



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**TESIS**

**ALGORITMO GENÉRICO E INTERFAZ GRÁFICA  
PARA UNA CENTRAL HÍBRIDA  
FOTOVOLTAICA TÉRMICA (BIOGAS)**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores:**

**Bach. Huaman Villanueva Darwin Kenyi**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7747-4923>**

**Bach. Torres Melendez Roberto Carlos**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5585-1011>**

**Asesor:**

**Mtro. Vives Garnique Juan Carlos**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2023**

**ALGORITMO GENÉRICO E INTERFAZ GRÁFICA PARA UNA CENTRAL HÍBRIDA  
FOTOVOLTAICA TÉRMICA (BIOGAS)**

**Aprobación del jurado**

---

**Dra. GASTIABURU MORALES SILVIA YVONE**  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

**MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO**  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

**Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS**  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) egresado(s) del Programa de Estudios de **INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro(amos) bajo juramento que soy(somos) autor(es) del trabajo titulado:

### ALGORITMO GENÉRICO E INTERFAZ GRÁFICA PARA UNA CENTRAL HÍBRIDA FOTOVOLTAICA TÉRMICA (BIOGAS)

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

|                                   |               |   |
|-----------------------------------|---------------|---|
| Huaman Villanueva<br>Darwin Kenyi | DNI: 73360796 |  |
| Torres Melendez Roberto<br>Carlos | DNI: 73908017 |  |

\* Porcentaje de similitud turnitin:20%

Pimentel, 14 de julio del 2023

Reporte de similitud

|  |  |
|--|--|
| <p>NOMBRE DEL TRABAJO</p> <p><b>ALGORITMO GENÉRICO E INTERFAZ GRÁFICA PARA UNA CENTRAL HÍBRIDA FOTOVOLTAICA TÉRMICA (BIOGAS)</b></p> | <p>AUTOR</p> <p><b>darwin kenyi y roberto carlos huaman villanueva y torres melendez</b></p> |
| <p>RECuento DE PALABRAS</p> <p><b>12254 Words</b></p>  | <p>RECuento DE CARACTERES</p> <p><b>64923 Characters</b></p>                                 |
| <p>RECuento DE PÁGINAS</p> <p><b>69 Pages</b></p>  | <p>TAMAÑO DEL ARCHIVO</p> <p><b>3.5MB</b></p>  |
| <p>FECHA DE ENTREGA</p> <p><b>Aug 18, 2023 4:30 PM GMT-5</b></p>   | <p>FECHA DEL INFORME</p> <p><b>Aug 18, 2023 4:31 PM GMT-5</b></p>                            |

● 20% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 19% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Cross
- 7% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios por darnos la vida y encaminarnos en nuestras vidas profesionales personales.

Este trabajo de investigación va en memoria a nuestros padres que nos inculcaron su perseverancia, paciencia y su apoyo total en nuestra etapa universitaria.

## AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios por guiarme en cada instancia de mi vida personal. Agradezco a mis padres “Orlando Seclén Uchofen” y “Maritza Castañeda Torres” y a mi abuelo “Evaristo Castañeda Barreto” que, gracias a su esfuerzo y sacrificio pudieron brindarme los medios para poder realizarme un profesional.

En primer lugar, le agradezco a Dios en cada momento de mi vida, a mis padres “Darwin Huaman Paz” y “Nuria Villanueva Ramírez” que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>Índice</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>Índice de Tablas</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>Índice de Figuras</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>Índice de Diagramas</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>Resumen</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>Abstract</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>12</b> |
| 1.1. Realidad Problemática .....   | 12        |
| 1.2. Formulación del Problema .....  | 17        |
| 1.3. Hipótesis .....   | 17        |
| 1.4. Objetivos.....  | 17        |
| 1.5. Teorías Relacionadas al tema:.....  | 18        |
| <b>II. MATERIALES Y MÉTODO</b> .....   | <b>45</b> |
| 2.1. Tipo y diseño de investigación: .....   | 45        |
| 2.2. Variables, Operacionalización .....   | 45        |
| 2.3. Población y Muestra .....   | 46        |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..... | 46        |
| <b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....   | <b>49</b> |
| 3.1. Resultados.....   | 49        |
| 3.2. Discusión .....   | 74        |
| <b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....                                    | <b>78</b> |
| 4.1. Conclusiones.....   | 78        |
| 4.2. Recomendaciones .....   | 79        |
| <b>Bibliografía</b> .....  | <b>80</b> |

## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: <i>Características técnicas de las baterías de Plomo-Ácido</i> .....                          | 24 |
| Tabla 2: Fuentes de biomasa.....   | 27 |
| Tabla 3: Modelos de biodigestores y sus principales elementos .....                                    | 35 |
| Tabla 4: Cuadro ponderado para la selección del tipo de biodigestor .....                              | 36 |
| Tabla 5: Composición media de estiércol fresco de diferentes animales domésticos (% Materia seca)..... | 37 |
| Tabla 6: Variables independientes y dependientes .....   | 45 |
| <i>Tabla 7: Datos de entra demanda energética</i> .....  | 49 |
| Tabla 8: Datos de entrada del sistema del biodigestor .....  | 49 |
| Tabla 9: Datos de entrada del sistema fotovoltaico .....   | 50 |
| Tabla 10: Demanda energética de demanda energética .....   | 51 |
| Tabla 11: Datos de salida del sistema del biodigestor.....   | 51 |
| Tabla 12: Datos de salida del sistema del fotovoltaico .....   | 52 |
| Tabla 13: Energía promedio diaria .....  | 55 |
| Tabla 14: Cantidad de biogás y energía producida .....   | 57 |
| Tabla 15: Niveles de radiación solar registrados en Chiclayo .....                                     | 63 |
| Tabla 16: Producción de estiércol .....  | 75 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Producción de energía eléctrica de las centrales RER del Perú..... | 12 |
| Figura 2: Esquema de generación fotovoltaica .....                           | 19 |
| Figura 3: Panel Solar Fotovoltaico .....                                     | 20 |
| Figura 4: Batería cargada y descargada. ....                                 | 24 |
| Figura 5: Sistema de un biodigestor.....                                     | 26 |
| Figura 6: Proceso de digestión anaeróbica .....                              | 29 |
| Figura 7: Etapas de la digestión anaeróbica .....                            | 30 |
| Figura 8: Biodigestor indio .....  | 32 |
| Figura 9: Biodigestor Canadiense .....                                       | 33 |
| Figura 10: Biodigestor chino .....   | 34 |
| Figura 11: Biodigestor tubular .....   | 34 |
| Figura 12: Biodigestor flotante .....  | 35 |
| Figura 13: Patrón de diseño arquitectónico MVC .....                         | 41 |
| Figura 14: Ejemplos de técnicas GUI V&V .....                                | 42 |
| Figura 15: Generador de comandos en Angular .....                            | 44 |
| Figura 16: Máxima demanda energética .....                                   | 53 |
| Figura 17: Parámetros para dimensionamientos de biodigestor.....             | 53 |
| Figura 18: Parámetros del diseño fotovoltaico .....                          | 53 |
| Figura 19: Dimensionamiento del biodigestor chino .....                      | 58 |
| Figura 20: Área mínima para implementar el biodigestor chino.....            | 62 |
| Figura 21: Portada de GUI del sistema híbrido .....                          | 68 |
| Figura 22: GUI demanda energética 1-parte.....                               | 69 |
| Figura 23: GUI demanda energética 2-parte.....                               | 70 |
| Figura 24: GUI sistema biodigestor 1-parte.....                              | 71 |
| Figura 25: GUI sistema biodigestor 2-parte.....                              | 71 |
| Figura 26: GUI sistema fotovoltaico 1-parte.....                             | 73 |
| Figura 27: GUI sistema fotovoltaico 2-parte .....                            | 73 |
| Figura 28: Producción de estiércol, biogás y energía.....                    | 75 |

## Índice de Diagramas

|  |    |
|--|----|
| Diagrama 1: Flujo de Procesos: .....   | 46 |
| Diagrama 2: flujo de la GUI del sistema híbrido Biodigestor-Fotovoltaica ..... | 67 |
| Diagrama 3: Flujo portada GUI del sistema híbrido .....                        | 69 |
| Diagrama 4: Flujo GUI demanda energética .....                                 | 70 |
| Diagrama 5: Flujo GUI sistema biodigestor .....                                | 72 |
| Diagrama 6: Diagrama de flujo GUI sistema fotovoltaico .....                   | 74 |

## Resumen

En el trabajo de investigación se realizó un diseño de un sistema de algoritmos genéricos para el dimensionamiento y funcionamiento de un sistema híbrido fotovoltaico – Biodigestor utilizando una interfaz gráfica de usuario, en primer lugar se determinó los parámetros de entrada y salida de acuerdo al sistema que se esté utilizando ya sea fotovoltaico o biodigestor, en segundo lugar se investigó las fórmulas y ecuaciones que se utilizaran para el diseño híbrido, en tercer lugar es la implementación de programación de los parámetros y ecuaciones en el software Angular v11 y finalmente se probó el funcionamiento del software en otras investigaciones para poder comparar los datos y analizar la eficiencia de los resultados en variables como la cantidad de paneles fotovoltaicos, baterías, volumen de biogás, dimensionamiento del biodigestor, entre otros. En conclusión, los valores obtenidos se asemejan en un 90 % a los resultados de otras investigaciones utilizando nuestro sistema híbrido a través del software Angular v11, además para el dimensionamiento se consideró un biodigestor tipo chino por sus buenas características de calidad, precio y eficiencia para la generación de biogás.

**Palabras Claves:** Interfaz Gráfica, Biodigestor, Fotovoltaico y generación de electricidad.

## **Abstract**

In the research work, a design of a system of generic algorithms for the sizing and operation of a hybrid photovoltaic system - Biodigester was carried out using a graphical user interface, firstly the input and output parameters are limited according to the system that either photovoltaic or biodigester is being used, secondly the formulas and equations that were used for the hybrid design were investigated, thirdly is the programming implementation of the parameters and equations in the Angular v11 software and finally the operation was tested of the software in other investigations to be able to compare the data and analyze the efficiency of the results in variables such as the number of photovoltaic panels, batteries, volume of biogas, sizing of the biodigester, among others. In conclusion, the values obtained are 90% similar to the results of other investigations using our hybrid system through the Angular v11 software, in addition, for the sizing, a Chinese type biodigester was found due to its good quality, price and efficiency characteristics for biogas generation.

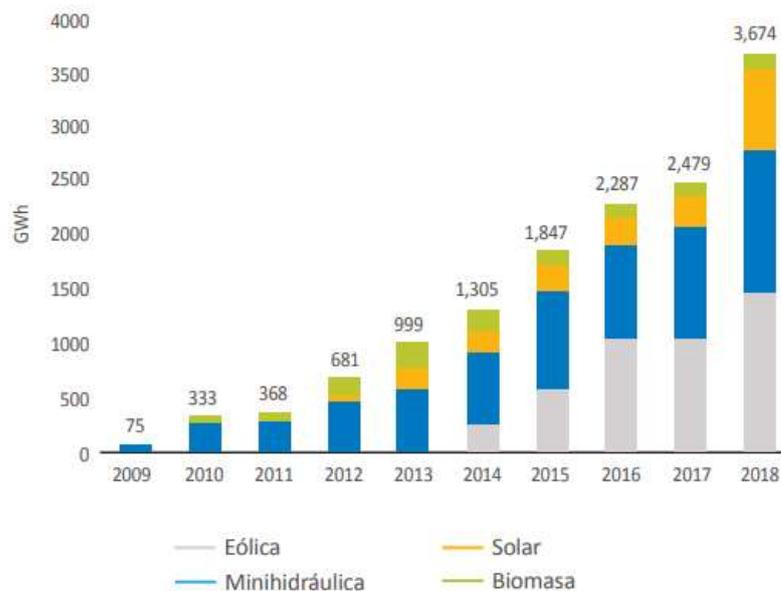
**Keywords:** Graphic interface, biodigester, photovoltaic and electricity generation.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

En la actualidad en el Perú todavía siguen liderando las centrales térmicas o de hidrocarburos en la generación de energía eléctrica, sin embargo cada vez va tomando un mejor posicionamiento las energías renovables que son en el mundo la fuente de generación de energía eléctrica más limpia o de menos contaminación, dentro de éstas energías encontramos a la energía fotovoltaica, hidroeléctrica, biomasa, eólica y biogás, a continuación en la figura 1 se muestra datos estadísticos de OSINERGMIN sobre la industria de la energía renovable en el Perú

Figura 1: *Producción de energía eléctrica de las centrales RER del Perú*



Fuente: (OSINERGMIN, 2017)

En la figura 1 se describe el aumento de aplicación de energías renovables en los periodos del 2009 hasta el 2018 en el Perú, la energía fotovoltaica o solar es una de las energías que más ha crecido por las nuevas tecnologías, también se debe rescatar el surgimiento de energías alternativas como biomasa que siempre está acompañado con la energía de biogás para la generación de energía eléctrica en lugares de muchas agricultura y ganadería centros poblados alejados.

En la investigación se busca generar energía eléctrica y calefacción a través de la adaptación de un sistema fotovoltaico en un biodigestor para producir un mejor rendimiento térmico a través de un análisis tecno económico.

#### Antecedentes de Estudio

##### A nivel nacional

En la tesis de Chavarría & Calderón titulada “Evaluación de los sistemas de bombeo solar fotovoltaico y biodigestor anaeróbico establecidos en la finca Jacaranda del municipio de Condega” manifiesta que el propósito de ese estudio es calcular los diferentes usos de generación de biogás y bombeo solar fotovoltaico para mejorar la actividad de los sistemas energéticos anteriormente colocados en el terreno de Jacaranda. Para esto evaluamos parámetros y condiciones de funcionamiento de dichos sistemas de la finca, lográndose bajo el método de la observación, posterior a esto se debe identificar los rendimientos sociales, módicos y ambientales, para la obtención de estos resultados se aplicaron entrevistas y encuestas. Después se propuso diferentes alternativas en el mejoramiento de los métodos instalados en terreno. Por último, obtenemos que los métodos instalados en el terreno son útiles y tienen una función óptima, y proveen la demanda difundida en dicho terreno, no obstante, se tomó en cuenta desarrollar mejoras en el método y a si aumentar la eficiencia y rendimiento de los mismos. [1]

En la tesis de Aguayo, Velázquez & Ojeda titulada “Desarrollo de un método de calentamiento solar y conexión a un digestor anaeróbico” presenta el desarrollo de un calentador de agua CPC (Concentrador Parabólico Compuesto) esta investigación consistió en el modelado matemático y simulación del comportamiento operativo, de manera experimental se realizó la construcción y evaluación del sistema de calentamiento solar de agua posteriormente se acopló a un digestor anaeróbico de 170 lts el cual cubre la necesidad térmica (35°C) manteniéndose a temperatura constante para una buena producción de biogás. Para la optimización del sistema se

instaló una mini estación meteorológica, que registra las diferentes variables de operación. Se compararon y validaron los datos obtenidos con la finalidad de poder establecer una metodología que permita dimensionar futuros sistemas de calentamiento solar de agua. [2]

En la tesis de Cabrera titulada “Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral” nos presenta un Biodigestor alterno de 2 fases: Mezclado y fermentación, desarrollado para la gran variedad de desechos orgánico. Su tiempo de retención para la producción de gas es de 1 a 2 meses tomando en cuenta de la temperatura. Como resultados se obtuvo 20 kg de estiércol producido durante 5 horas de gasa bajo fuego lento. [3]

En la tesis de SANTANA titulada como “Diseño y simulación de un biodigestor alimentado con energía solar para Durvillaea Antártica” en esta investigación se presenta la idea de diseñar un biodigestor de escala baja (30 litros). Se calibro un método de energía solar donde se instalaron 6 paneles de 60 watts, 5 baterías de 70 amp/h, un regulador de carga y un inversor. El método funciona para mejorar los requisitos energéticos del biodigestor dado. Se realizaron 3 simulaciones computacionales obteniendo el porcentaje del metano aproximado del 60% con rentabilidad metanogénico con una aproximación de 200 ml de metano por gramo de sólidos volátiles. [4]

### Nivel nacional

Ruiz en su tesis titulada “Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía renovable solar-biomasa para satisfacer la demanda eléctrica del centro poblado el Afluente-Rioja-San Martín” su objetivo general es calibrar el método híbrido de energía renovable solar-biomasa. Se cuantificó la tasa diaria de energía proyectada para las viviendas dependientes y el predio comunal. Su máxima carga es de 835 kW para 42 viviendas proyectadas y 01 local comunal. Tomando datos recopilados del SENAMHI

se obtuvo un valor de 4,25 kWh/m<sup>2</sup> /día, en cambio en la base de datos de la NASA se adquirió el valor de 3,64 kWh/m<sup>2</sup> /día, para el análisis matemático se obtuvo en el sistema fotovoltaico la referencia del mes más complicado. En el dimensionamiento del sistema solar-biomasa el cual se compone por elementos como 1 biodigestor, 24 paneles fotovoltaicos de 200 Wp de la marca Waaree, 16 baterías de acumuladores 150 Ah de la marca RITAR, 2 reguladores de carga 150/60 y 01 inversor 48/6000-230 V. En cuanto al sistema de red secundaria el conductor eléctrico debe cumplir con las necesidades del sistema de 1x16/25. [5]

Arrieta en su tesis titulada “Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado” tiene la finalidad en diseñar una instalación de biogás a escala domestica aprovechando el residuo fecal de vacas y cerdos. Dichos residuos se transforman por medio de la digestión anaeróbica, a esta transformación se le conoce como biogás, que se encontrara almacenada en un gasómetro, el gasómetro está conectada al biodigestor, y posteriormente hacia los puntos de consumo en esta investigación también determina el análisis económico (VAN) y el ciclo de restauración de la inversión (payback) [6]

### Nivel local

Gálvez su tesis titulada “Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biodigestor de 15kw para generar energía eléctrica en el caserío Pósope bajo-Pátapo” manifiesta un método híbrido Fotovoltaico-Biodigestor de 15 kW que produce energía eléctrica en el Caserío Pósope. Dicho autor pretende producir energía eléctrica por medio de la unión de dos redes, tal cual el proyecto del sistema híbrido, que diseña los parámetros del dimensionamiento del biodigestor y paneles fotovoltaicos a si como los elementos que son necesarios, también el análisis de los materiales del biodigestor e instalación. A si mismo determinamos la factibilidad del proyecto abordándose parámetros económicos. [7]

Ruiz, 2020 en su tesis “Diseño de un biodigestor para generación de energía a partir del estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el CC.PP. las canteras del distrito de Pátapo – Chiclayo – Lambayeque” Se propuso plantear un método de creación de biogás para el uso de viviendas , tomando así la utilización del estiércol en el Centro Poblado, con la obtención diaria de 314,0 kg/día de estiércol; con un grado de PH de 7,3 y materia seca al 6%; lo cual la capacidad de producción es de 0,55 m<sup>3</sup> /día de biogás. El autor diagnostico el Biodigestor a colocar, será Tubular tipo Taiwán, por ser económico y fácil de construir, en su realización se necesitará de las siguientes dimensiones 4 m de largo, con 1 m de profundidad y 1,2 m de ancho en superficie. Su dimensión de la Biobolsa será de 1,25 m de diámetro por 4 m de longitud, con capacidad total de 4,90 m<sup>3</sup> y una magnitud para el almacenaje de biogás de 1,60 m<sup>3</sup>. [8]

Ayasta en su tesis titulada “Diseño de un biodigestor con energía fotovoltaica para generar gas metano de uso doméstico, establo San Antonio – Monsefú 2016” propuso la idea de utilizar el estiércol del ganado vacuno del establo, para la obtención del biogas y que puedan utilizarlo en sus cocinas. Utilizaron 4 paneles de 50 Watt y almacenaban energía en un banco de baterías de 12 voltios, verificado a su vez por un regulador de carga, la energía expulsada por el banco de baterías se utiliza en un motor eléctrico de corriente continua, que mezcla el estiércol dentro del biodigestor para la fermentación del mismo. [9]

Justificación e importancia de estudio:

Justificación tecnológica.

