



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TITULO:

“IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA LA OBTENCION DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS EXCREMENTOS DE ANIMALES DE GRANJA UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”.

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero/a en
Electromecánico.

Autores:

Acosta Clavijo Jessica Maricela

Muñoz Santana Luis Alfredo

Tutor:

PhD. Enrique Torres Tamayo

Latacunga – Ecuador

Febrero 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Acosta Clavijo Jessica Maricela** portador de cédula de ciudadanía **050396746-5** y **Muñoz Santana Luis Alfredo** portador de cédula de ciudadanía **180412354-3**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA LA OBTENCION DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS EXCREMENTOS DE ANIMALES DE GRANJA UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”** siendo PhD. Enrique Torres Tamayo tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



.....
Jessica Maricela Acosta Clavijo
C.I. 050396746-5



.....
Luis Alfredo Muñoz Santana
C.I. 180412354-3

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA LA OBTENCION DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS EXCREMENTOS DE ANIMALES DE GRANJA UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”, de Acosta Clavijo Jessica Maricela y Muñoz Santana Luis Alfredo, de la carrera en Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto Consejo directivo Académico de la facultad de CIENCIAS DE LAS INGENIARÍAS Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2020



PhD. Torres Tamayo Enrique
Tutor principal

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de las Ingenierías y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **Acosta Clavijo Jessica Maricela** portador de cédula de ciudadanía **050396746-5** y **Muñoz Santana Luis Alfredo** portador de cédula de ciudadanía **180412354-3** con el título de Proyecto de titulación **“IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA LA OBTENCION DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS EXCREMENTOS DE ANIMALES DE GRANJA UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2020

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Ing. M.Sc. Moreano Martínez Edwin Homero

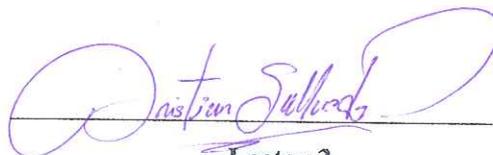
CC:050260750-0



Lector 2

Ing. M.Sc Porras Reyes Jefferson Alberto

CC: 070440044-9



Lector 3

Ing. M.Sc Gallardo Molina Cristian Fabián

CC: 050284769-2

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración que, los señores: Acosta Clavijo Jessica Maricela con C.I: 050396746-5 y Muñoz Santana Luis Alfred con C.I: 180412354-3, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizaron su trabajo de PROPUESTA TECNOLÓGICA, aportando a la granja Rosita del Cantón Salcedo con su tema **“IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA LA OBTENCION DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS EXCREMENTOS DE ANIMALES DE GRANJA UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”**, el mismo que se implementó y se aprobó de manera satisfactoria.

Latacunga, 12 de febrero 2020

Atentamente



Propietario de la Granja Rosita
Rosa Matilde Clavijo Fernández
C.I: 170360764-6

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres por ser mi principal fortaleza, y mis mayores promotores para terminar mi carrera universitaria.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, fueron ustedes los responsables de realizar su aporte significativo, que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi paso por la Universidad.

Infinitas gracias a todos

Jessica Acosta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a mis padres: Ana y Alfredo por ser los principales promotores, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. Agradezco de manera especial al PhD. Enrique Torres Tamayo tutor de nuestra tesis quien nos ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Luis Muñoz

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres Miguel y Rosa quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un peldaño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo.

A mis hermanos Ángel, Miguel, Iván, Juan Carlos, Mirian, Pary y a mi eterno ángel Edwin, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

Finalmente quiero agradecer a toda mi familia y amigos que me apoyaron durante todo este proceso de formación, por extenderme su mano en momentos difíciles gracias.

Jessica Acosta

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los cuales se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuenta, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias madre y padre

Luis Muñoz

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACION DE UN BIODIGESTOR PARA LA OBTENCION DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS EXCREMENTOS DE ANIMALES DE GRANJA UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO”.

Autores:

Acosta Clavijo Jessica Maricela

Muñoz Santana Luis Alfredo

RESUMEN

La falta de tratamiento en los desechos animales de granja ocasiona contaminación a los acuíferos y la imposibilidad del uso de las energías renovables al entorno, debido a esta problemática en el presente proyecto se realizó el diseño, construcción e implementación de un biodigestor para pequeñas granjas. En la fundamentación teórica de los diferentes tipos de biodigestores se estableció que el tipo familiar es el más adecuado según los indicadores y cantidad de biomasa disponible en la granja, además se estableció el procedimiento para el cálculo de los diferentes parámetros de trabajo en base a la temperatura interna del reactor, presión interna generada, nivel de pH y tiempo de retención, además se implementó un invernadero para mantener protegido el biodigestor de los fuertes vientos y conservar la temperatura adecuada en el proceso de digestión. Los resultados muestran un volumen líquido de $0,386 \text{ m}^3$, temperatura promedio de $23,25 \text{ }^\circ\text{C}$ y presión del sistema de $11,197 \text{ mbar}$, para la sexta semana se obtuvo $804,12 \text{ ppm}$ en concentración máxima de gas metano (CH_4), generando $0,549 \text{ m}^3$ de biogás al mes dos semanas. El costo total de implementación del biodigestor es de $\$ 1210,98$ y el tiempo de recuperación de la inversión inicial es de dos años y medio.

Palabras clave: Biodigestor, biogás, tiempo de retención, digestión, ppm.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “IMPLEMENTATION OF A BIODIGESTER TO OBTAIN BIOGAS FROM THE EXCREMENTS OF FARM ANIMALS LOCATED IN SALCEDO CANTON”

Authors:

Acosta Clavijo Jessica Maricela

Muñoz Santana Luis Alfredo

ABSTRACT

The lack of treatment in farm animal waste causes contamination to the aquifers and the impossibility of using renewable energy to the environment, due to this problem, the design, construction and implementation of a biodigester for small farms was carried out in this project. In the theoretical foundation of the different types of biodigesters it was established that the family type is the most appropriate according to the indicators and amount of biomass available in the farm. In addition the procedure for the calculation of the different work parameters was established based on the internal reactor temperature, internal pressure generated, pH level and retention time. A greenhouse was also implemented to keep the biodigester protected from high winds and maintain the proper temperature in the digestion process. The results show a liquid volume of 0.386 m³, average temperature of 23.25 °C and system pressure of 11,197 mbar, for the sixth week 804.12 ppm was obtained in maximum concentration of methane gas (CH₄), generating 0.549 m³ of biogas a month two weeks. The total cost of implementing the biodigester is \$ 1210.98 and the recovery time of the initial investment is two and a half years.

Keywords: biodigester, biogas, retention time, digestion, ppm.



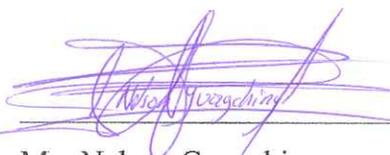
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores: **ACOSTA CLAVIJO JESSICA MARICELA** y **MUÑOZ SANTANA LUIS ALFREDO**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa “**IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR PARA LA OBTENCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LOS EXCREMENTOS DE ANIMALES DE GRANJA UBICADA EN EL CANTÓN SALCEDO**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero 2020

Atentamente



Mg. Nelson Guagchinga
DOCENTE DE INGLES
C.C: 050324641-5



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xii
ÍNDICE GENERAL.....	xiii
INDICE DE FIGURAS	xviii
INDICE DE TABLAS.....	xx
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1 Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2 Tipo de alcance.....	2
2.3 Área del conocimiento.....	2
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica	2
2.5 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	2
2.5.1 Objeto.....	2
2.5.2 Campo de acción.....	2
2.6 SITUACION PROBLÉMICA Y PROBLEMA	3
2.6.1 Situación problemática	3
2.6.2 Problema que resuelve	3
2.7 HIPÓTESIS	3

2.8	OBJETIVOS	4
2.8.1	Objetivo general.....	4
2.8.2	Objetivos específicos	4
2.9	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.	4
3.	MARCO TEÓRICO	5
3.1	Análisis de trabajos precedentes.....	5
3.2	Normativas vigentes	6
3.3	Historia de los biodigestores	6
3.4	Definición de biomasa.....	7
3.5	Tipos de biomasa.....	7
3.6	Estiércol de animales	8
3.7	Estiércol disponible	8
3.7.1	Producción de estiércol por especie.....	8
3.8	Digestión anaerobia.....	9
3.8.1	Bases microbiológicas del proceso anaerobio	9
3.9	Productos finales de la digestión anaerobia.....	10
3.9.1	Biogás	10
3.9.2	Biol.....	10
3.10	Composición del biogás	11
3.10.1	Purificación y condicionamiento del biogás.....	11
3.11	Temperatura.....	12
3.11.1	Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica	12
3.12	Historia de los biodigestores	12
3.13	Definición de un biodigestor	13
3.13.1	Ventajas del biodigestor.....	13
3.13.2	Desventajas del biodigestor	13

3.14	Ciclo de biodigestión	13
3.15	Clasificación de los biodigestores de acuerdo al ingreso de los desechos	14
3.16	Tipos de biodigestores	14
3.16.1	Biodigestor de campana flotante (modelo hindú)	15
3.16.2	Biodigestor de copula fija (modelo chino)	15
3.16.3	Biodigestores de tipo tubular o de salchicha.	16
3.16.4	Biodigestores familiares	17
4.	METODOLOGÍA	18
4.1	Investigación bibliográfica	18
4.2	Investigación de campo	18
4.3	Investigación experimental.....	18
4.4	Métodos para el dimensionamiento del biodigestor	18
4.4.1	Método para el cálculo del volumen del biodigestor tipo familiar	19
4.4.2	Potencial de producción de gas metano (PCH ₄)	19
4.4.3	Caracterización y cuantificación del estiércol	20
4.4.4	Cálculo de la cantidad de estiércol	21
4.4.5	Cálculo de la cantidad de Orina.....	21
4.4.6	Materia prima para la carga	22
4.4.7	Cálculo de volumen de producción de biogás	22
4.4.8	Tiempo de retención	22
4.4.9	Nivel de pH y alcalinidad	23
4.4.10	Relación C/N.....	23
4.4.11	Sólidos totales	24
4.4.12	Sólidos Volátiles	24
4.4.13	Descomposición de sólidos volátiles	25
4.4.14	Crecimiento de Metano (CH ₄)	25
4.4.15	Volumen de Metano V _{CH₄}	25

4.4.16	Volumen CO ₂	26
4.4.17	Volumen Biogás	26
4.4.18	Factor de dilución	26
4.4.19	Volumen Biodigestor	27
4.5	Componentes del sistema de biodigestión.....	27
4.6	Control para la puesta en marcha del biodigestor.....	30
5.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	31
5.1	Descripción de objeto de estudio.....	32
5.2	Procedimientos experimentales	32
5.3	Datos para el cálculo del volumen del biodigestor.....	32
5.4	Dimensionamiento del biodigestor familiar elaborado con tanque de plástico PVC	33
5.5	Calculo de la presión hidrostática en el interior del biodigestor	34
5.6	Tanques de pre mezcla y descarga	35
5.7	Presión del manómetro tipo U	36
5.8	Volumen y dimensionamiento del gasómetro	37
5.9	Presión requerida en el gasómetro.....	38
5.10	Válvula se seguridad.....	39
5.11	Tubería de salida de Biogás.....	39
5.12	Diseño del sistema de control.....	40
5.13	Calibración del sensor MQ-4.....	41
5.14	Selección, limpieza e implementación del invernadero	42
5.15	Instalación del sistema de biodigestión	43
5.16	Tanques de pre mezcla y descarga	44
5.17	Gasómetro instalado	44
5.18	Tuberías y accesorios del sistema.....	44
5.19	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	45
5.20	Selección de la materia orgánica y mezcla.....	45

5.21	Sistema completo de biodigestión implementado	46
5.22	Resultados obtenidos durante el tiempo de retención	46
5.23	Cargas realizadas	48
5.24	Producción de biogás.....	50
5.25	Presión del biogás	51
5.26	Composición química del biogás en relación con el GLP.....	52
5.27	Principio de Combustión	52
5.28	Análisis de pH	53
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	54
6.1	Presupuesto.....	54
6.2	Análisis de impactos.....	54
6.2.1	Impacto económico.....	54
6.2.2	Impacto ambiental.....	55
6.2.3	Impacto social	55
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
7.1	Conclusiones.....	56
7.2	Recomendaciones	56
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Crecimiento del biodigestor	7
Figura 3.2 Ciclo de la biomasa	7
Figura 3.3 Esquema de reacciones de digestión anaerobia.....	9
Figura 3.4 Proceso de obtención del biol	11
Figura 3.5 Ciclo de la digestión.....	14
Figura 3.6 Biodigestor de campana flotante (modelo hindú).....	15
Figura 3.7 Biodigestor de copula fija (modelo chino).....	16
Figura 3.8 Biodigestor de copula fija (modelo tubular o salchicha).....	16
Figura 3.9 Biodigestor familiar elaborado con tanques plásticos de PVC	17
Figura 4.1 Tubo visor de nivel.....	27
Figura 4.2 Tanque de carga y descarga	27
Figura 4.3 Tubería carga y descarga.....	28
Figura 4.4 Válvula se seguridad	28
Figura 4.5 Filtro sulfhídrico	28
Figura 4.6 Trampa de agua.....	29
Figura 4.7 Manómetro tipo U	29
Figura 4.8 Gasómetro	29
Figura 4.9 Invernadero.....	30
Figura 4.10 Placa de arduino Mega	30
Figura 4.11 Sensor de gas MQ-4.....	30
Figura 4.12 Termocupla Tipo K y Max-6675	31
Figura 4.13 Modulo rtc ds-1307.....	31
Figura 4.14 Módulo de temperatura y humedad	31
Figura 5.1 Ubicación geográfica del sitio de implementación	32
Figura 5.2 Tanque PVC de 500 litros	34
Figura 5.3 Distribución de la presión en las paredes del biodigestor	35

Figura 5.4 Tanques de pre mezcla y descarga	35
Figura 5.5 Manómetro tipo U	36
Figura 5.6 Válvula de seguridad (check)	39
Figura 5.7 Tuberías de salida del biogás	40
Figura 5.8 Diseño del sistema de control	41
Figura 5.9 Línea de tendencia de Ro/Rs.....	42
Figura 5.10 Limpieza y construcción de la estructura para el invernadero	43
Figura 5.11 Instalación de acoples y tubería del biodigestor	43
Figura 5.12 Instalación de los tanques de pre mezcla y descarga.....	44
Figura 5.13 Disposición del gasómetro de caucho	44
Figura 5.14 Tubería seleccionada para la conducción del biogás.....	45
Figura 5.15 Instalación de elementos electrónicos	45
Figura 5.16 Estiércol recolectado y colocado en el biodigestor.....	46
Figura 5.17 Sistema completo de biodigestión implementado.....	46
Figura 5.18 Temperatura en el interior del biodigestor.....	47
Figura 5.19 Temperatura generada en el invernadero	48
Figura 5.20 Cargas semanales	49
Figura 5.21 Producción de biogás en partes por millón (PPM)	50
Figura 5.22 Presión del Sistema en Pascales	51
Figura 5.23 Papel indicador de pH.....	53

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Causa y efecto.....	3
Tabla 2.2 Actividades y tareas propuestas con los objetivos.....	4
Tabla 3.1 Producción de estiércol	8
Tabla 3.2 Composición del biogás	11
Tabla 3.3 Equivalencias del biogás.....	12
Tabla 3.4 Rangos de temperaturas óptimas para tiempo de fermentación.....	12
Tabla 3.5 Clasificación de biodigestores según el tiempo de carga	14
Tabla 3.6 Características generales de biodigestores (modelo hindú).....	15
Tabla 3.7 Características generales de biodigestores (modelo chino).....	16
Tabla 3.8 Características generales de biodigestores (modelo tubular o salchicha).....	17
Tabla 3.9 Características generales de biodigestores (modelo familiar).....	17
Tabla 4.1 Potencial de producción de gas metano PCH ₄ de algunos residuos.....	19
Tabla 4.2 Características de la materia orgánica utilizada en la biodigestión	19
Tabla 4.3 Valores y características del estiércol	21
Tabla 4.4 Tiempo de retención según temperatura para mejor fertilizante	23
Tabla 4.5 Relación Carbono/Nitrógeno	24
Tabla 4.6 Relación mezcla estiércol: agua	26
Tabla 4.7 Componentes del Biodigestor.....	27
Tabla 4.8 Componentes de control para el biodigestor	30
Tabla 5.1 Datos para el cálculo del biodigestor.....	33
Tabla 5.2 Muestra de resultados para el dimensionado del digestor	33
Tabla 5.3 Dimensiones del digestor	34
Tabla 5.4 Dimensiones de los tanques.....	36
Tabla 5.5 Ajuste para sensor MQ-4	42
Tabla 5.6 Muestra de temperaturas en el biodigestor	47
Tabla 5.7 Temperatura del ambiente.....	48

Tabla 5.8 Cargas realizadas.....	49
Tabla 5.9 Concentración medida de CH ₄	50
Tabla 5.10 Variación de presión.....	51
Tabla 5.11 Muestra de resultados	52
Tabla 5.12 Valor energético Biogás vs otras fuentes.....	53
Tabla 6.1 Tabla de presupuesto	54
Tabla 6.2 Presupuesto de implementación	55

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por

Jessica Maricela Acosta Clavijo

Luis Alfredo Muñoz Santana

Tema aprobado

Implementación de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de los excrementos de animales de granja ubicada en el cantón salcedo.

