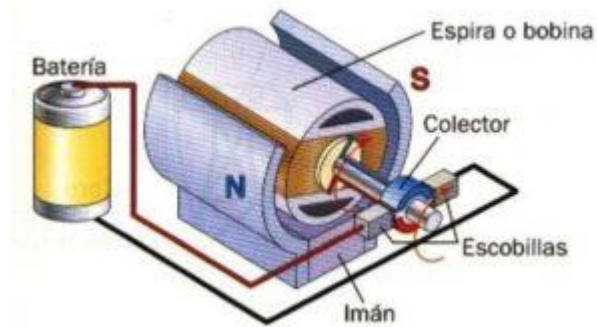
La intensidad de la corriente es la cantidad de carga eléctrica que pasa por la sección transversal de un conductor por unidad de tiempo. La intensidad de la corriente se mide en Amperios (A).

4.2 MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos son dispositivos que ayudan a la conversión de energía eléctrica a la mecánica, sus partes principales son Bobina o rotos, estator, escobillas y colector Figura 4-20 mediante la rotación de un rotor contra un estator, por medio de los campos magnéticos que utilizan se produce un movimiento.

Estos pueden tener la propiedad de ser reversibles, convertir energía mecánica en eléctrica y eléctrica en mecánica.

Figura 4-20 Motor de corriente continua.



Fuente: Motorex [18]

Corriente de arranque: Es la corriente que está en el motor antes del arranque el tiempo que dura depende de las características del motor, como modelo, tamaño esta por lo general tiene una dimensión de 6 a 8 veces la corriente de funcionamiento.

Factor de potencia: esta potencia es adimensional y tiene un valor que se encuentra entre un rango de 0 a 1 esta potencia está determinada por la división entre la potencia aparente y la potencia activa.

Eficiencia: Esta es la potencia eléctrica activa dividida por la potencia de salida.

Torque de arranque: Para vencer la inercia y la carga de trabajo, se debe aplicar una fuerza rotacional al momento del arranque del motor eléctrico.

Existen diferentes tipos de motores eléctricos entre ellos:

- Motor AC
- Motor DC
- Motor Paso a paso

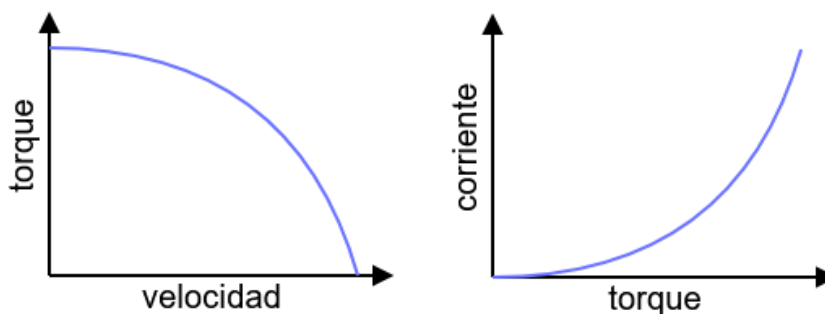
4.2.1 MOTOR DC

Los motores de Corriente Directa o motor DC son muy utilizados ya que su característica de torque velocidad puede controlar fácilmente controlando el voltaje por medio de resistencias variables. Otra ventaja es que su giro es reversible.

Curva torque – velocidad

La siguiente gráfica figura 4-21 es una representación de los torques que un motor puede proporcionar a diferentes velocidades a los voltajes nominales.

Figura 4-21. Curva Torque



Fuente: [19]

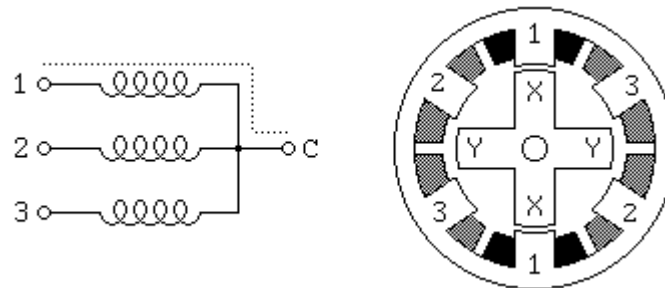
Si analizamos las gráficas, a mayor torque menor es la velocidad, y a mayor corriente mayor es el torque. [19]

4.2.2 MOTOR PASO A PASO

El principio de funcionamiento está basado en un estator construido por varios bobinados figura 4-22 en un material ferromagnético y un rotor que puede girar libremente en el estator.

De ahí, se establece un grupo consecutivo de bobinados que son alimentados secuencialmente uno tras otro para hacer un movimiento circular o angular que se denomina paso y esta es la principal ventaja o característica de este tipo de motores. [22]

Figura 4-22 Motor paso a paso sección



Fuente: [20]

4.2.3 PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE UN MOTOR ELÉCTRICO

La siguiente tabla describe los principales parámetros a tener en cuenta para la selección de un motor eléctrico.

Tabla 3-3 Parámetros selección de un motor eléctrico.

Parámetro	Descripción
Velocidad de giro	Son las revoluciones por minuto (rpm) que debe desarrollar el motor para determinada aplicación.
Ciclo de trabajo	determina si el motor tiene un régimen de trabajo continuo, variable o intermitente.
Potencia	Es la potencia máxima que se alcanza en condiciones normales
Rendimiento	Es la eficiencia de conversión del motor de energía eléctrica a energía mecánica.
Forma constructiva	Describe la forma geométrica del motor, la posición si es horizontal, vertical.

Fuente: elaboración propia 2021

4.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La Energía Solar Fotovoltaica es la generada cuando la luz del sol actúa sobre los paneles solares por medio del principio fotoeléctrico. [21].

4.3.1 Principio fotoeléctrico.

Este efecto sucede en las células fotoeléctricas, unidad básica que componen los módulos o paneles fotovoltaicos. [15].

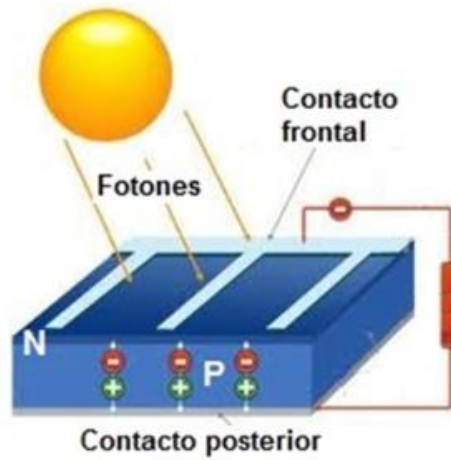
Figura 4-23. Célula fotoeléctrica



Fuente: Marín (2017) [15].

La luz puede ser una onda o partículas estas están compuestas por fotones y estos al llegar al panel solar específicamente a la célula fotovoltaica Las células fotovoltaicas figura 4-24 de los paneles solares están fabricadas por materiales semiconductores, tales que sus átomos sean capaces de liberar electrones para crear una corriente eléctrica en el interior de la célula al recibir energía [15].

Figura 4-24. Circuito eléctrico célula fotoeléctrica

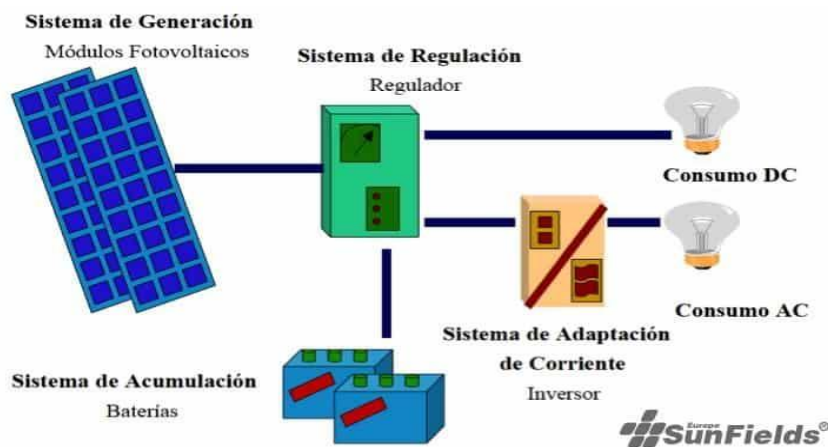


Fuente: López, 2015. [22]

4.3.2 Instalación fotovoltaica aislada

La instalación fotovoltaica aislada figura 4-26 este es un sistema de generación de energía eléctrica el cual aprovecha la radiación solar captándola con por medio de paneles solares y almacenándola en baterías, este sistema se caracteriza por no estar conectado con la red de energía principal, sus aplicaciones están en lugares lejanos o sistemas a pequeña escala.[22].

Figura 4-25 sistema de generación.



Fuente: SunFields (2015) [23]

Los elementos fundamentales de un sistema fotovoltaico aislado:

Paneles solares: la clase de paneles más manejada para este tipo de aplicaciones son los paneles monocristalinos y policristalinos.

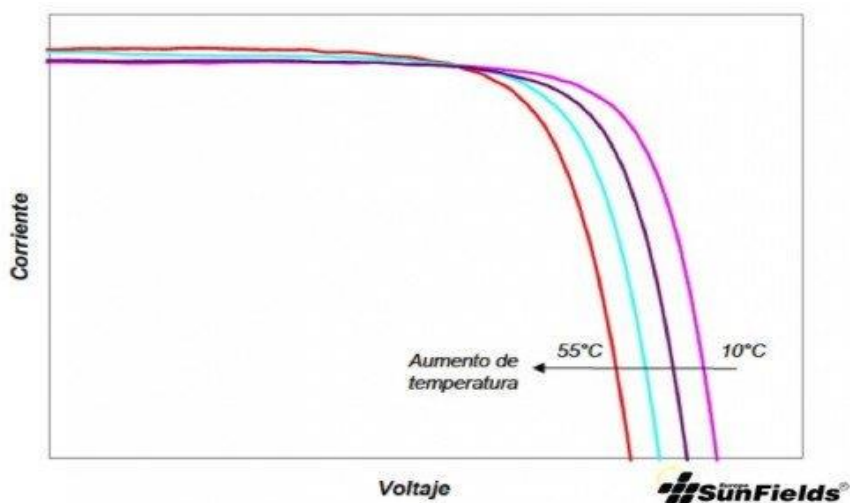
Figura 4-26. Panel solar monocristalino.



Fuente: Marín (2017) [15].

Es importante analizar siempre la curva que proporciona cada fabricante figura 4-28 de los paneles en sus fichas técnicas ya que con el incremento de la temperatura del medio ambiente aumenta ligeramente la corriente y disminuye el voltaje del panel solar. [15].

Figura 4- 27. Curva corriente voltaje panel solar



Fuente: Marín (2017) [15].

Regulador de carga: su trabajo es controlar la carga y descarga de las baterías, así como evitar cargas o descargas excesivas. [22].

Baterías: figura 4 -28 Se encargan de acopiar la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico para poder usar esta energía en las horas sin radiación solar. [15].

Las baterías más usadas para este tipo de sistemas son las baterías estacionarias secas, que se dispondrán en serie o paralelo. Estas baterías pueden durar largos periodos de tiempo cargadas y soportar descargas profundas ocasionalmente.

Para definir el tamaño necesario de las baterías es necesario tener en cuenta un par de parámetros: La profundidad de descarga máxima en la batería, es el nivel máximo de descarga que puede o permite antes de la desconexión del regulador en un día lo permitido este alrededor de 20 %,

Figura 4-28 Tipos de baterías



Fuente: Marín (2017) [15] y [12].

5. Diseño y construcción del sistema de dosificación y suministro del alimento.

Para el diseño se debe trabajar con unas características necesarias vistas en la sección 2.2 el comedero tiene que ser flotante como condición estándar y para el mecanismo de abastecimiento de alimento a los peces, como se describe en la sección 3.1.2 tornillo sin fin collarín describe los diferentes mecanismos de dispersión y suministro por medio mecánico de alimento, en base a estos antecedentes se consideraron tres alternativas para tomar la decisión, las cuales son:

- Mecanismo de banda,
- Tornillo sin fin
- Mecanismo plato giratorio horizontal

Se evalúan los aspectos asociados a diseño, en donde la mayor puntuación la obtendrá aquel mecanismo que satisface los criterios de diseño como son robustez que soporte las vibraciones y peso producidas por el alimento y los motores, la durabilidad esto es que soporte la corrosión producida al estar en contacto con el agua, seguridad para el usuario y los peces, facilidad de construcción para el mecanizado de las piezas y soldadura, costo que sea económico y de fácil construcción reparación.

5.1 Selección de mecanismo de dosificación

A continuación, se encuentra una matriz de decisión en la cual se selecciona el mecanismo para el diseño.

Tabla 5-3. Selección mecanismo de dosificación.

Matriz de decisión		Alternativa 1 mecanismo de banda		Alternativa 2 mecanismo de tornillo sin fin		Alternativa 3 Mecanismo plato giratorio horizontal con compuerta	
Criterio	Peso	Puntos*	Total	Puntos*	Total	Puntos*	Total
Mantenimiento	15	7	105	5	75	10	150
Robustez	10	6	60	8	80	8	80
Durabilidad	20	6	120	10	200	10	200
Seguridad	15	8	120	7	105	6	90
Facilidad construcción	15	10	150	5	75	10	150
Costo	15	8	120	3	45	8	120
Estética	10	4	40	5	50	5	50
		Total	715	Total	630	Total	840

* los puntos son en una escala de 0 – 10, siendo 0 lo mínimo y 10 el valor máximo Este es un valor subjetivo asumido.

Fuente: elaboración propia. 2021.

Según la matriz de la tabla 5-4 el mecanismo seleccionado es el de **plato giratorio horizontal con compuerta** el cual obtuvo una puntuación de 840 puntos y es el que cumple de mejor manera los criterios de costo porque se construye con materiales de fácil adquisición, facilidad de construcción porque tiene pocas piezas mecanizadas y poca soldadura, mantenimiento porque las piezas son de fácil reemplazo y cambio, robustez porque es una estructura rígida con pocas piezas.

Por lo tanto, se encaminará al diseño y construcción de cada uno de los elementos constitutivos del sistema, como son: la compuerta, sistema de dosificación de alimento, sistema eléctrico y fotovoltaico, tolva y estructura.

5.2 Diseño compuerta y mecanismo de dosificación de alimento

Para el mecanismo de la compuerta se usó un tornillo de potencia con una tuerca de latón movido por un motor, que nos transforma un movimiento circular en lineal, este movimiento de la tuerca que mueve la compuerta para abrir y cerrar. Se usó tubería de PVC de 2

pulgadas ya que es un material de fácil adquisición y la T para esta tubería tenía una gran ventaja pues su forma geométrica se adapta para acomodar el mecanismo. A continuación, un boceto de la compuerta.