La implementación del sistema fotovoltaico aumentara el rendimiento energético dentro del biodigestor a través de una interfaz gráfica teniendo la capacidad de ejecutar y resolver cálculos complejos, representándolos gráficamente para una configuración adecuada para una mejor interpretación de los datos al servicio del usuario

### Justificación Económica

La utilización de la interfaz gráfica reduce el margen de error para los cálculos de dimensionamiento del sistema híbrido fotovoltaico-biodigestor con la finalidad de un acertado análisis productivo y económico que reducen los costos y eficiencia de la instalación.

### Justificación Ambiental

La aplicación de energías renovables fotovoltaica y biogás, aprovechan como combustible energías naturales como la radiación solar y estiércol de animales, sin la generación de gases tóxicos como las tradicionales plantas de generación térmica.

### Justificación Educativa

La metodología para la utilización de una interfaz gráfica debe ser didáctica y fácil manejo para poder realizar cálculos y parámetros del dimensionamiento del sistema híbrido, mejorando la experiencia de ingeniería para la selección de maquinaria del proyecto de tesis.

## 1.2. **Formulación del Problema**

¿Cuáles son los parámetros que permiten el desarrollo del algoritmo de trabajo para una interfaz gráfica de usuario que permite el dimensionamiento de un sistema híbrido fotovoltaico-biodigestor?

## 1.3. Hipótesis

No aplica para esta investigación

## 1.4. Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar un algoritmo genérico de trabajo y utilización mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI) para el dimensionamiento y selección del sistema híbrido fotovoltaico-biodigestor.

## Objetivos Específicos

- a. Determinar los parámetros de diseño para el funcionamiento de la Central Híbrida Fotovoltaico Térmico (Biogás).
- b. Diseñar el algoritmo genérico para la operatividad y funcionamiento del sistema híbrido.
- c. Programar las GUI mediante los softwares ANGULAR v11.
- d. Probar el desempeño de la programación del sistema híbrido con valores reales de casos previstos.

### 1.5. Teorías Relacionadas al tema:

#### Energía solar fotovoltaica

Este tipo de energía es una de las tantas fuentes renovables que más se está utilizando en Latinoamérica, porque el nivel de radiación solar se encuentra en niveles óptimos para el funcionamiento de forma eficiente de los paneles fotovoltaicos, especialmente Perú en algunas regiones cuenta con niveles solares aceptables para el aprovechamiento de este tipo de energía sostenible. En regiones rurales se estima el incremento de la utilización de este tipo de energía por la falta de conectividad de líneas de energía eléctrica hacia sus hogares, por lo tanto, el uso de paneles es de gran beneficio para grandes sectores del Perú. [10]

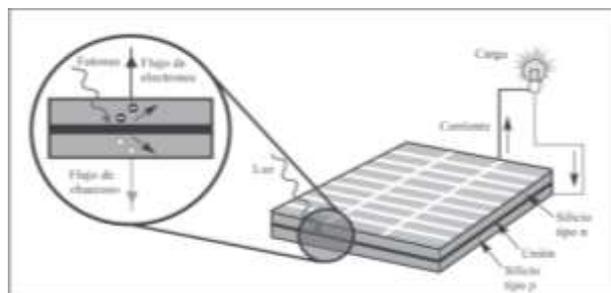
#### Células fotovoltaicas

La célula solar es el bloque de construcción elemental de la tecnología fotovoltaica. Las células solares se componen de material semiconductores, como el silicio. Lo que más resalta de los semiconductores la utilidad en su conductividad que se modifica fácilmente cuando se introducen impurezas a su red cristalina. (Amaya, 2016) Lo explica de la siguiente manera, por ejemplo, para la realización de una célula solar fotovoltaica se debe utilizar el silicio, que contiene cuatro electrones de valencia para una mejor conductividad. Al costado de la celda, la turbiedad contiene átomos de

fósforo que químicamente tiene cinco electrones de valencia (donador n), dándole electrones de valencia frágilmente unidos al material de silicio, obteniendo así portadores de carga negativa. Por otra parte, los átomos de boro con tres electrones de valencia (donante p) se obtiene superior similitud que el silicio para obtener electrones. Ya que el silicio de tipo “p” tiene un íntimo roce con el silicio de tipo “n”, disponiendo una unión “pn” produciendo una expansión de electrones desde el área de alta densidad de electrones hacia la zona de baja aglutinación de electrones. A su vez los electrones se extienden a través de la unión “p-n”. No obstante, la extensión de los portadores no se da de forma imprecisa, porque el desbalance de la carga en ambos lados en su fusión ocasiona un campo eléctrico. El campo eléctrico estructura un diodo que fomenta que la corriente se dirija en un solo lado.

Se hace relación óhmicos de semiconductores de metal en los lados de tipo “n” y tipo “p” de la celda solar, y los electrodos preparados para unirse a una carga externa. La radiación de luz se impregna sobre la célula, brindando energía a la placa de carga. La unión del campo eléctrico separa los transmisores de carga positiva fotogenerados (huecos) de su contraparte negativa (electrones). A si extrayendo corriente eléctrica una vez cerrado el circuito sobre una carga externa. [11]

Figura 2: *Esquema de generación fotovoltaica*



Encontramos diferentes de tipos de células solares. No obstante, el 90% de las células solares que se fabrican hoy en el mundo constan en células de silicio demostradas en obleas. Se cortan de varitas monocristalina o de un sillar compuesto por varios cristales y se menciona correspondientemente células solares de silicio

monocristalino o multicristalino. Las células solares de silicio se basan de obleas que constan alrededor de 200  $\mu\text{m}$  de espesor. No obstante, un grupo significativo de células solares trata de películas delgadas, que constan aproximadamente 1-2  $\mu\text{m}$  de espesor y, así pues, necesitan de material semiconductor característicamente menos activo.

### Paneles fotovoltaicos

La unión de células solares acopladas eléctricamente y montadas en una sola estructura de soporte o marco llamado "módulo fotovoltaico". Los módulos consisten en el diseño que suministra electricidad a un cierto voltaje, con un sistema simple de 12 voltios. Dicha frecuencia creada necesita principalmente de la intensidad de la luz que llega al módulo.

Figura 3: *Panel Solar Fotovoltaico*



Conectando variedad de módulos formaremos una matriz. Los módulos y matrices fotovoltaicas nos dan una corriente de electricidad continua. Conectando en arreglos eléctricos en serie y en paralelo produciremos una combinación de voltaje y corriente necesitada.

Cuando están conectadas la sucesión de la intensidad de corriente que anda por todas las células será la misma, sin embargo, la rigidez de dichos terminales del grupo es la adición de la rigidez que existe de la célula.

En cambio, conectando variedad de células en paralelo, se someten igual a la tensión obtenida, siendo así la energía de salida igual a la adición de las energías dadas por cada de las células.

## Tipos de paneles solares

### *Paneles solares monocristalinos (Mono-Si)*

El panel solar monocristalino está hecho de silicio monocristalino que es el más puro. Están disponibles en forma de un aspecto igualmente oscuro y bordes redondeados. La razón de la alta pureza del silicio es que este tipo de panel solar tiene la mayor eficiencia por encima del 20%. [12]

Los beneficios de usar paneles solares monocristalinos tienen una mayor potencia de salida, ocupan menos espacio y duran más. También son muy caros en comparación con otros tipos de paneles solares. Otro beneficio a considerar es que los observamos bajo afectados por las altas temperaturas que los paneles policristalinos.

### *Paneles solares policristalinos (Poly-Si)*

A diferencia de otros paneles su aspecto es sobresaliente y único reconociéndolo inmediatamente. La composición de sus ángulos no son interceptados. La coloración del panel es azul y matizado.

Estos paneles solares se fabrican fundiendo el silicio en bruto, que es un proceso más rápido y menos costoso en comparación con los paneles monocristalinos. Esto también se debe a la baja eficacia aproximadamente del 15%, baja eficacia ambiental y una vida útil mínima, incluso a precios finales más bajos porque se ven afectados en mayor medida por temperaturas más cálidas.

Pero, para la elección de cualquier tipo de panel depende de las características, parámetros y necesidad a las que se exponga el panel. Los beneficios de este tipo de panel es que es ligeramente más pequeño que el monocristalino generando eficiencia de espacio.

### *Célula solar de silicio amorfo (A-Si)*

Estos son los diferentes tipos de paneles solares que se utilizan principalmente en la fabricación de una calculadora de bolsillo. El panel solar de silicio amorfo utiliza técnica de triple capa, siendo la más excelente diversidad de película delgada.

La dimensión de esta hoja solar consta alrededor de 1 micrómetro, aproximadamente una millonésima parte de un metro. Con solo una tasa de eficiencia del 7%, esas células son bajas eficientes que las de silicio cristalino, que constan de una tasa de eficiencia de alrededor del 18%. El beneficio de usar este panel solar es que está disponible a bajo costo. [13]

### *Células solares de película fina (TFSC)*

Paneles solares de película fina también conocidos como TFSC. Dichas se producen ubicando una o más películas de material fotovoltaico, tanto silicio, cadmio, cobre, sobre un sustrato. Son simples de fabricar y la economía de escala las da más baratas a las opciones necesarias al bajo contenido requerido para su producción.

Las células solares de película fina son flexibles y menos afectadas por las altas temperaturas. Al utilizar estas células solares, abre muchas oportunidades para aplicaciones alternativas. La desventaja de estas células solares es que ocupan más espacio, lo que las hace generalmente inadecuadas para establecimientos residenciales.

### *Célula solar biohíbrida*

Las células solares biohíbridas han sido fundadas de un grupo maestro, de la Universidad de Vanderbilt. Su concepto de esta nueva tecnología es aprovechar el Fotosistema 1 y así simular el proceso natural de la fotosíntesis.

Muchos de los materiales aplicados en esta celda están relacionados con métodos tradicionales. Al combinar múltiples capas del fotosistema 1, la transformación de energía química a eléctrica se vuelve más eficiente. Eso es 1000 veces más efectivo que los tipos de paneles solares de primera generación.

### *Célula solar de telurio de cadmio (CdTe)*

En estos diferentes tipos de paneles solares, se utiliza telurio de cadmio en esta tecnología fotovoltaica. Eso posibilita a la elaboración de células solares con un importe muy mínimo y, por lo tanto, en el período de un tiempo más corto (menos de un año).

En toda la tecnología de energía solar, requiere un mínimo de agua para su producción. La ventaja de utilizar estas células solares mantendrá la marca de carbono la más mínima aceptable. El principal inconveniente al utilizar telurio de cadmio que tiene la capacidad de dañar si se ingiere o inhala.

### *Sistema de almacenamiento*

El almacenamiento de energía es un elemento clave en el suministro de energía solar. El treinta por ciento de los costos de por vida de los sistemas solares fuera de la red o incluso más pueden atribuirse al almacenamiento.

(Bayod, 2009) destaca el componente encargado que es el acumulador electroquímico o también llamados baterías, que aparte de ocultar como requisito de acumular la energía abastecida por los paneles fotovoltaico para posteriormente ser utilizada, la batería tiene otras importancias:

- Suministra la potencia requerida eléctrica inferior que los paneles generan en ese instante.
- Mantener el nivel de tensión estable, es decir, la tensión que proporciona el panel varía de acuerdo a la radiación, lo cual perjudica a los aparatos electrónicos a alimentar.

Aunque se está desarrollando una variedad de tecnologías de almacenamiento su uso en el presente es la batería de plomo-ácido. Teniendo dos electrodos que están hechos de plomo y el electrolito resultado de agua destilada y ácido sulfúrico.

En el momento que está cargada la batería, el electrodo eficaz tiene embalse de dióxido de plomo y el negativo es plomo (izquierda). Liberando, una combinación química donde los polos positivos y negativos generen un embalse de sulfato de plomo.

Figura 4: Batería cargada y descargada.

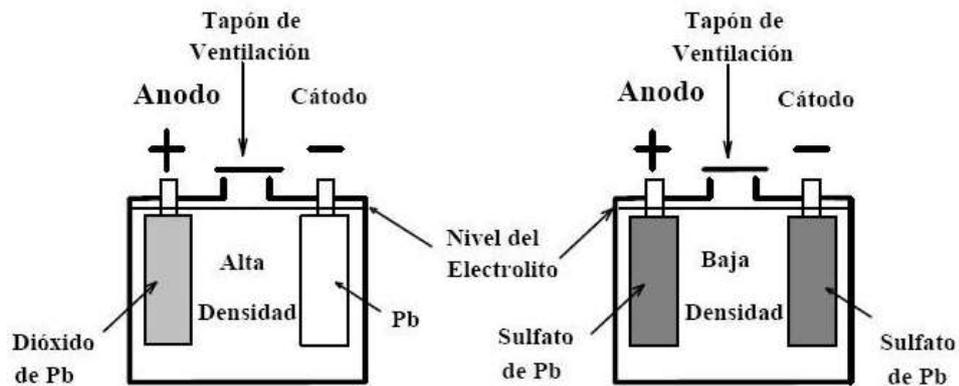


Tabla 1: Características técnicas de las baterías de Plomo-Ácido

| Tipo celda                                | SLI         | Ciclo profundo | Estacionaria |
|---|-------------|----------------|--------------|
| Tensión nominal ( $V_{DC}$ )              | 2           | 2              | 2            |
| Tensión del circuito abierto ( $V_{DC}$ ) | 1.90 – 2.15 | 1.90 – 2.15    | 1.90 – 2.15  |
| Tensión final de la carga ( $V_{DC}$ )    | 2.5         | 2.5            | 2.5          |
| Tensión final de la descarga ( $V_{DC}$ ) | 1.75        | 1.75           | 1.75         |
| Eficiencia (DC a DC)                      | 75 % - 85%  | 75 % - 85%     | 75 % - 85%   |
| Temperatura de trabajo (°C)               | -40 - 55    | -20 - 40       | -10 – 40     |
| Energía específica (Wh/Kg)                | 35          | 25             | 10 – 20      |
| Densidad de energía (Wh/L)                | 70          | 80             | 50 - 70      |

|                      |      |                    |                    |
|----------------------|------|--------------------|--------------------|
| Densidad de potencia | Alta | Moderadamente alta | Moderadamente alta |
| Fuente (Bayod, 2009) |      |                    |                    |

## Reguladores de carga

Para preservar la vida de las baterías, debemos evitar el incremento y el aligeramiento completo de la batería, el ordenador de energía es agente de resguardar la batería frente a esos problemas.

Según donde este se ubique se presentan dos tipos de reguladores:

- Regulador paralelo, es el encargado de expulsar el exceso de potencia que generan los módulos.
- Regulador serie, separa la batería del generador.

### Características de regulador

- Su rigidez nominal debe ser igual a la del sistema.
- La intensidad máxima que circule debe ser un 25% alta a la corriente del generador fotovoltaico.

### Otras funciones del regulador

- Compensación de carga por temperatura
- Seguridad opuesta a la polaridad invertida
- Seguridad opuesta a cortocircuito
- Seguridad faz a sobretensiones

## Biodigestor

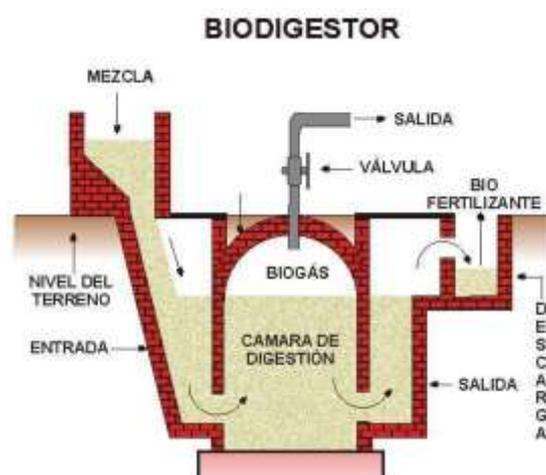
Biodigestor sistema que digiere biológicamente material orgánico, ya sea anaeróbico (sin oxígeno) o aeróbico (con oxígeno). Los microbios y otras bacterias descomponen los materiales orgánicos en un biodigestor. La mayoría de los alimentos, incluidas las grasas, las grasas e incluso el estiércol animal, se pueden procesar en un biodigestor.

Los biodigestores son un sistema cerrado; por lo tanto, no desprende olor de los desperdicios de comida; esto eliminará moscas y roedores de la instalación, aumentando la higiene. Además, la eliminación del desperdicio de alimentos en el lugar ahorra dinero al reducir los costos de transporte. [14]

La capacidad de los alimentos que puede procesar un biodigestor depende del tamaño; más grande es el digestor, más comida puede manejar. Los biodigestores son un sistema vivo y requieren mantenimiento. Sin embargo, son fáciles de usar y mantener.

Por supuesto, uno de los grandes beneficios de los biodigestores es que son ecológicos y reducirán significativamente la huella de carbono de una instalación. Los restos de comida y otros materiales orgánicos que se descomponen en los vertederos liberan metano y dióxido de carbono ayudando a la mutabilidad climática. Se estima que el desperdicio de alimentos es del 30-40 por ciento en los Estados Unidos y representa la categoría más grande de materiales en los vertederos. El desvío de restos de comida y otros materiales orgánicos de los vertederos, el metano y el dióxido de carbono pueden capturar y utilizar de manera eficiente.