Carrera

Ingeniería Electromecánica

Director de la propuesta tecnológica

- PhD. Enrique Torres Tamayo

Equipo de trabajo

- Jessica Maricela Acosta Clavijo
- Luis Alfredo Muñoz Santana
- PhD. Enrique Torres Tamayo

Lugar de ejecución

Región Sierra, Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Parroquia Mulliquindil Santa Ana

Tiempo de duración de la propuesta

Período académico 2019-2020

Fecha de entrega

Febrero del 2020

Línea de investigación

- **Línea de investigación de la universidad**

Línea de investigación 5: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

- **Línea de investigación de la carrera**

Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

Tipo de propuesta tecnológica

Obtención de biogás a partir de los excrementos de animales de granja.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 Título de la propuesta tecnológica

Implementación de un biodigestor para la obtención de biogás.

2.2 Tipo de alcance

Productivo

Con la finalidad de utilizar los desechos orgánicos generados por animales de granja se pretende obtener una fuente de energía renovable, biogás (gas metano).

2.3 Área del conocimiento

Ingeniería, industria y construcción: Ingeniería y profesiones a fines.

2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica

La implementación de un biodigestor, tendrá como objetivo aprovechar las propiedades que posee el excremento de animales de granja (vacas, cerdos, entre otros), obteniendo como principal fuente de producción el gas metano quien será sustituido por el gas GLP, sin dejar atrás también la obtención de biol como un fertilizante, el cual aporta de nutrientes naturales a los cultivos.

2.5 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1 Objeto

Los Biodigestores para la producción de biogás.

2.5.2 Campo de acción

Eficiencia energética en los procesos de biomasa para la obtención biogás.

2.6 SITUACION PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1 Situación problemática

En el provincia de Cotopaxi cantón Salcedo y sus zonas aledañas agrícolas no se tiene información a ciencia cierta sobre la reutilización de los desechos orgánicos ni de digestores, lo cual hace necesario que en estos sitios se realicen estudios y caracterizaciones que sirvan como base para posteriores estudios académicos y científicos que puedan solucionar problemas de optimización de recursos o que permitan facilitar el desarrollo de obras ingenieriles, que requieran del conocimiento de las condiciones de energías renovables imperantes, para un adecuado aprovechamiento de los desechos orgánicos.

De no existir suficiente recolección de datos sobre la utilización de biodigestores, se podría diferir de la implementación de los mismo, los cuales repotenciarían a los diferentes tipos de energías renovables en los sectores agrícolas.

2.6.2 Problema que resuelve

No se aprovechan los residuos animales de granja que actualmente no tienen tratamiento alguno, los cuales ocasionan contaminación a los acuíferos de agua potable.

Tabla 2.1 Causa y efecto.

Causas	Efectos
Acumulación excesiva de los residuos animales	Contacto directo entre los desechos y animales
Falta de información sobre la utilización de los desechos	Contaminación dentro y fuera del entorno
Falta de tratamiento de los desechos animales	Malestar y posibles enfermedades de las personas que habitan el lugar

2.7 HIPÓTESIS

Mediante la implementación del biodigestor ubicada en la provincia de Cotopaxi cantón Salcedo los beneficiarios de la Granja Rosita podrán obtener biogás a partir de los excrementos de animales de granja, esto permitirá el aprovechamiento energético de dicha excreta.

2.8 OBJETIVOS

2.8.1 Objetivo general

Implementar un biodigestor a partir de los desechos de animales en la granja “Rosita” del cantón Salcedo con la finalidad de obtener biogás y biol.

2.8.2 Objetivos específicos

- Caracterización del excremento de animales de granja en cuanto a su composición, cantidad, presión atmosférica y temperaturas.
- Seleccionar un biodigestor apropiado de acuerdo a las particularidades de la biomasa y necesidades del lugar, mediante los fundamentos teóricos y procedimientos ingenieriles establecidos.
- Implementar un biodigestor para generar biogás a través de la descomposición de desechos de estiércol de animales de granja mediante pruebas experimentales y parámetros de eficiencia de la instalación.

2.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.

Tabla 2.2 Actividades y tareas propuestas con los objetivos.

OBJETIVOS	TAREAS
Caracterización del excremento de animales de granja en cuanto a su composición, cantidad, presión atmosférica y temperaturas.	1. Revisión bibliográfica para obtener la identificación de las excretas.
	2. Estudio de procesos microbiológicos involucrados en dicha tecnología.
Seleccionar un biodigestor apropiado de acuerdo a las características de la biomasa y necesidades del lugar, mediante los fundamentos teóricos y procedimientos ingenieriles establecidos.	1. Establecer los fundamentos teóricos relacionados con el proceso de biodigestión y el uso de biomasa para la producción de biogás natural.
	2. Caracterizar la biomasa como fuente renovable de energía para la obtención de biogás.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Establecer el procedimiento para la selección del biodigestor en función de las condiciones ambientales de la granja y las características y potencial de biomasa.
<p>Implementar un biodigestor para generar biogás a través de la descomposición de desechos de estiércol de animales de granja mediante pruebas experimentales y parámetros de eficiencia de la instalación.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar el biodigestor adecuado acorde al procedimiento de cálculo establecido y las ofertas existentes en el mercado.
	<ol style="list-style-type: none"> 2. Determinar el flujo de biogás producido en función del tiempo de fermentación, la temperatura y las características de la biomasa.
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Verificar si la temperatura ambiente es acorde para llevar a cabo el proceso de biodigestión de la biomasa, para la obtención de biogás y biol.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Análisis de trabajos precedentes

En el presente escrito se pretende inicialmente realizar un levantamiento del potencial de excreta de los animales de cría existentes en la finca de autoconsumo y de esta forma seleccionar correctamente el tipo de biodigestor que se va a proponer para que utilice la finca para el aprovechamiento energético, el uso del biogás por la leña, ayuda a conservar las plantaciones forestales disminuye la generación de dióxido de carbono y contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero [1].

El criadero porcino “La Bonita”, tiene como objetivo fundamental implementar una mini-planta para el tratamiento de los residuales porcinos generados en el criadero, y con ello disminuir la contaminación ambiental; y para la producción de biogás, que será usado como combustible, para satisfacer las necesidades térmicas y como demostración eléctrica, mediante la utilización de un biodigestor se pretende controlar esta

contaminación, pues los gases generados son utilizados para la obtención de energía térmica, pudiendo llegar a sustituir al GLP [2].

El estiércol generado por el ganado vacuno en la zona rural no es aprovechado de la mejor manera, los agricultores lo utilizan como abono para las siembras, desconociendo totalmente sus efectos negativos en el medio ambiente, además el inconveniente que tienen para transportar una fuente de energía térmica que es utilizada para uso doméstico, con estos parámetros analizados surgió la iniciativa de implementar un biodigestor de polietileno en base a estiércol vacuno para la generación de biogás en la Hacienda Terán ubicada en el sector La Dolorosa, el cual se fundamenta en el proceso de digestión anaeróbica, además con la investigación se reforzó conocimientos sobre energías renovables en zonas rurales y un gran impacto y progreso en el cambio de la matriz energética [3].

3.2 Normativas vigentes

En el presente documento se indicará de manera superficial las normativas que se utilizaron en el mismo, se enmarcará con mayor detalle en los anexos. El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), entidad adscrita al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), tiene como uno de sus principales objetivos fomentar la investigación científica y tecnológica en el Ecuador, en temas relacionados con la promoción de la eficiencia en el uso de los recursos energéticos y el impulso de energías renovables sostenibles en la generación local [4].

La misión del INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización es contribuir al desarrollo sostenible en el Ecuador mediante la investigación científica y tecnológica, entre sus objetivos está el de fomentar proyectos de investigación basados en la combinación I+D+I (Investigación, Desarrollo e Innovación) los mismo que serán ejecutados en base a dos grandes ejes de acción: Eficiencia Energética y Energías Renovables [4].

A continuación, en el anexo I se especifican las normativas que se utilizó para la elaboración del proyecto.

3.3 Historia de los biodigestores

En los años veinte, el profesor y doctor en ingeniería Karl Imhoff, construyó el primer tanque digestor (digestor anaerobio). Durante la Segunda Guerra Mundial Karl Imhoff diseñó el concepto de una planta agrícola de biogás para compensar la falta de

combustible. En los 50 se construyeron varias plantas agrícolas de biogás en Alemania (RFA). Sin embargo, durante las tres décadas siguientes no se extendió esta tecnología (sino que al contrario se utilizó el tratamiento anaerobio de depuración de aguas residuales). En la actualidad está aumentando el número de plantas de biogás en todo el mundo, como se muestra en la figura 3.1 [5].

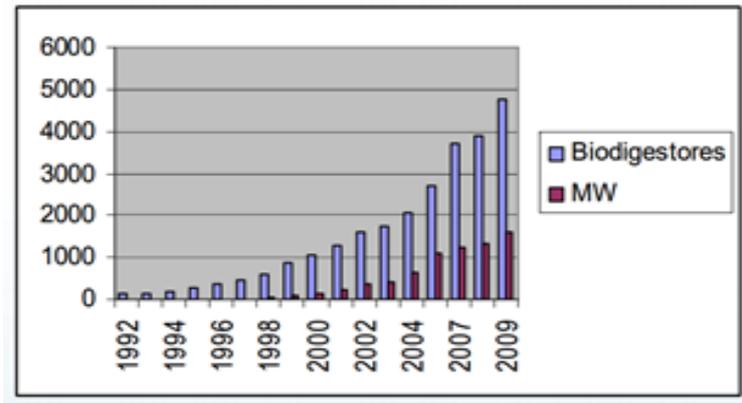


Figura 3.1 Crecimiento del biodigestor. **Fuente:** [5].

3.4 Definición de biomasa

La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica. La energía almacenada en la biomasa es producto del proceso fotosintético, principalmente acumulada en los almidones, azúcar, celulosa y lignina. La biomasa presenta diversas formas de utilización, como son: alimento, fibra, materia orgánica del suelo, material estructural y como combustible (para producir calor, vapor y/o electricidad). En la figura 3.2 muestra el ciclo de conversión de la biomasa [6].

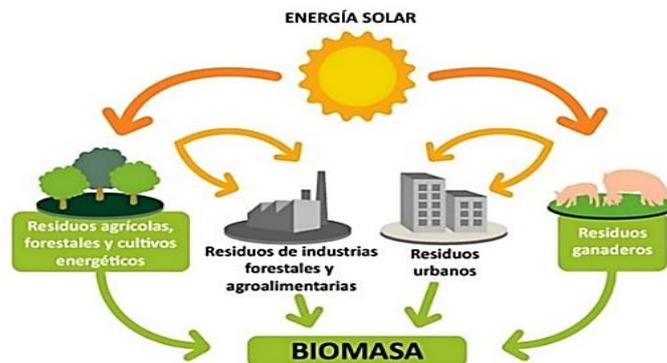


Figura 3.2 Ciclo de la biomasa. **Fuente:** [7].

3.5 Tipos de biomasa

Existen diferentes tipos de biomasa que pueden ser utilizados como recurso energético:

- Residuos de la industria forestal
- Desechos agrícolas
- Residuos de acuicultura
- Estiércol de animales
- Desechos industriales
- Residuos de desechos urbanos

3.6 Estiércol de animales

Las granjas producen un elevado volumen de residuos húmedos en forma de estiércol de animales. La forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivos, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficios de su valor nutritivo. Sin embargo, cuando existen cantidades elevadas de estiércol esta práctica puede provocar una sobre fertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas [8].

3.7 Estiércol disponible

La materia prima para la producción de biogás es estiércol fresco. Se pueden considerar otros tipos de residuos orgánicos, pero en ningún caso residuos duros (con cascara dura) o de larga duración de descomposición (como vísceras). El estiércol que mayor cantidad de biogás produce es el de chanco y ser humano, pero el fertilizante que produce es muy ácido en el caso del humano hay que tener otras consideraciones. El estiércol más equilibrado es el de la vaca, además, por animal produce una gran cantidad de estiércol, como se muestra en la tabla 3.1 [9].

3.7.1 Producción de estiércol por especie

Tabla 3.1 Producción de estiércol.

Especie	Peso vivo Kg	Estiércol Kg/día	%CH₄
Cerdos	50	4,5-6	65-70
Vacunos	400-500	25-40	65
Equinos	450	2,5	65
Ovinos	45	0,06	63
Aves	1.5-2	1,5	60

Fuente: [10].

3.8 Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como “Biogás” y a una suspensión acuosa o “lodo” que contiene los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica [11].

3.8.1 Bases microbiológicas del proceso anaerobio

En la práctica ingenieril se acostumbra a considerar tres etapas para residuos sólidos o lodos (hidrólisis, acidogénesis, metanogénesis) y dos para residuos líquidos (acidogénesis y metanogénesis); el enfoque más novedoso lo constituye el de las cuatro etapas o niveles que se muestran en la figura 3.3 [11].

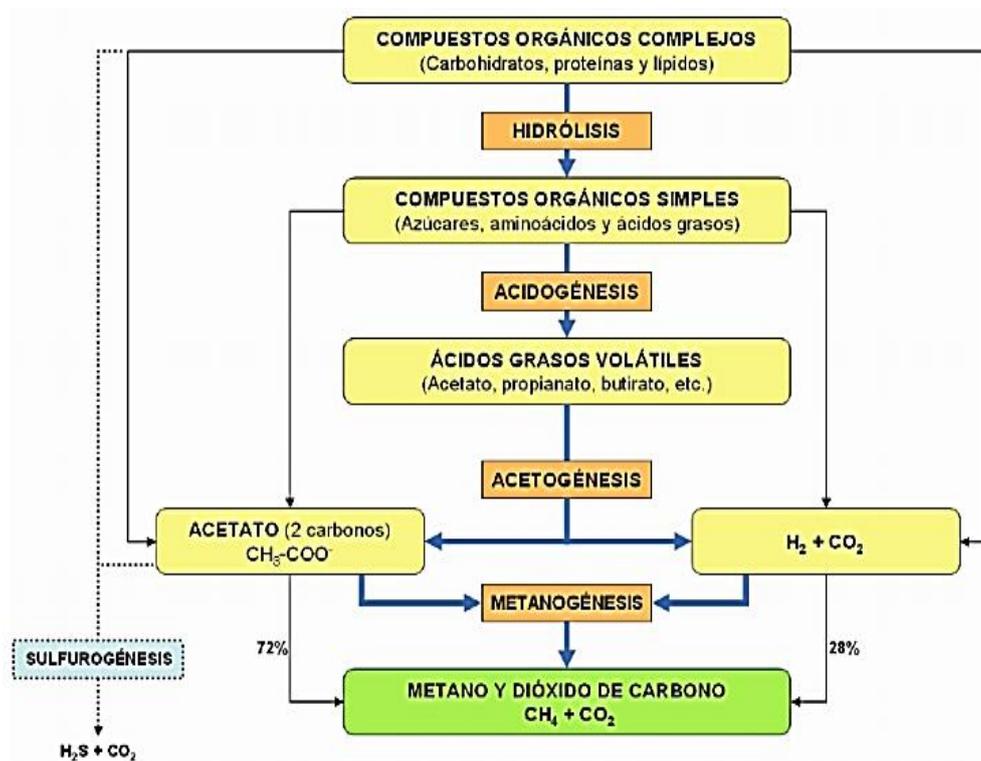


Figura 3.3 Esquema de reacciones de digestión anaerobia. Fuente: [12].

- **Hidrólisis**

La hidrólisis es la descomposición biológica de polímeros orgánicos en moléculas más pequeñas (monómeros y dímeros) que son capaces de atravesar la membrana celular, este proceso se lleva a cabo por medio de enzimas denominadas hidrolasas, que son capaces de solubilizar la materia orgánica y romper enlaces específicos con ayuda de agua para poder ser utilizadas [13].

- **Acidogénesis**

La segunda etapa, controlada por bacterias, consiste en la transformación de los compuestos formados en la primera etapa en otros compuestos de peso molecular intermedio, la población acidogénica es la más grande, consiste en cerca del 90 % de la población total de un digestor [13].

- **Acetogénesis**

Esta es una fase en la cual se aceleran los procesos metabólicos bacterianos, con transformación enzimática o hidrólisis, de lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos, en otros compuestos que serán utilizados como fuentes de energía y como transformación a carbono celular [13].

- **Metanogénesis**

La metanogénesis es la etapa final de la digestión anaerobia. La formación de metano se da a partir de dos rutas principales, la primera, es la acetoclástica en la cual los microorganismos crecen principalmente en su sustrato (acetato) y la segunda, es la hidrogenotrófica en donde los microorganismos crecen en sustratos como hidrógeno (H) y dióxido de carbono (CO₂). Dando, así como producto final el metano (CH₄) [13].

3.9 Productos finales de la digestión anaerobia

El principal producto del proceso de digestión anaerobia, en sistemas de alta carga orgánica y en mezcla completa es el biogás.

3.9.1 Biogás

El biogás resulta del tratamiento o proceso químico – biológico en ausencia de oxígeno por acción de microorganismos y otros factores que se realiza a la materia orgánica o biodegradable conocida como biomasa, el resultado de este proceso es una mezcla gaseosa formada principalmente de Metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) al igual que varias impurezas los cuales dependen del material orgánico con el que fue producido [14].