Figura 5-29 vista isométrico y explosión del sistema de compuerta para dosificación

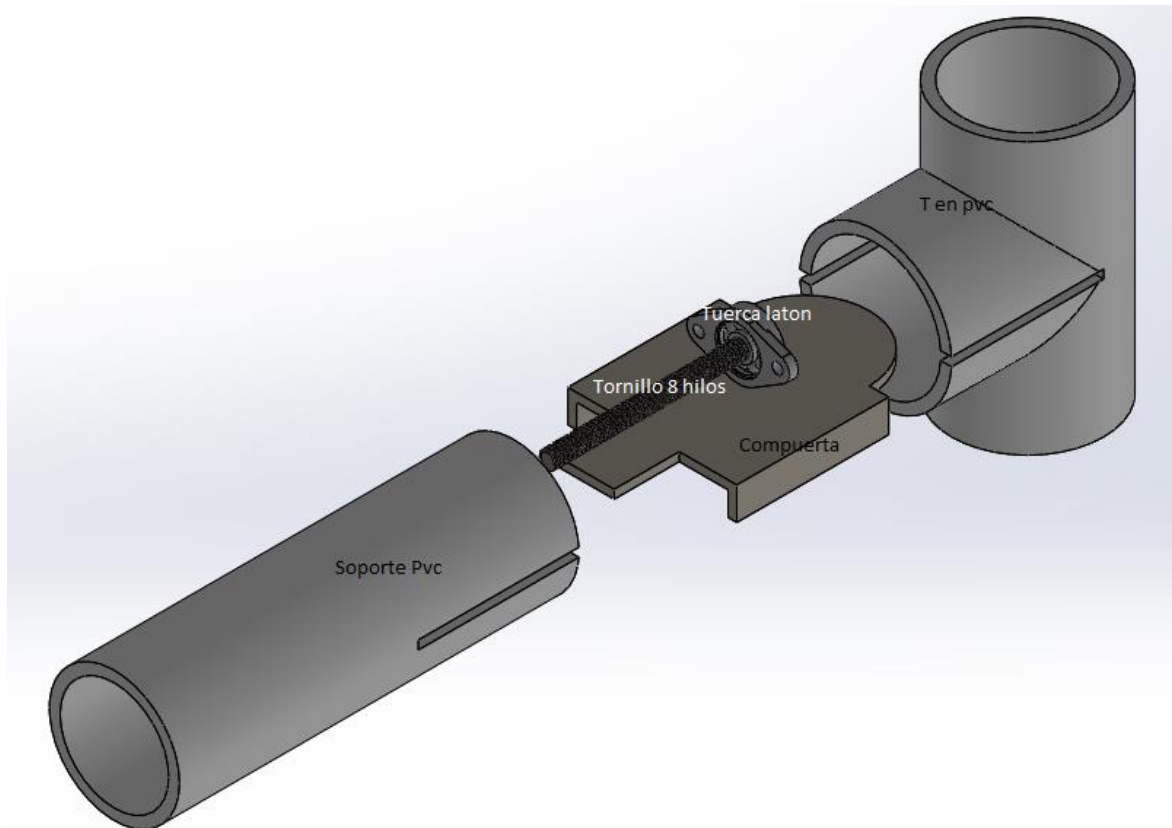


Figura 5-30 Vista lateral

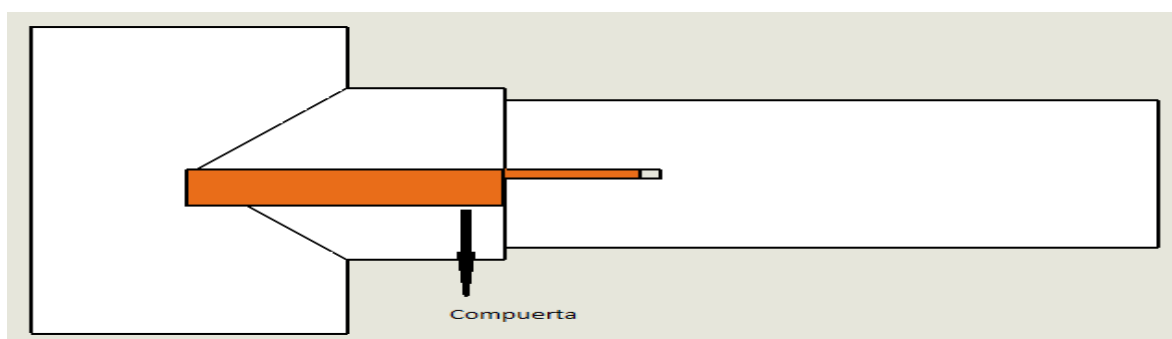
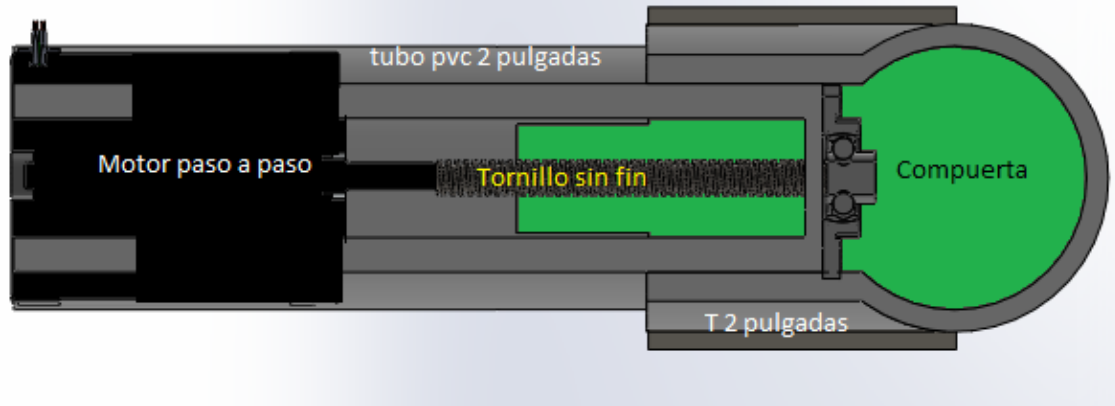


Figura 5-30 Vista superior de la compuerta



A continuación, se realizan los cálculos para seleccionar el motor paso a paso que acciona el tornillo potencia:

Figura 5-31 esquema fuerzas compuerta

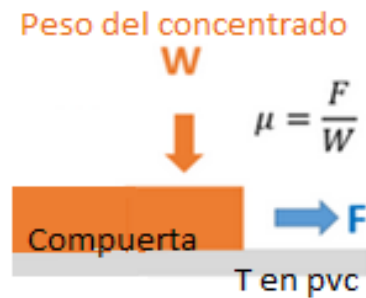
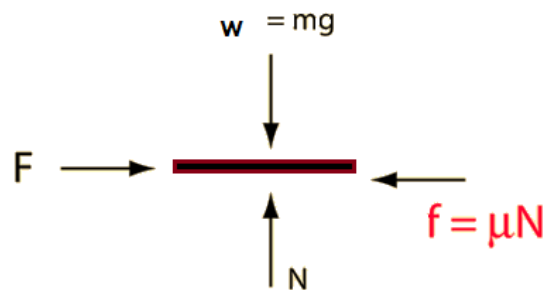


Figura 5-32. Diagrama cuerpo libre de la compuerta



Fuente: [16]

W = Peso del concentrado

F = fuerza necesaria para abrir la compuerta para la salida del alimento

μ = coeficiente de rozamiento del PVC

N = fuerza que hace la parte inferior de la guía para sostener la compuerta.

f = coeficiente de fricción entre la compuerta y la guía.

Ecuación 6. Sumatorias fuerzas en Y

$$\sum Fy = 0$$

$$w - N = 0 \quad w = N \quad N = 1 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 \quad N = 9.8 \text{ Newtons}$$

$$\sum Fx = 0$$

$f - F = 0 \quad f = F \quad F = 0.36 * 9.8 \text{ N} = 3.528 \text{ N}$, el coeficiente de fricción esta dado por la figura 2-33

Para hallar el momento necesario y así seleccionar el motor se usaron las fórmulas de tornillo de potencia sección 3.1.2.

$M = F r \text{ tang}(\phi + \theta)$, r = radio medio de la varilla roscada de la figura 5-35

$$\phi = \tan^{-1}(\mu_s)$$

μ_s = Valores de coeficiente de fricción del collarin empuje acero sobre cobre de la tabla 5-6

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{l}{2\pi r}\right) ; \quad l = \text{paso de la varilla de la figura 5-36}$$

$$\phi = \tan^{-1}(\mu_s) = \tan^{-1}(0.08) = 4.57$$

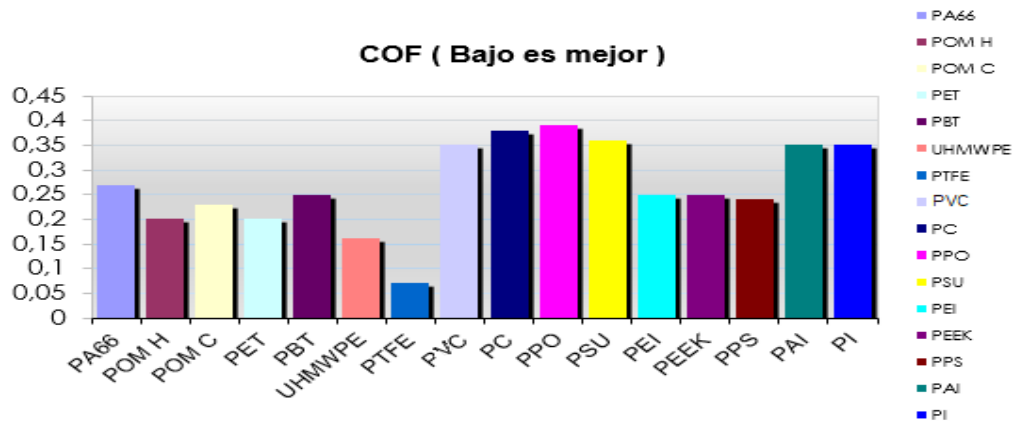
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{l}{2\pi r}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{8\text{mm}}{2\pi 4\text{mm}}\right) = 17.65$$

$$M = F r \text{ tang}(\phi + \theta) = 3.528 * \text{tang}(4.57 + 17.65) = 5.767 \text{ N*m}$$

El resultado muestra que se necesita un motor con un torque de 5.8 N*m y se seleccionó un motor CD "Nema 23" figura 6-74 paso a paso que tiene un torque máximo de 12 N*m y tiene la ventaja de ser controlada su dirección de giro fácilmente.

A continuación, tablas y especificaciones de los materiales utilizados en la construcción del mecanismo:

Figura 2-33. Coeficientes de rozamiento de diferentes polímeros



Fuente: FAO, 2014 [24]

Para el accionamiento de la compuerta se acude a un mecanismo basado en un tornillo y collarín roscado de latón de tal manera que el giro del tornillo provoca un desplazamiento axial en el collarín. Para brindar la fuerza de accionamiento y durabilidad del dispositivo y así cumplir con su función de abrir y cerrar la compuerta dejando salir el alimento.

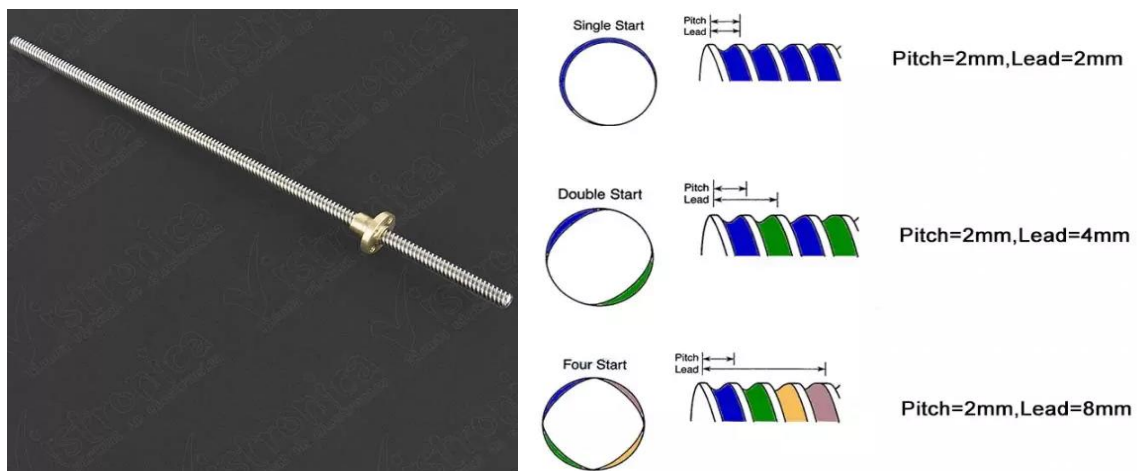
Figura 5-34. Tuerca cobre.



Fuente: Asociación Municipal de Colonos del Pato – AMCOP 2018 [25]

Figura 5-36 se observa que la varilla roscada 8 hilos la cual es accionada por el motor nema 23, esta con el collarín transformando el movimiento circular a lineal para la apertura de la compuerta.

Figura 5-35 Varilla roscada



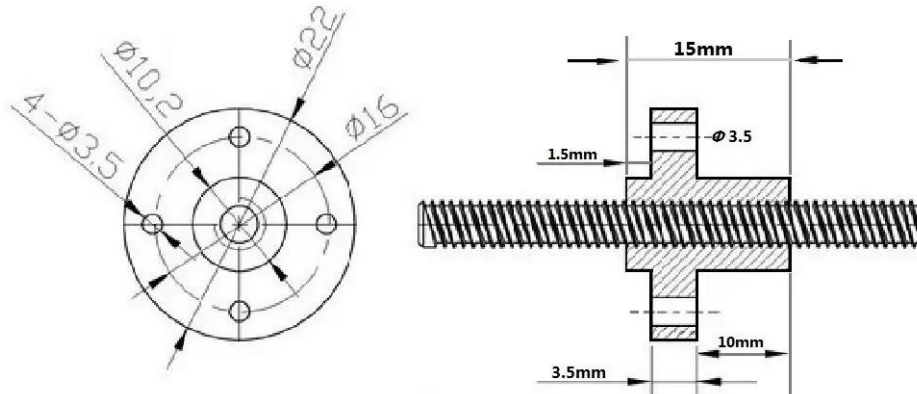
Fuente: Guevara y Guaca 2017 [26]

El uso de varillas 8 hilos en aplicaciones como son impresoras 3d y CNC roters, la cual proporciona el movimiento en los tres ejes X, Y y Z accionado por motores paso a paso, controlando la distancia de desplazamiento con un margen de 1 mm, me permite usar este mismo principio para usar la varilla para controlar la distancia que se va a desplazar la compuerta en ambos sentidos.

Características de la varilla roscada 8 hilos:

- Material: Acero inoxidable
- Diámetro: 8 mm
- Longitud: 200 mm
- Paso por vuelta: 8 mm

Figura 5- 36 seccion tuerca laton



Fuente: mexpolimeros.com 2021 [27].

A continuación, tablas de coeficiente de fricción de tornillos fabricados en diferentes materiales y el conjunto collarín y tornillo.

Tabla 5-4. Coeficiente de fricción de peso roscado

Material de la tuerca				
Material del tornillo	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero seco	0.154-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para maquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04*-0.06	-	0.06-0.09

Fuente: Leon et al., [4]

Tabla 5-5. Coeficiente de fricción de collarín de empuje

Combinación	En operación	Arranque
Acero suave sobre hierro fundido	0.12	0.17
Acero duro sobre hierro fundido	0.09	0.15
Acero suave sobre bronce	0.08	0.30
Acero duro sobre bronce	0.06	0.08

Fuente: Leon et al., [4]

5.3 Construcción compuerta y mecanismo de dosificación de alimento

Una vez concluidos los cálculos se construyó la compuerta como se muestra a continuación:

Figura 5-37 Vista lateral de la compuerta



Esta figura 5-37 muestra la vista lateral del mecanismo que controla la salida del alimento, iniciando por el motor paso a paso nema 23, el transmite el movimiento al tornillo 8 hilos que acciona la compuerta para dejar salir o bloquear el alimento.

La figura 5-38 muestra el interior del mecanismo que acciona la compuerta que es el tornillo 8 hilos, se puede observar que queda la compuerta abierta o cerrada en su totalidad.

Figura 5-38 Vista superior de la compuerta



Figura 5-39 Vista interna de la compuerta del tornillo 8 hilos y el collarín



La figura 5-39 muestra la parte interior de la compuerta el acople rígido que une la varilla con el motor Nema 23 y el rodamiento FI08 además la tuerca collarín que está unida a la compuerta haciéndola accionar.

5.4 Construcción del plato giratorio horizontal y selección de motor

Para la construcción del mecanismo de distribución y aspersion del alimento concentrado para los peces con base a la tabla de la sección 5.1 se seleccionó la opción de un disco giratorio horizontal

En la figura 5-40 se desarrolló un boceto de un disco el cual cumple la función de esparcir el alimento, se tomó como base el funcionamiento de una encaladora la cual por la fuerza centrífuga producida por el giro lanza hacia el exterior las partículas. Sus componentes son un disco cóncavo dividido por unas aletas que ayudan a esparcir el alimento, todo está montado en un eje.

Figura 5-40 boceto plato giratorio.

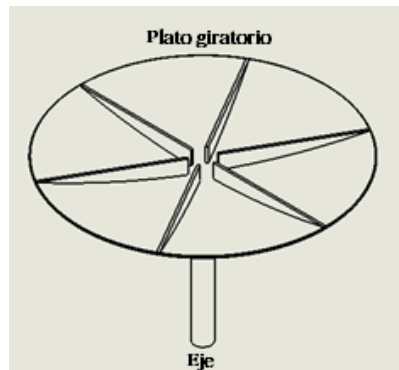


Figura 5-41 Plato giratorio



El plato giratorio horizontal figura 5-41 se construyó con la base de un disco de arado y unas platinas soldadas, para el eje fue usado un eje de rastra el cual fue mecanizado para acoplar los rodamientos.

Figura 5-42 Cilindro con rodamientos 6306N y montaje



Para la sujeción del plato giratorio se construyó un cilindro figura 5-42 con dos rodamientos 6306N acoplados este cilindro, este va soldado a la estructura dando la estabilidad para que el plato giratorio pueda realizar su trabajo.

Figura 5-43 Montaje del disco horizontal en estructura



En la figura 5-43 se observa el montaje del mecanismo de funcionamiento del disco giratorio horizontal.