Figura 5: Sistema de un biodigestor



## Biomasa

Biomasa materia orgánica de fuente vegetal o animal; considerada la energía almacenada de los seres vivos. En el ciclo natural, los animales y las plantas

aprovechan la biomasa, apropiándose de su poder para mejorar sus vidas. La parte que no se utiliza se considera biomasa residual. Esta masa residual se convierte en un recurso para generar energía que nos ayuda en el día a día. Los residuos de una actividad como la ganadería producen biomasa que se puede utilizar para producir combustible y generar electricidad.

Tabla 2: Fuentes de biomasa

| Agricultura | Silvicultura | Industrial       | Verduras   |
|-------------|--------------|------------------|------------|
| Paja        | La tala de   | Residuos inertes |            |
| Ramas de    | bosques      | (No absorbible   |            |
| Poda        |              | por el medio     |            |
|             |              | ambiente)        | Terrestres |
| Estiércol   | Ganadería    | Residuos         |            |
|             |              | peligrosos con   |            |
|             |              | tratamiento      |            |

Fuente: Biomasa basada en el artículo Otras energías renovables. Tecnología Industrial. IES "Cristóbal de Monroy", Dpto. De Tecnología.

La biomasa tiene dos tratamientos principales:

- Métodos termoquímicos: Utilizar el calor como fuente de transformación de biomasa seca (paja, madera, etc).
- Métodos bioquímicos: Utilizar la presencia de microorganismos como bacterias para realizar el tratamiento de la biomasa.

El tratamiento de la biomasa tiene la ventaja de disminuir el dióxido de carbono, un gas que se produce en diversas actividades, incluida la ganadería, que afecta la calidad del medio ambiente.

Biodigestión

Es un sistema biológico de descomposición natural que una agrupación unida de bacterias ayuda a formar la descomposición constante e inalterable, generando en dos formas de oxígeno.

### Proceso de digestión anaerobia

Digestión anaeróbica se desarrolló mediante las bacterias alteran la materia orgánica, como las heces de animales, la materia orgánica de aguas residuales y los desperdicios de alimentos, a falta de oxígeno. La digestión anaeróbica trabaja bajo condiciones aisladas cerradas comúnmente llamado reactor que se encuentra diseñado de diferentes formas y tamaños de acuerdo a las necesidades y las condiciones de la materia prima para generar biogás. Dentro del reactor existen millones de bacterias que descomponen la materia orgánica generando biogás y digestato (el resultado final de material sólido y líquido del proceso de DA) encargado del digestor.

Se pueden combinar múltiples materiales orgánicos en un digestor, una práctica llamada co-digestión. Los materiales co-digeridos incluyen estiércol; desperdicio de alimentos (es decir, procesamiento, distribución y materiales generados por el consumidor); plantaciones energéticas; restos de cosecha; y grasas, aceites y grasas (FOG) del cede de la grasa de los restaurantes y muchas. La co-digestión aumenta la elaboración de biogás comenzando en desechos orgánicos de poca eficacia o imposibles de digerir.

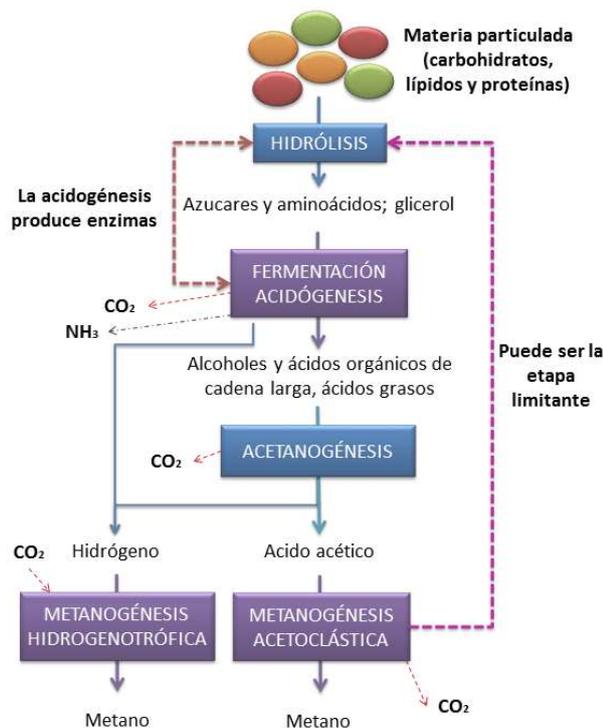
La fermentación toma varias fases, las dos más importantes son:

- Ácido: donde se forman aminoácidos, ácidos grasos y alcoholes.
- Gen Metano: Donde se forma el gas metano, el dióxido de carbono y el amoníaco para realizar la digestión anaeróbica se necesita una instalación denominada biodigestor (planta de biogás).

Es importante considerar que el lugar donde se realiza la digestión anaeróbica debe estar completamente cerrado; Se considera que el digestor es un equivalente al proceso de digestión que se da en las vacas.

Las bacterias del gen metano (que producen biogás) crecen lentamente y el metabolismo es una de las cosas más importantes en el digestor, por lo que es importante considerar: el grado de acidez (PH), la temperatura y el tiempo necesario para que la materia orgánica se procese dentro el digestor.

Figura 6: *Proceso de digestión anaeróbica*



Las fases del proceso anaerobia:

#### A. Etapa hidrolítica

La materia prima recolectada ingresa en el digestor en solidos grandes (sustratos de proteínas, glúcidos, lípidos) y mediante los agentes bacterianos y enzimas se descomponen a formas más simples mediante el proceso de hidrolización, como aminoácidos, azúcares, ácidos grasos y alcoholes.

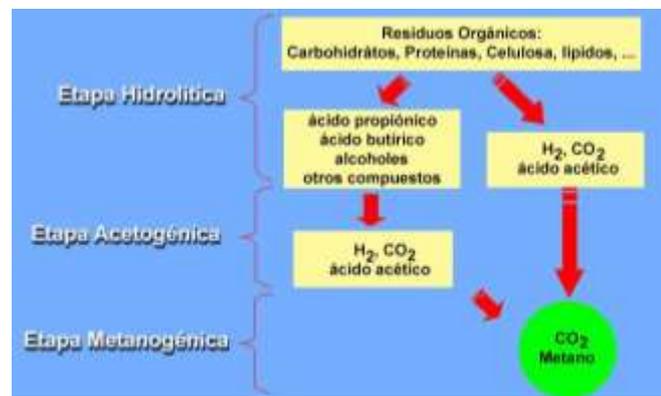
## B. Etapa acetogénica

En este proceso las bacterias acetogénicas generan elementos como el hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético. El último compuesto mencionado anteriormente se genera por la descomposición de alcoholes, ácidos grasos, ácidos volátiles, y que agrupándose con compuestos como el hidrógeno y dióxido de carbono actúan gracias a las bacterias homoacetogénicas para generar el ácido acético.

## C. Etapa metanogénica

Es la etapa más importante de todas, por la generación de  $CH_4$  y  $CO_2$ . Las bacterias metanogénicas consumen los residuos de las bacterias acetogénicas y los ácidos acéticos para que a través de la digestión de estos segreguen el biogás. El 70 % del metano producido durante el proceso bioquímico de la digestión anaeróbica se obtiene a partir del acetato que proviene del ácido acético, mientras que un 15 % es derivado del propionato y un 15% entre butirato y otros compuestos.

Figura 7: Etapas de la digestión anaeróbica



## Proceso de digestión aerobia

Son utilizados por organismos que sintetizan el oxígeno en el ambiente o agua. El proceso de fermentación de la materia orgánica es a través de una reacción exotérmica, obteniendo como productos dióxido de carbono y agua. A diferencia de la digestión anaerobia, la oxidación es mayor y el nivel energético es mayor.

La producción de esta digestión rápida es utilizada como fertilizantes para los sembríos por la gran cantidad de nitratos y fosfatos que ayudan a las plantas.

## Tipos de biodigestores

### *Biodigestores de Domo Flotante (indio)*

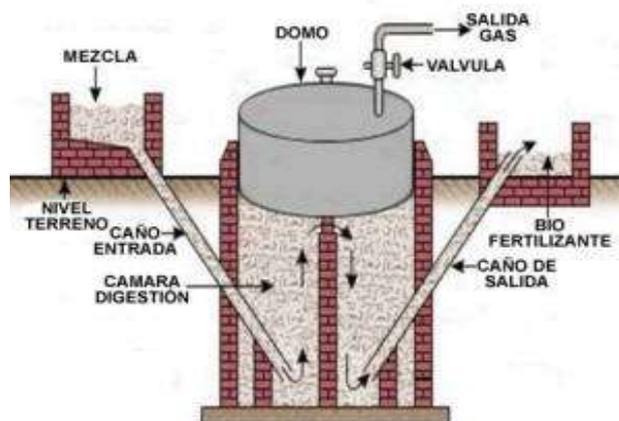
El digestor de domo flotante a menudo se construye con hormigón y acero; mientras que el digestor de cúpula fija generalmente se construye con los materiales disponibles localmente, como ladrillos y piedras. Sólo la cubierta del digestor de tambor flotante está por encima del suelo, y el resto de los componentes de ambos digestores se encuentran bajo tierra. El principio de funcionamiento de ambos diseños de digestores es bastante similar.

La materia prima se agrega a través de la tubería de entrada al tanque del digestor, ya sea directamente o después de mezclar en un pozo. El digestato (lechada) sale del digestor a través de una tubería de salida y se recoge en un depósito de salida. El tanque digestor tiene un compartimento o dos compartimentos (dependiendo de si se trata de una configuración de una o dos etapas) donde el sustrato tiene un tiempo de retención promedio de 20 a 30 días. Los digestores de tambor flotante utilizan una cubierta fina de acero inoxidable que flota sobre la materia orgánica y se dirige verticalmente para adaptarse a la presión continua del biogás. Se pueden alcanzar presiones de gas más altas agregando un peso en la parte superior del soporte. En el caso de los digestores de cúpula fija, el gas se mantiene aproximadamente a un volumen constante mientras varía la presión.

Ambos sistemas carecen de una mezcla adecuada y funcionan sin control de temperatura en los países en desarrollo. Además, no existe ninguna disposición para eliminar materiales inertes sedimentados que reduzcan considerablemente el volumen efectivo del digestor con el tiempo. Si bien la falta de partes móviles y las construcciones simples hacen que estos digestores sean fáciles de operar y mantener,

el costo de instalación sigue siendo alto para muchos agricultores rurales y requiere artesanos calificados, lo que genera limitaciones en la adopción generalizada de esta tecnología en los países en desarrollo.

Figura 8: *Biodigestor indio*



### *Biodigestor Batch*

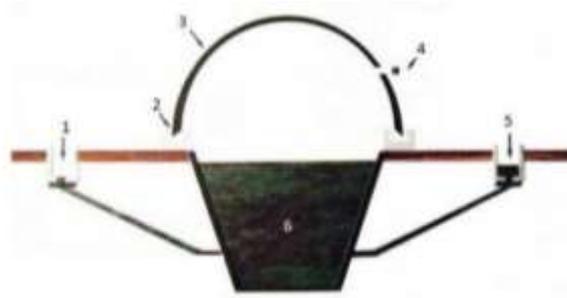
El modelo Batch consiste en un tanque que recibe una sola carga de biomasa, y después de pasar por el proceso de fermentación, se descarga completamente para recibir una nueva carga de biomasa, lo que caracteriza a un modelo de biodigestión que no es continuo, como los demás.

Este modelo es adecuado para granjas avícolas, por ejemplo. En estas granjas, las aves se alimentan hasta que alcanzan la edad de sacrificio, cuando se retiran de los gallineros. Después de sacar las aves, se recoge la biomasa y se coloca en el biodigestor y se queda allí hasta que pasan por todo el proceso de fermentación anaeróbica, dejando al final el biofertilizante. El proceso se reinicia cuando se reemplazan las aves, lo que producirá una nueva cantidad de biomasa, y durante este intervalo el biodigestor está inactivo.

### *Biodigestor canadiense*

El modelo de biodigestor canadiense está formado por una laguna de biomasa (6) cubierta por una cúpula de lona (3), que se infla a medida que se produce la cantidad de biogás. Tiene un depósito de entrada de biomasa (1), un sistema de sellado de cúpula de lona (2), una salida de gas (4) y una salida al depósito de biofertilizante (5). Este modelo de biodigestor tiene una gran área de exposición solar y su ancho es mayor que su profundidad, lo que permite una buena producción de gas.

*Figura 9: Biodigestor Canadiense*

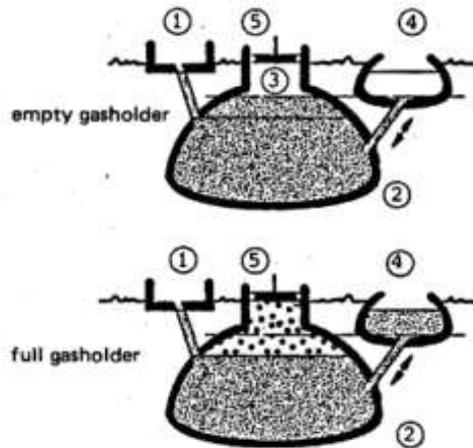


### *Biodigestores de Domo fijo (chino)*

Una planta de domo fijo consta de un digestor con un recipiente de gas fijo e inmóvil, que se ubica en la zona alta del digestor. Para la generación de gas, la materia se dirige al reservorio de compensación. A mayor volumen de gas almacenado va existir mayor presión de biogás. Estos biodigestores no utilizan partes móviles ni piezas de acero por lo tanto los costos son bajos en comparación al resto y tiene una vida útil de 20 años a más.

Debido a su instalación bajo tierra ahorra un gran porcentaje de espacio, así como está protegida de daños físicos de la intemperie superior. Ninguna alteración de temperatura en el día y noche afecta a los procesos bacterianos. Para la construcción de estos biodigestores se utiliza mucha mano de obra debido que es bajo tierra, así como técnicos calificados para evitar grietas y porosidad en la instalación.

Figura 10: *Biodigestor chino*



### *Biodigestor Tipo Salchicha/CIPAV/Taiwán/Tubular*

Es un tipo de biodigestor done en la construcción se requiere de mucho capital e inversión pero que con el tiempo se fueron acoplado materiales muchos más económicos como el polietileno (plástico) que últimamente es el más utilizado para estos tipos de biodigestores, reduciendo la presión así en otros recursos naturales.

El gas generado se almacena en la parte alta de la bolsa y en la parte inferior se encuentra la biomasa en fermentación, se debe tomar en cuenta que el límite de presión es fundamental para una buena instalación de este tipo de biodigestores por tal motivo un adecuado manejo es recomendable.

Figura 11: Biodigestor tubular



### *Biodigestor Flotante*

Utilizado en gran medida en el continente asiático por Vietnam y después difundido a todo Asia, es un sistema muy similar al del digestor de estructura flexible, ya que la única diferencia es la posición del agua que se ubica parcialmente sumergida.

Figura 12: *Biodigestor flotante*



A continuación, se muestra el resumen y comparación de todos los tipos mostrados, de acuerdo a las características y variables de cada biodigestor:

Tabla 3: Modelos de biodigestores y sus principales elementos

| Modelo | Flujo de carga de biomasa | Principales elementos del biodigestor   |
|--------|---------------------------|---|
| Chino  | Continuo                  | Embalse de biomasa<br>Depósito de biofertilizante<br>Cúpula de gas<br>Tanque de fermentación con división |
| Batch  | No continuo               | Fermentador<br>Depósito de biofertilizante  |

|            |          |  |
|------------|----------|--|
| Indio      | Continuo | Embalse de biomasa<br>Depósito de<br>biofertilizante<br>Cúpula de gas<br>Tanque de fermentación<br>con división<br>Estanque de biomasa |
| Canadiense | Continuo | Lienzo para<br>almacenamiento de gas<br>Depósito de<br>biofertilizante<br>Embalse de biomasa   |
| Taiwanés   | Continuo | Depósito de<br>biofertilizante<br>Cúpula de gas<br>Tanque de fermentación<br>con división  |

Fuente: (Fauzi, Ramon & et all., 2018)

En la table N° 4 se detalla mediante puntuaciones, según investigaciones el por qué escogimos como ideal al biodigestor modelo chino.

Tabla 4: Cuadro ponderado para la selección del tipo de biodigestor

| sector                   | variables  | valor | Tipos de biodigestores |         |         |
|--------------------------|------------|-------|------------------------|---------|---------|
|                          |            |       | Chino                  | Indiano | tubular |
| Manejo en la instalación |            |       |                        |         |         |
| A                        | Fácil      | 0     |                        |         |         |
|                          | Moderada   | 2     | 2                      |         |         |
|                          | Complicada | 4     |                        | 4       | 4       |
| Vida útil                |            |       |                        |         |         |
| B                        | < 2 años   | 6     |                        |         |         |
|                          | 5 años     | 4     |                        |         |         |

|                      |           |   |   |    |   |
|----------------------|-----------|---|---|----|---|
|                      | 10 años   | 2 |   | 2  | 2 |
|                      | 20 años   | 0 | 0 |    |   |
| <hr/>                |           |   |   |    |   |
| Costo de adquisición |           |   |   |    |   |
| C                    | Económico | 0 |   |    |   |
|                      | Moderado  | 2 | 2 |    | 2 |
|                      | costoso   | 4 |   | 4  |   |
| <hr/>                |           |   |   |    |   |
| Mantenimiento        |           |   |   |    |   |
| D                    | Fácil     | 0 |   |    | 0 |
|                      | Regular   | 2 | 2 |    |   |
|                      | Difícil   | 4 |   | 4  |   |
| <hr/>                |           |   |   |    |   |
| TOTAL                |           |   | 6 | 14 | 8 |
| <hr/>                |           |   |   |    |   |

### Energía calorífica de heces de animales

El potencial uso del estiércol durante varias generaciones agropecuarias, ha sido la elaboración del compost, esta práctica permite obtener un producto libre de gérmenes 7 patógenos, contrarrestando malos olores, y produciendo sustancias húmicas similares a las del suelo, facilitando la fertilización de los cultivos. El estiércol no solamente puede ser utilizado para la elaboración de compost, sino también para la producción de biogás y fertilizantes líquidos, someténdolo a una degradación en condiciones anaerobias, el biogás producido tiene un alto contenido de metano altamente inflamable, la cual, con instalaciones adecuadas, se puede producir energía eléctrica y a su vez ser utilizado en la cocina doméstica.