3.9.2 Biol

Es un fertilizante foliar (liquido) de origen orgánico, que es producto de la descomposición anaeróbica (sin aire), de los desechos orgánicos y sustratos de plantas (Leguminosas: Alfalfa, Arveja, Haba, etc.) y estiércol fresco de animales (Vacuno,

Porcino, Ovino, Gallinas, Cuy, etc.) que se obtienen por medio de la filtración del bioabono y se aplica a los cultivos para mejorar su crecimiento y desarrollo, estimulando una mayor resistencia a plagas y enfermedades, en la figura 3.4 se muestra el proceso de obtención del biol [15].



Figura 3.4 Proceso de obtención del biol. **Fuente:** [15].

3.10 Composición del biogás

El biogás está formado por una mezcla de gases, y su composición depende del tipo de residuo orgánico utilizado para su producción y de las condiciones en que este se procesa, como se muestra en la tabla 3.2 [16].

Tabla 3.2 Composición del biogás.

Componentes	Fórmula Química	Porcentajes %
Metano	CH ₄	60-70
Gas carbónico	CO ₂	30-40
Hidrogeno	H ₂	1
Nitrógeno	N	0,5
Monóxido de Carbono	CO	0,1
Oxígeno	O ₂	0,1
Ácido Sulhídrico	H ₂ S	0,1

Fuente: [16].

3.10.1 Purificación y condicionamiento del biogás

Como se ha comentado previamente, el biogás está formado por varios gases que deberán ser removidos para conseguir los siguientes resultados, esto se puede verificar en la tabla 3.3.

- Aumentar el poder calorífico del biogás (Purificándolo y filtrando el dióxido de carbono).

- Poder usarlo en motores, calderas, celdas de combustible, vehículos, etc. (Filtrando el ácido sulfhídrico).

Tabla 3.3 Equivalencias del biogás.

1m³ de biogás equivale a:	
Carbón vegetal	0,8 kg
Leña	1,5 kg
Diésel	0,55 kg
Gasolina	0,61 kg
GLP	0,45 kg
Alcohol carburante	0,81 kg
Carbón mineral	0,74 kg

Fuente: [17].

3.11 Temperatura

Los procesos anaeróbicos, al igual que muchos otros sistemas biológicos, son fuertemente dependientes de la temperatura de la velocidad de crecimiento; con lo cual se convierte en uno de los principales factores que afectan al crecimiento de las bacterias responsables de la producción de biogás, en la tabla 3.4 se puede visualizar los rangos de temperatura mínima, optima y máxima [18].

3.11.1 Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaeróbica

Tabla 3.4 Rangos de temperaturas óptimas para tiempo de fermentación.

Fermentación	Mínimo	Optimo	Máximo	Tiempo de fermentación
Psycrophilica	4-10°C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15-20°C	20-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Fuente: [19].

3.12 Historia de los biodigestores

A comienzos del año 1808 empezó la investigación de la descomposición del gas metano, a partir de los desechos orgánicos especialmente del estiércol vacuno, el investigador quien dio los primeros pasos de la producción del gas metano fue Hymphry Davy. En el

año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la India fomentando la producción de biogás y bioabono impulsados por la necesidad energética de campesinos para usarse como calefacción en invierno, eran apropiados para hogares aldeanos y alimentados con estiércol y desechos vegetales [20].

3.13 Definición de un biodigestor

Un digestor de desechos orgánicos o biodigestor, en su forma más simple, es un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos de animales y humanos, desechos vegetales, etc.) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio [21].

3.13.1 Ventajas del biodigestor

- Produce biogás naturalmente el cual puede sustituir al GLP.
- Evita el uso de leña que contribuye a la deforestación.
- El lodo producido genera fertilizante.
- Elimina problemas de sanidad: evita malos olores, insectos y controla los microorganismos capaces de generar enfermedades.
- Impide la contaminación de mantos acuíferos.

3.13.2 Desventajas del biodigestor

- Su ubicación debe estar cerca de la fuente de agua y materia orgánica.
- Requiere trabajo diario y constante.
- En climas fríos el proceso es lento.
- Dentro de la composición del biogás se encuentran el ácido sulfhídrico, tóxico al ser humano y corrosivo a todo el equipo utilizado en el proceso.
- Existe el riesgo de explosión o incendios, en caso de no cumplirse las normas de seguridad y mantenimiento.

3.14 Ciclo de biodigestión

Es un proceso por el cual los desechos se transforman mediante un aparato estacionario el cual aprovecha la digestión anaerobia para convertir la materia orgánica en biogás (combustible) y biol (fertilizante), el estiércol de vaca, cerdo, aguas negras, residuos lácteos y otros residuos, son materiales orgánicos, que pueden ser aprovechados, el proceso de biodigestión se lo puede observar en la figura 3.5 [22].

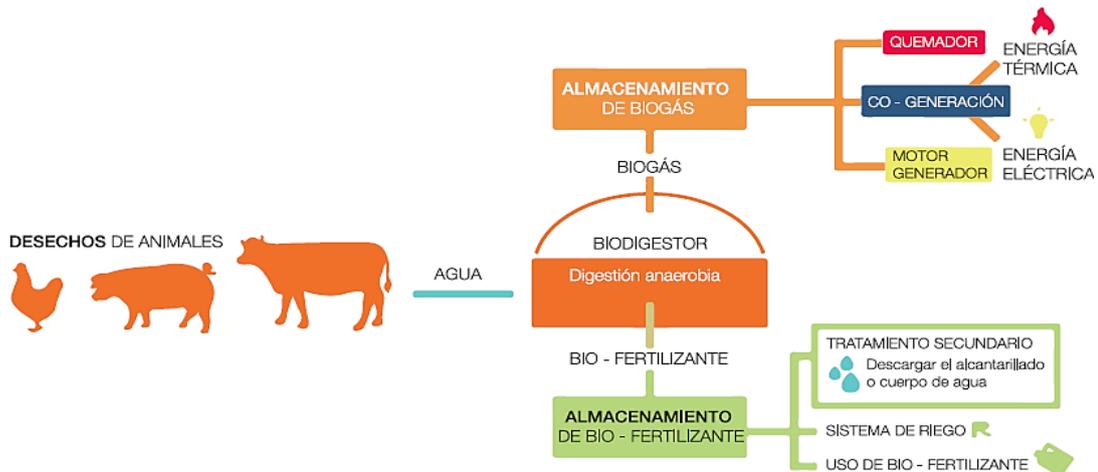


Figura 3.5 Ciclo de la digestión. **Fuente:** [22].

3.15 Clasificación de los biodigestores de acuerdo al ingreso de los desechos

La clasificación de los biodigestores varía dependiendo de su complejidad y la cantidad de carga que se le vaya a administrar, a continuación, en la tabla 3.5 se detalla tres tipos de biodigestores según el tiempo de carga y son los siguientes:

Tabla 3.5 Clasificación de biodigestores según el tiempo de carga.

Continuos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la alimentación del digestor es un proceso interrumpido, el efluente que descarga es igual al efluente o materia que carga (que entra al digestor), con producción de biogás, uniformes en el tiempo.
Semicontinuos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la primera carga que se introduce al digestor consta de una gran cantidad de materias primas, posteriormente se agregan volúmenes de nuevas cargas de materias primas (efluentes), calculados en función del tiempo de retención hidráulica (THR) y del volumen total del digestor.
Discontinuos	<ul style="list-style-type: none"> • Los digestores se cargan con materias primas en una sola carga o lote.

Fuente: [23].

3.16 Tipos de biodigestores

Existen diversos tipos, pero a continuación se describirán los más comunes y se ampliará la información sobre los de uso casero o rural ya que en ellos se basa la propuesta expuesta

en el presente trabajo, el tipo de biodigestor dependerá del lugar en donde será instalado, la complejidad de su construcción y la cantidad de biogás que podrá producir.

3.16.1 Biodigestor de campana flotante (modelo hindú)

Este tipo de biodigestor se coloca habitualmente sobre el nivel del suelo, adaptándose a cualquier situación climática y puede construirse en cualquier condición de topografía del suelo como se muestra en la figura 3.6 y en tabla 3.6 se observa las características generales [24].

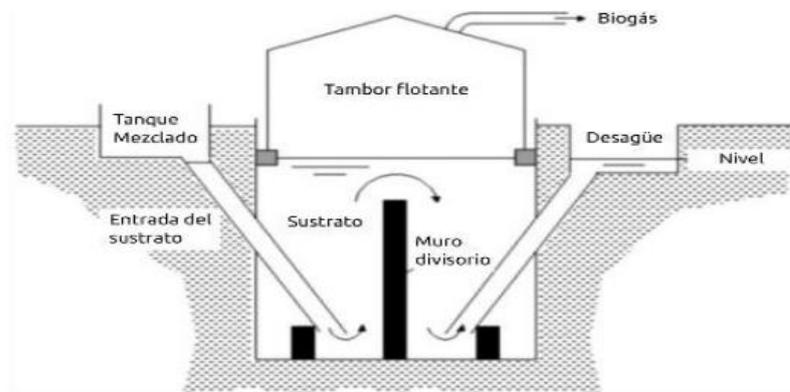


Figura 3.6 Biodigestor de campana flotante (modelo hindú). **Fuente:** [24].

Tabla 3.6 Características generales de biodigestores (modelo hindú).

Material	Aplicación	Ventaja	Desventaja
Domo de acero con fibra de vidrio, estructura de ladrillo, greda.	Para desechos animales, aguas negras.	Presión constante de salida del biogás. Acepta alimentación semiconstante.	Mayor dificultad y costo de instalación. Mano de obra en relación a un sistema de estructura flexible.

Fuente: [25].

3.16.2 Biodigestor de copula fija (modelo chino)

Los digestores de este tipo son tanques cilíndricos con el techo y piso en forma de domo y se construyen totalmente herméticos. Al iniciar el proceso, el digestor se llena con residuos agrícolas procedentes de compostas mezclados con lodos activados de otro digestor, a través de la cubierta superior que es removible, en la figura 3.7 se muestra el biodigestor modelo chino y en la tabla 3.7 se detalla las características generales [24].

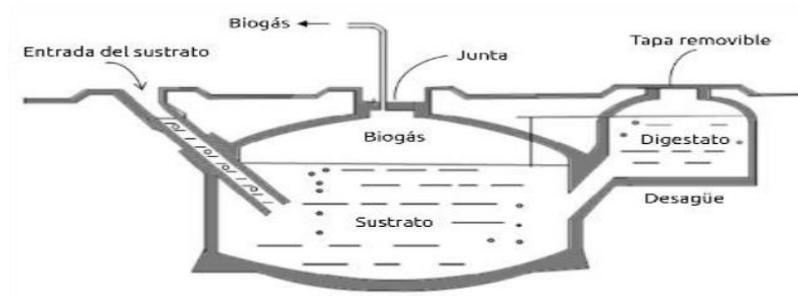


Figura 3.7 Biodigestor de copula fija (modelo chino). **Fuente:** [24].

Tabla 3.7 Características generales de biodigestores (modelo chino).

Material	Aplicación	Ventaja	Desventaja
Ladrillo, mortero, cemento, greda, fibra de vidrio, metal.	Desechos de animales, aguas negras, desechos vegetales.	Larga vida útil (20 años aproximadamente), alta presión del biogás 1 a 1,5m columna de agua. Acepta alimentación semiconstante.	Altos costos de instalación en relación a sistemas de estructura flexible, se requiere estructura resistente para altas presiones del biogás.

Fuente: [25].

3.16.3 Biodigestores de tipo tubular o de salchicha.

El biodigestor tubular se caracteriza por ser de muy bajo costo y operación simplificada, y, en comparación con los modelos de domo fijo y tambor flotante, su costo es aproximadamente la mitad del precio de ellos. Es ideal para comunidades rurales alejadas que desean instalar un biodigestor para cubrir sus necesidades, en la figura 3.8 se observa el modelo tubular o de salchicha y en la tabla 3.8 se detalla las características generales [24].

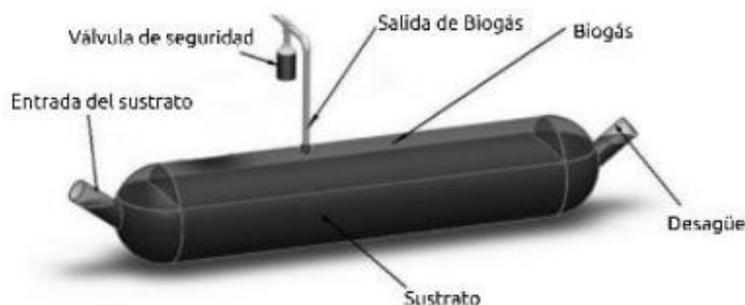


Figura 3.8 Biodigestor de copula fija (modelo tubular o salchicha). **Fuente:** [24].

Tabla 3.8 Características generales de biodigestores (modelo tubular o salchicha).

Material	Aplicación	Ventaja	Desventaja
PVC, polietileno (mangas de 0,1 mm), HDPE, EPDM (geomembranas)	Todo tipo de desechos humanos	Según material mediana y larga vida útil. Bajos costos de instalación en relación a sistemas de estructura rígida. 100% hermético. Acepta alimentación semiconstante.	Requiere mayor protección para evitar roturas.

Fuente: [25].

3.16.4 Biodigestores familiares

Este tipo de biodigestores familiar o de bajo costo, son sistemas eficientes para el tratamiento de desechos de animales de granja, el cual reemplaza las fosas sépticas tradicionales, eliminando costos de mantenimiento [26]. De los diferentes tipos de biodigestores existentes se seleccionó el biodigestor familiar elaborado con tanque plástico PVC debido a que son tanques de polietileno 100% virgen y su durabilidad excede los 10 años, además de su cómoda construcción e implementación son de fácil adquisición, la figura 3.9 se observa el modelo familiar y en la tabla 3.9 se detalla las características generales, en el anexo V se muestra la hoja técnica.



Figura 3.9 Biodigestor familiar elaborado con tanques plásticos de PVC. Fuente: [27].

Tabla 3.9 Características generales de biodigestores (modelo familiar).

Material	Aplicación	Ventaja	Desventaja
----------	------------	---------	------------

PVC, polietileno 100 % virgen.	Eficiente para tratamiento de desechos residuales.	Bajos costos de instalación en relación a sistemas de estructura rígida.	Por su composición plástica no soporta muchoa presión.
--------------------------------------	--	---	--

Fuente: [27].

4. METODOLOGÍA

4.1 Investigación bibliográfica

Se utilizó información de libros referentes a normas de implementación y manipulación de Materia orgánica, catálogos que contribuyan a determinar los mejores métodos de producción y eficiencia del sistema y fichas que nos permita establecerlos parámetros y recomendaciones que faciliten la investigación y posterior construcción. De tal manera se tomará como base trabajos precedentes realizados en los que se consolidará dichos problemas que pudo haber existido.

4.2 Investigación de campo

Para un determinado sistema es importante conocer las características que lo rigen como son tanto en la construcción del tanque, almacenamiento del material orgánico, materiales a emplearse en la construcción del Invernadero, diseño del sistema de flujo tanto de residuo como de gasificación, construcción de sistemas térmicos, válvulas y sistemas de alivio de gas y de efluentes.

4.3 Investigación experimental

De la investigación este método se constituyó como uno de los más importantes, debido a que dicho proceso Anaerobio químico, necesita algunos elementos indispensables como temperatura interna del biodigestor, dureza del agua, pureza en las muestras recolectada para que la producción del Biogás y el biol sea eficaz, como se indicó dependerá directamente de estos agentes externos el comportamiento y su funcionalidad para el proyecto realizado.

4.4 Métodos para el dimensionamiento del biodigestor

Para el biodigestor familiar se toma en consideración los siguientes cálculos y métodos de dimensionamiento.

- Método para el cálculo del volumen del biodigestor tipo familiar.

- Método para el cálculo del dimensionamiento del biodigestor.
- Método para el cálculo de producción de biogás.

4.4.1 Método para el cálculo del volumen del biodigestor tipo familiar

Para el cálculo del volumen requerido en el biodigestor tipo familiar se consideró los siguientes puntos que se muestran a continuación:

- Sólidos volátiles; (kg/día).
- Sólidos totales; (kg/día).
- Cantidad de biomasa disponible; (kg/día).
- Volumen del biodigestor; (m³).
- Tiempo de retención; (días).
- Cantidad de agua para la mezcla; (kg/día).
- Carga diaria de biomasa; (kg/lts).

4.4.2 Potencial de producción de gas metano (PCH₄)

Es el volumen de metano producido por masa de sólidos volátiles en (m³. CH₄/kg SV). Los valores referenciales en la producción de metano, están en las siguientes tablas 4.1 y 4.2 [28].

Tabla 4.1 Potencial de producción de gas metano PCH₄ de algunos residuos

Residuos orgánicos	PCH ₄ [m ³ CH ₄ /kg SV]
Vaca	0,2
Res	0,35
Desecho municipal	0,2
Cerdos	0,45
Gallinas	0,39
Aguas negras	0,406

Fuente: [28].