Figura 5-44 Motor DC M1125EC



Para la selección del motor figura 5-43 el cual hace el accionamiento del disco giratorio horizontal para generar la velocidad de giro necesaria para lanzar el alimento, se partía de la selección indicada en la tabla 3-3. El parámetro de selección es de velocidad de giro, el motor ya se disponía y según su ficha técnica figura 6-73 tiene 1036 rpm otra ventaja de usar este motor DC es que Todo el sistema eléctrico funciona a 12 V de corriente directa y así evitar el uso de inversor y simplicidad del sistema.

Para calcular la velocidad de salida del alimento del disco giratorio horizontal, calculamos la velocidad tangencial en el disco.

Ecuación 9

$$V_{tangencial} \left(\frac{m}{s} \right) = V_{angular} * radio$$

$$Velocidad\ del\ motor = 1036\ rpm = 108.5\ rad/s$$

Plato giratorio horizontal tiene un diámetro de 35 cm

$$V_{tangencial} = 108.5 \left(\frac{radianes}{s} \right) * 0.175m$$

$$V_{tangencial} = 18.9\ m/s$$

El alimento sale del disco giratorio horizontal a una velocidad 18.9 m/s.

6. Diseño y construcción del sistema fotovoltaico y circuitos eléctricos asociados al sistema de suministro de energía.

Para diseño del sistema eléctrico se debe tener claros los tiempos de funcionamiento de los diferentes componentes eléctricos y electrónicos, para saber su consumo de potencia y dimensionar los componentes del sistema.

6.1 Determinación de los tiempos de funcionamiento del sistema de dosificación del alimento

En la siguiente tabla 6-5 se muestran los tiempos promedio en que la compuerta descarga el alimento cuando está abierta.

Estos datos fueron tomados accionando la compuerta y midiendo en un minuto cuanto alimento salía por la compuerta sacando un promedio del total de kilogramos de alimento.

Tabla 6-6. Tiempos de descarga de alimento sistema abierto.

Tiempo (s)	Descarga Compuerta abierta (Kg)
60	24.4
60	24.7
60	24.4
Promedio	24.5

Fuente: elaboración propia. 2021.

En la tabla siguiente muestra el tiempo que debe funcionar para racionar 100 kg de alimento en un día y el tiempo para repartir la ración total en 6 ocasiones diferentes.

Tabla 6-7 Tiempo de funcionamiento por ración.

	1 ración	6 raciones
tiempo funcionamiento (s)	40.8	244.8
tiempo funcionamiento (min)	0.68	4.08

Fuente: elaboración propia. 2021.

6.2 Consumos de potencia

A continuación, se realiza la estimación de los consumos de potencia los dispositivos que componen la instalación fotovoltaica y así saber que energía debe cubrir la instalación fotovoltaica en donde se incluye el motor paso a paso Nema 23, el motor DC M125 EC y el Arduino, que debe encontrarse energizado permanente mente.

Procedimiento para el cálculo de una instalación fotovoltaica aislada:

Tabla 6-8 Calculo de instalación fotovoltaica aislada.

Carga N°	Descripción	Cantidad	Potencia unitaria (W)	Potencia total (W)	Horas/día	Energía diaria (Wh/día)
1	Motor DC nema 23	1	14	14	0.068	0.95
2	Motor DC M1125 EC	1	48	48	0.068	3.26
3	Arduino uno	1	0.23	0.23	24	5.52
Potencia total (W)				62.23	Total, Consumo DC (Wh/día)	9.73
Eficiencia MMPT** (95%)						0.95
Total, consumo estimado DC (Wh/día)						10.25

** MMPT regulador de carga del panel solar hacia la batería.

Fuente: elaboración propia. 2021.

Ecuación 6-7 La fórmula expresa el consumo de energía medio al día en Ah/día, si se utiliza una batería de 12 V y 9 A, para alimentar la operación del circuito.

$$Q_{Ah} = \frac{\text{Consumo total DC}}{V_{Bateria}} = \frac{10.25 \text{ Wh/día}}{12 \text{ V}} = 0.85 \text{ Ah/día}$$

El consumo total día es 10.25 Wh/día, con un consumo medio de Amperios/día de 0.85 es un consumo bajo respecto a la cantidad de radiación solar que se puede captar ya que la maquina solo va a operar durante 6 minutos al día en el suministro del concentrado.

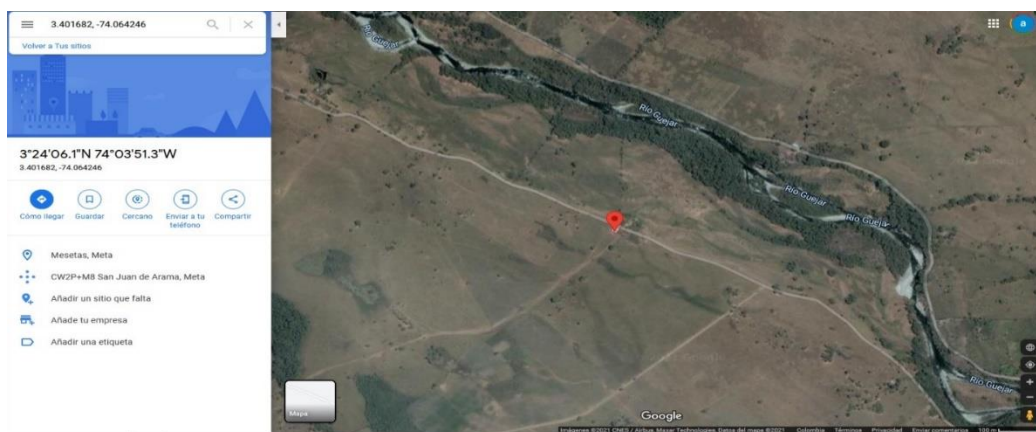
6.3 Diagnóstico de condiciones meteorológicas

Para poder realizar el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico se requiere contar con información base del recurso solar disponible en la zona donde se encuentra la unidad productiva, medida correspondiente a radiación solar global sobre superficie horizontal con unidades en (kWh/m²). la estación más cercana donde se sacaron datos meteorológicos es en el municipio de Villavicencio Meta el cual se encuentra a la misma altitud y a una distancia lineal de 80 km de Mesetas, Meta.

Las coordenadas del lugar son:

-Asociación Propaz: 3°24'06.1"N 74°03'51.3"W figura 6-45

Figura 6-45 ubicación espacial del área de irradiación.



Fuente: Google maps. 2021.

Coordenadas del lugar la instalación para saber la irradiación solar que se dispone a lo largo del año.

El funcionamiento de los paneles solares está directamente relacionado con el comportamiento climático del lugar de instalación.

6.4 Radiación solar, brillo solar

La siguiente información fue sacada del IDEAM y de PVGIS ©Unión Europea, 2001-2021. Según los datos mostrados posible correlacionar estos parámetros para analizar el comportamiento del recurso solar en la zona de estudio. Las relaciones planteadas son: radiación y brillo solares.

Figura 6-46 promedio horario de radiación en la estación climática del IDEAM en el municipio de Villavicencio, Meta.

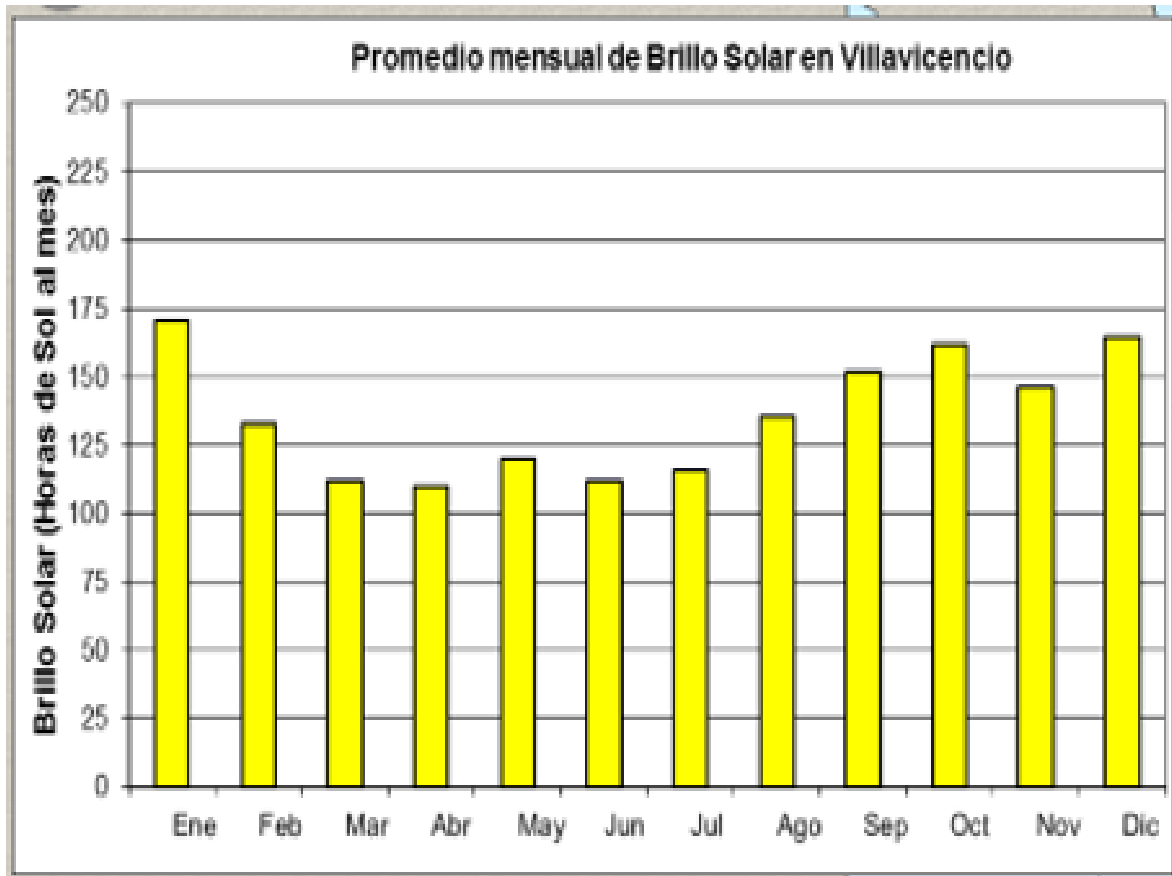
ESTACION ICA (VILLAVICENCIO)												
PROMEDIO HORARIO DE LA RADIACION (Wh/m ²)												
HORA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1-2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
2-3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
3-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
4-5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
5-6	0,1	0,1	0,1	0,7	1,6	1,4	0,5	0,4	1,6	3,8	2,5	0,6
6-7	38,5	32,9	35,1	53,8	58,5	64,1	52,0	53,7	77,3	100,6	86,0	60,1
7-8	186,1	145,5	134,0	167,8	169,3	181,1	171,7	175,4	245,6	281,1	271,1	246,3
8-9	384,5	311,1	270,0	304,0	303,0	338,9	316,9	332,8	425,7	483,5	451,0	445,9
9-10	602,6	500,6	426,6	466,8	451,5	490,3	439,2	482,1	594,9	660,9	642,8	616,6
10-11	758,7	656,2	540,9	572,0	540,6	578,8	554,5	588,8	648,5	720,2	715,9	723,8
11-12	743,9	709,7	591,5	614,9	615,4	631,2	591,5	624,3	663,6	701,8	683,8	671,5
12-13	723,3	646,1	630,0	627,4	604,6	593,3	606,9	606,1	721,5	672,7	656,5	667,6
13-14	618,2	583,4	597,8	555,5	510,2	481,8	490,9	566,2	676,5	586,3	538,2	531,6
14-15	484,2	462,8	488,8	431,8	444,4	404,9	451,9	472,5	519,0	449,9	386,5	420,6
15-16	315,7	327,0	326,8	302,9	295,7	289,6	338,8	331,0	356,3	281,1	252,7	301,3
16-17	167,7	170,4	176,9	152,5	148,4	140,6	179,0	179,3	171,1	123,1	108,4	128,5
17-18	40,0	46,9	44,0	31,6	32,2	33,1	43,4	44,5	30,9	15,1	11,7	21,0
18-19	0,6	0,6	0,3	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3
19-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
20-21	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
21-22	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
22-23	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
23-0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Acumulada diaria	5064,0	4593,4	4262,9	4282,0	4184,6	4238,5	4237,7	4457,7	5132,8	5080,5	4807,2	4835,8

Entre 0 y 200 (Wh/m²)
 Entre 400 y 600 (Wh/m²)
 Mayor a 800 (Wh/m²)
 Entre 200 y 400 (Wh/m²)
 Entre 600 y 800 (Wh/m²)

Fuente: ICA 2021 [28].

De esta tabla se saca el valor que el mes con menor radiación solar es junio con (4238.5 Wh/m²) / 14 = 302.714 wh/m² (14 es la cantidad de horas día de sol)

Figura 6-47. Promedio mensual de brillo solar por mes en el municipio de Villavicencio, meta.



Fuente: ICA 2021 [28].

En la gráfica 6-48 el mes con menos brillo solar es junio con 105 horas/mes, con el cual se realizan los cálculos del peor mes.

Figura 6-48 rendimiento medio mensual

Mes	E_d	E_l	f_f	f_e
Enero	11.0	164.8	100.0	0.0
Febrero	11.0	155.6	100.0	0.0
Marzo	11.0	145.1	100.0	0.0
Abril	11.0	136.3	100.0	0.0
Mayo	11.0	128.2	100.0	0.0
Junio	11.0	119.0	100.0	0.0
Julio	11.0	123.8	100.0	0.0
Agosto	11.0	130.8	100.0	0.0
Septiembre	11.0	163.6	100.0	0.0
Octubre	11.0	158.2	100.0	0.0
Noviembre	11.0	157.2	100.0	0.0
Diciembre	11.0	165.5	100.0	0.0

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].

E_l: Energía media diaria no capturada [Wh/día].

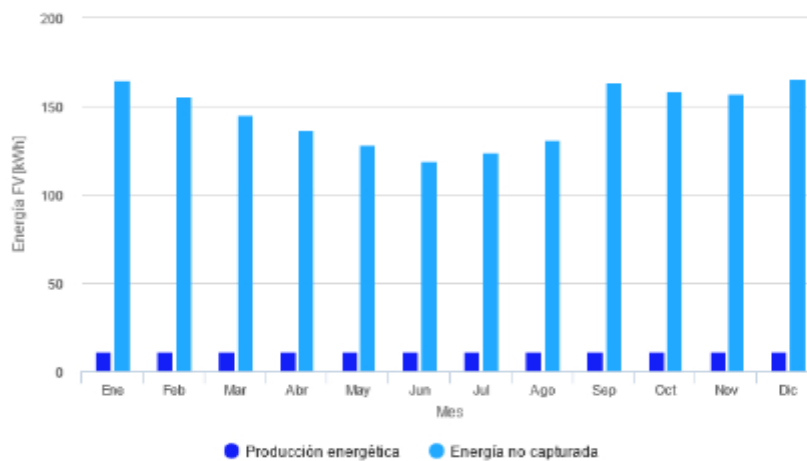
f_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].

f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Esta tabla nos muestra la producción energética media diaria, el porcentaje de carga que recibe la batería y los días que la batería se descarga, se concluye que el arreglo fotovoltaico puede garantizar el funcionamiento del sistema con excedentes energéticos que no son capturados y almacenados por el alimentador.

Fuente: ICA 2021 [28].

Figura 6-49 Producción energética estimada por un sistema FV autónomo.



La figura 6-50 concluye el rendimiento de producción de energía eléctrica del sistema solar autónomo satisface las necesidades energéticas en todos los meses del año quedando un exceso de energía no capturada que podría ser aprovechada para otra aplicación.

6.5 Calculos paneles solares necesarios:

Con la siguiente expresion se calculan los paneles solares neccesarios, caba aclara que se dispone de un panel solar de 50 W y se realizaran los calculos a base de este.

Ecuación 6-8 Numero de paneles.

$$N_p = \frac{L_{mdcrit}}{P_{MPP} * HPS_{critico} * PR}$$

N_T = Numero de paneles

L_{mdcrit} = es igual a Consumo medio total para el mes crítico, en este caso es siempre el mismo ya que el consumo diario es constante que es (*Consumo total DC* = 10.25 Wh/dia).

P_{MPP} = La potencia pico del módulo en condiciones estándar, en este caso, estamos utilizando el modelo DXP50-36P del fabricante SOLARTECH, con 50 W de potencia Máxima.

La tabla 6-10 es la referencia técnica del panel solar que se dispone para sistema solar fotovoltaico

Tabla 6- 9 Ficha técnica panel solar Solartech.