Tabla 5: Composición media de estiércol fresco de diferentes animales domésticos (% Materia seca)

| Nutriente                                    | Vacunos | Porcinos | Caprinos | Conejos | Gallinas |
|--|---------|----------|----------|---------|----------|
| <b>Materia orgánica (%)</b>                  | 48.9    | 45.3     | 52.8     | 63.9    | 54.1     |
| <b>Nitrógeno total (%)</b>                   | 1.27    | 1.36     | 1.55     | 1.94    | 2.38     |
| <b>Fosforo asimilable</b><br>( $P_2O_5$ , %) | 0.81    | 1.98     | 2.92     | 1.82    | 3.86     |
| <b>Potasio (<math>K_2O</math>, %)</b>        | 0.84    | 0.66     | 0.74     | 0.95    | 1.39     |
| <b>Calcio (<math>CaO</math>, %)</b>          | 2.03    | 2.72     | 3.2      | 2.36    | 3.63     |
| <b>Magnesio (<math>MgO</math>, %)</b>        | 0.51    | 0.65     | 0.57     | 0.45    | 0.77     |

Fuente: Bustos 2018

### Interfaz gráfica de usuario (GUI)

Los sistemas de software generalmente se basan en interfaces de usuario para ser controlados por sus usuarios. Estos sistemas se denominan entonces sistemas interactivos. Las interfaces de usuario pueden adoptar varias formas, como interfaces de línea de comandos, interfaces vocales o interfaces gráficas de usuario (GUI). Las GUI se componen de objetos gráficos interactivos llamados widgets, como botones, menús y campos de texto. Los usuarios interactúan con estos widgets para producir una acción<sup>1</sup> que modifica el estado del sistema.

El desarrollo de GUI involucra múltiples roles. El diseño de la GUI y la evaluación cualitativa están a cargo de los diseñadores de la GUI. Luego, los ingenieros de software integran las GUI en sistemas interactivos y validan esta integración utilizando técnicas de prueba de software. El desarrollo y la validación de GUI es una tarea importante en el desarrollo de un sistema interactivo, ya que las GUI pueden alcanzar hasta el 60% del software total. Además, una multiplicación de dispositivos de interfaz humana y una diversificación de las plataformas. Se ha experimentado durante la última década. Como resultado, los probadores de software enfrentan interfaces de usuario que deben probarse en múltiples plataformas con varios HID, lo que aumenta el costo de las pruebas. Validar, desde el punto de vista de la ingeniería de software, las interfaces de usuario y, en particular, las GUI es ahora

un desafío crucial. De manera similar a la atención que se ha prestado a la validación de sistemas de software desde las últimas décadas, argumentamos en esta tesis que las pruebas de software deben adaptarse para considerar defectos específicos de GUI. De hecho, las GUI deben considerarse como artefactos de software especiales que requieren técnicas de prueba de software dedicadas. Dichas técnicas pueden depender de las técnicas de prueba de software convencionales, como detallamos en este documento.

## Diseño GUI

Las GUI son la parte esencial de un sistema interactivo. Están compuestos por objetos gráficos interactivos, llamados widgets, como botones, menús, áreas de dibujo de editores gráficos. Estos widgets se distribuyen siguiendo un orden específico en su jerarquía. Los usuarios interactúan con los widgets realizando una interacción del usuario en una GUI. La interacción del usuario se compone de una secuencia de eventos producido por dispositivos de entrada manejado por los usuarios. Tal interacción produce como salida una acción que modifica el estado del sistema<sup>1</sup>. Por ejemplo, la interacción del usuario que consiste en presionar el botón "Borrar" de un editor de dibujo produce una acción que elimina las formas seleccionadas del dibujo.

## Tipos de GUI

Las GUI se adaptan más para incorporar nuevos estilos de interacción. Esta tendencia se materializa en las dos generaciones de estilos de interfaces gráficas de usuario: WIMP y post-WIMPGUI.

WIMP (Ventanas, iconos, menús, puntero) Las GUI surgieron en los años 70 con el objetivo de ser más fáciles de usar y fáciles de usar en comparación con las interfaces de líneas de comando. Sin embargo, solo ganaron popularidad con Macintosh en los años 80 y siguieron siendo dominantes durante más de dos décadas. Las GUI de WIMP se componen de estándar widgets, por ejemplo: botones, menús,

campos de texto). Dichos widgets permiten interacciones compuestas por un solo evento de entrada, que llamamos interacciones mono-evento, basado en los dispositivos de mouse y teclado. Los widgets estándar funcionan de manera idéntica en muchas plataformas GUI. Por ejemplo, interactuar con un botón tiene el mismo comportamiento en varias plataformas: presado el botón izquierdo del mouse sobre él mientras se posiciona un mouse. También los widgets estándar tener un conjunto preestablecido de propiedades, que tienen valores predefinidos como número y texto.

GUI post a WIMP vaya más allá del mero uso de ratones y teclados para adaptarse a nuevos dispositivos de entrada como pantallas táctiles, giroscopios, rastreadores de dedos / ojos. Se presentan en varios dominios, como la computación ubicua y móvil y la realidad virtual. Estos dominios aprovechan las novedosas técnicas de interacción humano-computadora para desarrollar GUI altamente interactivas con más "mundo real" interacciones. Van Dam propuso que una GUI posterior a WIMP es una que contiene al menos una técnica de interacción que no depende de los widgets 2D clásicos, como menús e iconos. Por lo tanto, las GUI posteriores a WIMP se basan cada vez más hoc widgets y su complejo de 3 interacciones.

### Patrones de diseño arquitectónico GUI

El desarrollo de software de GUI se basa, como cualquier sistema intensivo de software, en patrones de diseño arquitectónico específicos que organizan los componentes de GUI y describen cómo interactúan entre sí.

La descomposición del núcleo que sigue todos los patrones de diseño arquitectónico de la GUI es la separación entre el modelo de datos del sistema (alias. el núcleo funcional) y sus representaciones (las vistas o interfaces de usuario). Esta separación explícita permite que el modelo sea independiente de cualquier vista. Por lo tanto, se pueden desarrollar múltiples vistas para un solo modelo de datos. Las vistas se pueden agregar, eliminar o modificar sin afectar el modelo. Sobre la base de

esta separación modelo-vista, se han propuesto múltiples patrones de diseño arquitectónico GUI para completar esta separación con detalles. El patrón de diseño arquitectónico más conocido es sin duda el Modelo-Vista-Controlador patrón de diseño (MVC). MVC organiza un sistema interactivo en tres componentes principales complementados con comunicaciones entre ellos, como se muestra en la figura 13. El modelo corresponde al modelo de datos del sistema. La vista es la representación de este modelo de datos. El controlador es el componente que recibe los eventos producidos por los usuarios mientras interactúan con la vista, los trata para luego modificar el modelo o la vista. Sobre los cambios, el modelo puede notificar a sus observadores sobre los cambios a actualizar.

Figura 13: Patrón de diseño arquitectónico MVC



Fuente: [15]

La transmisión de eventos desde una vista a su controlador generalmente se basa en un patrón de programación dirigido por eventos: una interacción producida a través de la vista por un usuario que usa un dispositivo de entrada produce un evento GUI. Este evento GUI luego se transmite al controlador de la vista que lo recibe a través de un método de escucha o manipulador.

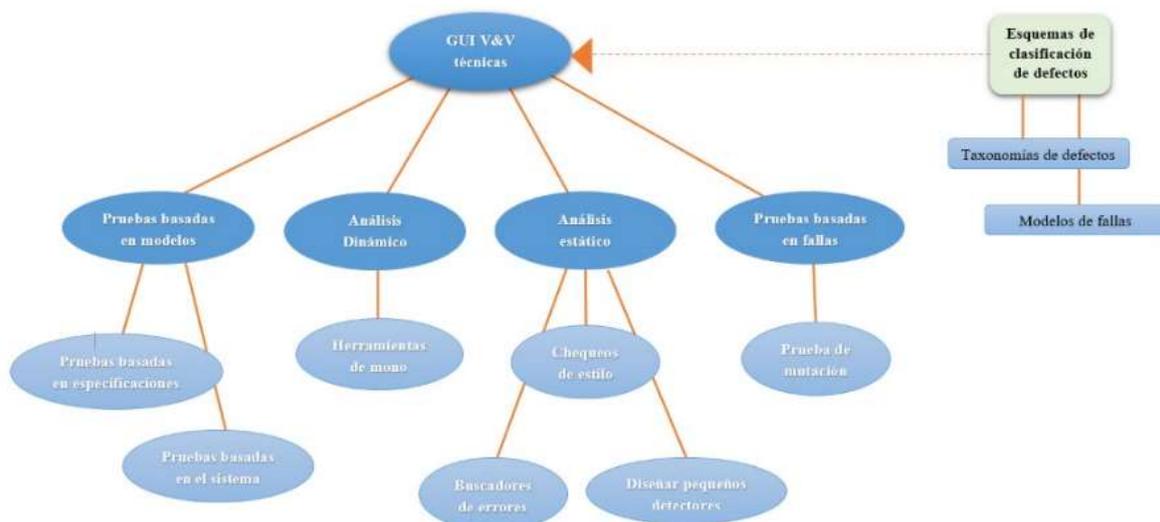
#### Técnicas GUI V&V

La verificación y validación de la GUI (V&V) es el proceso de evaluación de los artefactos del software de la GUI para verificar si cumplen los requisitos o asegurarse

de que están libres de errores. Se puede notar que las GUI tienen varias especificidades que complican la forma de probarlas. Por ejemplo, probar las GUI de WIMP se centra básicamente en probar widgets estándar. Sin embargo, la prueba de las GUI posteriores a WIMP se centra en ambos ad hoc widgets y sus interacciones de eventos múltiples. Además, al probar una GUI se pueden encontrar problemas que surgen a través de las GUI, pero es posible que no sean fallas de la GUI. Como escribió Memon, las pruebas de GUI son no solo la cantidad de código que se prueba, sino si el código probado corresponde a interacciones de usuario potencialmente problemáticas.

Hay varias técnicas GUI V&V por ejemplo pruebas basadas en modelos, análisis estático para garantizar la calidad y confiabilidad de las GUI. Se han desarrollado para encontrar fallas que afecten a las GUI o para medir la calidad del código de la GUI. En la figura 14 muestra algunas técnicas de V&V y sus soluciones para interfaces gráficas de usuario.

Figura 14: Ejemplos de técnicas GUI V&V



Fuente: propia

La técnica más utilizada para medir la calidad y confiabilidad de las GUI es en pruebas. La prueba de las GUI tiene como objetivo validar si tiene el comportamiento

esperado: ¿La GUI se ajusta a su especificación de requisitos? De hecho, las pruebas de GUI ejercitan cada estado posible a través de sus componentes en busca de fallas. La mayoría de los enfoques de prueba de GUI se centran en sistemas automatizados para proporcionar una detección de errores efectiva, por ejemplo, las soluciones de prueba de GUI basadas en modelos se basan en modelos para impulsar la generación de casos de prueba. En tal caso, la confiabilidad de la GUI depende de la confiabilidad de los modelos utilizados para modelar y probar las GUI.

La confiabilidad de las GUI, sin embargo, aún se ve afectada por el código de baja calidad. Por tanto, se han propuesto análisis estáticos para medir la calidad de un código GUI. Su objetivo es detectar problemas en el código fuente que pueden tener efecto sobre las fallas. Además, las técnicas V&V son complementarias, y se pueden combinar técnicas GUI V&V similares para lograr una prueba completa de GUI. Por ejemplo, una prueba basada en modelos puede usar un análisis dinámico para construir un modelo de prueba de GUI.

Las técnicas GUI V&V pueden ser compatibles con esquemas de clasificación de defectos. Un ejemplo es modelos de falla que se utilizan en gran medida como punto de partida en las pruebas basadas en fallos, como las pruebas de mutación. Las pruebas de mutación aprovechan los modelos de fallas para implementar un conjunto de mutaciones que deberían ser detectadas por sus conjuntos de pruebas. Por lo tanto, una serie de pruebas completa debe detectar todas las mutaciones derivadas del modelo de falla.

## ANGULAR v11

Es un sistema informático que se utilizó en esta tesis, que ayudo en el dimensionamiento de biodigestores rurales y el sistema fotovoltaico, Angular v11 es un software interactivo que tiene un lenguaje de programación de código abierto, también es un Framework de desarrollo creado por Google relacionado con

JavaScript. El nombre Angular v11 es una herramienta que optimiza el proceso de cálculos de forma sencilla de acuerdo al propósito del usuario.

Angular v11 trabaja con algunas herramientas que facilitan la programación, lo que le permite implementar y resolver problemas matemáticos de manera mucho más rápida y eficiente que usando otros lenguajes como C, Basic, Pascal o Fortran. Su interfaz está formada por ventanas que se pueden habilitar o deshabilitar mediante comandos.

Algunas características de este programa son:

- Mantiene un diseño MVC que ayuda a tener una vista fluida y dinámica.
- Implementación de una interfaz de usuario a través del uso de HTML.
- Filtración de datos de acuerdo a los parámetros que requiere el usuario para una experiencia didáctica.

*Figura 15: Generador de comandos en Angular*

```
/**
 * Declaration of the AST object handlers.
 */
var ClassSyntaxTree = require('./astmodel/ClassSyntaxTree');
var RequireSyntaxTree = require('./astmodel/RequireSyntaxTree');
var Exp module export=
  (property) export=: typeof ClassBuilder
  RequireSyntaxTree');
module.exports = class ClassBuilder {

  constructor(className) {
    this.classST = new ClassSyntaxTree(className);

    this.className = className;

    this._bodyClassBuilder = null;
  }

  addRequire(variable, module) {
    var requireST = new RequireSyntaxTree(variable, module);
    this.classST.addRequireSyntaxTree(requireST);
    return this;
  }
}
```

Fuente: Guerrero,2019

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación:

- Tipo: Es Cuantitativo porque según Sarduy [16] recoge, procesa y analiza datos numéricos sobre las variables de investigación.
- Diseño: Es pre-experimental porque según Marroquín [17] sigue una secuencia de procesos dentro de una metodología donde las variables de estudio no se manipulan en ninguna fase, solo se investigan la relación entre ellas.

### 2.2. Variables, Operacionalización

Tabla 6: Variables independientes y dependientes

|               | VARIABLES                       | DIMENSION   | INDICADOR   | ÍNDICES | TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN              | INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN                           |
|---------------|---------------------------------|---|---|---------|--------------------------------------|---|
| Independiente | Sistema Fotovoltaico            | Análisis y cálculo de estudio mediante estadísticas | Número de Módulos fotovoltaicos y número de reguladores | °Nmód   | Observación y análisis de documentos | Registro electrónico y guía de observación            |
|               | Sistema de Biogás               | Análisis de estudio                                 | Volumen del biodigestor y mezcla de estiércol           | Cal/kg  | Observación y análisis de documentos | Guía de Observación y ficha de análisis de documentos |
| Dependiente   | Energía Eléctrica y calefacción | Análisis y cálculo de estudio                       | Demanda de energía de la granja y Carga térmica         | kW/h    | Observación y análisis de documentos | Guía de observación                                   |

Fuente: Propia

### 2.3. Población y Muestra

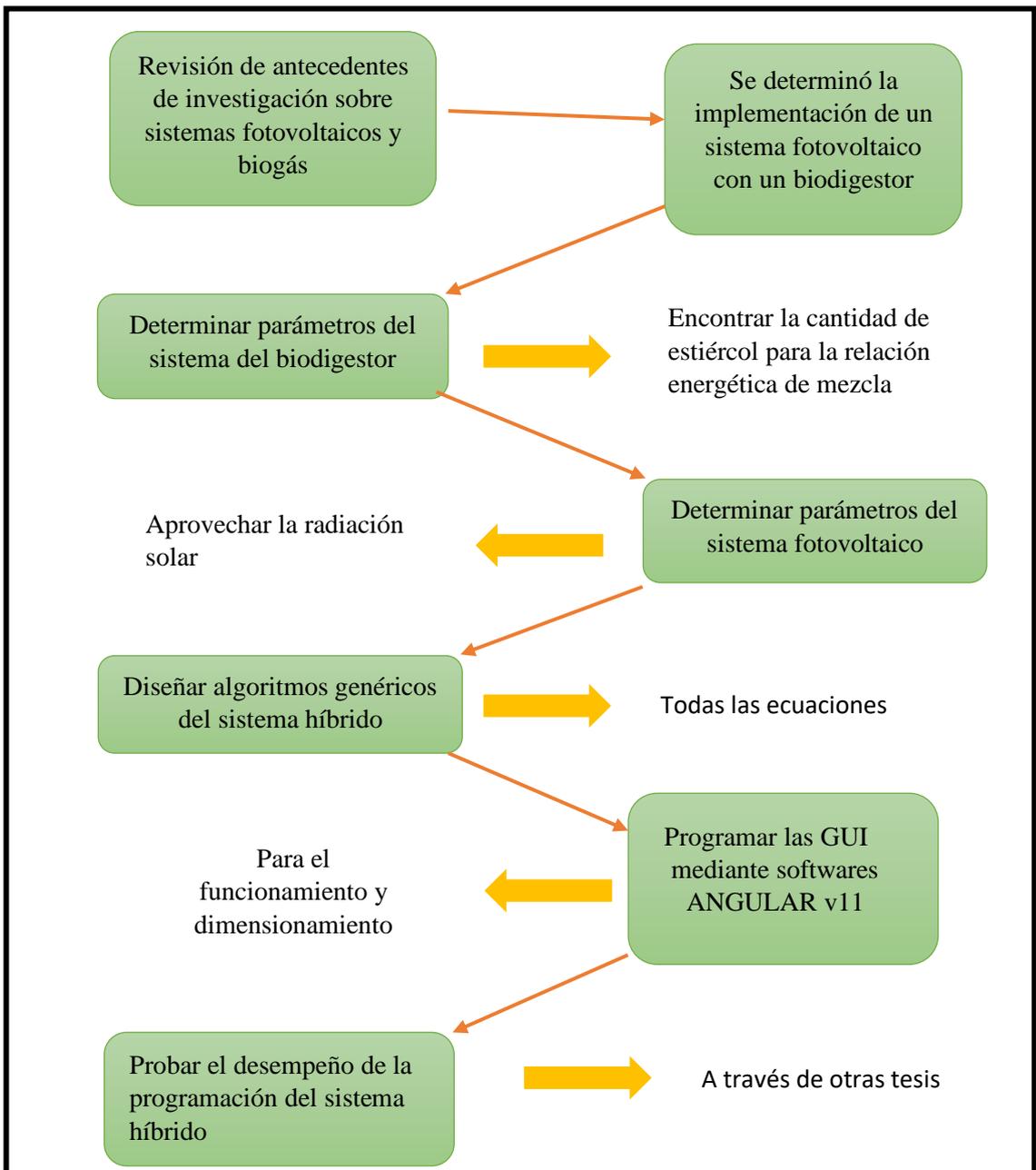
No aplica.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Procedimiento para el análisis de datos

*Diagrama de flujo de procesos*

Diagrama 1: Flujo de Procesos:



Fuente: Elaboración Propia

## Técnicas de Recolección de Datos

### *Observación Directa*

Es la técnica más utilizada del investigador, Según Ramos [18] como procedimiento se puede utilizar en distintos momentos de la investigación, se usa en el diagnóstico del problema y es de gran utilidad en el diseño de la investigación, es uno de los primeros métodos utilizados en la historia y estimula la curiosidad, y que de aquí parte todo el proceso.