Tabla 4.2 Características de la materia orgánica utilizada en la biodigestión

No.	Fuente	W _A	T	ST	SV	N _P	P _P	K _P	ST/T	SV/ST
1	Vaca	500	86	12	10	0,45	0,094	0,29	14 %	83 %

2	Toro	500	58	8,5	7,2	0,34	0,092	0,21	15 %	85 %
3	Becerro	40	62	5,2	2,3	0,27	0,066	0,28	8 %	44 %
4	Cerdo	70	84	11	8,5	0,52	0,18	0,29	13 %	77 %
5	Oveja	60	40	11	9,2	0,42	0,087	0,32	28 %	84 %
6	Chivo	50	41	13	-	0,45	0,11	0,31	32 %	0
7	Caballo	400	51	15	10	0,3	0,071	0,25	29 %	67 %
8	Gallina	2,2	85	22	17	0,84	0,3	0,3	26 %	77 %
9	Roedor	2	64	16	12	1,1	0,3	0,4	25 %	75 %
10	Pavo	8	47	12	9,1	0,62	0,23	0,24	26 %	76 %
11	Pato	3	110	31	19	1,5	0,54	0,71	28 %	61 %

Fuente: [28].

Donde:

W_A = Peso promedio del animal en kg.

T = Cantidad total de residuo (estiércol) promedio; kg por cada 1000 kg de peso del animal.

ST = Contenido promedio de sólidos totales; kg por cada 1000kg de peso del animal.

SV = Contenido promedio de sólidos volátiles; kg por cada 1000kg de peso del animal.

N_p = Contenido promedio de nitrógeno en gramos por kg de sustancia.

P_p = Contenido promedio de fósforo en gramos por kg de sustancia.

K_p = Contenido promedio de potasio en gramos por kg de sustancia.

ST/T = Porcentaje de ST sobre el total de estiércol.

SV/ST = Porcentaje de sólidos volátiles sobre sólidos totales.

4.4.3 Caracterización y cuantificación del estiércol

De acuerdo a los diferentes tipos de animales que se puede tener en el sector rural, existen diversos recursos de biomasa para ser utilizado en los biodigestores. Especialmente se utiliza el vacuno, por ser poligástricos es decir que éste posee cuatro estómagos que

aportan con una gran cantidad de bacterias metanogénicas, siendo un material muy apropiado para la digestión anaerobia, la tabla 4.3 muestra los valores de estiércol.

Tabla 4.3 Valores y características del estiércol

Clase de animales	% peso vivo:	
	PE - Estiércol	PO - Orina
Vacuno	5	4
Cerdo	2	3
Gallina	4,5	4,5

Fuente: [28].

Para conocer la producción de estiércol de animales de granja se realiza con la siguiente fórmula:

4.4.4 Cálculo de la cantidad de estiércol

$$E = N_A \cdot PVP \cdot \frac{PE}{100} \quad 4.1$$

Donde:

E= Producción de Estiércol; (kg/día).

N_A= Numero de animales por especie.

PVP= Peso promedio por animal.

PE= Producción de estiércol por animal por día en % de peso vivo.

4.4.5 Cálculo de la cantidad de Orina

$$O = N_A \cdot PVP \cdot \frac{PO}{100} \quad 4.2$$

Donde:

O= Orín día; kilogramos.

N_A= Numero de animales por especie.

PVP= Peso promedio por animal.

PO= Producción de orín por animal por día en % de peso vivo.

4.4.6 Materia prima para la carga

$$MPC = E + O \quad 4.3$$

Donde:

MPC = Materia prima para carga; (kg/día).

E= Producción de Estiércol; (kg/día).

O= Orín día; kilogramos.

4.4.7 Cálculo de volumen de producción de biogás

$$MPC = W_A \cdot \frac{T}{\frac{1000\text{kg}}{\text{peso del animal}}}$$

Despejando W_A queda la siguiente ecuación que sería la fórmula para determinar el peso total de los animales.

$$W_A = \frac{MPC \cdot \frac{1000\text{kg}}{\text{peso del animal}}}{T} \quad 4.4$$

Donde:

W_A = Peso promedio del animal; kg.

T= Cantidad total de residuo (estiércol) promedio; kg por cada 1000 kg de peso del animal.

MPC = Materia prima para carga.

4.4.8 Tiempo de retención

Indica el tiempo conveniente que debe dejarse el material dentro del biodigestor, para que en las condiciones ambientales del lugar pueda degradarse. Se calcula dividiendo el volumen (útil) del biodigestor por el volumen de la carga diaria, en consecuencia, se expresa el valor en días, como se presentan en la tabla 4.4.

$$TR = (-51,227 \times \ln(T^\circ\text{C}) + 206.72) \quad 4.5$$

Donde:

TRH= Tiempo de retención Hidráulico; días.

Ln= Logaritmo natural.

T°C= Temperatura promedio en grados centígrados del sitio donde se instalará el biodigestor.

Tabla 4.4 Tiempo de retención según temperatura para mejor fertilizante.

Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)	Temperatura de trabajo (°C)
Trópico	30	20	25-30
Valle	20	32	15-20
Altiplano	10	60	6-16 (con invernadero)

Fuente: [28].

4.4.9 Nivel de pH y alcalinidad

Los microorganismos metano génicos son mucho más sensibles a las variaciones de pH que los otros organismos de la comunidad microbiana anaeróbica. El pH óptimo de trabajo del biodigestor se encuentra en el rango entre 6.8 y 7.4, siendo el pH neutro (7) el ideal. Para que el proceso de biodigestión se desarrolle satisfactoriamente, el pH no debe bajar de 6 ni subir de 8 [29].

4.4.10 Relación C/N

Todas las materias orgánicas son capaces de producir biogás al fermentarse de manera anaeróbica, la calidad del mismo dependerá de la composición final que se ponga en la cámara de biodigestión. Se considera una relación óptima de carbono nitrógeno, esta sea fresca o seca cuando se encuentre en un rango de 30:1 hasta 20:1. En la tabla 4.5 se puede observar la relación carbono/nitrógeno.

$$K = \frac{C1 * Q1 + C2 * Q2 + \dots + Cn * Qn}{N1 * Q1 + N2 * Q2 + \dots + Nn * Qn} \quad 4.6$$

Donde:

K= C/N de la mezcla de materias primas.

C= % de carbono orgánico contenido en cada materia prima.

N= % de nitrógeno orgánico contenido en cada materia prima.

Q= Peso fresco o seco de cada materia expresada en kg o Ton.

Tabla 4.5 Relación Carbono/Nitrógeno.

Estiércol	C/N
Bovino (500kg)	25:1
Porcino (50kg)	13:1
Aves (2kg)	19:1
Conejo (3kg)	13:1
Papas	20:1
Tomate	12:1

Fuente: [28].

4.4.11 Sólidos totales

Corresponde a la materia orgánica seca, sin humedad. Valores promedio de ST de algunos sustratos se muestran en la Tabla 4.2.

$$ST' = W_A \cdot \frac{ST}{1000\text{Kg de ave}} \quad 4.7$$

Donde:

ST'= Sólidos totales; (kg/día).

W_A= Peso promedio del animal; (kg).

ST= Cantidad total de residuo (estiércol) promedio en kg. por cada 1000 kg de peso del animal.

4.4.12 Sólidos Volátiles

Es la parte del total de sólidos que se puede transformar en biogás.

$$SV' = W_A \cdot \frac{SV}{1000\text{Kg de ave}} \quad 4.8$$

Donde:

SV'= Sólidos volátiles; (kg/día).

W_A= Peso total de la gallina.

SV= Cantidad total de residuo (estiércol) promedio; kg. por cada 1000 kg de peso del animal.

4.4.13 Descomposición de sólidos volátiles

$$K_o = 0.6 + 0.0006 \cdot e^{(0.1185 \cdot SV)} \quad 4.9$$

Donde:

K_o = Descomposición de los sólidos volátiles en el tiempo; adimensional.

SV= Sólidos volátiles; (kg/día).

4.4.14 Crecimiento de Metano (CH₄)

$$U_o = 0.013 \cdot T^{\circ}C - 0.129 \quad 4.10$$

Donde:

U_o = Crecimiento de producción de metano; (m³ /día).

T[°]C = Temperatura; (Celsius).

4.4.15 Volumen de Metano V_{CH₄}

Es el volumen de metano producido por masa de sólidos volátiles en [m³. CH₄/kg SV].

El volumen de metano que se obtiene de un biodigestor alimentado con una masa orgánica para ciertas condiciones de tiempo de retención RT y temperatura TC.

$$V_{CH_4} = P_{CH_4} \cdot SV \cdot \left(1 - \frac{K_o}{U_o \cdot TR - 1 + K_o}\right) \quad 4.11$$

Donde:

V_{CH₄}= Volumen de metano; (m³.CH₄/día).

P_{CH₄}= Potencial de producción de gas metano (P_{CH₄}) de algunos residuos.

SV= Sólidos Volátiles; (kg/día).

K_o = Descomposición de los sólidos volátiles en el tiempo; adimensional.

U_o = Crecimiento de producción de metano con el cambio de temperatura; (días).

TR= Tiempo de Retención; (días).

4.4.16 Volumen CO₂

Basándose en la condición de que el biogás está formado por 60% de CH₄ y 40% CO₂, se tiene:

$$\text{Vol. CO}_2 = \left(\frac{V_{\text{CH}_4} \cdot 0.4}{0.6} \right) \quad 4.12$$

Donde:

V_{ol.CO2}= Volumen de dióxido de carbono; (m³.CH₄/día).

V_{CH4}= Volumen de metano.

4.4.17 Volumen Biogás

Es el valor máximo de almacenamiento de biogás que puede contener este reservorio y su capacidad dependerá de las necesidades particulares y está en función del consumo diario, es decir del uso particular del biogás generado.

$$V_{\text{BG}} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2 \quad 4.13$$

Donde:

V_{BG}= Volumen Biogás; (m³ biogás/día).

CH₄= Volumen de metano.

CO₂= Dióxido de carbono.

4.4.18 Factor de dilución

Es el espacio ocupado por la biomasa en digestión, representa el volumen efectivamente útil para efectuar la biodigestión anaeróbica y, su capacidad está determinada por el consumo de biogás necesaria para satisfacer las diferentes necesidades energéticas, o en función de la cantidad de sustrato, como se presentan en la siguiente tabla 4.6.

Tabla 4.6 Relación mezcla estiércol: agua.

Tipo de animal	Relación estiércol: agua
Bovino	1:1
Porcino	1:3
Aves	1:3

Fuente: [30].

4.4.19 Volumen Biodigestor

$$V_{BD} = ST \cdot TR \cdot Fd$$

4.14

Donde:

V_{BD} = Volumen Biodigestor; (litros).

ST = Cantidad de estiércol que ingresa al digestor: (kg/día).

TR = Tiempo de retención; (días).

Fd = Factor de dilución del residuo; 2=1 1 litro a de gua + 2 de residuo.

Para el cálculo de volumen de biodigestor vertical de plástico, tipo tanque se debe calcular en función al volumen total en litros del tanque que va a ser utilizado.

4.5 Componentes del sistema de biodigestión

Los principales componentes del biodigestor se indican en la tabla 4.7:

Tabla 4.7 Componentes del biodigestor.

Descripción	Figura
<p>Tubo visor de nivel (mirilla)</p> <p>La mirilla consiste en un tubo de vidrio o manguera de plástico transparente, con sus extremos conectados al tanque o recipiente donde se pretende realizar el control de nivel del líquido mediante la visualización, como se presentan en la siguiente figura 4.1.</p>	 <p>Figura 4.1 Tubo visor de nivel.</p> <p>Fuente: [Autor].</p>
<p>Tanque de carga y descarga</p> <p>En estos tanques se colocan residuos orgánicos junto con los líquidos para diluirlos, se puede construir de mampostería o utilizar de materiales de polietileno (tanques plásticos), a continuación, en la figura 4.2 se observa los tanques utilizados para carga y descarga.</p>	 <p>Figura 4.2 Tanques pre mezcla y descarga.</p> <p>Fuente: [Autor].</p>

Tubería de carga y descarga

Para seleccionar el tipo de tubería que se utilizó para la carga y descarga fue necesario conocer el tipo y la consistencia de la materia orgánica con la que se cargará el biodigestor, según varios autores, recomiendan que la tubería debe ser de 10 cm de PVC ya que son resistentes a la corrosión, en este caso se trabajó con tubería de 1 ½” y 2” de la línea roja de la marca plastigama como se muestra en la figura 4.3.



Figura 4.3 Tubería carga y descarga.

Fuente: [Autor].

Válvula de seguridad

En la figura 4.4 se muestra la válvula de seguridad o válvula check casera realizada con un tubo de 1/2” pulgada en PVC, la cual se sumerge 10 centímetros en una botella con agua. Se abren orificios a la altura de la marca y alrededor del envase para que el agua de condensación que cae allí, salga y se conserve la altura de los 10 cm. Esta válvula sirve como desfogue del biogás cuando la presión dentro del biodigestor es mayor a 10 cm.



Figura 4.4 Válvula de seguridad.

Fuente: [Autor].

Filtro sulfhídrico

El objetivo de este es remover los gases compuestos por sulfuros que pueden existir en el biogás. La forma más sencilla de construirlos es con canos de PVC rellenos con virulana de acero (Lustre), como se observa en la figura 4.5. No obstante, se conoce que tiene un mejor rendimiento el carbono activado, aunque su costo es mayor.



Figura 4.5 Filtro sulfhídrico.

Fuente: [Autor].

Trampa de agua

Es un accesorio de seguridad que cumple con dos objetivos: evita una sobrepresión en el sistema y colecta el vapor de agua condensada en la cañería del biogás (recordar que uno de los componentes del biogás es el vapor de agua). No contar con una trampa de agua puede generar roturas extremas en el biodigestor. Existen varios materiales de los que se puede realizar, cualquiera que se utilice debe colocarse en la derivación más baja, así como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6 Trampa de agua.

Fuente: [Autor].

Manómetro tipo U

Los manómetros son los instrumentos utilizados para medir la presión de fluidos (líquidos y gases). Lo común es que ellos determinen el valor de la presión relativa, aunque pueden construirse también para medir presiones absolutas, como se muestra en la figura 4.7



Figura 4.7 Manómetro tipo U.

Fuente: [Autor].

Depósito del biogás (Gasómetro)

Este depósito es el lugar en donde se almacenará el gas resultado del proceso anaeróbico, existen varios tipos y formas para almacenar el gas, se eligió el recipiente tubular de caucho debido a su fácil implementación. A continuación, en la figura 4.8, se presentará el depósito al sistema.

Figura 4.8 Gasómetro.



Fuente: [Autor].

Invernadero

Es lugar cerrado y estático, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de plástico, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores. Aprovecha el efecto producido por la radiación solar producida por el sol que al atravesar, calienta los objetos que hay adentro, como se muestra en la figura 4.9.



Figura 4.9 Invernadero

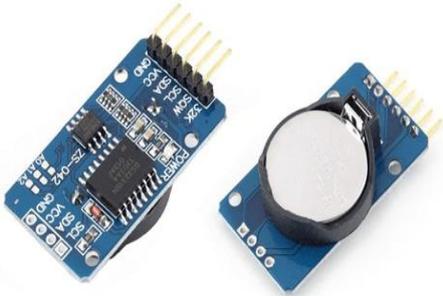
Fuente: [Autor].

4.6 Control para la puesta en marcha del biodigestor

En la siguiente tabla 4.8 se indica los elementos de control:

Tabla 4.8 Componentes de control para el Biodigestor

Descripción	Figura
<p>Arduino</p> <p>Plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas y convertirlo en una salida. Puede decirle a su placa que hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la placa., en la figura 4.10 se observa la placa de arduino [34].</p>	 <p>Figura 4.10 Placa de arduino Mega.</p>
<p>Sensor de gas MQ-4</p> <p>Mide las concentraciones de gas natural en el aire (compuesto principalmente de gas metano [CH₄]). Este sensor tiene una alta sensibilidad y un tiempo de respuesta rápido. En la figura 4.11 se observa el sensor utilizado, y en el anexo II se muestra la hoja técnica.</p>	 <p>Figura 4.11 Sensor de gas MQ-4.</p>

<p>Termocupla Tipo K y Max-6675</p> <p>El MAX6675 es un convertidor de señal analógica a la digital, usado para termopares tipo K. Con este módulo es posible conectar fácilmente un termopar a cualquier microcontrolador a través de una interfaz SPI unidireccional. La figura 4.12 muestra los sensores utilizados, en el anexo III se muestra la hoja técnica.</p>	 <p>Figura 4.12 Termocupla Tipo K y Max-6675.</p>
<p>Módulo rtc ds-1307</p> <p>En la figura 4.13 muestra el circuito integrado capaz de almacenar y llevar la cuenta de la fecha y hora de manera autónoma, de unos cuantos bytes de memoria RAM y (NVRAM) no volátil, esto quiere decir que no pierde la información almacenada al cortar la alimentación eléctrica, en el anexo IV se muestra la hoja técnica.</p>	 <p>Figura 4.13 Módulo rtc ds-1307.</p>
<p>Medidor de temperatura y humedad NT-311</p> <p>Es una forma económica de controlar la temperatura y humedad del ambiente. Es eficiente para uso en domicilios, armarios, invernaderos, despensas, almacenes, oficinas, habitaciones de equipos informáticos, etc. La figura 4.14 muestra el módulo utilizado en el proyecto [35].</p>	 <p>Figura 4.14 Módulo de temperatura y humedad.</p>

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Los efectos finales de la implementación y ejecución del biodigestor familiar, se muestran en este capítulo además se indica algunos impactos esperados del mismo. Una vez construido el sistema se realizó el procedimiento de carga. Así como también se verificó su funcionamiento analizando e interpretando los resultados que se obtuvieron durante la etapa de pruebas.