Modelo	DXP50-36P
Potencia Máxima	50Ws
Tensión	18.DV
Corriente Ma xima	2.78 A
Tensión circulo abierto	600v
Valor máximo recomendado fusibles	10 A
Clase de aplicación A	A
Clase de resistencia	Fuego C
Fecha de fabricación	09-03-2020

$HPS_{critico}$ = Es la irradiación global en el plano β (15) del mes crítico en este caso es junio con 302 W/h por ser el mes con menor radiación solar.

PR =Factor de perdidas varía entre 0.65 a 0.90

$$N_T = \frac{L_{mdcrit}}{P_{MPP} * HPS_{critico} * PR} = \frac{10.25 W}{50 W * 3.02W * 0.65} = 0.104$$

1042 el entero próximo es 1

Se necesita solo 1 panel solar, el cual ya se contaba, el panel disponible es de 50 W este cumple y esta sobredimensionado 5 veces más de lo necesario para el proyecto.

En la siguiente tabla el Angulo óptimo de inclinación es de 15° ya que las coordenadas del lugar donde se va a instalar el sistema son 3°24'06.1"N 74°03'51.3"W

Tabla 6-10 Relación de latitud y Angulo de inclinación

Latitud del lugar	Angulo de inclinación del modulo
De 0° a 15°	15°
De 15° a 25°	El mismo que la latitud
De 25° a 30°	Latitud +5°
De 30° a 35°	Latitud +10°
De 35° a 40°	Latitud +15°
Mas de 40°	Latitud +20°

Fuente. Roldan 2010 [29]

6.6 Cálculo de las baterías

Los dos parámetros importantes para el dimensionado de la batería son la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía. Como norma general, a continuación, parámetros:

Profundidad de Descarga Máxima Estacional (PDmax,e) = 70% = 0,7

Profundidad de Descarga Máxima Diaria (PDmax,d) = 15% = 0,15

Número de días de Autonomía (N) = 2

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (Cnd):

Ecuación 6-9 Calculo de baterías

$$C_{nd}(Wh) = \frac{\text{Consumo total DC} * N}{P_{Dmax,d}}$$

$$C_{nd}(Wh) = \frac{10.25W * 2}{0.15} = 136.66 Wh$$

$$C_{nd}(Ah) = \frac{C_{nd}(Wh)}{V_{BAT}} = \frac{136.66}{12 V} = 11.38 Ah$$

Esta batería MAGNA MA9-12 cumple con las características necesaria para el sistema fotovoltaico de almacenamiento, sus parámetros son 12 voltios y 9 Ah y solo es necesaria 1 batería.

Figura 6-50 etiqueta Regulador - batería

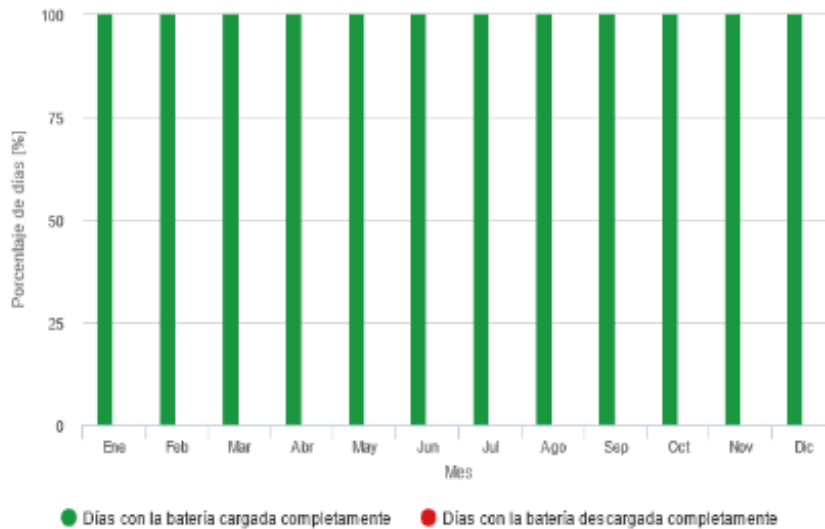


Fuente: [6]

En la siguiente grafica se observa el estado carga de la batería donde todos los meses del año la batería permanece cargada y el sistema no presentaría fallos por deficiencia de irradiación solar.

Figura 6-51 Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día.

Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:



10.25

Fuente: [6]

La carga al final del día según la gráfica esta alrededor del 96% este porcentaje varia por el regulador de carga ya que nos da una eficiencia del 95%.

Figura 6-52 probabilidad del estado de carga de la batería al final del día.

Cs	Cb
60-64	0.0
64-68	0.0
68-72	0.0
72-76	0.0
76-80	0.0
80-84	0.0
84-88	0.0
88-92	0.0
92-96	44.0
96-100	56.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%].

Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

Fuente: [6]

6.7 Cálculo del regulador/controlador de carga

Se debe calcular cual es la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada y a su salida.

Para calcular la corriente de entrada al regulador se hace el producto corriente de cortocircuito de un módulo, en este caso la del modelo DXP50-36P es de $I_{sc} = 3,03 \text{ Amp.}$, y multiplicar por el número de las ramas N .

Ecuación 6-10 corriente de entrada regulador

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{sc} * N$$

$$I_{entrada} = 1.25 * 3.03 * 1 = 3.78 \text{ A}$$

Para el cálculo de la corriente de salida

$$I_{salida} = \frac{1.25 * P_{DC}}{V_{Bat}}$$

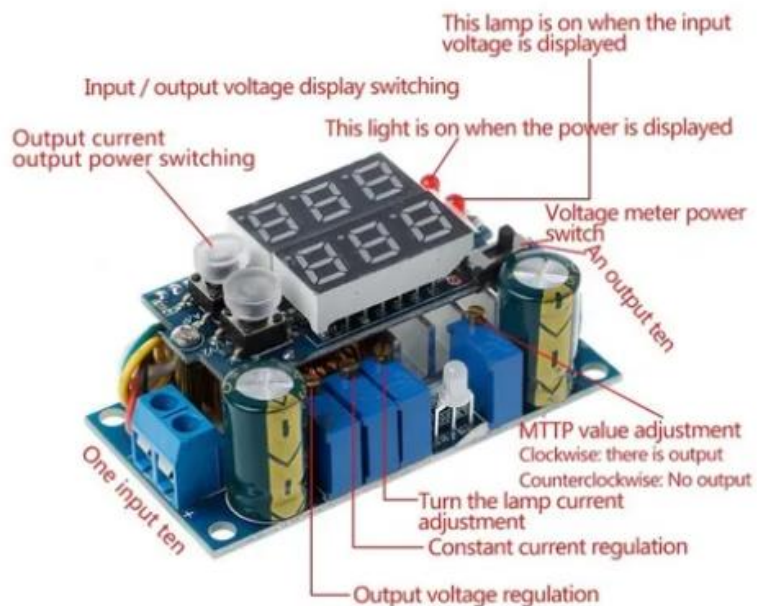
$$I_{salida} = \frac{1.25 * 9.733}{12} = 0.915 \text{ A}$$

(PDC), potencia de las cargas en continua

El regulador de carga debería soportar una corriente, como mínimo de 3.8 Amp. a su entrada y 1 Amp. a su salida

Se selecciono el regulador MPPT 5A YH11087A DOBLE DISPLAY el cual satisface las condiciones de carga ya que su rango de operación es de 6 a 36 voltios y de 0.05 a 5 A con una eficiencia del 95% a continuación se presenta las especificaciones técnicas.

Figura 5-53 Regulador



Fuente: ssdielect.com/ [23] y [30]

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de entrada: 6-36V
- Voltaje de salida: 1.25-32V continuamente ajustable (la salida predeterminada 5V)
MPPT rango de ajuste de voltaje: 6-36V
- Rango de corriente de salida: 0.05-5A (La corriente de salida predeterminada es 3A)
- Temperatura de funcionamiento: -40 a + 85 grados
- Frecuencia de funcionamiento: 180KHz
- Eficiencia de conversión: hasta 95% (eficiencia, voltaje de entrada y salida, corriente y presión)
- Dimensiones del módulo: 60 x 31 x 25 mm
- Conexión: IN es la entrada, OUT salida
- Referencia de producto: MPPT 5A YH11087A DOBLE DISPLAY

6.8 Construcción del circuito Eléctrico

Para el circuito eléctrico se utilizaron los siguientes componentes

Tabla 6-11 Circuito eléctrico

Nombre	Descripción
Panel solar 50 w	Encargado de transformar la energía solar en eléctrica
Regulador de carga MPPT	Este regula la carga del panel solar hacia las baterías y distribuye la corriente eléctrica al resto del circuito
Batería	Esta almacena la carga captada por el panel
Arduino uno	Es el encargado de ejecutar la programación hecha y accionar los motores
Motor DC 100W	Encargado de accionar el plato que esparce la comida
Motor Nema 17	Encargado de accionar el tornillo que abre y cierra la compuerta
Controlador DRV 825	Ejecuta la orden del Arduino para accionar el motor paso a paso
Mosfet	Controla el motor DC

A continuación, se presenta el esquema del circuito eléctrico

Figura 5-53 Diagrama funcionamiento de los motores

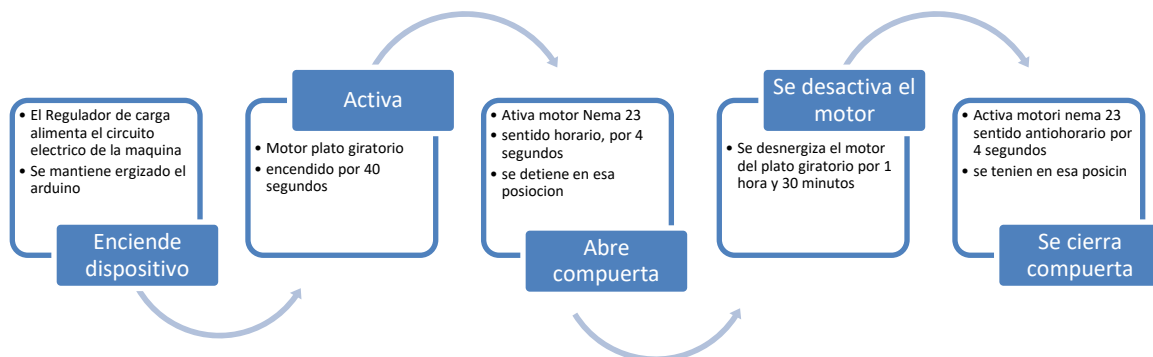
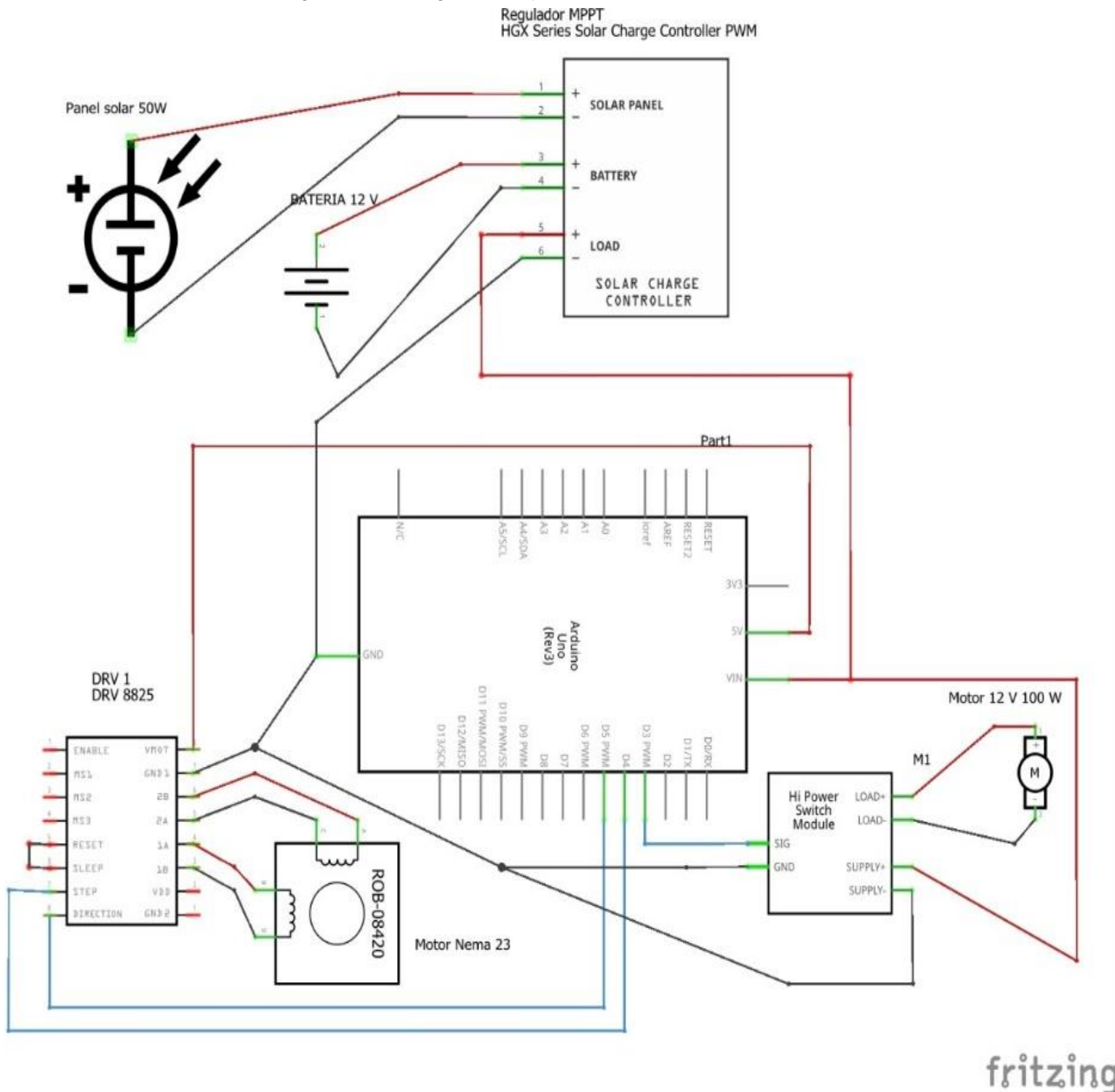
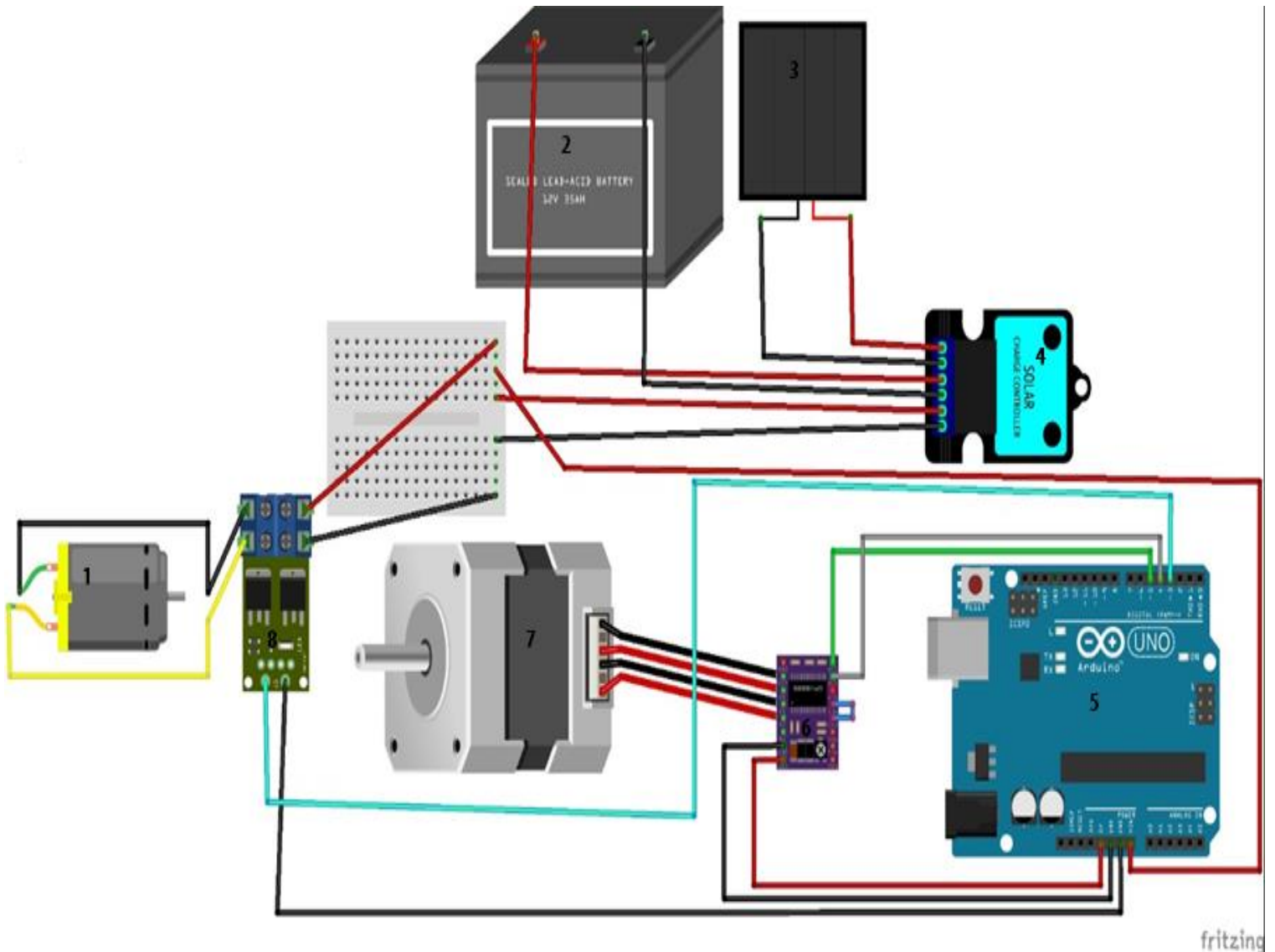


Figura 6-54. Diagrama esquemático del sistema eléctrico.