### *Análisis de Documentos*

Es la recopilación detallada de estudios previos que se relacionan con el tema de investigación para un mejor desarrollo del tema.

## Instrumentos de Recolección de Datos

### *Guía de Observación*

Es un procedimiento que requiere de la técnica de observación directa para realizar un análisis eficiente de lo que uno quiere investigar para proyectos, trabajos, tesis, informes, etc. Todo de forma sistemática y organizada.

### *Ficha de Análisis de Documentos*

También como el anterior instrumento, requiere de la técnica de análisis de documentos para luego distribuir en la ficha toda la información recopilada relacionada con tema de investigación.

## Principios de Rigor Científico

Existen tres características fundamentales que marcan a una investigación para un propósito seguro y de uso.

- ***Credibilidad***

Principio donde la finalidad es conseguir la confianza de variable relevante dentro de la investigación, quiere decir que dentro de un contexto en la realidad no puede ser alterada por ninguna causa externa.

- ***Fiabilidad***

Es un valor donde cada investigador demuestra la transparencia en sus investigaciones por medio de buena calidad de datos aportados en los trabajos hechos.

- ***Replicabilidad***

Es un objetivo para reanudar la investigación de acuerdo a cada investigador que necesite de tus investigaciones y que quieran seguir ahondando más en el tema propuesto.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### Datos de entrada de demanda energética

En la tabla 7, se muestra las variables o datos necesarios de entrada para poder encontrar los datos de salida de la demanda energética necesaria para el dimensionamiento del sistema híbrido Biodigestor-Fotovoltaico.

*Tabla 7: Datos de entra demanda energética*

| Datos de entra demanda energética |                |
|-----------------------------------|----------------|
| VARIABLES                         | UNIDADES       |
| Carga                             | Tipo           |
| Uso diario                        | Horas          |
| Potencia                          | KW             |
| Unidades                          | Valor numérico |

Fuente: Elaboración propia

##### Datos de entrada del sistema del biodigestor

En la tabla 8, se muestra las variables o datos necesarios de entrada para poder encontrar los datos de salida del sistema del biodigestor necesaria para el dimensionamiento del tipo de biodigestor, volumen, entre otros.

*Tabla 8: Datos de entrada del sistema del biodigestor*

| Sistema biodigestor   |                |
|-----------------------|----------------|
| VARIABLES             | UNIDADES       |
| Animal                | Tipo           |
| Cantidad de estiércol | Kg             |
| Número de animales    | Valor numérico |

Fuente: Propio

## Datos de entrada del sistema fotovoltaico

En la tabla 9, se muestra las variables o datos necesarios de entrada para poder encontrar los datos de salida del sistema del fotovoltaico necesaria para el cálculo del número de módulos, reguladores, entre otros.

Tabla 9: Datos de entrada del sistema fotovoltaico

| Sistema fotovoltaico                      |                       |
|---|-----------------------|
| VARIABLES                                 | UNIDADES              |
| Potencia                                  | Wh/día                |
| Voltaje de la batería                     | V                     |
| Autonomía                                 | Días                  |
| Potencia del panel                        | W                     |
| Hora pico solar (radicación)              | Wh/m <sup>2</sup> día |
| Voltaje max. del panel                    | V                     |
| Corriente max. del panel                  | A                     |
| Profundidad de descarga max. estacionaria | -                     |
| Profundidad de descarga max. al día       | -                     |
| Corriente max. del panel en cortocircuito | A                     |
| Potencia en corriente continua            | W                     |
| Potencia en corriente alterna             | W                     |
| Factor global de funcionamiento           | Valor numérico        |

Fuente: Elaboración propia

## Salida de Datos

### Datos de salida de demanda energética

En la tabla 10, se muestra las variables o datos resultantes de salida respecto de la demanda energética que se ejecutan de forma automática debido a una previa

programación y calculo para poder seguir una metodología estructurada de paso a paso para obtener valores confiables y seguros.

Tabla 10: Demanda energética de demanda energética

| Demanda energética |          |
|--------------------|----------|
| VARIABLES          | UNIDADES |
| Energía diaria     | Wh       |
| Potencia total     | W        |

Fuente: Propio

#### Datos de salida del sistema del biodigestor

En la tabla 11, se muestra las variables o datos resultantes de salida respecto al sistema de biodigestor que se ejecutan de forma automática debido a una previa programación y cálculo para poder seguir una metodología estructurada de paso a paso para obtener valores confiables y seguros.

Tabla 11: Datos de salida del sistema del biodigestor

| Sistema biodigestor  |                |
|----------------------|----------------|
| VARIABLES            | UNIDADES       |
| Volumen              | m <sup>3</sup> |
| Producción de biogás | m <sup>3</sup> |
| Energía producida    | Wh-día         |
| Dimensionamiento     | Varios         |

Fuente: Propio

#### Datos de salida del sistema del fotovoltaico

En la tabla 12, se muestra las variables o datos resultantes de salida respecto al sistema de fotovoltaico que se ejecutan de forma automática debido a una previa

programación y cálculo para poder seguir una metodología estructurada de paso a paso para obtener valores confiables y seguros.

Tabla 12: Datos de salida del sistema del fotovoltaico

| Sistema fotovoltaico                        |          |
|---|----------|
| Variables                                   | Unidades |
| Numero de paneles                           | cantidad |
| Numero de batería                           | -        |
| Numero de reguladores                       | cantidad |
| Corriente de entrada y salida del regulador | A        |
| Potencia de inversor                        | Kw       |

Fuente: Propio

## Diseño de la interfaz gráfica por medio de ANGULAR v11

### Herramienta GUIDE

Para poder desarrollar la interfaz gráfica se ha creído conveniente desarrollarlo mediante el software ANGULAR v11, esta herramienta facilita a los usuarios el ingreso y análisis de los datos ingresados y obtenidos. A continuación, se procede a explicar a detalle el funcionamiento de dicha herramienta.

En la interfaz grafica o GUI se muestran 3 pantallas principales, la primera es para determinar la máxima demanda (figura 16), la segunda calcula los parámetros de diseño del biodigestor (figura 17) y la tercera muestra los parámetros de diseño fotovoltaico (figura 18).

Figura 16:Maxima demanda energética

| Demanda energética                          |             | Digestor |              | Intensidad    |                    |                         |                           |        |
|---|-------------|----------|--------------|---------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--------|
| <b>MÁXIMA DEMANDA ENERGÉTICA A CONSUMIR</b> |             |          |              |               |                    |                         |                           |        |
| #   | Descripción | Unidad   | Potencia (W) | Uso diario(h) | Potencia Total (W) | Energía Diaria (Wh-día) | Energía Mensual (kWh-mes) | Acción |
| Total                                       |             |          | 0            |               | 0                  | 0                       |                           |        |

**Demanda Total**

Máxima Demanda (W)

Energía Total (Wh-día)

Energía Total (kWh-mes)

Figura 17: Parámetros para dimensionamientos de biodigestor

| Unidad | Tipo   | Resultado            |
|--------|--|----------------------|
| Dc     | Diámetro del cuerpo cilíndrico   | <input type="text"/> |
| Hc     | Altura del cuerpo cilíndrico   | 0m                   |
| Hd     | Altura de la tapa del generador  | 0m                   |
| Hf     | Altura de la tapa inferior   | 0m                   |
| Hg     | Radio de la tapa del generador   | 0m                   |
| Hh     | Radio de la tapa inferior  | 0m                   |
| De     | Diámetro de la tapa de entrada   | 0m                   |
| He     | Altura de la tapa de entrada   | 0m                   |
| L      | Longitud del tubo de PVC en la superficie del suelo                                    | 0m                   |
| De     | Diámetro de la tapa de salida  | 0m                   |
| He     | Altura de la tapa de salida  | 0m                   |
| w      | Capacidad máxima en el suelo   | 0,25 m               |
| s      | Altura del fondo de la tapa de entrada   | 0m                   |
| Wd     | Distancia entre el centro de la tapa de entrada y el cuerpo cilíndrico del biodigestor | 0m                   |
| Wd     | Longitud del tubo de PVC en el suelo de la superficie del suelo                        | 0m                   |

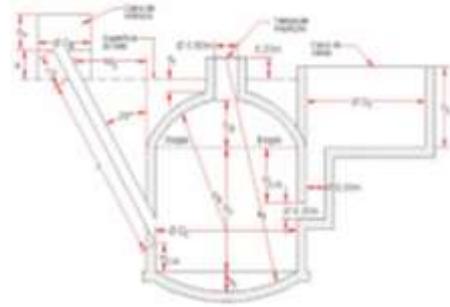


Figura 18: Parámetros del diseño fotovoltaico

**ESPECIFICACIONES**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Potencia (W/kVA) <input type="text" value="10000"/>           | Voltaje bat. <input type="text" value="12"/>                  | Autonomía (días) <input type="text" value="3"/> | Pt Panel (Wh-día) <input type="text" value="340"/>         |
| H. Sol <input type="text" value="4.66"/>                      | Voltaje panel max. <input type="text" value="28.4"/>          | Imax panel <input type="text" value="12.4"/>    | Prof. descargas max. ent. <input type="text" value="0.7"/> |
| Prof. descarga max. día <input type="text" value="0.7"/>      | L. max panel en corto circuito <input type="text" value="0"/> | Potencia en DC <input type="text" value="0"/>   | Potencia AC <input type="text"/>                           |
| Factor global funcionamiento <input type="text" value="0.8"/> |   |   |  |

**Calcular**

---

**PANELES E INVERSOR**

|                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| PANELES                        | POTENCIA INVERSOR              |
| <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="0"/> |

---

**BATERIAS**

|                                |  |  |
|--------------------------------|--|--|
| # BATERIAS                     | AMPERHORA(S)                                       | VOLTAJE(V)                                       |
| <input type="text" value="0"/> | <input type="text" value="Ingresar los amperios"/> | <input type="text" value="Ingresar el voltaje"/> |

## Funcionamiento del programa

La interfaz guide muestra todas las propiedades y herramientas para modelar de forma personalizada y automática interfaz de usuario, a través de una amplia variedad de variables de entrada y salida para generar una descripción gráfica y representativa de la interfaz. Por lo tanto, ANGULAR v11 relaciona el código de programación para la elaboración de la interfaz, de acuerdo a una programación técnica que esté al tanto a las necesidades de la problemática a tratar.

La importancia es que cualquier persona que coloque los parámetros que requiere para poder diseñar una interfaz sin tener experiencia con el programa, ya que el reconocimiento del funcionamiento del programa es didáctico para la programación de la herramienta.

## Diseño y construcción de GUI para el dimensionamiento del sistema Híbrido

El primordial que, antes de iniciar con el desarrollo de la interfaz gráfica, debemos tener en cuenta una serie de cuestiones, como quién va a trabajar con la interfaz, para que estamos creando la interfaz, que es lo que se quiere que realice, la interacción entre usuario e interfaz y que componentes se requieren para que dicha interfaz cumpla con su funcionalidad.

El principal objetivo que se busca alcanzar con el desarrollo de esta interfaz es que sirva como una herramienta de cálculo, y lo haga de manera rápida y sencilla, y así pueda determinar los parámetros requeridos para el diseño fotovoltaico y del biodigestor para su posterior acoplamiento. El perfil de usuario para el uso de esta interfaz son profesionales y estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica, sin embargo, el diseño de la interfaz desarrollada es tan simple e intuitiva que puede ser utilizada por casi cualquier usuario con conocimientos básicos en la materia.

Como paso principal se debe conocer los datos de entrada, los cuales deberán ser introducidos por el usuario, y que servirán para que la interfaz lleve a cabo el cálculo para determinar los parámetros requeridos.

Una vez realizadas estas consideraciones se procede a la construcción de cada una de las GUI por medio de la herramienta ANGULAR v11, llevando a cabo en primer lugar el diseño gráfico de las mismas y posteriormente la programación de cada uno de los componentes que figuran en ellas.

### Parámetros para el cálculo de la demanda de energía y máxima demanda

Para el caso que este algoritmo se emplee para dotar de energía a un centro poblado, se tendría que realizar la proyección de la tasa de crecimiento tomando en cuenta los datos de los censos realizados en las 3 últimas décadas.

En nuestro caso, dicha investigación está hecha de manera genérica para una o un corto grupo de viviendas. En primer lugar, debemos calcular la energía promedio diaria de la vivienda, como se muestra a continuación en la tabla 13.

*Tabla 13: Energía promedio diaria*

| Descripción   | Unidad | Potencia<br>(W) | Uso<br>diario<br>(h) | Energía<br>diaria<br>(Wh) | Potencia<br>total<br>(W) |
|---------------|--------|-----------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Foco          | 6      | 12              | 8                    | 576                       | 72                       |
| Televisor     | 1      | 180             | 6                    | 1080                      | 180                      |
| Refrigeradora | 1      | 432             | 3                    | 1296                      | 432                      |
| Reserva       | 1      | 300             | 1                    | 300                       | 300                      |
| Sub total     |        |                 |                      | 3252                      | 984                      |

Fuente: propia

La máxima demanda será la potencia requerida para abastecer dicha vivienda o propiedad, en el ejemplo necesitaríamos abastecer 3.252 kW.

Parámetros a calcular en el dimensionamiento de sistema biodigestor.

Consideraremos para la biomasa el estiércol del ave (gallina, pato, pavo); bovino (vacas y toros) y porcino, para ello es necesario cuantificar el total de estiércol diario.

Según Secretaria de Agroindustrias la cantidad de estiércol generada por un ave es de 0.2 kg al día, así mismo, menciona que el ganado vacuno genera entre 6 a 10 kg de estiércol diario, también se menciona que un cerdo de tamaño promedio puede producir alrededor de 4.5 kg de estiércol diario. [19]

Cálculo de la producción de biogás a partir de estiércol:

Según Laura [20], se puede determinar la producción de biogás al día considerando lo siguiente.

La cantidad de Sólidos Totales (ST) del estiércol fresco es del 16%, que la relación entre los sólidos volátiles y los sólidos totales (SV/ST) es del 81% y que el potencial de biogás por cada kg de SV es de  $0,27 m^3$ , Entonces obtenemos que:

$$\frac{1kg \text{ de estiercol}}{0.16 kg ST} * \frac{1 kg de ST}{0.81 kg SV} * \frac{1 kg de SV}{0.27 m^3 de biogas}$$
$$= \frac{1kg \text{ de estiercol}}{0.035m^3 de biogas}$$

De la siguiente ecuación podemos decir que, 1 kg de estiércol produce  $0.035 m^3$  de biogás, con esto podemos conocer la cantidad de biogás que se producirá, así mismo también se podrá conocer la energía eléctrica que se generará.

Tabla 14: Cantidad de biogás y energía producida

| Tipo de animal | Cantidad de estiércol (kg/día) | N° de animales | Masa de estiércol (kg) | Producción $m^3/kg$ estiércol | Cantidad de biogás producido ( $m^3$ ) | Energía producida (kW*día) |
|----------------|--------------------------------|----------------|------------------------|-------------------------------|--|----------------------------|
| Ave            | 0.2                            | 10             | 2                      | 0.035                         | 0.07                                   | 0.055                      |
| Bovino         | 8                              | 5              | 40                     | 0.035                         | 1.4                                    | 1.103                      |
| Porcino        | 4.5                            | 3              | 13.5                   | 0.035                         | 0.473                                  | 0.372                      |
| Subtotales     |                                | 18             | 55.5                   |                               | 1.943                                  | 1.531                      |

Fuente: propia

En la tabla N° 14 la energía que puede suministrar el biodigestor es de 1.531 kWh mientras que la energía total a suministrar es de 3.252 kWh, esto representa el 47.08 %, la energía restante será suministrada por el sistema fotovoltaico.

Dimensionamiento para el biodigestor modelo chino:

Para obtener el volumen de biogás y el volumen del biodigestor utilizamos la siguiente formula.

$$V = K * B$$

Donde:

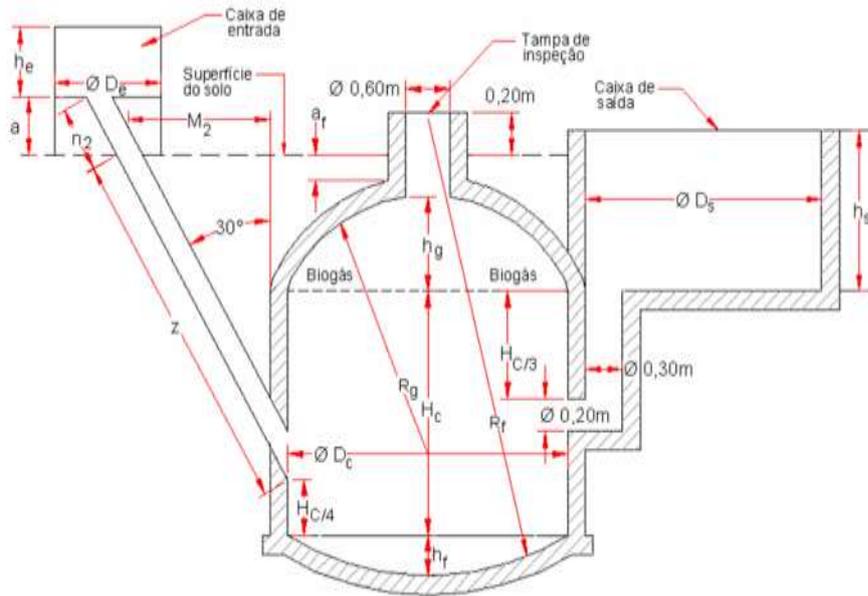
$V$  = volumen útil de biodigestor ( $m^3$ )

$K$  = factor de rendimiento

$B$  = volumen de biogás necesario por día

A través de la figura N° 19, podemos ver detalladamente las dimensiones necesarias para la construcción del biodigestor.