5.1 Descripción de objeto de estudio

El presente trabajo se lo ejecutó en la Parroquia Santa Ana del cantón Salcedo ubicado al sur-oriente de la provincia de Cotopaxi, tiene la forma de una franja que se extiende desde la cordillera occidental, hasta los páramos de la cordillera central, con un largo de 50 km. Podemos clasificar en dos zonas; templada y fría. Zona templada, es notable en las partes bajas, valles y planas con climas que oscilan entre 12 y 18 grados. Zonas Frías, a partir de los 3 000 metros de altura en el paramos, con climas muy fríos o muy calientes, en la figura 5.1 se encuentran la ubicación donde se realizó el trabajo.

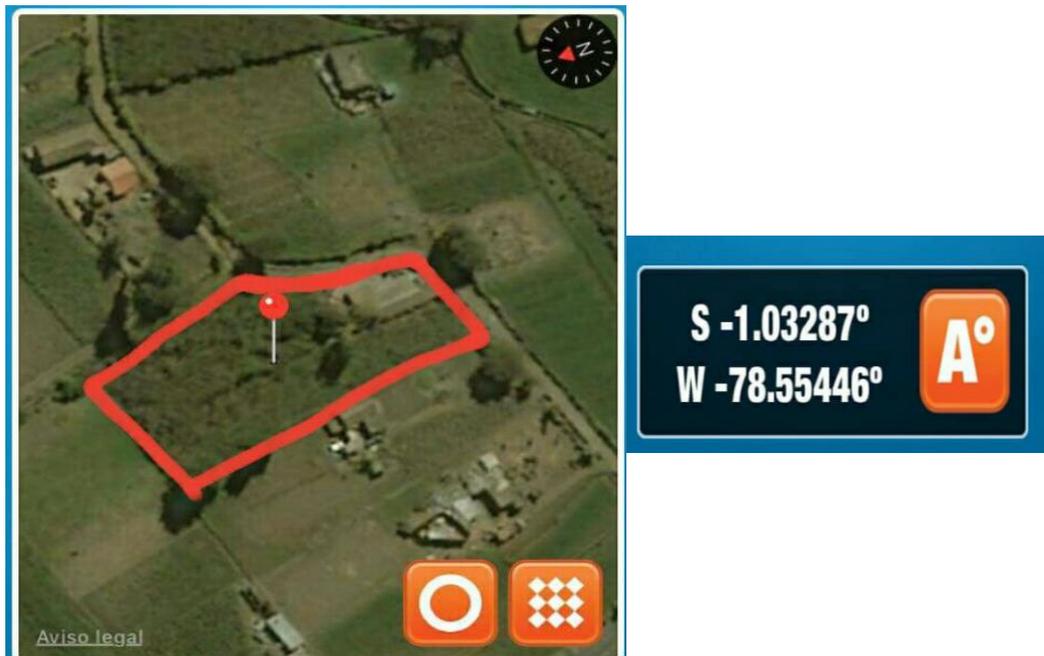


Figura 5.1 Ubicación geográfica del sitio de implementación. **Fuente:** aplicación coordinates.

5.2 Procedimientos experimentales

A continuación, se detalla las pruebas y resultados obtenidos del desarrollo e implementación del sistema de biodigestión. De acuerdo al diseño realizado el digestor deberá ser cargado con 386 litros de excremento, el equipo se encuentra instalado en un área cubierta y controlado por un sistema automático, que facilita la toma de lecturas de la producción de biogás y la temperatura generada en el interior del biodigestor.

5.3 Datos para el cálculo del volumen del biodigestor

En la tabla 5.1 se presenta los parámetros que se consideró para el dimensionamiento del biodigestor. El estiércol que se produce dependerá del número de animales, tipo de alimentación y peso corporal, mediante las ecuaciones 4.1, 4.2, 4.3, 4,5 y 4,6 se determinó la materia prima para la carga.

Tabla 5.1 Datos para el cálculo del biodigestor

	Vaca	Cerdo
Nº animales	1	1
Peso animal (kg)	400	90
Materia prima para la carga (kg)	36	8,1
Relación agua-estiércol	1:2	1:3
Temperatura °C	25	25
Tiempo de retención	46	46
Relación C/N	25:1	13:1

Fuente: [Autor]

5.4 Dimensionamiento del biodigestor familiar elaborado con tanque de plástico PVC

Tabla 5.2 Muestra de resultados para el dimensionado del digestor.

Nº de ecuación	Descripción	Resultado	
		Vaca	Cerdo
1	Sólidos totales	$S^T = 0,4521$ kg/día	$S^T = 1,0607$ kg/día
2	Sólidos Volátiles	$S^V = 0,3767$ kg/día	$S^V = 0,8196$ kg/día
3	Crecimiento de Metano (CH ₄)	$U_o = 0,170$ m ³ /día	$U_o = 0,170$ m ³ /día
4	Volumen de Metano V _{CH₄}	$V_{CH_4} = 0,0699$ m ³ /día	$V_{CH_4} = 0,2660$ m ³ /día
5	Volumen CO ₂	Vol. CO ₂ = 0,0466 m ³ /día	Vol. CO ₂ = 0,1774 m ³ /día
6	Volumen Biogás	$V_{BG} = 0,1165$ m ³ /mes	$V_{BG} = 0,4334$ m ³ /mes
7	Volumen Biodigestor	$V_{BD} = 239$ litros	$V_{BD} = 147$ litros

Fuente: [Autor].

Para dimensionamiento del biodigestor se realizó cálculos de volumen total del biodigestor, empleando los resultados de la tabla 5.1 y 5.3. Para la puesta en marcha de acuerdo a las fórmulas realizadas y mencionadas en la metodología, el volumen de nuestro biodigestor es de 0,386m³ (386 litros) del contenido total del tanque, se seleccionó

un tanque de 0,5 m³ (500 litros). En la tabla 5.3 se observa las dimensiones del digestor y la figura 5.2 se puede observar el tanque seleccionado.

Tabla 5.3 Dimensiones del digestor.

Capacidad litros	Diámetro Mm	Base mm	Largo mm	Altura mm	Ancho mm
500	800	-	1145	860	315

Fuente: [Autor].



Figura 5.2 Tanque PVC de 500 litros. **Fuente:** [Autor].

5.5 Calculo de la presión hidrostática en el interior del biodigestor

En un fluido en reposo la presión de un punto determinado es la misma en todas las direcciones, la cual aumenta conforme a la profundidad como resultado del peso del mismo. Este aumento se debe a que a mayor profundidad mayor compresión. La presión varía en dirección vertical como consecuencia de los efectos gravitacionales, pero no existe variación en la dirección horizontal. La presión en un tanque que contiene gas se considera uniforme, puesto que el peso del gas es demasiado pequeño para hacer una diferencia apreciable. Como se muestra en la figura 5.3

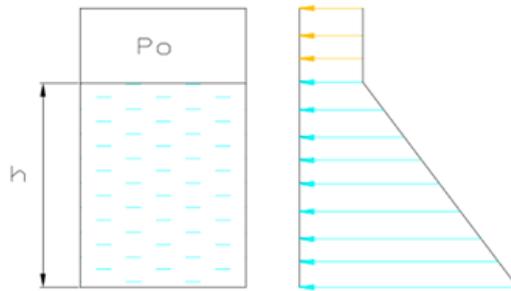


Figura 5.3 Distribución de la presión en las paredes del biodigestor. **Fuente:** [Autor].

$$P_1 = P_0 + \delta gh_L \quad 4.15$$

Donde:

P₁ = Presión Hidrostática en el fondo del recipiente; (KPa).

P₀ = Presión inicial en la campana; 100 (mmH₂O); (980 Pa).

g = Gravedad; 9,8 (m/s²).

h_L = Altura del líquido; (m).

Una vez determinada la presión ejercida con los valores de la densidad de 1000 kg/m³ y la fórmula 4.15, se determinó que las paredes del biodigestor soportan una presión de 7,12 KPa de resistencia mínima a la tensión que debe poseer.

5.6 Tanques de pre mezcla y descarga

El tanque de pre mezcla y descarga pueden ser diseñado para tres veces la carga diaria, cuyo propósito es tener la suficiente capacidad de almacenamiento del líquido en caso de un problema con el digestor u otro componente de la planta, como se muestra en la figura 5.4.



Figura 5.4 Tanques de pre mezcla y descarga. **Fuente:** [Autor].

$$V_{TC} = 3 * Q_D$$

4.16

Donde:

V_{TC} = Volumen del tanque de pre mezcal; (m³).

Q_D = Carga diaria: (litros)

La fórmula 4.16 expresa mediante el cálculo un volumen para los tanques de 60 litros, como son tanques transitorios se realiza la mezcla por cada residuo de animal de la granja.

En la tabla 5.4 se puede observar las dimensiones de los tanques.

Tabla 5.4 Dimensiones de los tanques.

	Capacidad (Litros)	Alto (mm)	Diámetro (mm)
Pre mezcal	60	620	600
Descarga	60	600	630

Fuente: [Autor].

5.7 Presión del manómetro tipo U

Todos los manómetros tienen un elemento que cambia alguna propiedad cuando son sometidos a la presión, este cambio se manifiesta en una escala o pantalla calibrada directamente en las unidades de presión correspondientes, como se indica en la figura 5.5;



Figura 5.5 Manómetro tipo U. **Fuente:** [Autor]

$$P_2 = P_{atm} + P_{agua}$$

4.17

Donde:

P_2 = Presión de empuje; (N/m^2) o (Pa).

P_{atm} = Presión atmosférica; 103100 (N/m^2) o (Pa).

P_{agua} = Presión del líquido H_2O ; (N/m^2) o (Pa).

La presión ejercida en el lado de alta presión, produce el movimiento del líquido dentro del tubo, lo que se traduce en una diferencia de nivel marcado como h. Esta altura h, dependerá de la presión y de la densidad del líquido en el tubo, como la densidad se conoce, puede elaborarse una escala graduada en una superficie visible del tubo U.

$$P_{agua} = \frac{F}{A_{cilindro}} \gg \rho * g * h$$

Donde:

P = Presión del agua; (N/m^2) o (Pa).

ρ = Densidad del agua; 997(kg/m^3).

$A_{cilindro}$ = Área del cilindro; (m^2).

g = Constante de la gravedad; 9,81 (m/s^2).

h = Altura; (m).

Ya que el manómetro tipo U mide presiones relativamente bajas, como se indica en la fórmula 4.17, que trabajó con medidas en milímetros, obteniendo así mediante la fórmula 4.17 un valor de 1197,50 en Pa o 11,97 en mbar.

5.8 Volumen y dimensionamiento del gasómetro

El volumen gaseoso equivale a un tercio del volumen líquida, a lo cual se dice que el volumen del depósito de biogás equivale a la tercera parte del volumen del tanque del sustrato. Por lo tanto, el cálculo es el siguiente:

$$V_D = V_L = 0.386m^3$$

Ecuación del depósito del biogás:

$$V_G = V_D * \frac{1}{3} \tag{4.18}$$

Donde:

V_D = Volumen del biodigestor; (litros)

V_G = Volumen del depósito de biogás; (m^3)

V_L = Volumen del líquido

El depósito para el almacenamiento del biogás será externo al digestor por tanto debe tener un volumen calculado mediante la fórmula 4.18 de $0,13 m^3$.

5.9 Presión requerida en el gasómetro

Para la instalación hay que escoger una zona sombreada, aireada, limpia, lejos de eventuales contactos con animales y niños. La presión necesaria que se requiere para que la llama del biogás de mantenga firme, se requiere utilizar un tipo de peso para que empuje el gas a una presión constante. Para determinar la presión, se realiza cálculos con la siguiente ecuación.

$$F = m * g$$

Ecuación de la presión requerida:

$$S = \text{superficie} * \text{\#bloq}$$

$$P = \frac{F}{S} \quad 4.19$$

Donde:

F = Fuerza; (N).

m = Masa; (kg).

g = Gravedad; $9.8(m/s^2)$.

S = Superficie; (m^2).

P = Presión; (kPa).

Una vez completa la resolución de la ecuación 4.19, dio como resultado que la presión en el sistema es de 1,31 KPa siendo este un valor máximo.

5.10 Válvula de seguridad

Este tipo de válvula aprovecha la columna de agua para sellar el paso del biogás, cuando dicha presión es mayor que la presión que ejerce la columna de agua, el biogás escapará en forma de burbuja. Para determinar la presión del fluido deseada en la válvula de seguridad es necesario conocer la densidad y aplicar la siguiente ecuación:

$$P = \rho * g * h \quad 4.20$$

Donde:

P= Presión del fluido; (N/m^2).

ρ = Densidad del agua; (kg/m^3).

g = Constante de la gravedad; $9,81 (m/s^2)$.

h = Altura; (m).

En la figura 5.6 se muestra el diseño de la válvula de seguridad para el biodigestor, mediante la ecuación 4.20 nos dio una presión del fluido de 1,47 kPa.



Figura 5.6 Válvula de seguridad (check). **Fuente:** [Autor].

5.11 Tubería de salida de Biogás

Para la salida del biogás se lo puede conducir a través de tuberías de polietileno dado que posee un recubrimiento interno con poca rugosidad, de esta manera permite el paso fácil del biogás. En lo posible la tubería no debe estar enterrada en la tierra con el fin de evitar la condensación en el interior del tubo, además se debe evitar las ondulaciones ya que

esto puede ocasionar acumulación de agua obstruyendo la salida del conducto. El biogás producido en el biodigestor debe ser conducido a los lugares de uso a través de tuberías, la tubería seleccionada para la conducción de biogás se instaló tomando en cuenta que el biodigestor trabaja a bajas presiones, por lo cual se seleccionó tubería de PVC de la línea roja de ½” ya que son consideradas muy resistentes a la corrosión, para la salida de la tubería que conecta al gasómetro se seleccionó una llave esférica de gas de ¼”. Dicha tubería se muestra en la figura 5.7.

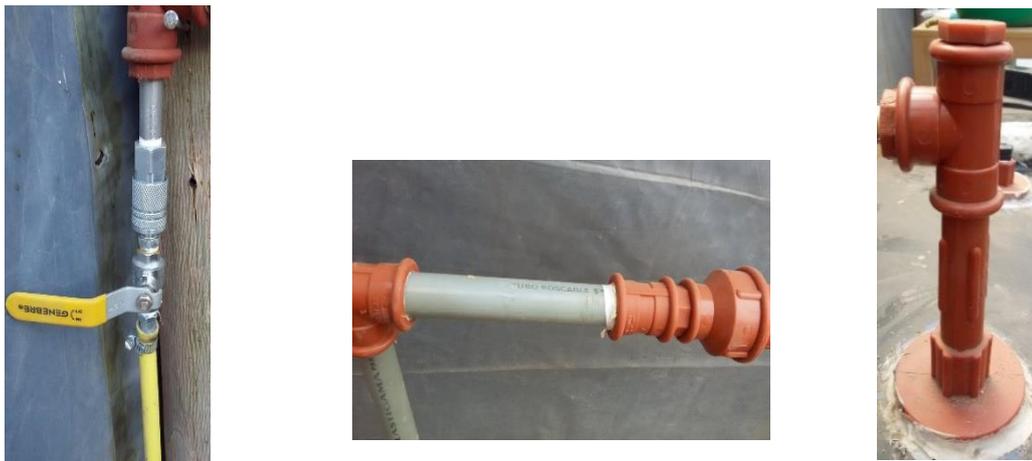


Figura 5.7 Tuberías de salida del biogás. **Fuente:** [Autor].

$$Q_{\max} = v * A \quad 4.21$$

Donde:

Q_{\max} = Caudal máximo de trabajo; (lts/min).

v = Velocidad del flujo en tuberías; (m/s).

A = Diámetro; (m).

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

5.12 Diseño del sistema de control

El sistema de control es el encargado de llevar el control del proceso de producción de biogás, obtener la información requerida de los dispositivos sensores, procesar en la unidad de control y mostrando los valores en una pantalla de visualización para su fácil interpretación. Como se muestra en la figura 5.8 se muestra la conexión física y la conexión eléctrica en el anexo VII.

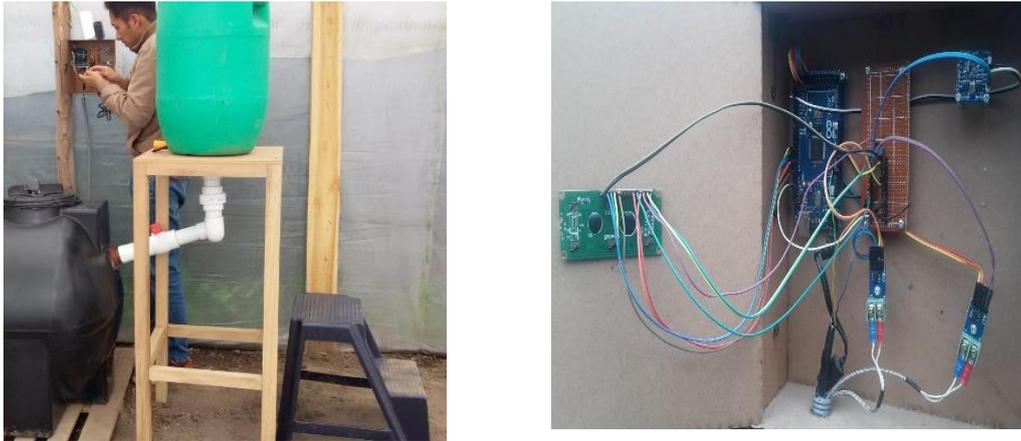


Figura 5.8 Diseño del sistema de control. **Fuente:** [Autor].