Fuente: elaboración propia. 2021.

Figura 6-55. Diagrama gráfico del sistema eléctrico con los componentes eléctricos



Fuente: elaboración propia. 2021.

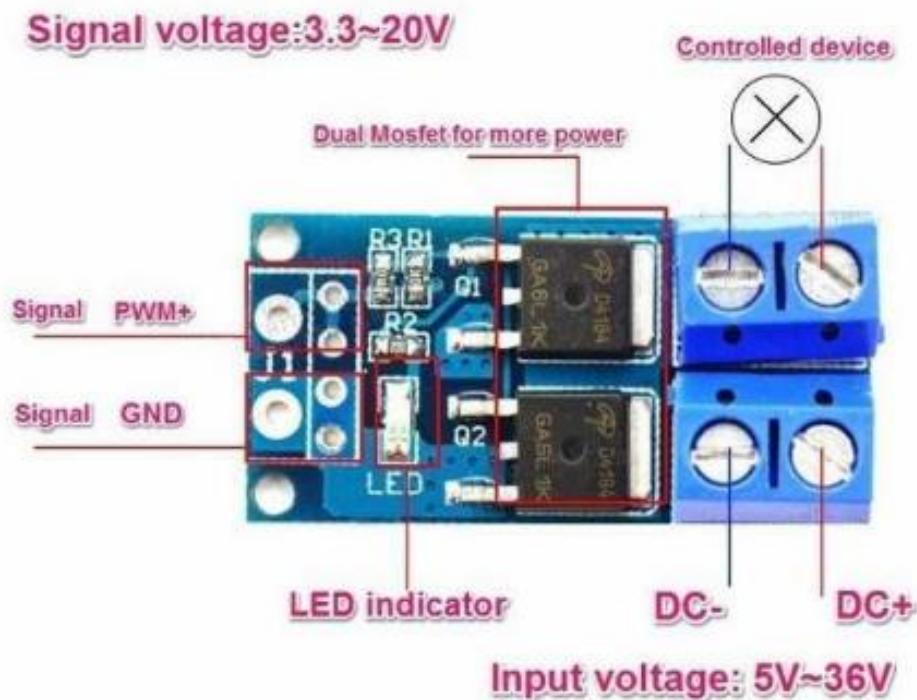
Este diagrama está compuesto por un panel solar (3) que capta la radiación solar y la transforma en energía eléctrica la cual va hacia el regulador de carga MPPT (4), este controla la carga de la batería (2) y a su vez distribuye la energía eléctrica en el circuito, el Arduino (5) controla los motores, el primero motor paso a paso Nema 17 (7) es controlado mediante el driver 8825 (6) el cual acciona el tornillo sin fin que abre la compuerta del alimento, el motor Motor DC M1125 EC (1) es controlado mediante un Mosfet (8) que es un transistor que el Arduino controla este se enciende cuando se abre la compuerta y se

apaga cuando se cierra la compuerta, el tiempo de funcionamiento esta dado por la cantidad de alimento que se debe suministrar a los peces que es según la (tabla 6-6) de 41 segundos cada 1.5 horas durante 6 veces al día.

Con el módulo Mosfet figura 6-58 se puede controlar motores DC, ya que es un transistor y por medio de un pulso pwm se controla el voltaje promedio que alimenta el motor funcionando como una resistencia variable y así controlar la cantidad de revoluciones que da el motor también como encenderlo ya apagarlo de acuerdo con la programación que se haga en el Arduino.

El código de programación de Arduino para hacer funcionar los diferentes componentes se encuentra en los anexos:

Figura 6-56. Modulo Mosfet controlador de motor DC



Fuente: ssdielect.com [30]

Especificaciones técnicas del módulo mosfet:

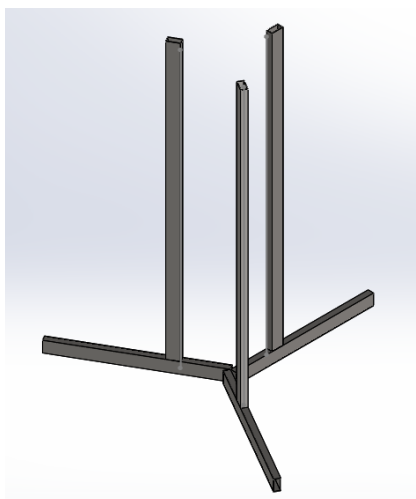
Voltaje de salida: 5-36 VDC

- Voltaje de control: 3.3V,5V TTL, hasta 20V
- Potencia de Salida máxima: 400W
- Corriente máxima: 30 A
- Corriente nominal: 15 A
- Para cargas mayor a 15A usar disipador (Nosotros recomendamos usar disipador desde 10A)
- Dimensiones 34 x 17 x 12 MM
- Referencia de producto: HW-517

7. Diseño y construcción de la estructura metálica y flotante.

Para el sistema de alimentación se requiere una estructura que soporte el peso del alimento, la misma estructura y la vibración causado por el funcionamiento de los motores, a continuación, un boceto que muestra una alternativa de construcción

Figura 7-57. Boceto estructura.



En esta estructura debe ser con una base de tres patas para lograr equilibrio y flotación con 3 canecas, las cuales deben soportar el peso de la estructura con su carga total de alimento y es su base soportar tres canecas plásticas las cuales actúan como boyas para la flotación del comedero automático la estructura debe tener suficiente rigidez por lo cual se construirá en perfil tubular rectangular de acero.

La tolva de almacenamiento para que tenga una capacidad de 200 kg debe tener las siguientes medidas usando una caneca de 55 galones de polietileno y termina en forma de cono para ubicar la compuerta dosificadora.

El peso a soportar la tova es de 200 Kg, la densidad del concentrado es 167 Kg/m^3 , dato tomado del fabricante del alimento.

Ecuación 7-11. Ecuación de volumen

$$\text{Volumen} = \text{masa} / \text{densidad}$$

$$\text{Volumen} = \frac{200\text{Kg}}{\frac{171\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 1.169 \text{ m}^3$$

El volumen necesario para el almacenamiento de 200 kg en la tolva es de 1.169 m^3

La tolva se diseñó con el uso de una caneca, cuya forma geométrica es un cilindro y un cono.

Ecuación 7-12 Volumen cilindro y cono

$$V_{\text{cilindro}} = \pi * r^2 * l$$

$$V_{\text{cilindro}} = \pi * (0.275\text{m})^2 * 0.9\text{m} = 1.13$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{\pi * r^2 * h}{3} \text{ m}^3$$

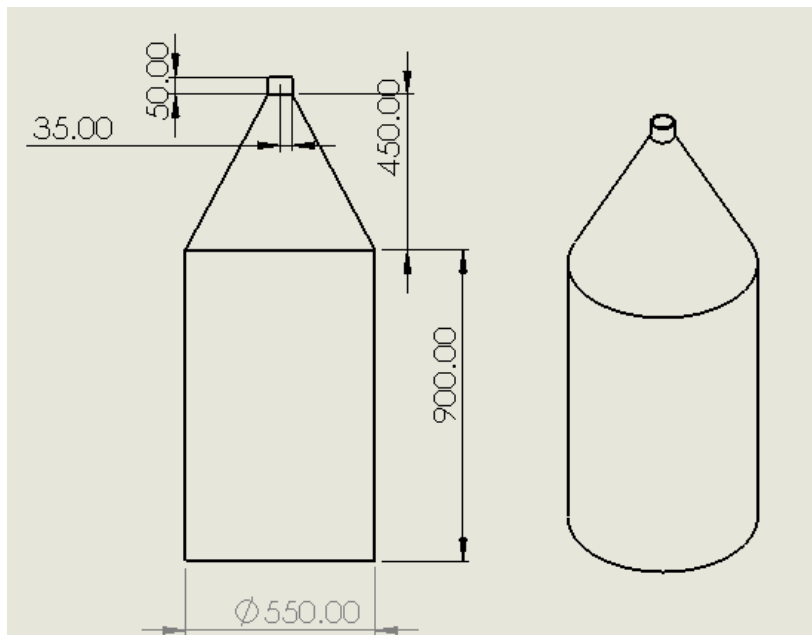
$$V_{\text{cono}} = \frac{\pi * (0.275\text{m})^2 * 0.45\text{m}}{3} = 0.035\text{m}^3$$

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{Total}} = 1.13\text{m}^3 + 0.035\text{m}^3 = 1.16 \text{ m}^3$$

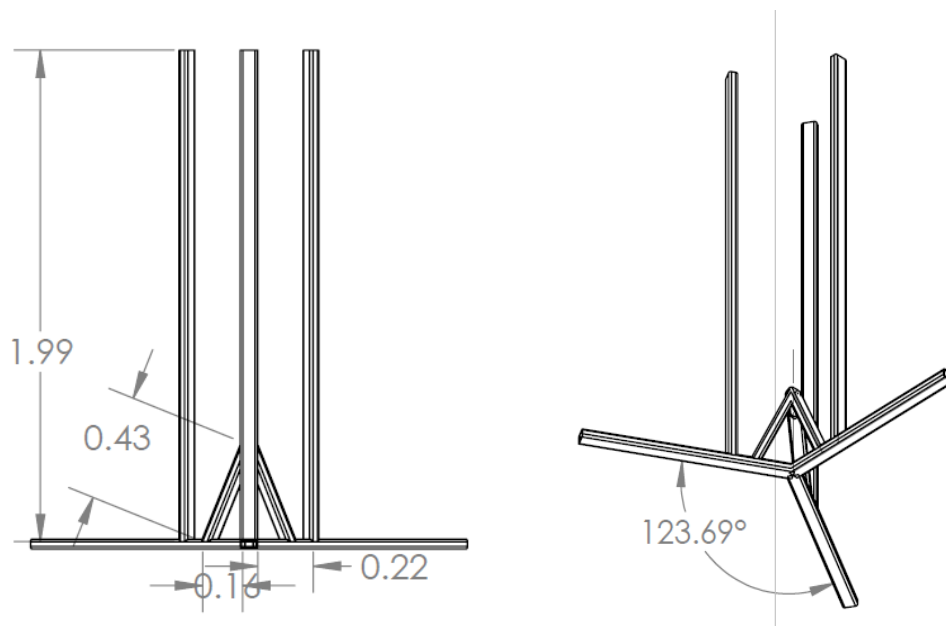
Con este cálculo se obtuvo las dimensiones de la tova de la figura 7-59

Figura 7-58 Tolva



Para soportar esta tolva se realizó el siguiente diseño de estructura que soporta estas partes y motores.

Figura 7-59 Estructura para soportar la tolva.



Fuente: elaboración propia. 2021.

El material usado para hacer la estructura es el perfil perfil 4 X 8 - acero - calibre 18 el cual es de fácil adquisición y por sus características funciona muy bien para el proyecto.

Figura 7-60. Perfil 4x8 calibre 18



Características

- Peso 11.59 kg
- Dimensiones 6 x 0.08 x 0.04 m
- colores Negro
- referencias 11.80 m, 5.90 m

Fuente: ssdielect.com [30]

A continuación, algunas imágenes del proceso constructivo de la estructura metálica.

Figura 7-61 proceso de construcción estructura metálica.



Fuente: propia. 2021.

La estructura metálica es construida usando las dimensiones de la figura 7-3 con perfiles 4x8 calibre 18 que son de fácil adquisición en el lugar donde se encuentra ubicada la asociación que es el municipio de Mesetas Meta. Estos perfiles simplifican la construcción gracias a su forma geométrica se requiere pocas uniones soldadas, para la unión de las partes uso soldadura por arco eléctrico.

7.1 Cálculo de Empuje y estabilidad de la estructura del alimentador

Para comprobar que la estructura va a contar con la flotabilidad requerida, se procede a realizar el siguiente análisis.

Los datos que tenemos una vez construida y ensamblada la estructura son:

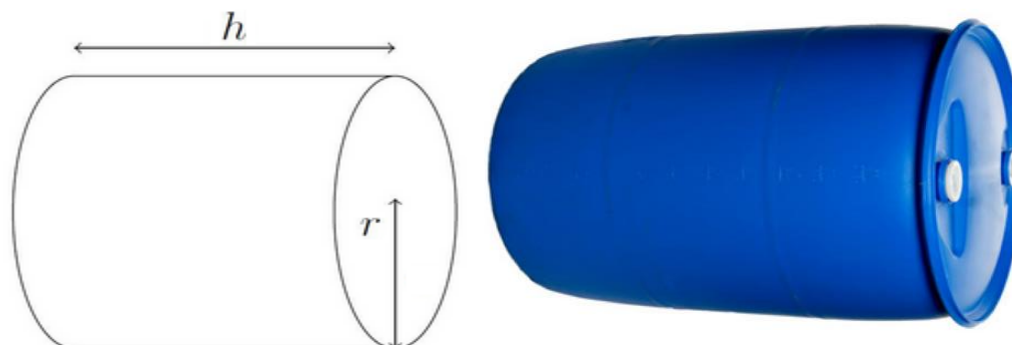
- Peso alimento = 200 kg, es la capacidad de alimento que cabe en la tolva
- Peso estructura = 70 kg, este dato lo se tomó al pesar la estructura en una bascula

- Peso caneca = 10 kg, es el peso de una caneca

Como la estructura tiene 3 lugares donde se van a instalar las canecas se procede hacer el cálculo con solo una caneca.

Inicialmente se determina el volumen de la caneca, de la siguiente manera:

Figura 7-62. Dimensiones caneca



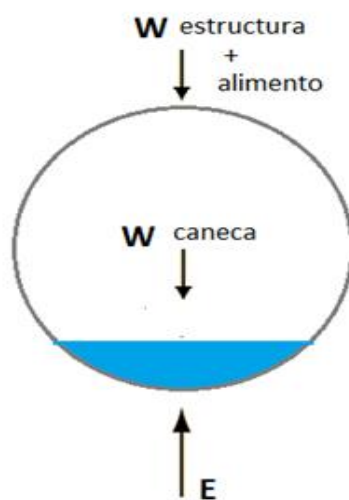
Fuente: elaboración propia. 2021.

$$h = 0.9 \text{ m} \quad r = 0.275 \text{ m} \text{ (Figura 7-6)}$$

$$\text{Volumen Total de un cilindro} = \pi * r^2 * h$$

$$\text{Volumen Total} = \pi * 0.275^2 \text{ m} * 0.9 \text{ m} = 0.213 \text{ m}^3$$

Figura 7-63. Diagrama cuerpo libre



Fuente: elaboración propia. 2021.

w = peso de la estructura más el alimento que son 200 kg

w = peso de la caneca

E = es el Empuje ejercido por el agua debido al volumen desplazado.