Figura 19: Dimensionamiento del biodigestor chino



$D_c$  , diámetro del cuerpo cilíndrico

$D_s$  , diámetro de la caja de salida

$H_c$  , altura del cuerpo cilíndrico

$h_s$  , altura de la caja de salida

$h_g$  , altura de la tapa del gasómetro

$a_f$  , hundimiento de la cúpula en el suelo

$h_f$  , altura de la tapa inferior

$a$  , altura inferior de la caja de entrada

$R_g$  , radio de la tapa del gasómetro

$M_2$  , distancia entre el centro de la caja de entrada y el cuerpo cilíndrico del biodigestor

$R_f$  , radio de la tapa inferior

$D_e$  , diámetro de la caja de entrada

$n_2$  , longitud del tubo PVC sobre la superficie del suelo

$h_e$  , altura de la caja de entrada

$z$  , longitud del tubo PVC a la superficie

del suelo

Antes de iniciar con los cálculos de dimensionamiento del biodigestor, debemos tener en cuenta que la relación entre la altura del cuerpo cilíndrico ( $H_C$ ) y el diámetro de cuerpo cilíndrico debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$0.5 < \frac{H_C}{D_C} < 0.6$$

Para cumplir con esta necesidad tomaremos como valor de relación 0.55.

Para hallar el volumen del cuerpo cilíndrico ( $V_C$ ), debemos asignar un valor al diámetro del cuerpo cilíndrico ( $D_C$ ) por conveniencia y por temas de espacio se recomienda sea entre 2 a 3 m.

$$V_C = \frac{\pi * D_C^2 * H_C}{4}$$

El valor de la altura de la tapa inferior ( $h_f$ ), se obtiene por la ecuación:

$$h_f = \frac{D_C}{8}$$

Con el valor de la altura de la tapa inferior se puede calcular el radio ( $R_f$ ) y el volumen de la tapa inferior ( $V_f$ ) por medio de las siguientes ecuaciones:

$$V_f = \frac{\pi * h_f}{6} * \left( \frac{3D_C^2}{4} + h_f^2 \right)$$

$$R_f = \frac{\frac{D_C^2}{4} + h_f^2}{2 * h_f}$$

Podemos calcular la altura de la tapa del gasómetro ( $h_g$ ), con la siguiente ecuación:

$$h_g = \frac{D_C}{4}$$

Así mismo, con el valor anterior determinar el volumen ( $V_g$ ) y el radio de la tapa del gasómetro ( $R_g$ ), a través de las siguientes ecuaciones:

$$V_g = \frac{\pi * h_g}{6} * \left( \frac{3D_c^2}{4} + h_g^2 \right)$$

$$R_g = \frac{\frac{D_c^2}{4} + h_g^2}{2 * h_g}$$

Podemos calcular la altura de la tapa del gasómetro ( $h_g$ ), con la siguiente ecuación:

$$h_g = \frac{D_c}{4}$$

Así mismo, con el valor anterior determinar el volumen ( $V_g$ ) y el radio de la tapa del gasómetro ( $R_g$ ), a través de las siguientes ecuaciones:

$$V_g = \frac{\pi * h_g}{6} * \left( \frac{3D_c^2}{4} + h_g^2 \right)$$

$$R_g = \frac{\frac{D_c^2}{4} + h_g^2}{2 * h_g}$$

Luego determinamos las dimensiones de la caja de salida, su altura ( $h_s$ ) y diámetro ( $D_s$ ), a través de:

$$h_s = h_g + af + 0.2$$

$$D_s^2 = \frac{D_c^2 * H_c}{3(h_s - 0.1)}$$

El valor del hundimiento de la cúpula en el suelo ( $af$ ), no tiene que ser mucho de gran tamaño, basta con que una pequeña capa de tierra cubra la bóveda, junto al muro de la boca de inspección, para permitir la construcción de la acera sin afectar el muro del gasómetro. Valores de 0,20 a 0,25 m son suficientes para este hundimiento.

La constante de 0,1 m de la ecuación del diámetro de la caja de salida es un espacio para evitar el desbordamiento de los residuos, cuando el biogás alcanza su máxima presión.

Podemos calcular también el volumen de reposición diario ( $V_e$ ) y el diámetro de la caja de entrada ( $D_e$ ) a través de las ecuaciones:

$$V_e = \frac{V}{n}$$

$$V_e = \frac{\pi * D_e^2 * (h_e - 0.1)}{4}$$

Donde:

$n$ , periodo de retención

$h_e$ , altura de la caja de entrada (m)

Se debe asignar un valor a la altura de la caja de entrada, teniendo en cuenta que no debe ser muy alta, para que el llenado no se dificulte. Según Ortolani [21] alturas superiores a 1 m ya generan alguna dificultad. El fondo de esta caja ( $a$ ) debe estar al menos a 0,50 m sobre el nivel del suelo.

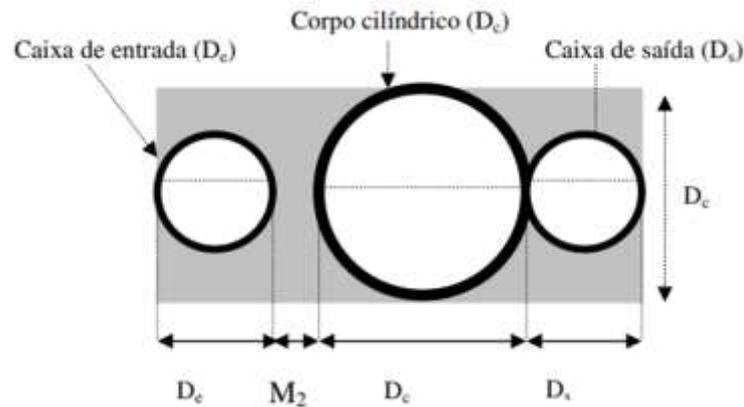
Podemos calcular el volumen de biogás almacenado a máxima presión ( $V_B$ ), calculando primero la presión máxima ( $P_{max}$ ) que puede alcanzar el biogás proveniente del biodigestor, en metros de columna de agua (m.c.a), utilizando las siguientes ecuaciones:

$$P_{max} = \frac{H_c}{3} + H_s - 0.1$$

$$V_b = \left( \frac{\pi * D_c^2}{4} * \frac{H_c}{3} \right) + V_g + \left( \frac{\pi * 0.6^2 * (a + 0.2)}{4} \right)$$

El área mínima requerida para implementar el modelo de biodigestor ( $A_{tcc}$ ), es decir, el área mínima que se debe limpiar para la construcción del biodigestor, como que se muestra en la figura 20, se puede calcular como:

Figura 20: Área mínima para implementar el biodigestor chino



$$A_{tcc} = (M_2 + D_c + D_s) * D_c$$

Donde:

$M_2$ , espacio entre la caja de entrada y el cuerpo del cilindro

Para calcular el espacio entre la caja de entrada y el cuerpo cilíndrico utilizamos la siguiente ecuación:

$$M_2 = (0.75 * H_c + h_g + af) \tan 30^\circ$$

Para completar las medidas para el dimensionamiento del biodigestor faltarían las siguientes ecuaciones:

$$z = (0.75 * H_c + h_g + af) \cos 30^\circ$$

$$n_2 = \frac{a}{\sin 60^\circ}$$

También podemos conocer el volumen de tierra total que debe ser excavada ( $V_{tec}$ ) que es la suma del volumen de tierra excavada para el cuerpo cilíndrico, del gasómetro y de la tapa inferior ( $V_{tcc}$ ) el volumen de tierra para el tubo de PVC ( $V_{tct}$ ) y el volumen de tierra excavada para la caja de salida ( $V_{ecs}$ )

$$V_{tcc} = (h_g + H_c + h_f + 0.25) * \pi * \frac{D_c^2}{4}$$

$$V_{tct} = \frac{1}{2} M_2 * \left( \frac{3}{4} H_c + H_g * af \right) * D_t$$

$$V_{ecs} = \pi * \frac{D_s^2}{4} * h_s + \pi \left( \frac{0.3}{2} \right)^2 * \left( \frac{H}{3} + 0.2 \right)$$

$$V_{tec} = V_{tcc} + V_{tct} + V_{ecs}$$

Donde:

$D_t$ , diámetro del tubo PVC

Parámetros a calcular en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Datos de irradiación solar

Para obtener los datos de irradiación solar podemos ingresar al “ATLAS DE ENERGIA SOLAR DE PERU” aquí encontraremos un valor mínimo y uno máximo de irradiación, debemos considerar y tomar en cuenta el valor promedio.

Tomaremos como ejemplo la irradiación solar de Lambayeque – Chiclayo, según SENAMHI [22] en la provincia de Chiclayo muestra los siguientes valores, ver tabla 15.

Tabla 15: Niveles de radiación solar registrados en Chiclayo

| MES        | Nº DIAS | Nº ACUMULADO | G(Wh/m2.dia) |
|------------|---------|--------------|--------------|
| ENERO      | 31      | 31           | 5,6          |
| FEBRERO    | 28      | 59           | 5,6          |
| MARZO      | 31      | 90           | 5,3          |
| ABRIL      | 30      | 120          | 5,3          |
| MAYO       | 31      | 151          | 5,1          |
| JUNIO      | 30      | 181          | 5,2          |
| JULIO      | 31      | 212          | 5,2          |
| AGOSTO     | 31      | 243          | 5,3          |
| SEPTIEMBRE | 30      | 273          | 5,4          |
| OCTUBRE    | 31      | 304          | 5,4          |

|           |    |     |     |
|-----------|----|-----|-----|
| NOVIEMBRE | 30 | 334 | 5,4 |
| DICIEMBRE | 31 | 365 | 5,6 |
| PROMEDIO  |    |     | 5,4 |

Fuente: Atlas solar del Perú

### Cálculos de módulos fotovoltaicos.

Por ser los más comerciales y económicos se cree conveniente trabajar con paneles solares monocristalinos.

- Energía a distribuir en corriente alterna

$$L_{md, AC} = \frac{ET}{R}$$

- Pérdidas de energía captadas

$$R = 1 - [(1 - Kb - Kc - Kv) * Ka * N/PD] - Kb - Kc - Kv$$

Estos factores son valores determinados.

Kb: Pérdidas por rendimiento de la batería → 0,1

Kc: Pérdidas en el inversor → 0,05

Kv: Pérdidas diversas → 0,05

Ka: Pérdidas por auto descargas → 0,005

Pd: Profundidad de descarga de la batería → 0,8

N: Número de días de autonomía → 4

- Cálculo de la Energía Total a Distribuir (Lmd)

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

$L_{md,DC}$ : Energía Real a Distribuir en DC → 0

$L_{md,AC}$ : Energía Real a Distribuir en AC

$n_{inv}$ : Eficiencia del Inversor → 0,95

$n_{bat}$ : Eficiencia de la batería  $\rightarrow 0,95$

$n_{con}$ : Eficiencia de la conducción  $\rightarrow 1$

- Cálculo del número de Módulos ( $N_{mód}$ )

$$N_{mód} = \frac{L_{md}}{P_{MP} * HSP_{ccrit} * PR}$$

$P_{MP}$ : Potencia de Cada Módulo  $\rightarrow$  (ver en catálogo)

$HSP_{ccrit}$ : Hora pico solar Crítica  $\rightarrow$  (depende de la zona)

PR: Eficiencia de cada Panel  $\rightarrow$  (ver en catálogo)

Selección del regulador de carga

- Corriente de entrada al regulador

$$I_{entrada} = 1.25 * I_{MOD,SC} * N_p$$

$I_{MOD,SC}$ : Corriente del módulo  $\rightarrow$  (ver en catálogo)

$N_p$ : número de paneles

- Corriente de salida del regulador

$$I_{salida} = \frac{1.25 * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}})}{V_{BAT}}$$

$P_{DC}$ : Potencia de corriente directa  $\rightarrow 0$

$P_{AC}$ : potencia de corriente alterna

$n_{inv}$ : eficiencia del inversor  $\rightarrow$  (ver catalogo)

- Cálculos de números de reguladores

$$N_{reguladores} = I_{Re} / I_{MÁX,e}$$

$I_{Re}$ : intensidad de salida

$I_{M\acute{A}X,e}$ : intensidad máxima

### Cálculo del sistema de acumulación

- Capacidad nominal de la batería

$$C_{nbat} = \frac{L_{md} * N}{n_{bat} * PD_{m\acute{a}x} * V_{bat}}$$

$C_{nbat}$ : Capacidad nominal del banco de baterías

$L_{md}$ : Energía media diario

$V_{bat}$ : Voltaje de la batería → 24 V

$PD_{m\acute{a}x,e}$ : Profundidad de descarga Máxima estacional → 0,75

$PD_{m\acute{a}x}$ : Profundidad de descarga máxima → 0,25

N: Periodo de autonomía → 5

### Selección del inversor

La potencia del inversor debe ser 1,2 mayor a la potencia instalada en los paneles

$$P_{inv} = 1.2 * POT_{m\acute{a}x}$$

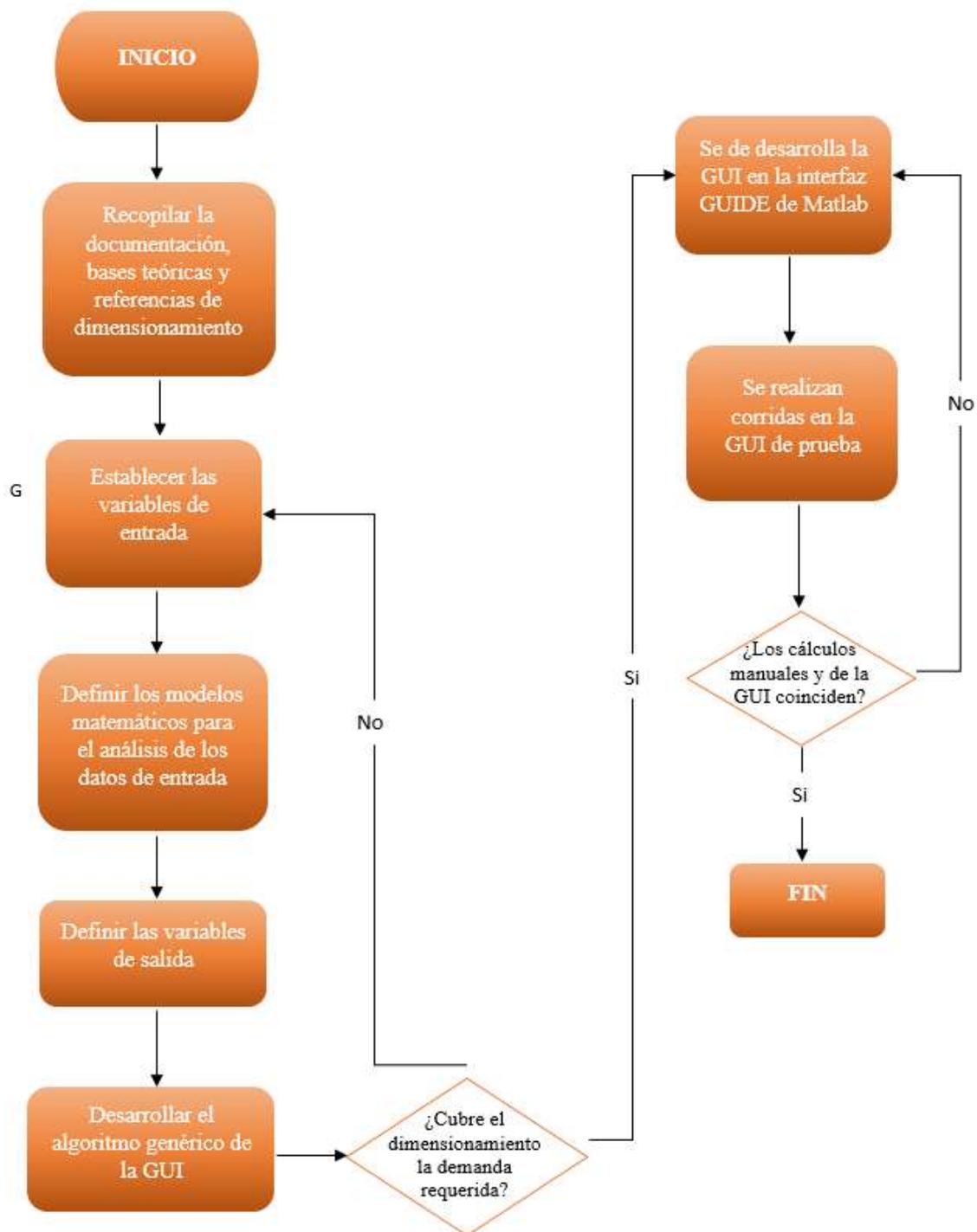
$POT_{m\acute{a}x}$ : potencia máxima

### Desarrollo de los algoritmos y ventanas de trabajo para la GUI

La tesis tiene como finalidad el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario (GUI) a través de algoritmos genéricos para el sistema híbrido biodigestor-fotovoltaico obteniendo dimensionamiento de tipos de biodigestores y cantidad de paneles fotovoltaicos con el propósito de satisfacer la demanda eléctrica de cualquier caso que quiera solicitar este sistema, a continuación, en el diagrama 2 se mostrara el diagrama de flujo de la GUI del sistema híbrido Biodigestor-Fotovoltaico.

Debemos considerar que para el desarrollo de la GUI se debe primero ingresar datos de forma secuencial para seguir la metodología programada y analizada debidamente para obtener datos de salida confiables y seguros.