5.13 Calibración del sensor MQ-4

Antes de empezar a tomar medidas fiables tenemos se realiza un proceso de puesta en marcha y calibración, este proceso consta de dos partes: El precalentamiento y la calibración propiamente dicha

Las siguientes características principales a considerar con el sensor MQ-4:

Alimentación	5V DC
Sensibilidad	$R_s(\text{aire}) / R_s(1000 \text{ ppm}) > 5$
Condición de trabajo	Temperatura ambiente: -10°C a 65°C , humedad $\leq 95\%$
Funcionamiento	Larga vida, bajo costo y estable.

El precalentamiento se deja el sensor conectado a su alimentación (las patillas 5V y GND) durante 24 horas de forma ininterrumpida, a continuación, viene el proceso de calibración. El valor de resistencia del MQ-4 es diferente a varios tipos de gases. Se recomienda calibrar el detector para 5000 ppm de concentración de CH₄ en el aire y usar un valor de Resistencia de carga (RL) sobre 20 K Ω (10 K Ω a 47 K Ω). Como se indica en el anexo II.

$$\frac{R_s}{R_o} = a * (\text{ppm})^b \gg \frac{\left(\frac{R_s}{R_o}\right)}{a} = (\text{ppm})^b \gg ppm = \left(\frac{\left(\frac{R_s}{R_o}\right)}{a}\right)^{1/b} \quad 4.22$$

De acuerdo a la tabla 5.5, teniendo en cuenta las escalas, se puede ajustar a una función de potencia del tipo $y = a \cdot x^b$, que en este caso queda de la siguiente manera:

Tabla 5.5 Ajuste para sensor MQ-4.

X_1	Y_1
200	1,8
300	1,6
400	1,43
500	1,3
600	1,2
700	1,15
800	1,1
900	1,05
1000	1
2000	0,798
3000	0,685
4000	0,615
5000	0,57
6000	0,53
7000	0,5
8000	0,485
9000	0,465
10000	0,43

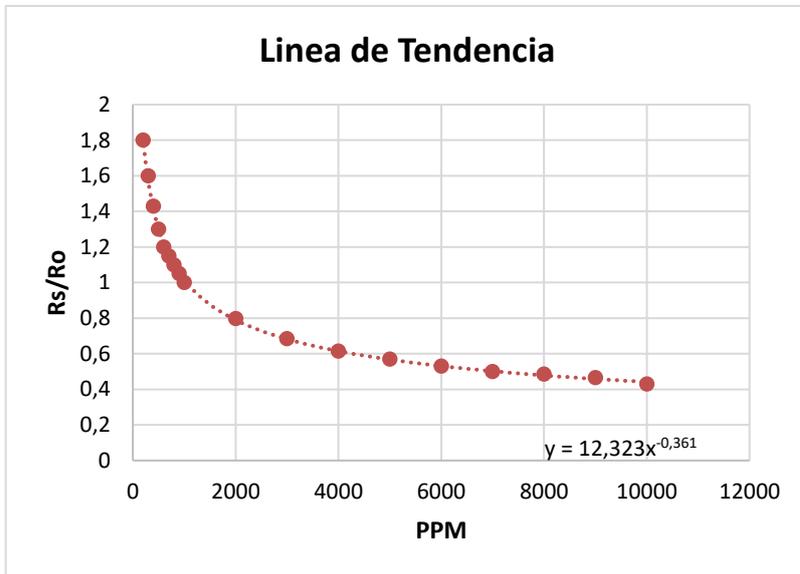


Figura 5.9 Línea de tendencia de R_o/R_s . Fuente: [Autor].

Tomando en cuenta varios puntos en X_i , Y_i a partir de la curva de la gráfica correspondiente al CH₄ y haciendo una aproximación por mínimos cuadrados podemos obtener el factor de escala y el exponente para el gas que queremos medir, en este caso metano, como se muestra en la figura 5.9.

5.14 Selección, limpieza e implementación del invernadero

Para la construcción del invernadero se realizó primero la limpieza del terreno, como lo podemos observar en la figura 5.10. El invernadero tiene una distancia de 5m de ancho, 3m de largo y 2.50 m de alto en la parte frontal y en la parte trasera tiene 2.10 m de alto, lo que provoca una inclinación de 10° para evitar la acumulación de agua lluvia en el techo del invernadero.



Figura 5.10 Limpieza y construcción de la estructura para el invernadero. **Fuente:** [Autor]

El tipo de invernadero a utilizar es el tipo plano o parral, este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas ya que es resistente a vientos fuertes y es de alta transmisión solar, se puede utilizar tanto materiales rígidos como flexibles para su elaboración, se pueden utilizar materiales de bajo costo y según la zona puede tener soportes de madera de eucalipto, en el anexo XI se muestra el tipo de material que se utiliza para la construcción del invernadero.

5.15 Instalación del sistema de biodigestión

Para la instalación del sistema de biodigestión que es la parte central de nuestro sistema se procedió a la instalación y montaje de los accesorios, tuberías y acoples tanto para la entrada y salida del fluido, tal como se muestra en el anexo IX, empezando con la instalación de acoples y tuberías como se muestra en la figura 5.11.



Figura 5.11 Instalación de acoples y tubería del biodigestor. **Fuente:** [Autor].

5.16 Tanques de pre mezcla y descarga

Para la implementación del tanque de pre mezcla y descarga, se utilizó los tanques de polietileno con capacidades de 60 litros, previamente calculados. En la siguiente figura 5.12 se observa el proceso de construcción de los tanques.



Figura 5.12 Instalación de los tanques de pre mezcla y descarga. **Fuente:** [Autor].

5.17 Gasómetro instalado

De acuerdo al diseño y las dimensiones calculadas para su volumen, se procedió a instalar el depósito, cuya base material es de tubo de caucho.

A continuación, en la figura 5.13 se muestra y tipo de gasómetro implementado al sistema.



Figura 5.13 Disposición del gasómetro de caucho. **Fuente:** [Autor].

5.18 Tuberías y accesorios del sistema

Las tuberías son utilizadas para la conducción de la materia orgánica ya mezclada y biogás. Los materiales seleccionados fueron polietileno y cobre de diferentes diámetros.

En la figura 5.14, se muestran algunas de las tuberías implementadas al sistema.



Figura 5.14 Tubería seleccionada para la conducción del biogás. **Fuente:** [Autor].

5.19 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control es la base para lograr la eficiencia propuesta en el presente proyecto, a través de la supervisión de las variables intervinientes en el proceso de biodigestión. La implementación del sistema consta de los siguientes procedimientos:

- Instalación de los dispositivos sensoriales y actuadores.
- Instalación del tablero de control.
- Cableado del sistema.
- Pruebas de funcionamiento.

Como se indica en la figura 5.15 se puede observar el proceso de instalación.



Figura 5.15 Instalación de elementos electrónicos. **Fuente:** [Autor].

5.20 Selección de la materia orgánica y mezcla

La materia orgánica que va a ser utilizada para cargar el biodigestor puede tener diversas procedencias, en nuestro caso se va a emplear el estiércol de ganado vacuno y cerdos, como se observa en la figura 5.16. Para la recolección de la materia prima se puede utilizar

carretilla o cubetas, utilizando como herramienta palas para una mayor facilidad de recolección y transporte.



Figura 5.16 Estiércol recolectado y colocado en el biodigestor. **Fuente:** [Autor].

5.21 Sistema completo de biodigestión implementado

El sistema completo instalado consta del sistema de biodigestión con sus componentes y del sistema de control. Como se muestra en la figura 5.17 se presenta un diagrama general del sistema.



Figura 5.17 Sistema completo de biodigestión implementado. **Fuente:** [Autor].

5.22 Resultados obtenidos durante el tiempo de retención

Gracias a nuestro sistema de control, resulto muy eficiente la obtención de los resultados tanto de la temperatura a la que se encontraba el sustrato, como la presencia del biogás como se muestra en las tablas 5.6 y 5.7, que se estaba generando en el interior del biodigestor. A continuación, en las figuras 5.18 y 5.19 se muestra la temperatura generada en el interior del digester y la temperatura que se genera en el invernadero.

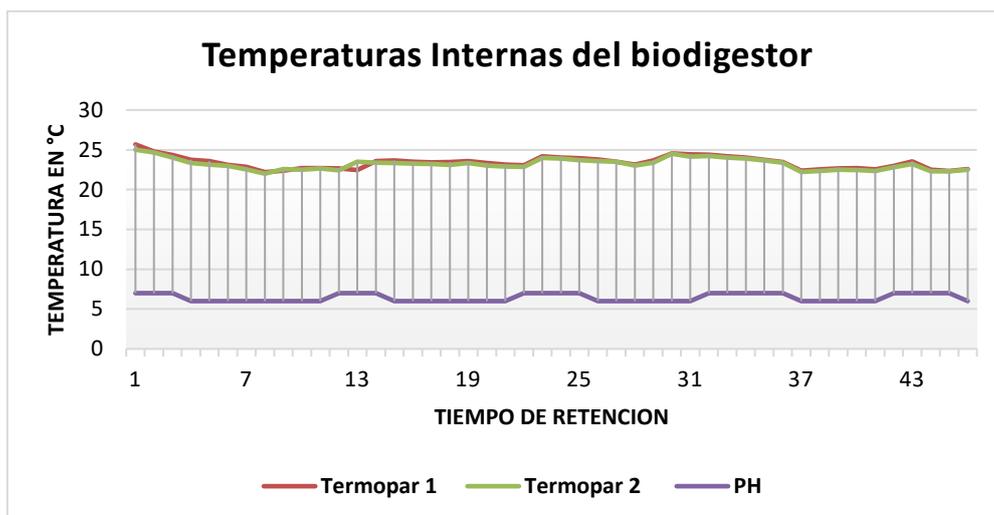


Figura 5.18 Temperatura en el interior del biodigestor. **Fuente:** [Autor].

Tabla 5.6 Muestra de temperaturas en el biodigestor.

Temperatura Interna del biodigestor		
Día	Termopar 1	Termopar 2
1	25,67	25,01
9	22,36	22,59
18	23,45	23,11
28	23,12	23,00
37	22,36	22,20
46	22,56	22,48
Promedio	23,25	23,07
Max	25,67	25,01
Min	22,36	22,20

Fuente: [Autor].

La temperatura fue tomada mediante dos termopares conectada a dos transmisores Max 6675 los cuales están conectados a la parte posterior del digestor, mediante los datos obtenidos se puede observar que no existe variaciones considerables de temperatura, la temperatura obtenida mediante las termopar oscila entre los 19 a 33 °C en el interior del digestor, analizando la temperatura que se genera en el interior del invernadero, siendo su mínima y más baja temperatura de 4.5 en días de heladas y su máxima de 48.9 °C, se concluyó que la temperatura en el invernadero debe estar en un rango de 25 – 35 °C para

que en el interior del biodigestor tenga la temperatura adecuada para el proceso de biodigestión.

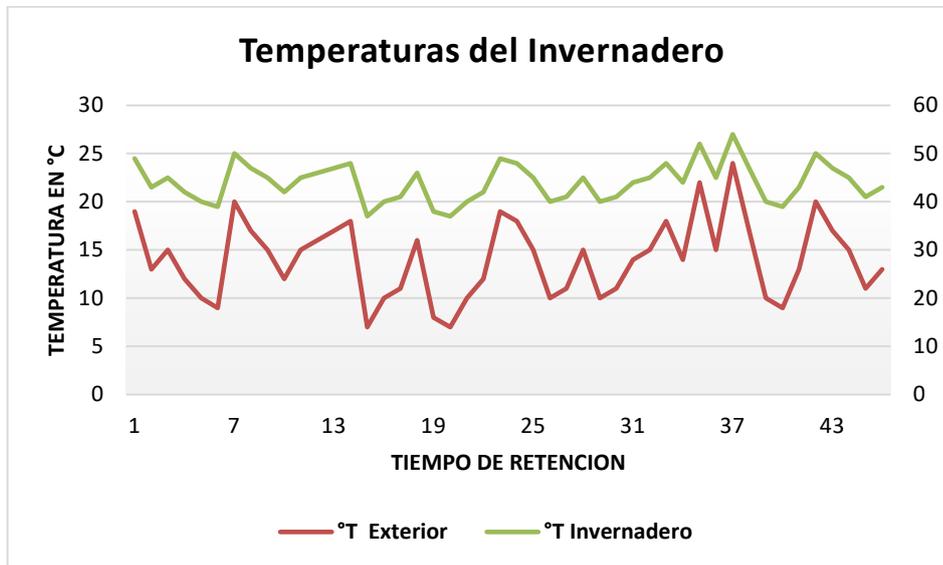


Figura 5.19 Temperatura generada en el invernadero. **Fuente:** [Autor].

Tabla 5.7 Temperatura del ambiente.

Temperatura del ambiente		
Día	°T Exterior	°T Invernadero
1	19	49
9	15	45
18	16	46
28	15	45
37	24	54
46	13	43
Promedio	17	47
Max	24	54
Min	13	43

Fuente: [Autor].

5.23 Cargas realizadas

Para las cargas realizadas fue necesario utilizar un balde de 20 litros y una balanza para medir los kilogramos tanto del balde como del excremento que se iba a utilizar, el balde vacío pesaba 2kg, y se lo llenaba con 14kg de excremento, durante este proceso se llevó un control de las cargas reales y cargas calculadas, a continuación, en la figura 5.20 se

detalla las cargas realizadas semanalmente, en la tabla 5.8 se muestra los valores promedio, máximos y mínimos alcanzados.

Cómo se muestra en los gráficos anterior el proceso de degradación de la materia en los climas fríos es lenta por lo cual se debe colocar materia fresca sin ningún tipo de medicamento al momento de la carga, se debe controlar los cambios de pH transcurridos los días para una producción de bacterias, se logrará mantener la temperatura del reactor al momento de que las bacterias comiencen a descomponer los desechos orgánicos.

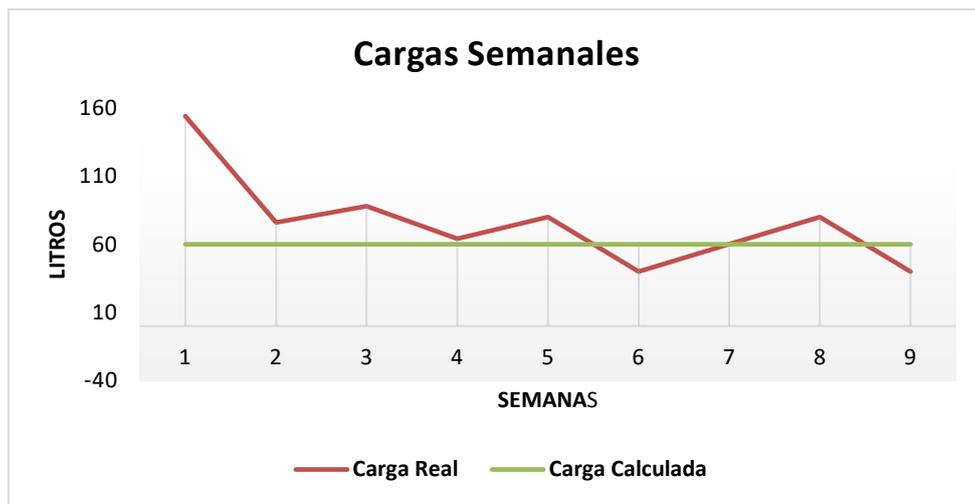


Figura 5.20 Cargas semanales. **Fuente:** [Autor].

Tabla 5.8 Cargas realizadas.

Tiempo	Carga real	Carga calculada
Semana	Litros	Litros
1	154	60
2	76	60
3	88	60
4	64	60
5	80	60
6	40	60
7	60	60
8	80	60
9	40	60

Fuente: [Autor].

5.24 Producción de biogás

Para determinar la presencia de biogás, fue necesaria la implementación del sensor MQ-4, el cual transmite una señal final considerada como la presencia de gas metano en partes por millón (ppm), mediante la visualización a nuestro sistema de control se pudo evidenciar la presencia del biogás que se estaba generando en el interior del biodigestor. La figura 5.21 muestra la producción con respecto al tiempo de retención, y en la tabla 5.9 se muestra los valores de concentración, máximos, mínimos y un promedio general alcanzados.