De acuerdo al diagrama de cuerpo libre la sumatoria de fuerzas en x = 0, y la sumatoria de las fuerzas en Y se calcula de la siguiente manera:

$$\sum Fy = 0$$

$$E - W_{Estructura+alimento} - W_{caneca} - W_{agua} = 0 \text{ (figura 7-7)}$$

$$E - (90 * 9.8) - (10 * 9.8) = 0$$

$$E - 980 N = 0$$

El empuje E realizado por el volumen desplazado del agua se calcula de la siguiente forma:

$$E = \gamma_{agua} * V_{desplazado}, \quad \gamma_{agua} \text{ se toma de la tabla 7 - 11}$$

$$E = 9770 * V_{desplazado}$$

$$980 N = 9770 * V_{desplazado}$$

$$\frac{980 N}{9770} = V_{desplazado}$$

$$V_{desplazado} = 0.100307 m^3$$

Para hallar el volumen desplazado se utiliza la siguiente formula

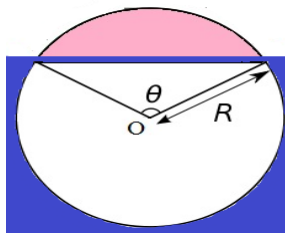
$$V_{desplazado} = l * \text{area segmento circulo}$$

$$0.100307 m^3 = 0.9 m * \text{area volumen desplazado}$$

$$\frac{0.100307 m^3 m^3}{0.9 m} = \text{area volumen desplazado}$$

$$\text{area volumen desplazado} = 0.1111452 m^2 \text{ figura 7-7}$$

Figura 7-64. Área volumen desplazado por la caneca



Fuente: elaboración propia. 2021

$$\text{Volumen no desplazado} = \text{Volumen desplazado} - \text{Volumen Total}$$

$$\text{Volumen no desplazado} = 0.213 - 0.100307 = 0.1126 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen no desplazado} = \text{Area no desplazada} * h$$

$$0.1126 \text{ m}^3 = \text{Area no desplazada} * 0.9 \text{ m}$$

$$\text{Area no desplazada} = \frac{0.1126 \text{ m}^3}{0.9 \text{ m}} = 0.1258 \text{ m}^2$$

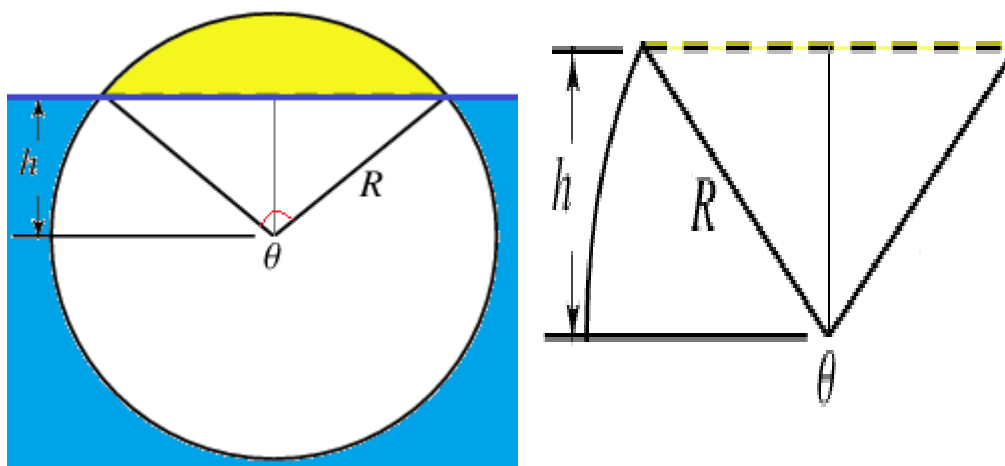
$$\text{Area de un segmento circular} = \text{Area no desplazada}$$

$$\text{Area de un segmento circular} = \frac{R^2}{2} (\theta - \sin \theta) , \theta \text{ esta en radianes (figura 7-9)}$$

$$0.1258 = \frac{0.275^2}{2} (\theta - \sin \theta)$$

$$\theta = 3.23 \text{ radianes} = 185.3 \text{ grados}$$

Figura 7-65. Área de un segmento circular y triangulo isósceles.



Fuente: elaboración propia. 2021

$$h = R * \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$h = 0.275 * \cos\left(\frac{185.3}{2}\right) = 0.0127 \text{ m}$$

$$\text{la profundidad de calado es} = h + R$$

$$\text{Profundidad de calado} = 0.0127 + 0.275 = 0.285 \text{ m}$$

$$0.55 \text{ m diametro caneca} > 0.285 \text{ m calado}$$

La estructura flota ya que la profundidad de calado es menor que el diámetro de las canecas soportando su peso y la carga completa de alimento para peces sin ningún problema.

Ahora se calcula la estabilidad de la estructura, hallando el Metacentro

MB = distancia del metacentro al boyamiento.

$$MB = \frac{I_{\text{minima}}}{V_{\text{sumergido}}}$$

Viendo el cilindro desde arriba se aprecia su perspectiva como un rectángulo

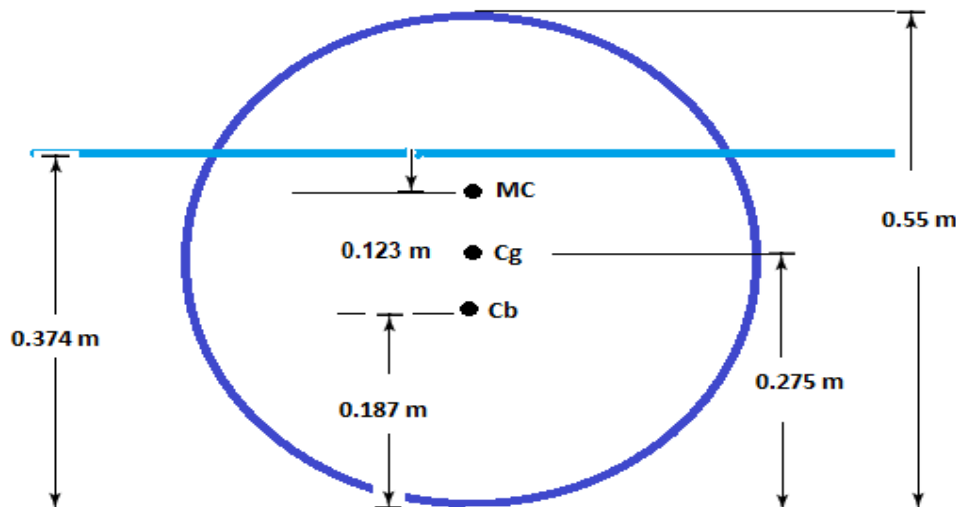
El momento de inercia seria $I = \frac{1}{12}hb^3$, se toma el momento menor de la figura 7-11

$$I = \frac{1}{12}0.9 * 0.55^3$$

$$I = 0.0124 \text{ m}^4$$

$$MB = \frac{0.0124 \text{ m}^4}{0.100307 \text{ m}^3} = 0.123 \text{ m}$$

Figura 7-66 Diagrama de momentos de inercia.



Fuente: elaboración propia. 2021

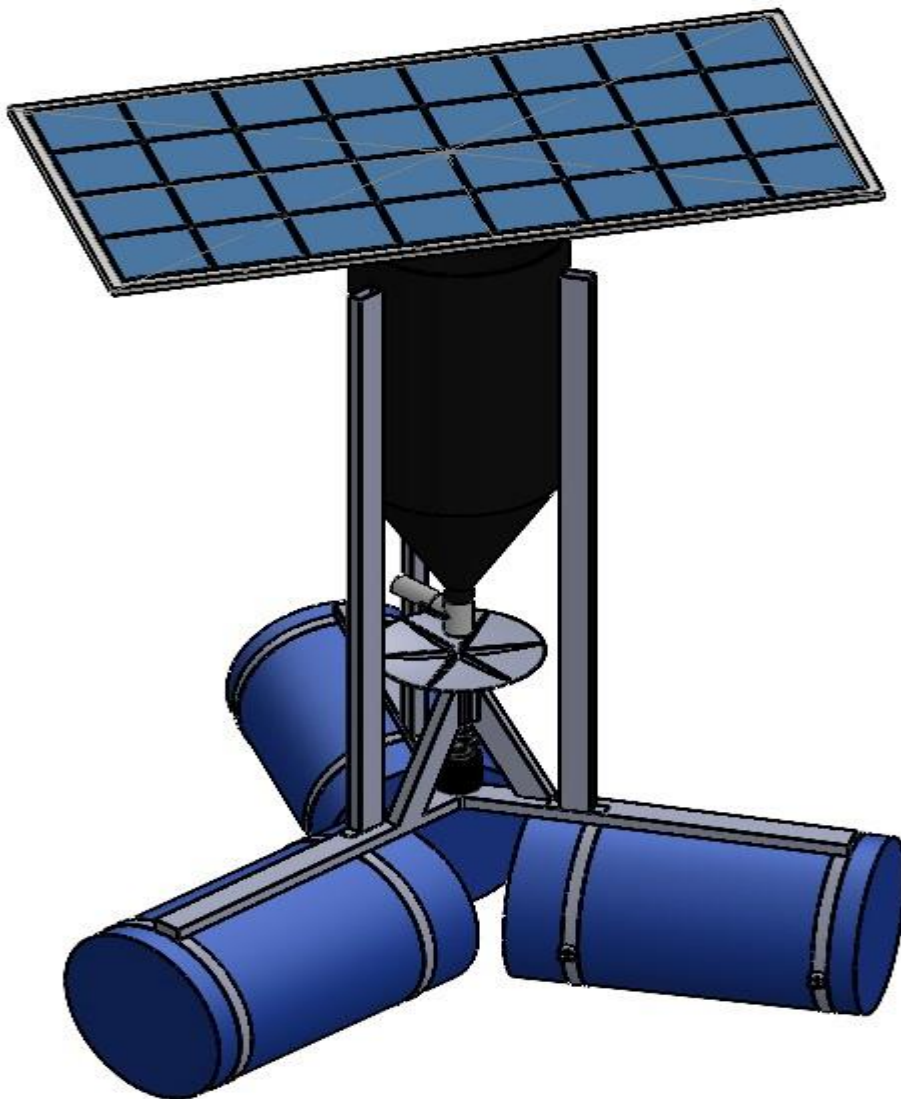
$$EL MC = CB + MB = 0.187 + 0.123 = 0.31 \text{ m}$$

Se concluye que el cuerpo es estable ya que el $MC > Cg$ ver figura 7-10 el metacentro está por encima del centro de gravedad y por debajo de la línea de agua. Se concluye que no hay problemas con su estabilidad.

7.2 Modelo CAD del sistema de alimentación automático para peces

A continuación, se presenta el modelado de la maquina en SolidWorks, donde se destacan la ubicación del panel solar fotovoltaico, la tolva de almacenamiento del alimento, el sistema de descarga por medio de una compuerta, el disco giratorio horizontal y las canecas flotantes. Con esta modelo CAD se conoce las medidas de la máquina, la cantidad de materiales que se necesitan para su construcción y visualización de la maquina antes de su construcción.

Figura 7-67. Esquema de sistema de alimentación automático.



Fuente: elaboración propia.

8. Pruebas de funcionamiento

Figura 8-68 Dispositivo finalizado.



Fuente: elaboración propia. 2021.

En la figura 8-70 se puede observar que la estructura del alimentador logro la flotación con la carga de 200kg y mantuvo el equilibrio, se analizó que con el viento la estructura se desplaza y se va hacia los extremos del estanque al no estar centrada no se puede hacer la dispersión homogénea del alimento.

Se realizo una prueba de distancia que cubre el alimentador esparciendo el alimento en tierra la muestra se realiza colocando la maquina sobre un plástico figura 7-71 y haciendo una medida con un flexómetro, se varia la velocidad del motor cambiando el voltaje así se logra determinar qué tan lejos y uniforme llega el alimento. De esta prueba se adquirió la siguiente tabla:

Figura 8-71 prueba de cobertura del alimento



Tabla 7-12 Prueba de cobertura del alimento

Voltaje (voltios)	Distancia (metros)
5	6
8	9
10	13
12	20

Fuente: elaboración propia. 2021.

De la tabla 7-15 se observa que al aumentar el voltaje la velocidad de giro aumenta y la distancia que alcanza el alimento para peces aumenta. El mejor voltaje en la prueba fue 10 voltios, el alimento quedaba mejor disperso en el plástico y no en los extremos.

Figura 8-69. Funcionamiento disco horizontal



La figura 8-72 muestra el funcionamiento del disco horizontal, el alimento de los peces queda bien esparcido por el área requerida una distancia de una circunferencia de 12 metros diámetro.

9. Conclusiones y recomendaciones

- La asociación Propaz está satisfecha con la construcción y operación del alimentador para peces, logrando aumentar la cantidad de raciones que se suministran a los peces al día y suplir esta operación manual.
- La unión de los diferentes sistemas tanto mecánico como eléctrico fue exitoso ya que la programación del Arduino funciono correctamente, como resultado este hizo funcionar la parte eléctrica del sistema de generación fotovoltaico este a su vez suministro la cantidad de energía necesaria para hacer funcionar la parte mecánica.
- EL sistema solar fotovoltaico abastece completamente las necesidades energéticas del alimentador, se pueden aumentar el tamaño de las baterías para acopiar el excedente de energía captada por el panel solar para usase en otra aplicación de la granja.
- Se puede adaptar el comedero automático para peces para diferentes etapas de producción, bien sea cría, levante y engorde. El tamaño final de la estructura se puede modificar para aumentar la capacidad de almacenamiento o la distancia de aspersion del alimento, ya que la programación y el principio de funcionamiento es el mismo.
- Con las pruebas realizadas del alimentador se evidencia el correcto funcionamiento de la maquina cumpliendo con la flotabilidad y equilibrio cuando está cargada, y la distribución del alimento en un área de más de 12 metros de diámetro.
- Se recomienda buscar alternativas en cuanto al recubrimiento y protección de la estructura ya que se evidencia la aparición de corrosión en las partes metálicas y en cuanto al sistema eléctrico buscar una forma que no penetre el agua lluvia donde se encuentran almacenados los circuitos y componentes eléctricos, ya que se producen cortos.
- Se recomienda anclar la estructura paraqué quede fija en el centro del estanque ya que con el viento esta se desplaza y no realiza una adecuada distribución del alimento.

10. Anexos

A continuación, se presentan tablas y fichas técnicas de las diferentes piezas y componentes que se usaron en el desarrollo del trabajo

Figura 10-70 Rodamientos rígidos de bolas



6306 N Rodamientos rígidos de bolas

SF Explorer

Rodamientos rígidos de bolas

Datos de los rodamientos

Tolerancias,
Normal (métrica), P6, P5, Normal (en pulgadas).

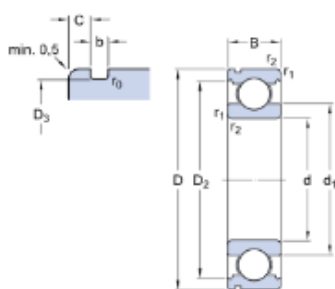
Juego radial interno,

Pares de rodamientos apareados.
Acero inoxidable $d < 10$ mm. Otros rodamientos

Interfaces del rodamiento

Tolerancias de los asientos para condiciones estándares,
Tolerancias y ajustes resultantes

Especificación técnica

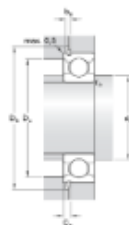


DIMENSIONES

d	30 mm
D	72 mm
B	19 mm
d ₁	= 44.6 mm
D ₂	= 61.88 mm
D ₃	68.81 mm
b	1.9 mm
C	3.28 mm
r ₀	max. 0.6 mm
r _{1,2}	min. 1.1 mm

DIMENSIONES DE LOS RESALTES

d _a	min. 37 mm
D _a	max. 65 mm
D _b	min. 80 mm
b _a	min. 2.2 mm
C _a	max. 4.98 mm
r _a	max. 1 mm



DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	29.6 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	16 kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.67 kN
Velocidad de referencia		20 000 r/min
Velocidad límite		13 000 r/min
Factor de cálculo	k_r	0.03
Factor de cálculo	f_0	13.1

MASA

Rodamiento de masa	0.36 kg
--------------------	---------

Material:

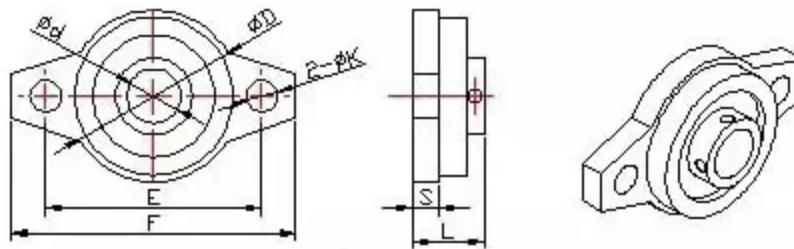
Aleación De Zinc

Modelo:

FL08

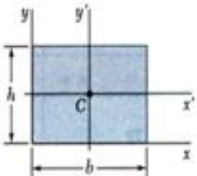
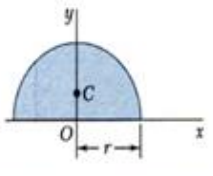
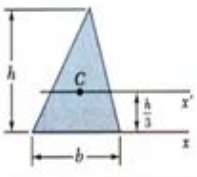
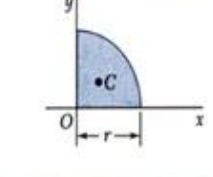
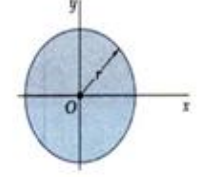
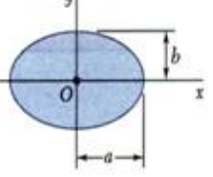
Diámetro Interno:

8 mm



Referencia	d (mm)	Dimensiones(mm)					
		E	F	S	D	L	K
FL08	8	36.5	48	4	27	13	5
FL000	10	45	60	6	36	16	7
FL001	12	48	63	6	38	16	7
FL002	15	53	66	7	42	19	7
FL004	20	70	90	8	55	23	10
FL005	25	75	95	8	60	24	10
FL006	30	85	112	9	70	26	13

Figura 7-71. Centros de Inercia de diferentes figuras geométricas.