Diagrama 2: flujo de la GUI del sistema híbrido Biodigestor-Fotovoltaica

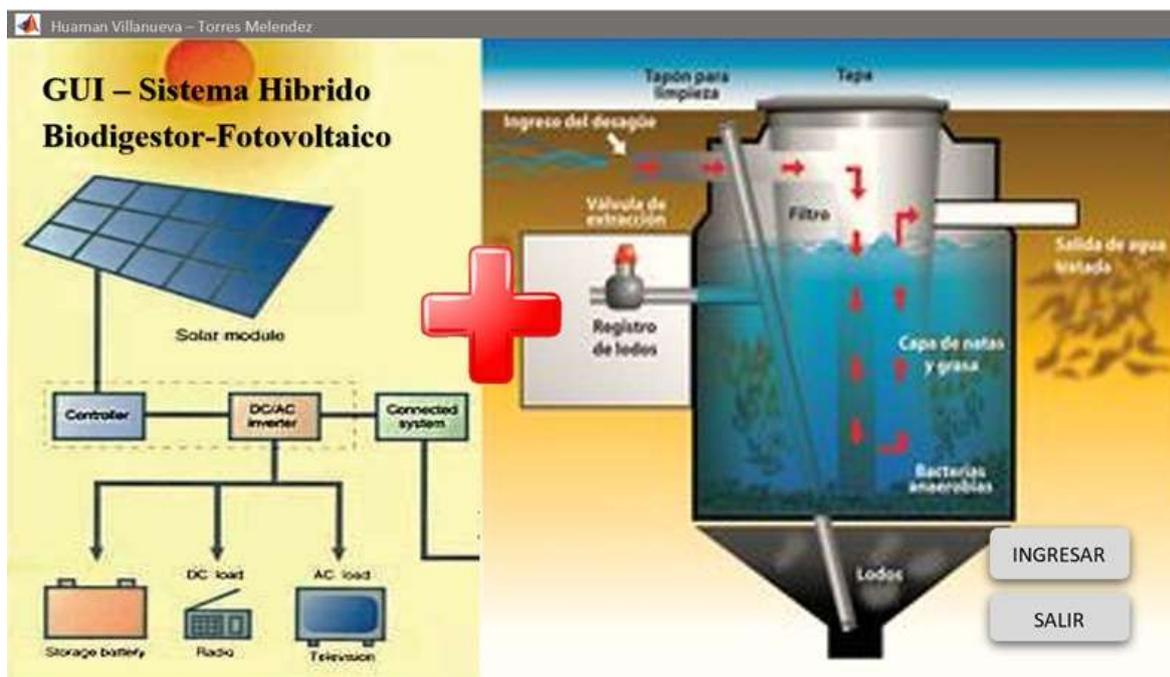


Para el desarrollo de la GUI asistente se pensó en la programación de una secuencia de varias ventanas, un total de cuatro, las cuales se le tituló con el nombre: “HÍBRIDO\_USS\_SYSTEM” y se componen como sigue a continuación:

### Algoritmo para la ventana GUI de portada

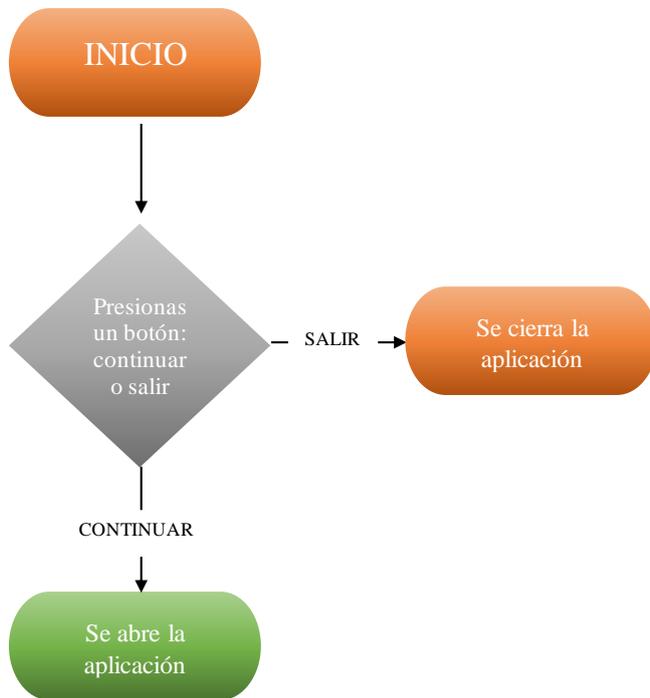
En esta primera ventana, también es conocida como ventana de presentación o de ingreso, donde muestra un fondo referencial o imagen del sistema híbrido, también se observa el nombre del sistema GUI y dos opciones para ingresar o salir de la interfaz como en la figura 21.

Figura 21: Portada de GUI del sistema híbrido



Fuente: Propio

Diagrama 3: Flujo portada GUI del sistema híbrido



Fuente: Propio

### Algoritmo para la ventana GUI demanda energética

Es la segunda ventana que consta de dos partes, en la primera parte como en la figura 22, el usuario debe colocar los datos de entrada de sus equipos que consumen energía eléctrica, carga, potencia, uso diario, entre otros.

Figura 22: GUI demanda energética 1-parte



Fuente: Propio

En la segunda parte como en la figura 23, muestra los resultados del cálculo de potencia, energía total por día o mensual.

Figura 23: GUI demanda energética 2-parte

| # | Descripción | Unidad | Potencia (W) | Uso diario (%) | Potencia Total (W) | Energía Diaria (Wh/día) | Energía Mensual (kWh/mes) | Acción |
|---|-------------|--------|--------------|----------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--------|
|   | Total       |        | 0            |                | 0                  | 0                       | 0                         |        |

Demanda Total

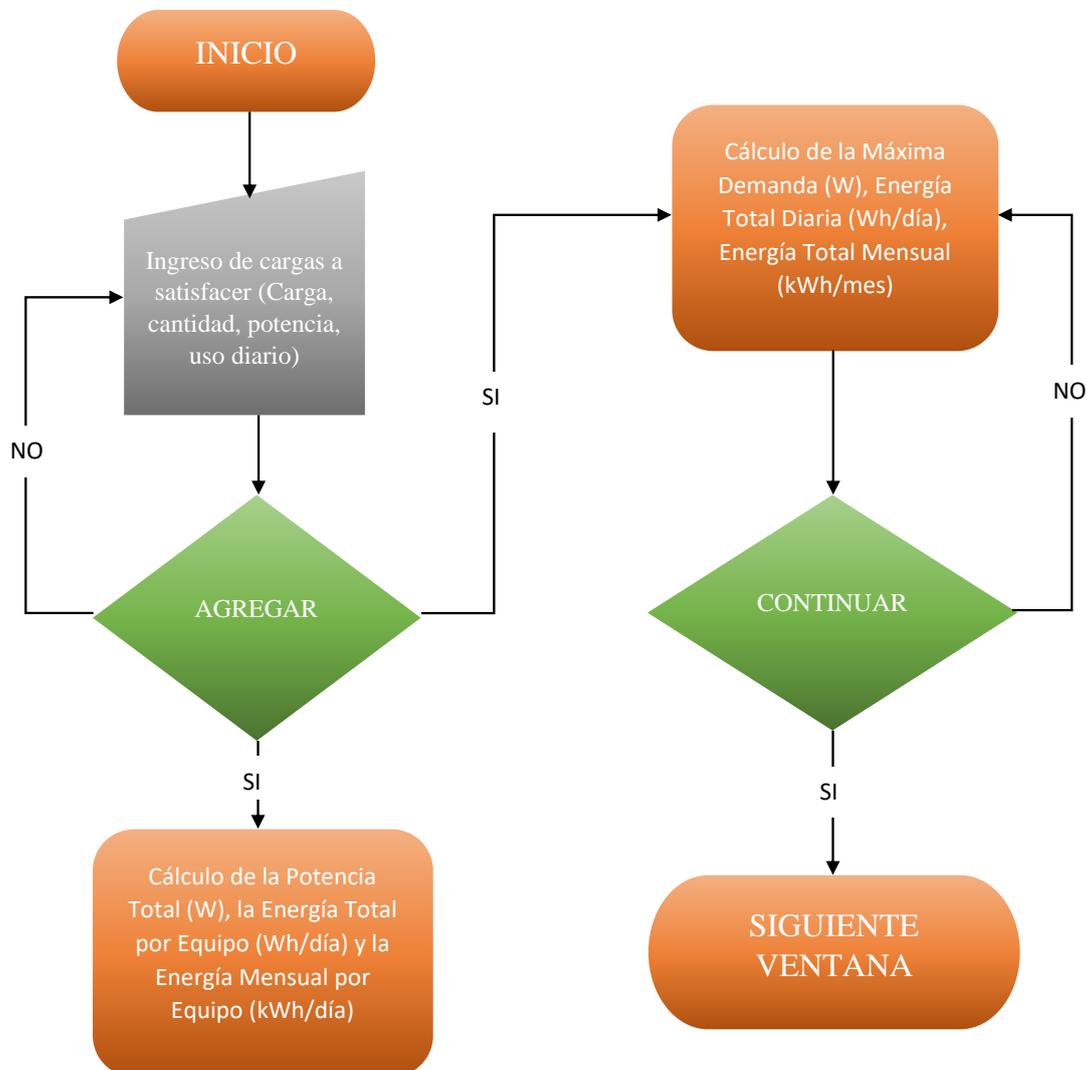
Máxima Demanda (W)

Energía Total (Wh/día)

Energía Total (kWh/mes)

Fuente: Propio

Diagrama 4: Flujo GUI demanda energética



Fuente: Propio

## Algoritmo para la ventana GUI sistema biodigestor

Es la tercera ventana que consta de dos partes, en la primera parte como en la figura 24, el usuario debe colocar los datos de entrada de tipo de residuo orgánico, cantidad de estiércol y número de animales. Con los datos a ingresar mencionados anteriormente, obtenemos la cantidad de biogás y la energía que se podrá producir.

Figura 24: GUI sistema biodigestor 1-parte

| Diseño energético   |         | Gestión           |            | Filtros             |                                |                                      |                         |          |
|---------------------|---------|-------------------|------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------|
| SISTEMA BIODIGESTOR |         |                   |            |                     |                                |                                      |                         |          |
| #                   | Animal  | Estiércol (kg/GM) | # Animales | Masa estiércol (kg) | Producción (m <sup>3</sup> /d) | Cantidad de biogás (m <sup>3</sup> ) | Energía producida (kWh) | Eliminar |
| 1                   | AVI     | 0.2               | 0          | 0                   | 0.023                          | 0                                    | 0                       |          |
| 2                   | BOVINO  | 0.794             | 0          | 0                   | 0.023                          | 0                                    | 0                       |          |
| 3                   | PORCINO | 4.5               | 0          | 0                   | 0.023                          | 0                                    | 0                       |          |
| Total               |         |                   |            |                     |                                |                                      | 0                       | 0        |

Fuente: Propio

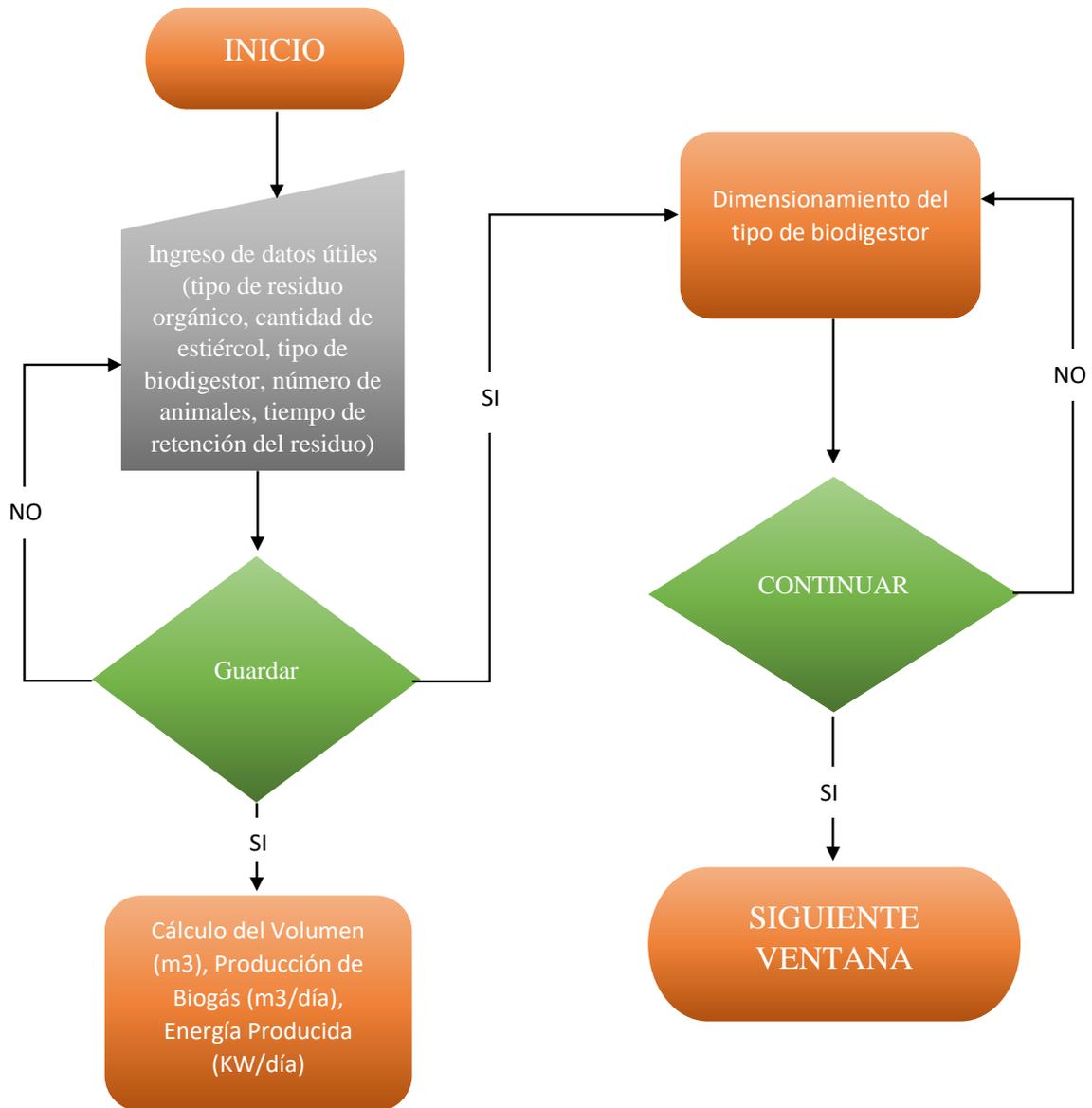
En la segunda parte como en la figura 25, muestra el dimensionamiento del biodigestor chino.

Figura 25: GUI sistema biodigestor 2-parte

| Unidad | Tipo   | Resultado |
|--------|--|-----------|
| Dc     | Diámetro del cuerpo cilíndrico   |           |
| Hc     | Altura del cuerpo cilíndrico   | 0 m       |
| hc     | Altura de la tapa del gasómetro  | 0 m       |
| hi     | Altura de la tapa inferior   | 0 m       |
| Rg     | Radio de la tapa del gasómetro   | 0 m       |
| Ri     | Radio de la tapa inferior  | 0 m       |
| Dc     | Diámetro de la caja de entrada   | 0 m       |
| hc     | Altura de la caja de entrada   | 0 m       |
| L      | Longitud del tubo de pvc a la superficie del suelo                                     | 0 m       |
| Dc     | Diámetro de la caja de salida  | 0 m       |
| hc     | Altura de la caja de salida  | 0 m       |
| af     | Cajuela hundida en el suelo  | 0.25 m    |
| a      | Altura del fuste de la caja de entrada   | 0 m       |
| M2     | Distancia entre el centro de la caja de entrada y el cuerpo cilíndrico del biodigestor | 0 m       |
| M2     | Longitud del tubo PVC encima de la superficie del suelo                                | 0 m       |

Fuente: Propio

Diagrama 5: Flujo GUI sistema biodigestor



Fuente: Propio

### Algoritmo para la ventana GUI sistema fotovoltaico

Es la tercera ventana que consta de dos partes, en la primera parte como en la figura 26, el usuario debe colocar los datos de entrada como la hora pico solar, el voltaje de la batería a utilizar, los días de autonomía, la potencia del panel, el voltaje

y corriente del panel, la profundidad de descarga, el factor de funcionamiento y en caso hubiese potencia en CC.

Figura 26: GUI sistema fotovoltaico 1-parte

The screenshot shows a web interface titled 'SISTEMA FOTOVOLTAICO' with three tabs: 'Demanda energética', 'Inversor', and 'Fotovoltaico'. The 'Fotovoltaico' tab is active. Below the title bar, there is a green header with the text 'SISTEMA FOTOVOLTAICO'. Underneath, a small note reads 'Observación: Si la configuración energética requiere el uso de baterías'. The main area is titled 'ESPECIFICACIONES' and contains several input fields arranged in a grid:

- Potencia (W) total: 0.000
- H. Sol: 4.0h
- Prof. descarga máx. día: 0.7
- Factor global funcionamiento: 0.8
- Voltaje bat.: 12
- Voltaje panel máx.: 36.4
- Linea panel en contacto: 0
- Autonomía (días): 3
- Vías panel: 0.04
- Potencia en CC: 0
- P. Panel (W) día: 340
- Prof. descarga máx. est.: 0.7
- Potencia AC: (empty)

A 'Calcular' button is located at the bottom right of the form.

Fuente: Propio

En la segunda parte como en la figura 27, muestra los resultados del número de paneles, número de baterías, potencia del inversor.

Figura 27: GUI sistema fotovoltaico 2-parte

The screenshot shows the results section of the GUI, divided into two parts:

**PANELES E INVERSOR**

| PANELES | POTENCIA INVERSOR |
|---------|-------------------|
| 11      | 11                |

**BATERIAS**

| #BATERIAS | AMPERIOS(A)                                       | VOLTAJE(V)                                      |
|-----------|---|---|
| 0         | <input type="text" value="Ingresa los amperios"/> | <input type="text" value="Ingresa el voltaje"/> |

Fuente: Propio

Diagrama 6: Diagrama de flujo GUI sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Discusión

El objetivo de la presente investigación, estuvo orientado al diseño de un sistema híbrido fotovoltaico – biodigestor para autoabastecer de energía eléctrica cualquier tipo de instalación, sea una granja, una casa o un conjunto de viviendas.

Se tomó 2 tesis guías para corroborar que el programa este bien ejecutado, con la tesis de Salazar [23] titulada “Diseño y construcción de un biodigestor para producción de biogás a partir de estiércol vacuno en la Finca Isabel de la Parroquia Taracoa, provincia de Orellana” se corrobora el correcto funcionamiento de la parte del biodigestor, como se demuestra a continuación.

Tabla 16: Producción de estiércol

|  |        |
|--|--------|
| PROMEDIO (Kg estiércol/vacuno*día)   | 8.784  |
| TOTAL (Kg estiércol/ 5 días)   | 439.20 |
| Se estima que las 20 vacas en la finca "Isabel" generan al día 175,68 Kg de estiércol fresco |        |

Fuente: [23]

En el siguiente cuadro los autores destacan que son 20 vacas y cada una produce 8.784 kg de estiércol diario, dando un total de 175.68 kg de estierco en total, insertamos la cantidad de vacas en nuestro programa y podemos observar que coinciden ambos resultados.