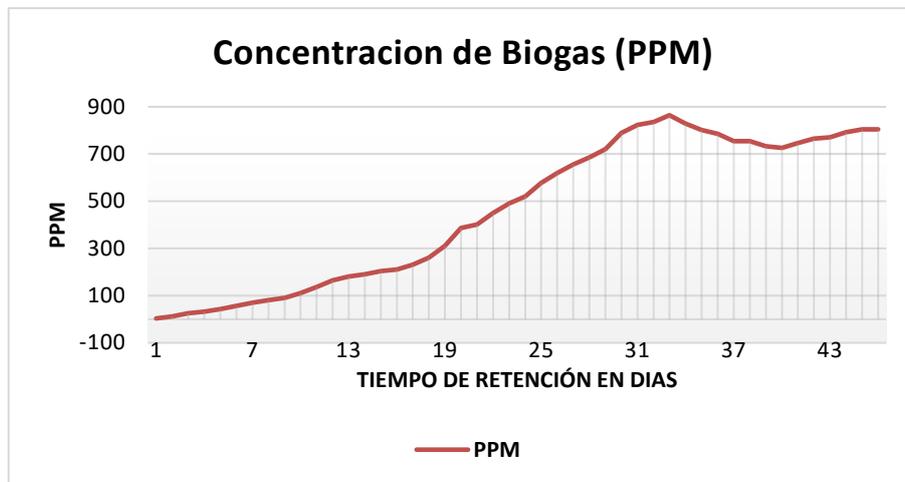


Figura 5.21 Producción de biogás en partes por millón (PPM). **Fuente:** [Autor].

Tabla 5.9 Concentración de medida de CH₄.

Concentración de CH ₄	
Día	ppm
1	3,40
9	90,73
18	260,89
28	685,92
37	754,89
46	804,12
Promedio	433,325
Max	804,12
Min	3,40

Fuente: [Autor].

De acuerdo a la gráfica, se observa un aumento ascendente de gas metano, conforme el tiempo de retención es mayor. Debido a que es un proceso anaeróbico semicontinuo se cargó al biodigestor los 15 días posteriores a la primera carga. La presencia de gas metano para el día 46 fue de 804,12 ppm.

5.25 Presión del biogás

El control de presión que se ejecuto fue con el fin de medir la presión existente en los canales de conducción del gas metano (CH₄) hacia el depósito almacenador, el manómetro tipo U nos permito control este tipo de presiones relativamente bajas ya que el mismo sistema no permite la acumulación del gas por sus válvulas de seguridad, en la figura 5.22 se presenta la presión generada en los canales de conducción de gas, y en la tabla 5.10 se muestra los valores promedio, máximos y mínimos alcanzados.

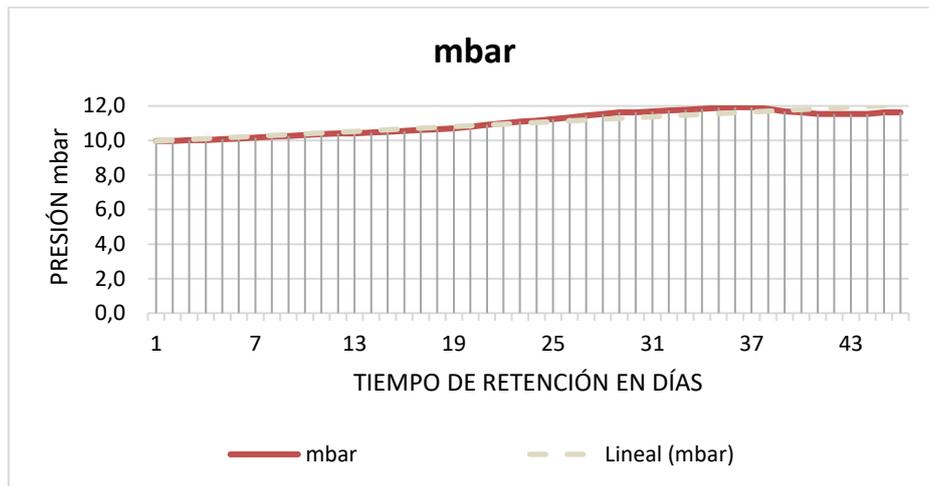


Figura 5.22 Presión del Sistema en mbar. **Fuente:** [Autor].

Tabla 5.10 Variación de presión.

Variación de presión	
Día	mbar
1	9,970
9	10,312
18	10,655
28	11,535
37	11,926
46	11,633
Promedio	11,005

Max	11,926
Min	9,97

Fuente: [Autor].

De acuerdo al gráfico mostrado la presión existente es los conductos aumenta exponencialmente, en los primeros días siendo baja debido al proceso de biodigestión de los desechos orgánicos hasta alcanzar al valor promedio de 1290 Pa o 1,29 KPa, es aquí donde se ingresa nueva materia para alimentar al biodigestor y mantener una producción continua del gas.

5.26 Composición química del biogás en relación con el GLP.

La tabla 5.11 que se presenta a continuación nos permite comprobar las diferencias que existen entre el gas de uso doméstico – industrial (GLP) y el Gas natural (CH₄).

Tabla 5.11 Muestra de resultados.

PROPIEDAD	GAS NATURAL	GLP
Composición	90% metano	60% Propano 40% Butano
Formula química	CH ₄	C ₄ H ₁₀ C ₃ H ₈
Gravedad específica	0,60	2,05 1,56
Poder calorífico	9200 kcal/m ³	22,244 Kcal/m ³ 6595 Kcal/lts 11739 Kcal/Kilo
Presión de suministro	21 mbar	50 mbar
Estado físico	Líquido a -160°C y a presión atmosférica	Líquido a 20°C con presión manométrica de 2.5bar
Color/olor	Incoloro/Inodoro	Incoloro/Inodoro

Fuente: [36].

De acuerdo a las fuentes del autor el potencial calorífico dependerá de que tan puro sea el contenido de metano obteniendo así un valor es 9200 kcal/m³ (10.69244 kWh/m³).

5.27 Principio de Combustión

La combustión es una reacción química en la cual ocurre una rápida oxidación del biogás, la presión adecuada para un óptimo uso del biogás oscila entre los 7 y los 20 mbar. Se debe tener precaución en este aspecto, tener en cuenta el cálculo de pérdidas de presión

de salida del gasómetro (adicionándole contra pesos) para que genere la presión optima y el biogás puede entrar en combustión y no se extinga la llama. La tabla 5.12 presenta los valores energéticos de diversos tipos de gas.

Tabla 5.12 Valor energético biogás vs otras fuentes.

Valores	Biogás	Gas natural	Gas propano	Hidrogeno
Valor calorífico (KWh/m ³)	7,0	10	26	3
Densidad (t/m ³)	1,08	0,7	2,01	0,09
Densidad con respecto al aire	0,81	0,54	1,51	0,07
Límite de explosión (% de gas en el aire)	6 – 12	5 – 15	2 – 10	4 – 80
Temperatura de encendido	687	650	470	585

Fuente: [36].

Las unidades más usuales para medir el poder calorífico son:

kWh/m³; kcal/kg; kcal/m³; BTU/lb; BTU/pie³.

5.28 Análisis de pH

Para el análisis de pH se tomó varias muestras del líquido de nuestra carga, con las tiras de papel indicadoras, la cual la sumergíamos y al paso de 10 o 15 segundos se pudo comparar el color que obtuvo con la de la escala de colores que mide el pH, de esta manera se sabe el nivel de acidez o alcalinidad del líquido.



Figura 5.23 Papel indicador de pH. **Fuente:** [Autor].

Los resultados obtenidos durante la prueba de pH, muestran en la figura 5.23 que el líquido de nuestro biodigestor está trabajando con un nivel de pH de 7, esto quiere decir que está en los valores establecidos para que produzca correctamente el proceso de fermentación. En el Anexo VI se muestra la hoja técnica del papel indicar de pH.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1 Presupuesto

El costo de construcción e implementación del biodigestor conlleva varios aspectos económicos que se deben tomar en cuenta, como el costo de construcción e implementación, mantenimiento, construcción de la cubierta entre otros, a continuación, en la tabla 6.1 se detalla los gastos económicos. En el anexo IX se puede constatar los costos directos eh indirectos que se realizó en el proyecto.

Tabla 6.1 Tabla de presupuesto.

DETALLE	COSTO
Costos Directos	\$ 763.98
Costos Indirectos	\$ 100
Mano de obra	\$ 150
Imprevistos	\$ 197
TOTAL	\$ 1210.98

Fuente: [Autor].

6.2 Análisis de impactos

En nuestra tesis se tratará tres puntos importantes como son el impacto económico, ambiental y social los cuales se detallan a continuación.

6.2.1 Impacto económico

Para la creación de un biodigestor se tomó en cuenta varios aspectos, como la construcción, gastos del invernadero, por lo que necesariamente se debe realizar una evolución del proyecto para conocer el impacto económico que este puede tener. La capacidad de un proyecto de inversión de generar rentabilidad se mide a través de una serie de indicadores financieros aplicados a los flujos netos de efectivo proyectados. En este caso se toma en cuenta dos principales indicadores como es el VAN y TIR.

Se proyectó un tiempo de 5 años con una tasa de inflación del 8%, las tasas se toman en cuenta de la base del Banco Central del Ecuador y del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo) para los flujos de caja y un interés del 10% para el cálculo del VAN.

Tabla 6.2 Presupuesto de implementación

Años	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Inversión inicial	\$1.210,98					
Ingresos	\$0,00	\$240,06	\$467,78	\$578,98	\$736,56	\$1.125,00
Costo de operación	\$0,00	\$150,67	\$150,67	\$150,67	\$150,67	\$150,67
Utilidad	-\$1.210,98	\$390,73	\$618,45	\$729,65	\$887,23	\$1.275,67
					VAN	\$1.601,62
					TIR	45%

De acuerdo a los resultados del análisis de la tabla 6.2 y tomando en cuenta las consideraciones de evaluación para los indicadores financieros mencionadas anteriormente, se establece que el proyecto es factible económica y financieramente.

Los indicadores financieros que el proyecto arroja son:

VAN= \$1.601,62

TIR= 45%

6.2.2 Impacto ambiental

Para los seres humanos la preservación y conservación del medio ambiente es uno de los mayores retos, por tal motivo nace la necesidad de tecnologías alternativas y amigables con el medio ambiente y que hoy en día están en auge a nivel mundial, se trata de la implementación de los biodigestores que aprovechan los recursos disponibles, generando biogás y biol a partir del estiércol de animales de animales de granjas, obteniendo beneficios para el sector rural.

6.2.3 Impacto social

Detrás de la técnica y la ingeniería aplicada a un biodigestor, hay una función destacada, satisfacer las necesidades de comunidades rurales, donde los recursos económicos son bajos. Sobre todo, en nuestro país el cual está en vías de desarrollo, donde la geografía e infraestructura hacen complicado el acceso a cualquier tipo de servicio, los beneficiarios de este trabajo podrán percibir los beneficios de convertir estiércol en una fuente de energía y fertilizantes amigables con el ambiente.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- La composición de las excretas utilizadas para el biodigestor se consideró dentro de los parámetros indicados en la tabla 3.1 de la producción de estiércol, en cuanto a la distribución de la presión ejercida en el biodigestor se obtuvo que 7,12 KPa permite el flujo necesario para el movimiento del líquido y gas, la temperatura en el interior del digestor se mantuvo en los rangos óptimo de trabajo que fue de 23,25 °C.
- Como resultado de la investigación realizada se estableció que el biodigestor tipo familiar es el más adecuado ya que este contenedor mantiene su forma rígida de diseño, su instalación y mantenimiento son fáciles de realizar, de acuerdo a los cálculos realizados se determinó la cantidad de biomasa de 175 kg al mes teniendo un volumen total de 0,386 m³.
- En la implementación y correcta instalación para generar biogás, se determinó mediante las pruebas de presión interna y sellado hermético del reactor valores de presión 9,970 mbar y 11,197 mbar, dando como resultado 0,549 m³ de biogás al mes.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda buscar alternativas que generen una mayor co-digestión en la producción de biogás y biol con los llamados acelerantes metabólicos como: hiervas con alto contenido de carbono, melaza, leche o suero, ceniza, levadura. Las cuales aportan una mayor producción de bacterias y logran reducir el tiempo de retención.
- Por un lado, la operación del biodigestor en periodos largos de tiempo de carga no es factible, se recomienda realizar las cargas en periodos de tiempo no mayores a una semana, esto ocasiona que el proceso de digestión y fermentación anaerobia se interrumpa, impidiendo la producción de biogás.
- Finalmente, se debe informar este tipo de tecnologías a granjas de menor y mayor producción de crianza de animales, ya que permiten aprovechar los excedentes de los mismos y darles un mejor tratamiento.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] H. Suntásig, «repositorio.utc.edu.ec,» 22 Marzo 2010. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1052/1/T-UTC-1273.pdf>. [Último acceso: 17 Mayo 2019].
- [2] C. Basurto, «repositorio.utc.edu.ec,» 19 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4045/1/T-UTC-0232.pdf>. [Último acceso: 17 Mayo 2019].
- [3] J. Chacha, «repositorio.utc.edu.ec,» 15 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4042/1/T-UTC-0230.pdf>. [Último acceso: 17 Mayo 2019].
- [4] INER, Análisis de oportunidades de investigación, desarrollo e innovación en eficiencia energética y energías renovables en Ecuador. Un enfoque desde el sector académico., Quito, 2016.
- [5] Prosap, «Biodigestores - Biogas en la actividad rural,» *Encuentro Prosap*, vol. V, nº 1, 2009.
- [6] C. Téllez, «Universidad Austral de Chile,» 16 Julio 2008. [En línea]. Available: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfci275d/sources/bmfci275d.pdf>. [Último acceso: 18 Septiembre 2019].
- [7] D. Greenwoman, «Conciencia ECO,» 12 Noviembre 2010. [En línea]. Available: <https://www.concienciaeco.com/2010/11/12/contaminan-las-calderas-de-biomasa/?fbclid=IwAR13QEqTohPiMW8wpOYOyC1CEW4ZgUlrScJEWSdJ11-z5TDTFCffqBVKGdk>. [Último acceso: 23 Abril 2019].
- [8] J. Arce , «Repositorio Institucional UPS,» 30 Agosto 2011. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf?fbclid=IwAR1TnhaEd1pYyZjsfF-B8NCuVc0ijcsB22Gb9ZSLJxpgkUOmQ36LmFSExA>. [Último acceso: 08 Julio 2019].
- [9] J. Herrero, Biodigestores familiares, guía de diseño y manual de instalación, 2008.
- [10] K. Chungandor, «Repositorio Institucional EPN,» Febrero 2010. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1650?fbclid=IwAR3L8nswA-oCqu-jBF2KJdiau58K1UjwkH9V6GzsNkUF5qUIKTQ3x73QuVs>. [Último acceso: 15 Septiembre 2019].
- [11] L. Acosta, «La digestion anaerobia,» vol. XXXIX, nº 1, 2005.
- [12] Grima-Ramirez, «El biogás y sus diferentes tecnologías,» *Agroinforme*, p. 287, 2013.

- [13] L. Constanza, «Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta,» *NOVA*, pp. 60-66, 2015.
- [14] D. Romo, «Repositorio Institucional Salesiana,» 3 Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8213/1/UPS-KT00942.pdf>. [Último acceso: 11 Agosto 2019].
- [15] A. Valda, «CEMSE,» AECID, 2011. [En línea]. Available: <http://saludpublica.bvsp.org.bo/cc/bo40.1/documentos/676.pdf>. [Último acceso: 8 Octubre 2019].
- [16] A. Castillos, «Area Productiva,» Colonia Integral, 13 Septiembre 2011. [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=BIOGASconstrucci%C3%B3n%20y%20funcionamientode%20biodigestores%20pl%C3%A1sticosde%20flujo%20continuo&fbclid=IwAR0ihY6JuGuHS9zrwQDYV7KONiGGGTBD5VCKdSZLvjKM86hJUTyoEl3Th5g>. [Último acceso: 17 Agosto 2019].
- [17] U. Monar, «Repositorio Institucional,» 1 Marzo 2010. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13521/4/D-42656.pdf?fbclid=IwAR1ba72LzalYTkM0s9vifUpIWlGr38DbgmVgKVR4X-nL6PnH7EecYnza5cA>. [Último acceso: 11 Julio 2019].
- [18] O. Solano, «Biodigestores: factores químicos, físico y biológicos relacionados con sus productividad,» *Tecnología en Marcha*, vol. XXIII, n° 1, pp. 39-46, 2009.
- [19] J. Paéz, «Repositorio Digital UCE,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8789?fbclid=IwAR3xTYunyZmgQcX0l61VQVq4z2A5NEUagI8cjj2ummHMLo-aXQGRaZukWpg>. [Último acceso: 12 Octubre 2019].
- [20] C. Velasquez, «Repositorio Institucional UAEM,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66337/TESINA-CAV-1016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 19 Octubre 2019].
- [21] J. Acuña, «Repositorio Digital UCE,» 18 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6441/3/T-UCE-0004-18.pdf>. [Último acceso: 6 Julio 2019].
- [22] L. Tapia , «Introducción de Biodigestores en Sistemas Agropecuarios en el Ecuador,» vol. I, n° 1, 2015.
- [23] T. Varnero, FAO, 2011. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>. [Último acceso: 11 Agosto 2019].