Rectangle		$\bar{I}_x = \frac{1}{12}bh^3$ $\bar{I}_y = \frac{1}{12}b^3h$ $I_x = \frac{1}{3}bh^3$ $I_y = \frac{1}{3}b^3h$ $J_C = \frac{1}{12}bb(b^2 + h^2)$	Semicircle		$I_x = I_y = \frac{1}{8}\pi r^4$ $J_O = \frac{1}{4}\pi r^4$
Triangle		$\bar{I}_x = \frac{1}{36}bh^3$ $I_x = \frac{1}{12}bh^3$	Quarter circle		$I_x = I_y = \frac{1}{16}\pi r^4$ $J_O = \frac{1}{8}\pi r^4$
Circle		$\bar{I}_x = \bar{I}_y = \frac{1}{4}\pi r^4$ $J_O = \frac{1}{2}\pi r^4$	Ellipse		$\bar{I}_x = \frac{1}{4}\pi ab^3$ $\bar{I}_y = \frac{1}{4}\pi a^3b$ $J_O = \frac{1}{4}\pi ab(a^2 + b^2)$

Fuente: FMC, 2015. [16]

Tabla 7-13 de pesos específico del agua a diferentes temperaturas.

Temperatura	Peso Especifico	Temperatura	Peso Especifico
°C	KN/m3	°F	lb/pie3
0	9,81	32,00	62,40
5	9,81	40,00	62,40
10	9,81	50,00	62,40
15	9,81	60,00	62,40
20	9,79	70,00	62,30
25	9,78	80,00	62,20
30	9,77	90,00	62,10
35	9,75	100,00	62,00
40	9,73	110,00	61,90
45	9,71	120,00	61,70
50	9,69	130,00	61,50
55	9,67	140,00	61,40
60	9,65	150,00	61,20
65	9,62	160,00	61,00
70	9,59	170,00	60,80
75	9,56	180,00	60,60
80	9,53	190,00	60,40
85	9,50	200,00	60,10
90	9,47	212,00	59,80
95	9,44		
100	9,40		

Fuente: FMC, 2017. [16]

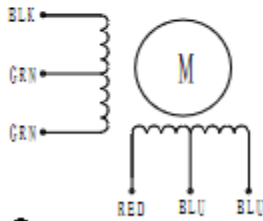
MOTORES ELÉCTRICOS DC

Figura 6-72 Motor paso a paso nema 23

HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	7.4
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	1
Ambient Temperature (°C)	-20--+50	Resistance Per Phase ($\pm 10\%$ Ω)	7.4 (25°C)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase ($\pm 20\%$ mH)	10
Insulation Resistance (M Ω)	100 Min (500VDC)	Holding Torque (N.cm)	90
Insulation Class	Class B		
Max. radial force (N)	28 (20mm from the flange)		
Max. axial force (N)	10		

● Wiring Diagram :

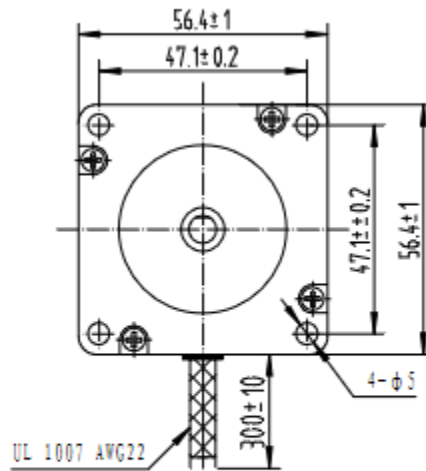
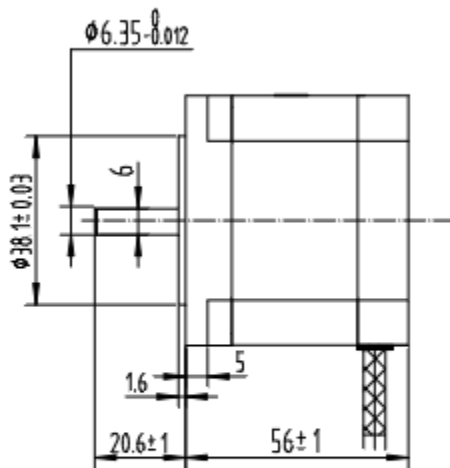
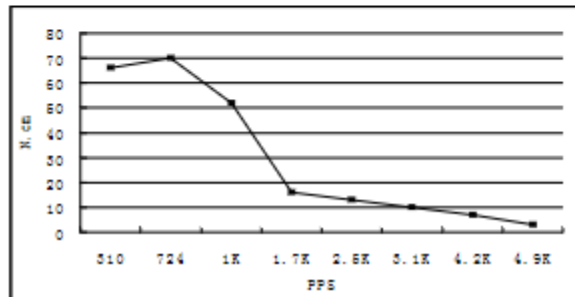


●

Dimensions:
(unit=mm)

● Pull out torque curve :

VOLTAGE: 30VAC, CONSTANT CURRENT: 1A, HALF STEP



REV	REVISIONS	DESCRIPTION	BY	DATE	SY57STH56-1006A	TECHNICAL CONDITIONS
DRAW	2013/05/12				CHANGZHOU SONGYANG MACHINERY & ELECTRONICS NEW TECHNIC INSTITUTE	080056087
CHECK						
APPROVE						

Figura 6-73 Mp26 Right Angle



MP26 Right-Angle Gearmotor

MobilePower™ Series

Low Voltage - High Torque

ElectroCraft's MP26 integrates a 4-pole PMDC brush motor with a 2-stage right-angle worm gearbox, designed for industrial applications, adding industrial grade cabling plus encoder feedback options to support positioning capability.

ElectroCraft MobilePower™ gearmotors feature an integrated design that provides increased performance and reliability at an affordable price compared to traditional motor/gearbox combinations. As with all ElectroCraft products, MobilePower™ gearmotors are customizable to meet specific application requirements.

Features:

- Smooth, efficient motion
- Durable and highly reliable integrated worm-gear design
 - Suitable for uneven terrain and curb-climbing
- High starting torque:
 - Peak starting torque up to 109.89Nm
 - 15-minute continuous torque up to 31.42Nm
- Configurable or completely customizable designs
 - Motor, gearbox, brake, encoder, cabling

Typical applications:

- Industrial traction applications
- Industrial lifts
- Automated Guided Vehicles
- Autonomous Mobile Robots

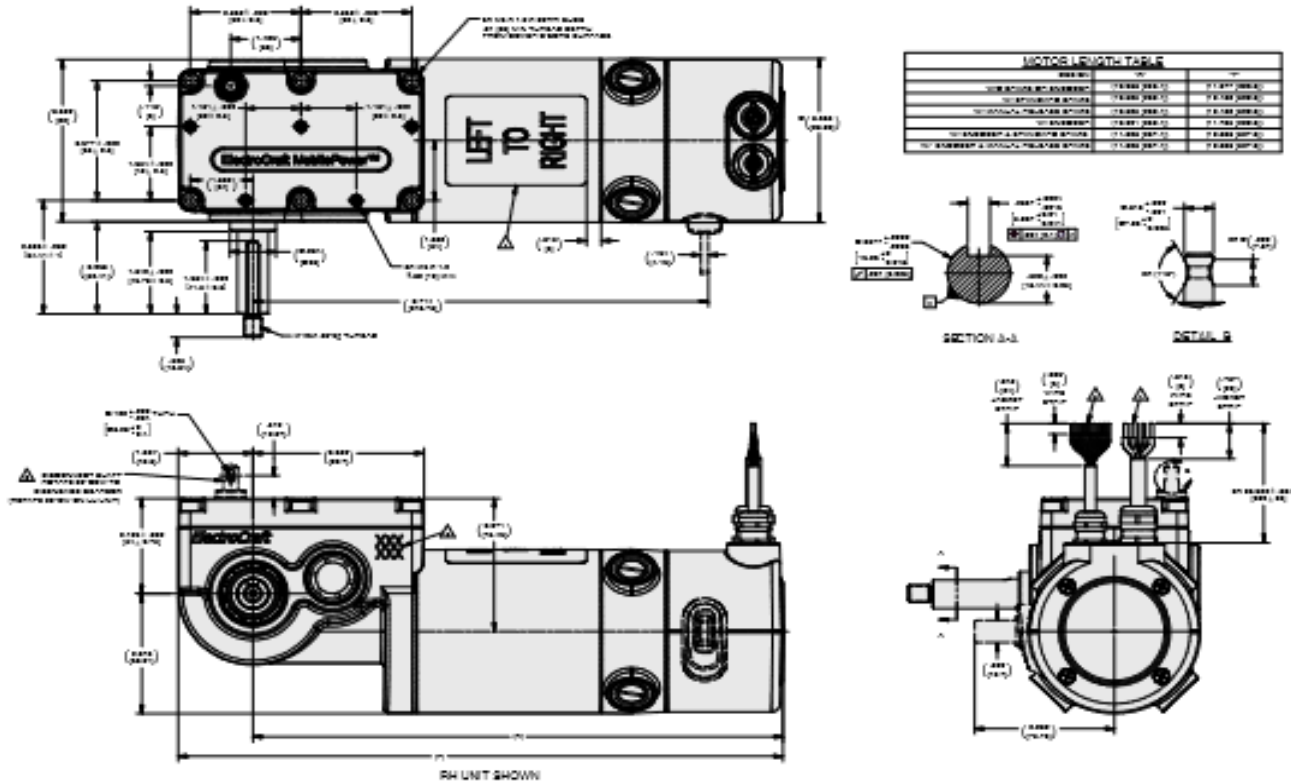


M	P	2	6	-	W	R	-	0	3	2	V	2	4	-	4	2	0	-	D
MTR-GND Model								Gear Ratio				Rated Voltage						Encoder Option	
MP26 = Standard Duty Gearbox with PMDC 4-Pole								016 = 16.44:1 018 = 17.58:1 020 = 19.56:1 021 = 21.35:1 026 = 26.67:1 027 = 26.82:1 029 = 29.25:1 032 = 32.90:1				24 = 24 VDC						X = None C = 500 Line D = 1,000 Line	
Gearbox Option														Connector Option					
WR = Right Angle Worm & Spur W/ Right Hand Output Shaft														0 = None					
WL = Right Angle Worm & Spur W/ Left Hand Output Shaft														Lead Option					
														2 = Shielded Cable					
														Disengage Option					
														0 = None					
														1 = w/o Gear Release, w/Standard Brake (No Release)					
														2 = w/o Gear Release, w/Manual Release Brake					
														3 = w/Gear Release, w/o Brake					
														4 = w/Gear Release, w/Standard Brake (No Release)					

MP26 Right-Angle Gearmotor

MobilePower™ Series

Low Voltage - High Torque



MP26 Motor Parameters

Gear Ratio	32.00:1	29.25:1	26.82:1	24.67:1	21.33:1	19.50:1	17.88:1	16.44:1
Operating Voltage (VDC)	24							
No Load Speed (RPM)	115	126	137	149	173	189	206	224
Peak Torque (Nm)	109.89	100.45	92.11	84.72	73.25	66.97	61.4	56.46
Peak Current (Amps)	80.0							
Peak Power (Watts)	972							
S2 Torque (15 min) (Nm)	31.42	28.72	26.34	24.22	20.94	19.15	17.56	16.14
S2 Current (15 min) (Amps)	25.0							
S2 Power (15 min) (Watts)	355							
S1 Torque (Continuous) (Nm)	10.02	9.16	8.40	7.72	6.68	6.11	5.60	5.15
S1 Current (Continuous) (Amps)	10.0							
S1 Power (Continuous) (Watts)	121							
Torque Constant (Nm/A)	0.05918							
Voltage Constant (V/KRPM)	6.2							
Motor Inertia (Armature) (kg·mm ²)	1386.1							
Motor Winding Resistance (Ohms)	0.16							
Motor Winding Inductance (μH)	79							
Motor Max Winding Temp (°C)	155							
Motor Poles	4							
Motor Mass (kg)	6.53							

Notes:

Gear Motor specifications (torque, current, power) are reference values based on 25°C operating temperature.

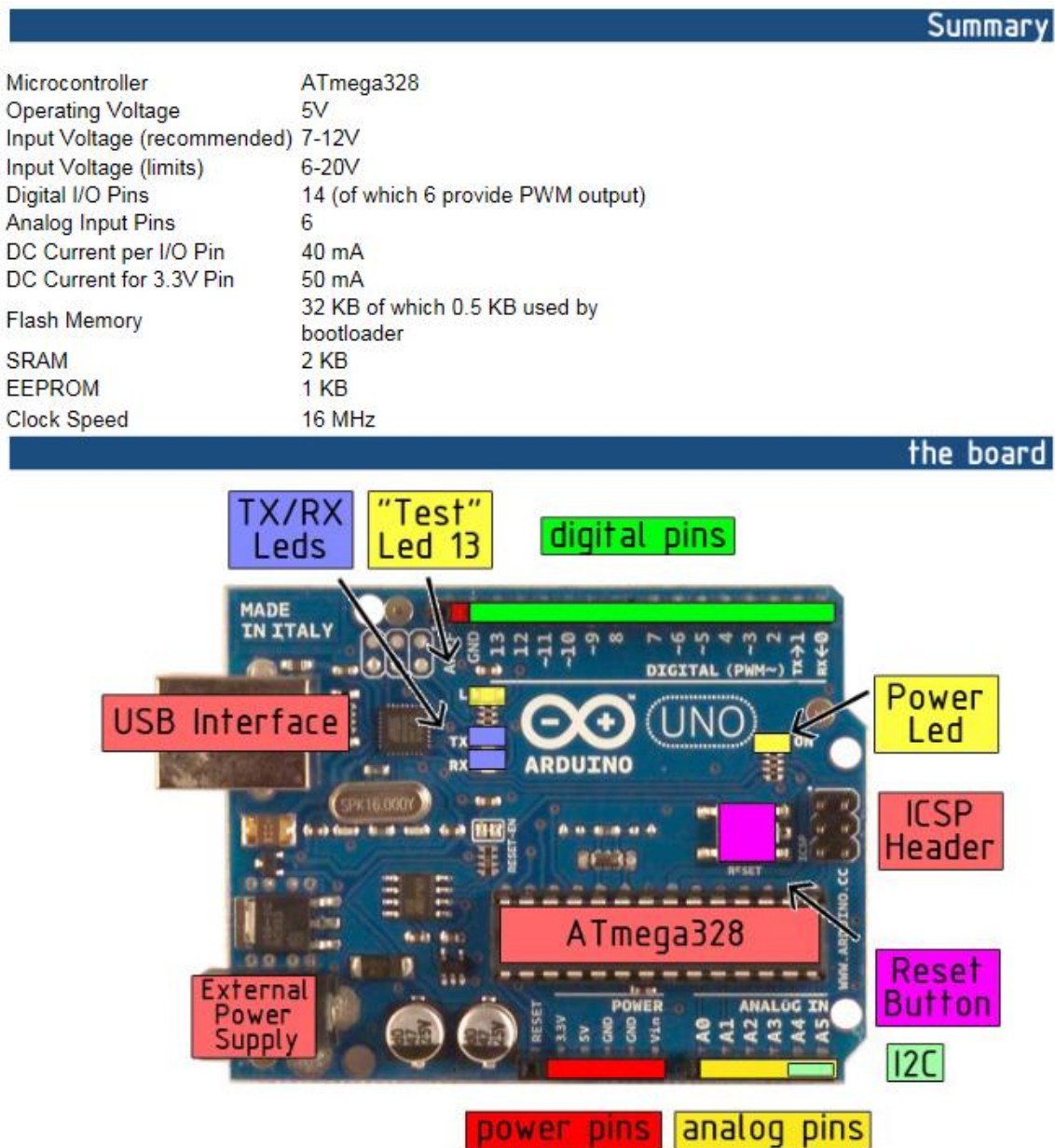
Do not apply maximum current for more than 5 seconds or more than twice without 10 minutes between cycles