Figura 28: Producción de estiércol, biogás y energía.

| # | Animal  | Estiércol(KG/DIA) | #Animales | Masa estiércol(KG) | Producción(G/KG) | Cantidad de Biogas(m <sup>3</sup> ) | Energía producida (Kwh) | Eliminar |
|---|---------|-------------------|-----------|--------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------|----------|
| 1 | AJE     | 0,2               | 0         | 0                  | 0,035            | 0                                   | 0                       | ■        |
| 2 | BOVINO  | 8,784             | 20        | 175,68             | 0,035            | 6,149                               | 4845                    | ■        |
| 3 | PORCINO | 4,5               | 0         | 0                  | 0,035            | 0                                   | 0                       | ■        |

Fuente: Elaboración propia

Para corroborar la cantidad de biogás producido, en la tesis encontramos que se produce 6.149 m<sup>3</sup> de biogás al día, en nuestro programa también coinciden los valores. los autores utilizaron la siguiente formula:

$$\frac{175,68 \text{ kgMPD}}{\text{día}} * \frac{0,14\text{kgST}}{1\text{kgMPD}} + \frac{0,25\text{m}^3\text{biogás}}{1\text{kgST}} = 6,149\text{m}^3\text{biogás/día}$$

Procedemos con los cálculos para el dimensionamiento del biodigestor modelo chino, aquí en la investigación empiezan por definir cuanto volumen necesitan, mientras que en nuestro programa debemos seleccionar el diámetro que deseamos tenga el biodigestor, a continuación, comparamos los resultados obtenidos en ambas tesis.

Volumen total del biodigestor es 8.82 m<sup>3</sup>, mientras que con nuestro programa nos da un volumen de 8.686 m<sup>3</sup>. Como observamos a continuación:

V<sub>tb</sub> = Volumen total del tanque del biodigestor.

$$V_{tb} = 7 \text{ m}^3 + 1,4 \text{ m}^3 + 0,42 = 8,82 \text{ m}^3$$

| Tipo                              | Resultado            |
|-----------------------------------|----------------------|
| Área mínima para construcción     | 1.739708540649011622 |
| Volumen del gasómetro             | 8.606                |
| Volumen de tuberías               | 0.508                |
| Volumen de la tapa de salida      | 1.315                |
| Volumen de tierra total a excavar | 90.309               |

Diámetro interior del biodigestor ( $D_C$ ) es de 2.24 m, mientras que en nuestro programa seleccionamos que nuestro diámetro sea de 2.20 m.

$$\emptyset = 2,2394 \text{ m} = 2,24 \text{ m}$$

Diámetro del cuerpo cilíndrico:

La altura del tanque biodigestor ( $H_C + h_g + h_f$ ) en la tesis guía es de 2.24 m, mientras que en nuestro programa nos da una altura de 2.035 m.

Htb= Altura del tanque del biodigestor

$$Htb = \frac{0,02 \text{ m}^3 + 4}{3,14159 + (2,24 \text{ m})^2} = 2,238 = 2,24 \text{ m}$$

|    |                                 |         |
|----|---------------------------------|---------|
| Hc | Altura del cuerpo cilíndrico    | 1.21 m  |
| hg | Altura de la tapa del gasómetro | 0.55 m  |
| hf | Altura de la tapa inferior      | 0.275 m |

La altura de la tapa superior ( $h_g$ ) en la tesis es de 0.45 m, mientras que en nuestro programa es de 0.55 m.

r1 = Altura de la cúpula superior.

$$r1 = \frac{1}{2} * 2,24 \text{ m} = 0,448 = 0,45$$

|    |                                 |        |
|----|---------------------------------|--------|
| hg | Altura de la tapa del gasómetro | 0.55 m |
|----|---------------------------------|--------|

El radio de la tapa superior del gasómetro ( $R_g$ ) en la tesis es de 1.62, mientras que en nuestro programa es de 1.375 m.

r1= Radio de la curvatura superior aplicada.

$$r1 = \frac{(1,12 \text{ m})^2 + (0,45 \text{ m})^2}{2 (0,45 \text{ m})} = 1,6188 \text{ m} = 1,62 \text{ m}$$

|    |                                |         |
|----|--------------------------------|---------|
| Rg | Radio de la tapa del gasómetro | 1.375 m |
|----|--------------------------------|---------|

Altura de la tapa inferior ( $h_f$ ) en la tesis guía es de 0.28 cm, mientras que en nuestro programa es de 0.275.

$$r2 = \frac{1}{8} * 2,24 \text{ m} = 0,28\text{m}$$

|    |                            |         |
|----|----------------------------|---------|
| hf | Altura de la tapa inferior | 0,275 m |
|----|----------------------------|---------|

Radio de la tapa inferior ( $R_f$ ) en la tesis guía es de 2.38 m, mientras que en nuestro programa es de 2.338 m.

$r2$ = Radio de la curvatura inferior

$$r2 = \frac{(1,12\text{m})^2 + (0,28\text{m})^2}{2 (0,28\text{m})} = 2,38\text{m}$$

|    |                           |         |
|----|---------------------------|---------|
| Rf | Radio de la tapa inferior | 2,338 m |
|----|---------------------------|---------|

El la tesis guía toman como caja de entrada un cubo, el cual tiene medidas de 0.63 m por cada lado, mientras que en nuestro programa es un cilindro con altura de 0.4 m y diámetro de 0.8.

$$LLCE = 0,6299\text{m} = 0,63\text{m}$$

|    |                                |             |
|----|--------------------------------|-------------|
| De | Diámetro de la caja de entrada | 0,8 m       |
| he | Altura de la caja de entrada   | 0,4 + 0,5 m |

En la tesis guía en la caja de salida toman las mismas medidas que para la caja de entrada, sin embargo, en nuestra investigación, según formulas nos salen los siguientes resultados:

|    |                               |         |
|----|-------------------------------|---------|
| De | Diámetro de la caja de salida | 1,257 m |
| he | Altura de la caja de salida   | 1 m     |

Para corroborar el correcto funcionamiento de la programación de la parte fotovoltaica, se utilizó en su tesis titulada “Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás para la generación de energía eléctrica en la comunidad San Jacinto distrito Nauta departamento Loreto 2021” [24]

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Los parámetros de diseño utilizados para la Central Híbrida Fotovoltaica Térmica (Biogás) primero se consideró en la demanda energética como datos de entrada a la carga, uso diario, potencia y como datos de salida la energía diaria y potencia total, para el sistema fotovoltaico se necesita las especificaciones técnicas de los componentes y la potencia restante de carga obteniendo como datos de salida la cantidad de baterías, paneles e inversor, para finalizar en el sistema térmico (biogás) como datos de entrada tenemos cantidad de estiércol, n° de animales y como datos de salida las dimensiones del biodigestor, cantidad de biogas, etc. .

El diseño del algoritmo genérico consistió en la utilización de los parámetros de acuerdo al sistema que se implementó en datos de entrada y salida para el diseño de la Central Híbrida Fotovoltaica Térmico.

La programación GUI a través del Software ANGULAR v11 permitió implementar todas las ecuaciones para poder adecuarlas en las tres pestañas de sistemas y puedan funcionar de acuerdo al calculo que se requiera como la máxima demanda, dimensionamiento del biodigestor y componentes fotovoltaicos-

Se utilizó nuestro GUI en casos previos de otras investigaciones: en la primera titulada “Diseño y construcción de un biodigestor para producción de biogás a partir de estiércol vacuno en la Finca Isabel de la Parroquia Taracoa provincia de Orellana” de Salazar Abad & Arias Bonilla en los datos de estiércol total, biogás producido, el volumen total del biodigestor de  $8.82 \text{ m}^3$  a  $8.686 \text{ m}^3$  , el diámetro de 2.24 m a 2.20 m,

la altura del tanque de 2.24 m a 2.035, resumiendo la comparación de resultados nuestros valores se diferencian en  $\pm 5\%$ .

#### 4.2. Recomendaciones

- En el algoritmo del sistema fotovoltaico se consideran los 25 departamentos además de la estación de año, el cual le da libertad al usuario de colocar cualquier variable climatológica dependiendo la zona en donde se encuentre, con ello se obtiene mayor precisión y alcance de aplicabilidad.
- La interfaz gráfica desarrollada es fácil de utilizar, la cual permite a los usuarios con poca noción del tema o ajenos a la rama de ingeniería poder hacer uso de esta herramienta, e incluso poder dimensionar de manera eficaz un sistema Híbrido para sus granjas.
- El sistema híbrido proyectado en esta investigación será muy provechoso para comunidades ubicadas en zonas rurales ya que el estiércol además de enriquecer los suelos con el biofertilizante, también abastecerá de energía eléctrica, sumándole a esto la producción mediante paneles fotovoltaicos.

## Bibliografía

- [1] H. K. Chavarría Fajardo y I. G. Calderón Pineda, «Evaluación de los sistemas de bombeo solar fotovoltaico y biodigestor,» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA, Managua, 2021.
- [2] Aguayo, Velazquez y Ojeda, «DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO SOLAR Y ACOPLAMIENTO A UN DIGESTOR ANAEROBICO,» REDISA, Mexicali, 2009.
- [3] J. J. A. Cabrera, «Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral,» Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2011.
- [4] F. O. N. SANTANA, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN BIODIGESTOR ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR PARA DURVILLAEA ANTARCTICA,» Universidad Técnica Federico Santa Maria, Valparaiso, 2020.
- [5] J. S. RUIZ TRUJILLO, «DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ENERGÍA RENOVABLE SOLAR-BIOMASA PARA SATISFACER LA DEMANDA ELÉCTRICO DEL CENTRO POBLADO EL AFLUENTE-RIOJA-SAN MARTIN,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, San Marín, 2019.
- [6] W. Arrieta Paacios, «DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DOMÉSTICO PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO,» Universidad De Piura, Piura, 2016.
- [7] O. Galvez Diaz , «DISEÑO DE UN SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-BIODIGESTOR DE 15KW PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CASERÍO PÓSOPE BAJO-PÁTAPO,» UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, Chiclayo, 2018.
- [8] B. E. Ruiz Pinto, «DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PARA UNA VIVIENDA RURAL EN EL CC.PP. LAS CANTERAS DEL DISTRITO DE PÁTAPO – CHICLAYO - LAMBAYEQUE,» UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, Chiclayo, 2020.
- [9] R. C. Ayasta Custodio, «DISEÑO DE UN BIODIGESTOR CON ENERGÍA FOTOVOLTAÍCA PARA GENERAR GAS METANO DE USO DOMÉSTICO, ESTABLO SAN ANTONIO – MONSEFÚ 2016,» Universidad Cesar Valejo, Chiclayo, 2016.
- [10] . A. A. Bayod Rújula, Energías renovables: sistemas fotovoltaicos, Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2009.
- [11] G. Amaya Martinez, Instalaciones Solares Termicas de Baja Temperatura, Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2016.
- [12] M. Telugu y C. Likhithasree, «Review on Types of Solar Power Systems,» *Journal of Engineering Sciences*, 2019, 2015.

- [13] A. Mohammad Bagher, . M. M. Abadi Vahid y M. Mirhabibi , «Types of Solar Cells and Application,» American Journal of Optics and Photonics, 2015.
- [14] G. Casanovas, F. Della Vecchia, F. Reymundo y R. Serafini, GUÍA TEÓRICO-PRÁCTICA SOBRE EL BIOGÁS Y LOS BIODIGESTORES, Buenos Aires: Colección Documentos Técnicos, 2019.
- [15] V. Leitao, «Pruebas y mantenimiento de interfaz de usuario gráfico,» 2017.
- [16] Y. Sarduy, «El análisis de información y las investigaciones Cuantitativa y y cualitativa,» Scielo, 2017.
- [17] R. Marroquín, «Metodología de la Investigación,» Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y valle, Lima, 2018.
- [18] E. Ramos, «Métodos y técnicas de investigación,» *Gestiopolis*, 2018.
- [19] Secretaria de Agroindustria, «Guano de gallina, valor agronomico,» Ministerio de produccion y trabajo , Buenos Aires , 2019.
- [20] L. L. Ratera, «Estudio de alternativas y dimensionamiento de biodigestores para aplicaciones domésticas en la zona rural de Nwadjahane en Mozambique,» Universidad Eduardo Mondlane, España, 2011.
- [21] A. F. ORTOLANI, M. BENINCASA y J. L. JUNIOR, de *Biodigestores Rurais: modelos indiano, chinês e batelada*, São Paulo, Jaboticabal, 1991, p. 35 p.
- [22] SENAMHI, «ALTAS DE ENERGIA SOLAR DEL PERU,» Peru, 2018.
- [23] J. B. SALAZAR ABAD y J. L. ARIAS BONILLA , «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE ESTIÉRCOL VACUNO EN LA FINCA ISABEL DE LA PARROQUIA TARACOA, PROVINCIA DE ORELLANA,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO , Riobamba - Ecuador, 2016.
- [24] N. E. T. Garcia, «Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico - biogás para la generación de energía eléctrica en la comunidad San Jacinto distrito Nauta departamento Loreto 2021,» UTP, Lima, 2021.
- [25] Telugu Maddileti y Likhithasree Cherukuri, «REVIEW ON TYPES OF SOLAR POWER SYSTEMS,» Journal of Engineering Sciences, 2019.
- [26] OSINERGMIN, «Industria de energía renovable en el Perú,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf).

## ANEXOS

### ANEXO 1: GUI MAXIMA DEMANDA

| Demanda energética                   |                  | Bogotá |              | Fotovoltaico  |                    |                         |                           |        |
|--------------------------------------|------------------|--------|--------------|---------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--------|
| MÁXIMA DEMANDA ENERGÉTICA A CONSUMIR |                  |        |              |               |                    |                         |                           |        |
| #                                    | Descripción      | Unidad | Potencia (W) | Uso diario(h) | Potencia Total (W) | Energía Diaria (Wh-día) | Energía Mensual (kWh-mes) | Acción |
| 1                                    | TV               | 2      | 50           | 4             | 100                | 400                     | 12                        | ■      |
| 2                                    | REFRIGERADORA    | 1      | 200          | 5             | 200                | 1,000                   | 30                        | ■      |
| 3                                    | LICUADORA        | 1      | 300          | 0.5           | 300                | 150                     | 4.5                       | ■      |
| 4                                    | MODEM INTERNET   | 1      | 15           | 24            | 15                 | 360                     | 10.8                      | ■      |
| 5                                    | CARGADOR CELULAR | 1      | 33           | 15            | 33                 | 49.5                    | 1.485                     | ■      |
| 6                                    | LUMINARIAS       | 10     | 20           | 5             | 200                | 1,000                   | 30                        | ■      |
| 7                                    | MOTOBOMBA        | 1      | 745.7        | 1             | 745.7              | 745.7                   | 22.371                    | ■      |
| Total                                |                  |        |              |               | 1,593.7            | 3,705.2                 | 111.156                   |        |

Demanda Final

Máxima Demanda (W)

Energía Total (Wh - día)

Energía Total (kWh/mes)

Fuente: Propia

### ANEXO 2: GUI BIODIGESTOR PART1

| Demanda energética  |         | Bogotá            |            | Fotovoltaico       |                                |                                     |                          |          |
|---------------------|---------|-------------------|------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------|
| SISTEMA BIODIGESTOR |         |                   |            |                    |                                |                                     |                          |          |
| #                   | Animal  | Estiércol(KG/DÍA) | # Animales | Masa estiércol(KG) | Producción(m <sup>3</sup> /KG) | Cantidad de biogas(m <sup>3</sup> ) | Energía producida (Kw*H) | Eliminar |
| 1                   | AVE     | 0.2               | 30         | 6                  | 0.035                          | 0.21                                | 0.165                    | ■        |
| 2                   | BOVINO  | 11                | 10         | 110                | 0.035                          | 3.85                                | 3.006                    | ■        |
| 3                   | PORCINO | 4.5               | 7          | 31.5               | 0.035                          | 1.102                               | 0.869                    | ■        |
| Total               |         |                   |            |                    |                                |                                     | 3.241                    |          |

Fuente: Propia

## ANEXO 2: GUI BIODIGESTOR PART2

| Variable | Tipo                                     | Resultado |
|----------|--|-----------|
| $D_1$    | Diámetro de tubería de entrada           | cm        |
| $H_1$    | Altura del conducto de salida            | cm        |
| $H_2$    | Altura de la tapa del gasómetro          | cm        |
| $H_3$    | Altura de la capa inferior               | cm        |
| $H_4$    | Radio de la tapa del gasómetro           | cm        |
| $H_5$    | Radio de la tapa inferior                | cm        |
| $D_2$    | Diámetro de la tubería de salida         | cm        |
| $H_6$    | Altura de la capa de salida              | cm        |
| $L$      | Longitud del tubo de entrada y salida    | cm        |
| $D_3$    | Diámetro de la capa de salida            | cm        |
| $H_7$    | Altura de la capa de salida              | cm        |
| $H_8$    | Altura de la tubería de salida           | cm        |
| $H_9$    | Altura del fondo de la tubería de salida | cm        |

Fuente: Propia

## ANEXO 2: GUI BIODIGESTOR PART3

**Resumen**

| Tipo                              | Resultado |
|-----------------------------------|-----------|
| Área mínima para construcción     | 0         |
| Volumen del gasómetro             | 0         |
| Volumen de tuberías               | 0         |
| Volumen de la tapa de salida      | 0         |
| Volumen de tierra total a escalar | 0         |

Fuente: Propia

## ANEXO 3: GUI FOTOVOLTAICO PART1

Demanda energética | Biotecnología | **Fotovoltaico**

**SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Observación: Si la potencia es negativa, no se requiere el uso de paneles.

**ESPECIFICACIONES**

|                              |         |                              |  |                  |  |                          |  |
|------------------------------|---------|------------------------------|--|------------------|--|--------------------------|--|
| Potencia (Wh/día)            | 464.459 | Voltaje bat.                 |  | Autonomía (días) |  | P Panel (Wh/día)         |  |
| H. Sol                       |         | Voltaje panel max.           |  | I max panel      |  | Prof. descarga max. est. |  |
| Prof. descarga max. día      |         | I max panel en cortocircuito |  | Potencia en CC   |  | Potencia AC              |  |
| Factor global funcionamiento |         |                              |  |                  |  |                          |  |

**Calcular**

Fuente: Propia

### ANEXO 3: GUI FOTOVOLTAICO PART2

**PANELES E INVERSOR**

| PANELES | POTENCIA INVERSOR |
|---------|-------------------|
| 0       | 0                 |

**BATERIAS**

| # BATERIAS | AMPERIOS(A)                                       | VOLTAJE(V)                                      |
|------------|---|---|
| 0          | <input type="text" value="Ingrese los amperios"/> | <input type="text" value="Ingrese el voltaje"/> |

Fuente: Propia