Figura 6-74 MP26 Angle Gearmotor

Tomado de :

<https://www.electrocraft.com/pdf.php?pdf=files/downloads/Datasheets/gearmotors/MP26-DataSheet-US.pdf> [32]

Figura 6-75 Arduino



Fuente: <https://static.rapidonline.com/pdf/73-4443.pdf>

Figura 7-76. Partes del alimentador

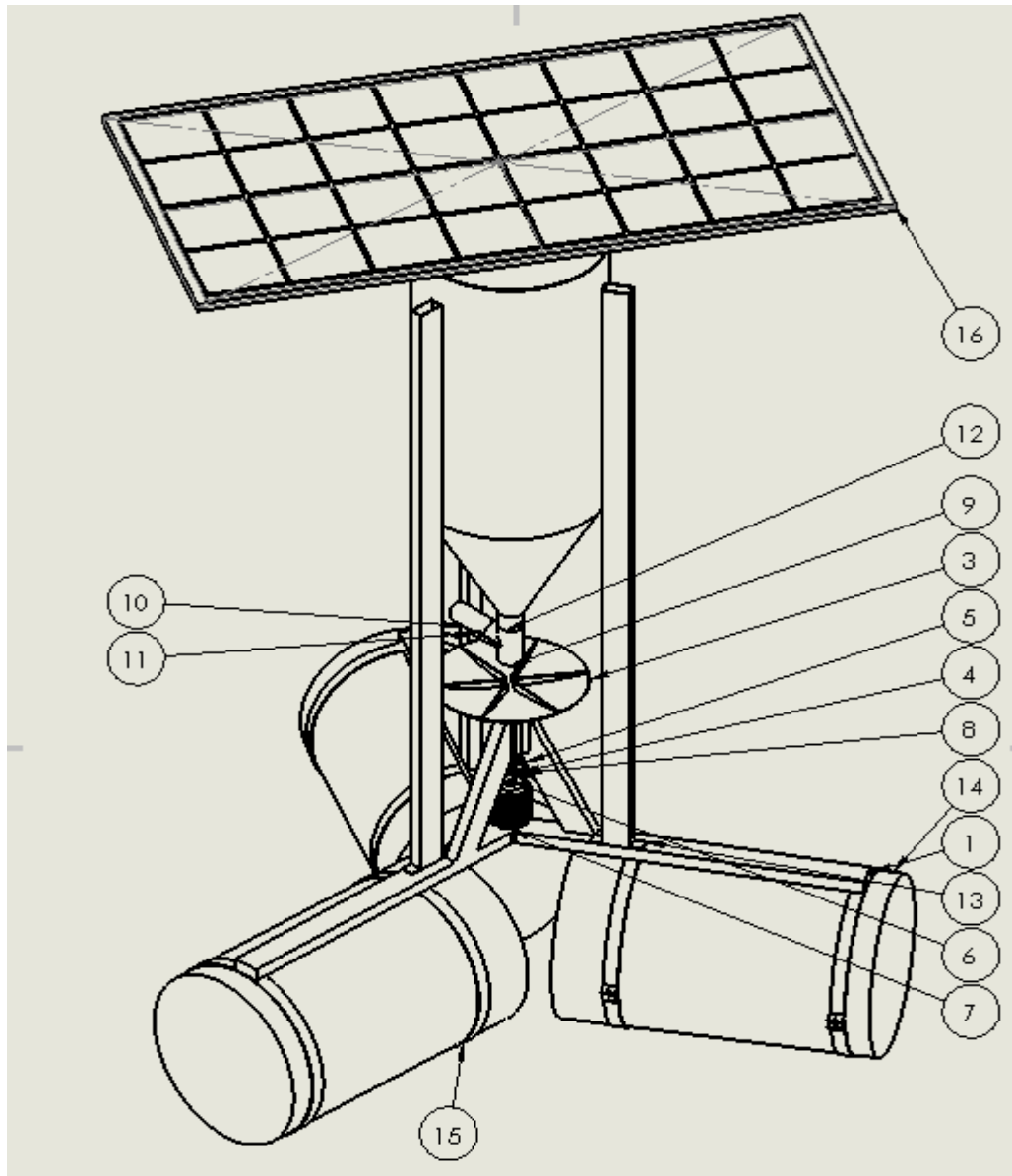


Figura 7-66 vista auxiliar

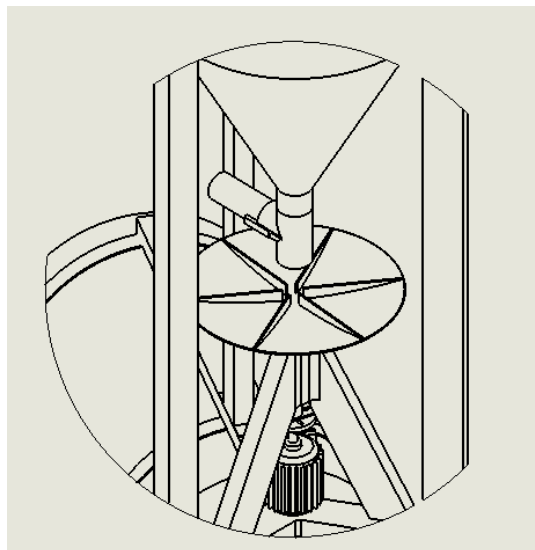


Tabla 7-14 Partes del alimentador

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY
1	base	base que soporta canecas y estructura	1
2	rodamiento #6306.stp	rodamientos para eje de plato	2
3	plato	plato que esparce el alimento	1
4	buje	separa el eje del motor del eje del plato	1
5	acople eje	conexión del motor al eje del plato	1
6	acople motor	conecta el motor al buje	1
7	0.5H.P-3600 RPM	Motor DC que hace girar el plato	1
8	platina	separa el motor del acople	1
9	te dosificador	Estructura para la compuerta	1
10	tubo soporte compuerta	estructura soporte compuerta	1
11	compuerta	dosifica la cantidad de alimento	1
12	tolva	almacena el alimento	1
13	Paral	sostiene la tolva	3
14	Canecas base	soporta la estructura en el agua	3
15	aros canecas 1	une las canecas a la estructura	6
16	panel solar	energía para el sistema	1

Figura 10-77 Código Arduino:

```
*/  
  
#define STEP 4          // pin STEP de A4988 a pin 4  
#define DIR 5          // pin DIR de A4988 a pin 5  
#define MOSFET 3  
  
// constante MOSFET con valor 3, pin SIG del modulo  
  
void setup(){  
    pinMode(MOSFET, OUTPUT);    // pin 3 como salida  
    pinMode(STEP, OUTPUT);    // pin 4 como salida  
    pinMode(DIR, OUTPUT);        // pin 5 como salida  
}  
  
void loop(){  
    digitalWrite(DIR, HIGH);    // giro motor  
    for(int i = 0; i < 200; i++){ // 200 pasos para motor digual a una vuelta de la varilla  
        digitalWrite(STEP, HIGH); // nivel alto  
        delay(10);                // por 10 mseg  
        digitalWrite(STEP, LOW);    // nivel bajo  
        digitalWrite(MOSFET, HIGH); // envia nivel alto a pin 3  
        delay(410000);  
        digitalWrite(STEP, LOW);    // nivel bajo  
        delay(41000);              // demora de 41 segundos  
        digitalWrite(DIR, LOW);    // giro en sentido opuesto  
        for(int i = 0; i < 200; i++){  
            digitalWrite(STEP, HIGH);  
            delay(10);
```

```
    digitalWrite(STEP, LOW);
    delay(10);
    digitalWrite(MOSFET, LOW);
    delay(545000000);
void loop(){
    digitalWrite(DIR, HIGH);
    for(int i = 0; i < 200; i++){
        digitalWrite(STEP, HIGH);
        delay(10);
        digitalWrite(STEP, LOW);
    digitalWrite(MOSFET, HIGH);
    delay(410000);
    digitalWrite(STEP, LOW);
    delay(41000);
    digitalWrite(DIR, LOW);
    for(int i = 0; i < 200; i++){
        digitalWrite(STEP, HIGH);
        delay(10);
        digitalWrite(STEP, LOW);
        delay(10);
        digitalWrite(MOSFET, LOW);
        delay(545000000);
    digitalWrite(DIR, HIGH);
    for(int i = 0; i < 200; i++){
```

```
digitalWrite(STEP, HIGH);
delay(10);
digitalWrite(STEP, LOW);
digitalWrite(MOSFET, HIGH);
delay(410000);
digitalWrite(STEP, LOW);
delay(41000);
digitalWrite(DIR, LOW);
for(int i = 0; i < 200; i++){
    digitalWrite(STEP, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(STEP, LOW);
    delay(10);
    digitalWrite(MOSFET, LOW);
    delay(545000000);
}
void loop(){
    digitalWrite(DIR, HIGH);
    for(int i = 0; i < 200; i++){
        digitalWrite(STEP, HIGH);
        delay(10);
        digitalWrite(STEP, LOW);
    }
    digitalWrite(MOSFET, HIGH);
    delay(410000);
    digitalWrite(STEP, LOW);
    delay(41000);
    digitalWrite(DIR, LOW);
```



```
for(int i = 0; i < 200; i++){
    digitalWrite(STEP, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(STEP, LOW);
    delay(10);
    digitalWrite(MOSFET, LOW);
    delay(545000000);
void loop(){
    digitalWrite(DIR, HIGH);
    for(int i = 0; i < 200; i++){
        digitalWrite(STEP, HIGH);
        delay(10);
        digitalWrite(STEP, LOW);
    digitalWrite(MOSFET, HIGH);
    delay(410000);
    digitalWrite(STEP, LOW
    delay(41000);
    digitalWrite(DIR, LOW);
    for(int i = 0; i < 200; i++){
        digitalWrite(STEP, HIGH);
        delay(10);
        digitalWrite(STEP, LOW);
        delay(10);
        digitalWrite(MOSFET, LOW);
    delay(545000000);
```

```
void loop(){
  digitalWrite(DIR, HIGH);
  for(int i = 0; i < 200; i++){
    digitalWrite(STEP, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(STEP, LOW);
  }
  digitalWrite(MOSFET, HIGH);
  delay(410000);
  digitalWrite(STEP, LOW);
  delay(41000);
  digitalWrite(DIR, LOW);
  for(int i = 0; i < 200; i++){
    digitalWrite(STEP, HIGH);
    delay(10);
    digitalWrite(STEP, LOW);
    delay(10);
    digitalWrite(MOSFET, LOW);
  }
  delay(43200000); // demora de 12 horas
}
```

Fuente: Elaboración propia

11. Bibliografía

- [1] R. A. F. Arcira , *Dispositivo automático para la dosificación de alimento y cuidado de mascota.*, Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2020, p. 115.
- [2] R. K. D. Velasco y P. V. Herrera, *Dosificador de alimentos y agua para gatos y perros de raza pequeña programado y controlado local y remotamente.*, Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019, p. 110.
- [3] D. M. Á. Sarmiento y V. P. Vargas, *Comedero automatizado para pollos de engorde*, U. T. d. Pereira, Ed., Pereira, 2014.
- [4] Q. J. D. León y A. D. Rueda, *Dispensador automático de comida para mascotas, programable y controlado remotamente*, Cali: Universidad del Valle, 2013.
- [5] Asiana Quaculture Network, «Sistema de Retroalimentación AQ1,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.asianaquaculturenetwork.com/>.
- [6] Aquaculture Engineering - Feeding Systems, «Ingeniería acuícola,» 2020. [En línea]. Available: https://www.brainkart.com/article/Automatic-feeders-and-its-Types,-components---feeding-equipment-in-Aquaculture_15136/.
- [7] Texas Direct Hunting, 2016. [En línea]. Available: Texasdirecthunting.com.
- [8] Contegral, «Comercializadora de productos,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.contegral.co/lineas-de-producto/acuacultura/peces-25>.
- [9] Lagricola Insumos, Concentrados, Servicios y más, 2016. [En línea]. Available: <https://www.latinpez.com/la-tilapia/tablasalim/cipa/>.
- [1] Espazo Abalar, «Engranajes,» 2016. [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/43_engranajes.html.
- [1] FAMDON, 2014. [En línea]. Available: [https://mantenimiento-de-sistemas-de-1\] transmision.fandom.com/es/wiki/Relacion_de_engranes](https://mantenimiento-de-sistemas-de-1] transmision.fandom.com/es/wiki/Relacion_de_engranes).
- [1] C. Ullman, M. Rhodes, T. Hanson, D. Cline y A. Davis, *A New Paradigm for*
 2] *Managing Shrimp Feeding*, 2019.

- [1 R. C. Hibbeler, *Mecánica de materiales*, Pearson , 2006.
3]
- [1 Universidad Nacional de Colombia, «Plataforma flotante impulsaría turismo por el río
4 Magdalena,» 2017. [En línea]. Available:
<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/plataforma-flotante-impulsaria-turismo-por-el-rio-magdalena.html>.
- [1 G. C. Marin , *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico autónomo para
5 iluminación de vivienda*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2017.
- [1 FMC, «Apuntes de estabilidad Física,» 2015. [En línea]. Available:
6] http://fcm.ens.uabc.mx/~fisica/FISICA_II/APUNTES/ESTABILIDAD.htm.
- [1 «Apuntes de electromedicina,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.pardell.es/ley-7>
7] [ohm.html](https://www.pardell.es/ley-7).
- [1 Motorex, «MOTOREX,» 2020. [En línea]. Available:
8] <http://www.motorex.com.pe/blog/cual-es-la-diferencia-entre-los-motores-electricos-ca-y-cc/>.
- [1 MecatrónicaLATAM, 2021. [En línea]. Available:
9] <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/motor/motores-electricos/motor-de-corriente-continua/>.
- [2 Ingeniería Mecafenix, 2017. [En línea]. Available:
0] <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>.
- [2 Factorenergia.com, «Energías renovables: características, tipos y nuevos retos,»
1] 2019. [En línea]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>.
- [2 R. P. López , *Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de
2 energía eléctrica de una vivienda aislada*, Escuela técnica superior de Ingeniería,
2015.
- [2 SunFields, «SunFields,» 2015. [En línea]. Available: [https://www.sfe-
3\] solar.com/baterias-solares/manual-calculo/](https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/).
- [2 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,
4] «Appendix XIV: Feeding Devices,» 2014. [En línea]. Available:
<http://www.fao.org/3/s4314e/s4314e0t.htm>.

-
- [2] : Asociación Municipal de Colonos del Pato - AMCOP, «Calculos para un sistema solar,» 2018. [En línea]. Available: https://www.unodc.org/documents/colombia/2020/Abril/CALCULOS_SISTEMA_SOLAR_FOTOVOLTAICO_30ABR.pdf.
- [2] G. D. Guevara y T. . J. L. Guaca, *Dispensador mascotas club controlado remotamente desde la web*, Fundación Universitaria Los Libertadores, 2017.
- [2] mexpolimeros.com , 2021. [En línea]. Available:
7] <https://www.vistronica.com/img/cms/Tuerca%20T8-R4.jpg>.
- [2] ICA, «Promedio de radiación,» 2021. [En línea]. Available:
8] <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionPDF/Villavicencio.pdf>.
- [2] V. J. Roldan, *Instalaciones solares fotovoltaicas*, 2010.
9]
- [3] <https://ssdielect.com/>, 2021. [En línea]. Available: <https://ssdielect.com/>.
0]
- [3] Pololu.com, «Rodamientos,» 2014. [En línea]. Available:
1] <https://www.pololu.com/file/0J672/SY57STH56-1006A.pdf>.
- [3] Electrocraft.com, 2015. [En línea]. Available:
2] <https://www.electrocraft.com/pdf.php?pdf=files/downloads/Datasheets/gearmotors/M26-DataSheet-US.pdf>.
- [3] L. C. X. Villalba y G. N. J. Morales, *Dispensador de comida para canes de uso doméstico*, Bogotá: Universidad de San Buenaventura, 2007.
- [3] V. J. I. Zapata y A. D. A. Gil, *Diseño e implementación de un prototipo de dispensador automático de comida para animales basado en raspberry pi controlado mediante una aplicación móvil*, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2017.
- [3] Logicbus.com, «Qué es Arduino y cómo puedo usarlo en la industria,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/blog/que-es-arduino/>.