- [24] D. Parra, «Portal de Publicaciones Periódicas,» *Revista UIS Ingenierías*, vol. XVIII, nº 1, pp. 153-154, 2019.
- [25] M. Mendoza, «Biogás de residuos agropecuarios en Los Ríos,» de *Aspectos generales, experiencia y potencial de producción*, Río Bueno, INDAP, 2016, pp. 22-25.
- [26] I. Huerga, «Biodigestores de pequeña escala,» Instituto de Ingeniería Rural, 13 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/26-Biodigestor-Familiar.pdf>. [Último acceso: 11 Febrero 2019].
- [27] P. Tanques, «Soluciones para construcción,» MEXICHEM ECUADOR S.A, 24 Enero 2019. [En línea]. Available: <http://plastigama.com/wp-content/uploads/2019/05/Tanques-Triptico-2019.pdf>. [Último acceso: 11 Agosto 2019].
- [28] A. Fuentes, «Repositorio Digital UTN,» Universidad Técnica del Norte, 12 Abril 2012. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1912/1/04%20MEC%20015%20TESIS.pdf>. [Último acceso: 2 Julio 2019].
- [29] A. d. l. r. «SANTAFE,» SANTA FE TECNOLOGÍAS, 27 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/08/M%20C3%B3dulo-2-Biodigesti%C3%B3n-anaer%C3%B3bica.pdf?fbclid=IwAR0paDtIp5B3zfJ-6pbrgt4iPIUXp5QX9JDVn96E5xeTjhv-rBy1tnMV9Pk>. [Último acceso: 9 Octubre 2019].
- [30] C. Avila, «Repositorio UAEM,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/66337/TESINA-CAV-1016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 11 Agosto 2019].
- [31] R. Cotrina, «Biodigestores tubulares unifamiliares,» de *Cartilla práctica para instalación, operación y mantenimiento*, Lima- Perú, 2012, p. 7.
- [32] NOVAGRIC, «Materiales para invernaderos,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/tipos-de-invernaderos>. [Último acceso: 30 Septiembre 2019].
- [33] Infoagro Systems,SL., «Infoagro Systems,SL.,» 16 Marzo 2014. [En línea]. Available: https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos.htm?fbclid=IwAR0nLZS50RSe2NGvlCeIFYnX0yIovXvpTk8VgXrgkHfYmJT1H_14zLT555Q. [Último acceso: 05 Diciembre 2019].
- [34] B. Massimo, «Arduino,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/>. [Último acceso: 15 Junio 2019].

- [35] ImporTRONIC, «Proskit Ecuador,» 15 Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://www.proskitecuador.com/index.html>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [36] V. Salcedo, «El gas natural y sus diferencias con el glp,» *OsInergmin*, n° 36, p. 2, 2012.

ANEXOS

ANEXO I	Normas utilizadas para la construcción del biodigestor	1 de 2
<p>Constitución de la República del Ecuador</p>	<p>Art. 15 El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas y de bajo impacto.</p> <p>Art. 413 El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables.</p>	
<p>Código Orgánico del Ambiente</p>	<p>Art. 30</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible. 2. Establecer y ejecutar las normas de bioseguridad y las demás necesarias para la conservación, el uso sostenible la restauración de la biodiversidad y de sus componentes. <p>Art. 225 El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente.</p>	
<p>NTE INEN 2260:2010</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Instalaciones de gases combustibles para uso doméstico, comercial e industrial. 2. Requisitos de una instalación para gas combustible. 	
<p>NTE INEN 3868-1:2013</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Símbolos gráficos de acuerdo a su geometría y colores de seguridad. 2. Señales de seguridad de acuerdo al entorno y la distancia de observación de los mismos. 	

INEN 440

Define los colores, su significado y aplicación, que deben usarse para identificar tuberías que transportan fluido.

INER

El Instituto Nacional de Eficiencias y Energías Renovables, INER, es un instituto creado por el decreto ejecutivo No 1048 y puesto en vigencia con la publicación del registro Oficio al N° 649, del 28 de febrero del 2012.

CPE INEN-003

Código de dibujo técnico - mecánico

NEC 11

Eficiencia energética en la construcción en Ecuador, establece las especificación y caray características técnicas mínimas a ser tomadas en cuenta en el diseño construcción.

HANWEI ELECTRONICS

MQ-4

www.hwsensor.com

TECHNICAL DATA MQ-4 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to CH₄. Natural gas.
- * Small sensitivity to alcohol, smoke.
- * Fast response .
- * Stable and long life
- * Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of CH₄, Natural gas LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V=0.1	AC OR DC
V _{HT}	Heating voltage	5V=0.1	AC OR DC
P _L	Load resistance	20KΩ	
R _{HT}	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
P _{HT}	Heating consumption	less than 750mw	

B. Environment condition

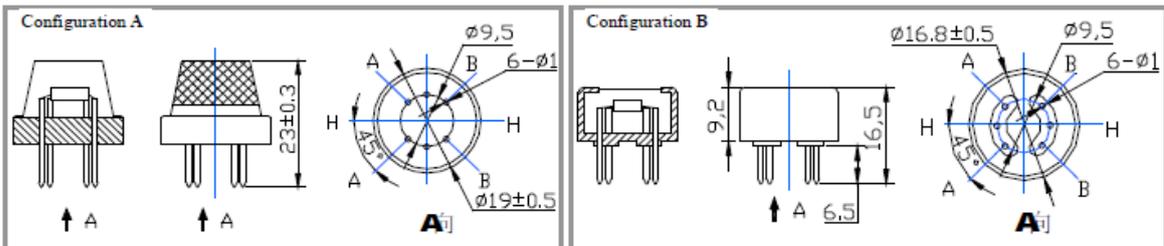
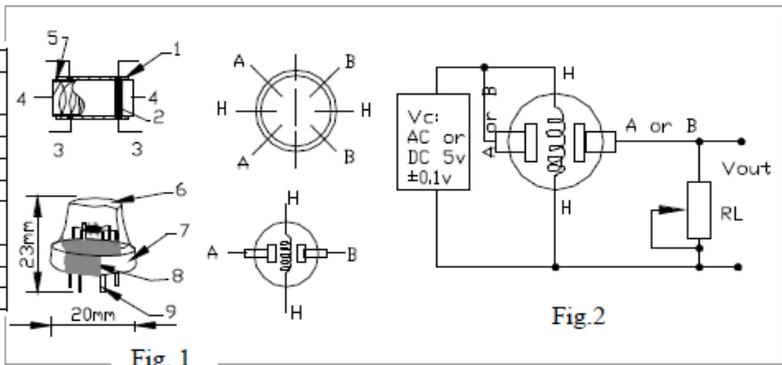
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10 ℃-50 ℃	
T _{as}	Storage Tem	-20 ℃-70 ℃	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH ₄)	Detecting concentration scope: 200-10000ppm CH ₄ , natural gas
α (1000ppm/ 5000ppm CH ₄)	Concentration slope rate	≤ 0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20 ℃ ± 2 ℃ Humidity: 65% ± 5%	V _c : 5V = 0.1 V _H : 5V = 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni



HANWEI ELECTRONICS

MQ-4

www.hwsensor.com

Structure and configuration of MQ-4 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-4 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

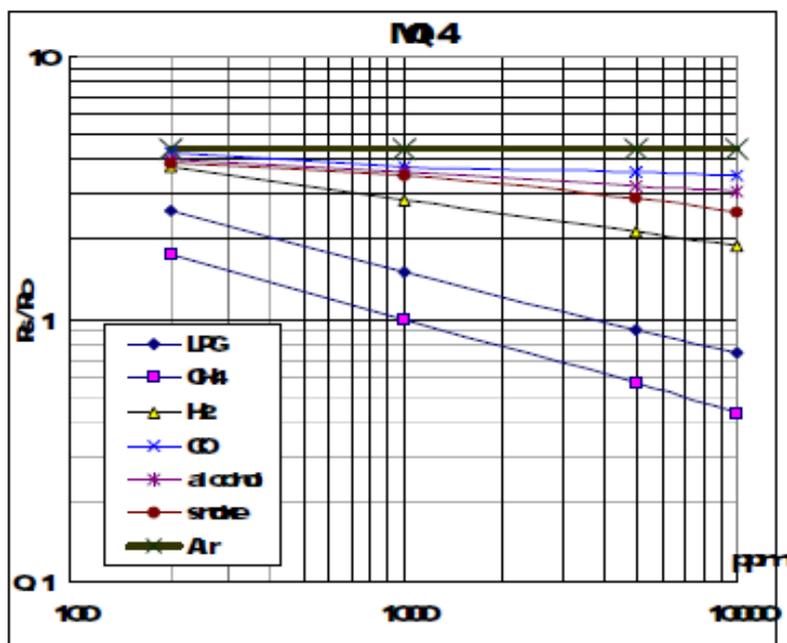


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-4

Fig.3 shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-4 for several gases.

in their: Temp: 20°C,
Humidity: 65%,
O₂ concentration 21%
RL=20kΩ

R₀: sensor resistance at 1000ppm of CH₄ in the clean air.

R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

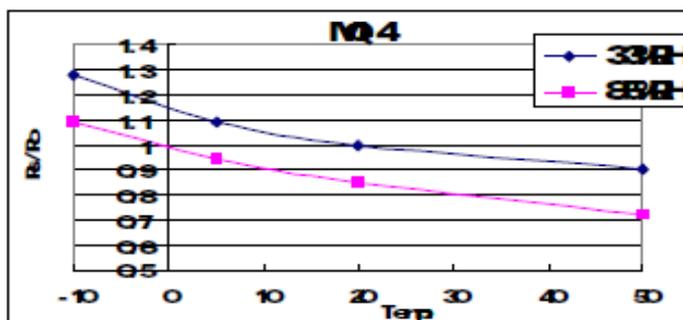


Fig.4 shows the typical dependence of the MQ-4 on temperature and humidity.

R₀: sensor resistance at 1000ppm of CH₄ in air at 33%RH and 20 degree.

R_s: sensor resistance at 1000ppm of CH₄ in air at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-4 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 5000ppm of CH₄ concentration in air and use value of Load resistance (R_L) about 20KΩ (10KΩ to 47KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

EVALUATION KIT AVAILABLE

MAX6675

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Applications

- Industrial
- Appliances
- HVAC

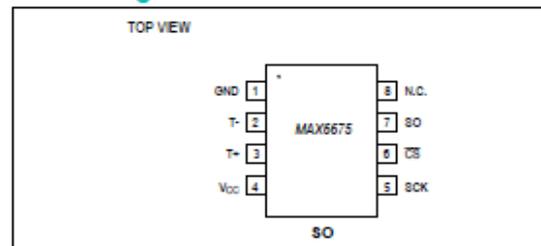
Features

- Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

Ordering Information

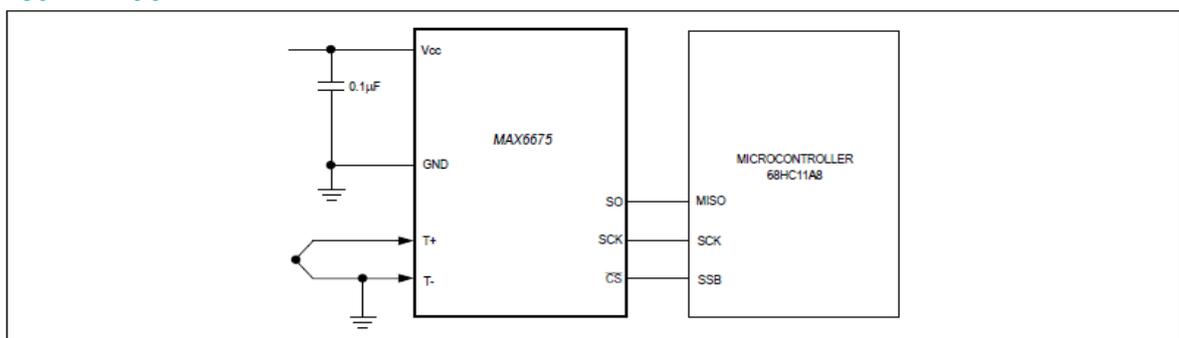
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



MAX6675
**Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-
to-Digital Converter (0°C to +1024°C)**
Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V_{CC} to GND) -0.3V to +6V
 SO, SCK, CS, T-, T+ to GND -0.3V to $V_{CC} + 0.3V$
 SO Current 50mA
 ESD Protection (Human Body Model) $\pm 2000V$
 Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ C$)
 8-Pin SO (derate 5.88mW/ $^\circ C$ above $+70^\circ C$) 471mW
 Operating Temperature Range $-20^\circ C$ to $+85^\circ C$

Storage Temperature Range $-65^\circ C$ to $+150^\circ C$
 Junction Temperature $+150^\circ C$
 SO Package
 Vapor Phase (60s) $+215^\circ C$
 Infrared (15s) $+220^\circ C$
 Lead Temperature (soldering, 10s) $+300^\circ C$

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Electrical Characteristics

($V_{CC} = +3.0V$ to $+5.5V$, $T_A = -20^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted. Typical values specified at $+25^\circ C$.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Temperature Error		$T_{THERMOCOUPLE} = +700^\circ C$, $T_A = +25^\circ C$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-5		+5	LSB
			$V_{CC} = +5V$	-6		+6	
		$T_{THERMOCOUPLE} = 0^\circ C$ to $+700^\circ C$, $T_A = +25^\circ C$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-8		+8	
			$V_{CC} = +5V$	-9		+9	
		$T_{THERMOCOUPLE} = +700^\circ C$ to $+1000^\circ C$, $T_A = +25^\circ C$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-17		+17	
			$V_{CC} = +5V$	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		$\mu V/LSB$	
Cold-Junction Compensation Error		$T_A = -20^\circ C$ to $+85^\circ C$ (Note 2)	$V_{CC} = +3.3V$	-3.0		+3.0	$^\circ C$
			$V_{CC} = +5V$	-3.0		+3.0	
Resolution				0.25		$^\circ C$	
Thermocouple Input Impedance				60		k Ω	
Supply Voltage	V_{CC}		3.0		5.5	V	
Supply Current	I_{CC}			0.7	1.5	mA	
Power-On Reset Threshold		V_{CC} rising	1	2	2.5	V	
Power-On Reset Hysteresis				50		mV	
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s	
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V_{IL}				$0.3 \times V_{CC}$	V	
Input High Voltage	V_{IH}		$0.7 \times V_{CC}$			V	
Input Leakage Current	I_{LEAK}	$V_{IN} = GND$ or V_{CC}			± 5	μA	
Input Capacitance	C_{IN}			5		pF	

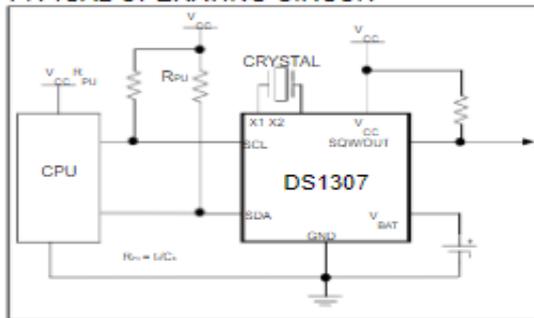


DS1307 64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

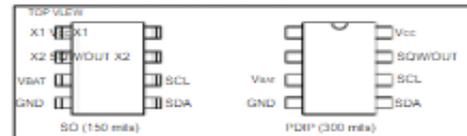
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



BENEFITS AND FEATURES

- Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
 - 56-Byte, Battery-Backed, General-Purpose RAM with Unlimited Writes
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Port Interfaces to Most Microcontrollers
 - I²C Serial Interface
- Low Power Operation Extends Battery Backup Run Time
 - Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
 - Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- 8-Pin DIP and 8-Pin SO Minimizes Required Space
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C Supports Operation in a Wide Range of Applications
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE	TOP MARK*
DS1307+	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307N+	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307Z+	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307ZN+	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307Z+T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307ZN+T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N

+Denotes a lead-free/RoHS-compliant package.

*A "+" anywhere on the top mark indicates a lead-free package. An "N" anywhere on the top mark indicates an industrial temperature range device. Underwriters Laboratories, Inc. is a registered certification mark of Underwriters Laboratories, Inc.

DS1307 64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Operating Temperature Range (Noncondensing)	
Commercial.....	0°C to +70°C
Industrial	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-55°C to +125°C
Soldering Temperature (DIP, leads)	+260°C for 10 seconds
Soldering Temperature (surface mount).....	Refer to the JPC/JEDEC J-STD-020 Specification.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

 (T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN TYP	MAX UNITS
Supply Voltage	V _{CC}		4.5 5.0	5.5 V
Logic 1 Input	V _{IH}		2.2	V _{CC} + 0.3 V
Logic 0 Input	V _{IL}		-0.3 +0.8 V	
V _{BAT} Battery Voltage	V _{BAT}		2.0 3	3.5 V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 (V_{CC} = 4.5V to 5.5V; T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX UNITS
Input Leakage (SCL)	I _{LI}		-1		1 μA
I/O Leakage (SDA, SQWOUT)	I _{LO}		-1		1 μA
Logic 0 Output (I _{OL} = 5mA)	V _{OL}				0.4 V
Active Supply Current (f _{SCL} = 100kHz)	I _{CCA}				1.5 mA
Standby Current	I _{CCS}	(Note 3)			200 μA
V _{BAT} Leakage Current	I _{BATLKG}			5	50 nA
Power-Fail Voltage (V _{BAT} = 3.0V)	V _{PF}		1.216 x V _{BAT}	1.25 x V _{BAT}	1.284 x V _{BAT} V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 (V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 3.0V; T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN TYP MAX UNITS
V _{BAT} Current (OSC ON); SQWOUT OFF	I _{BAT1}		300 500 nA
V _{BAT} Current (OSC ON); SQWOUT ON (32kHz)	I _{BAT2}		480 800 nA
V _{BAT} Data-Retention Current (Oscillator Off)	I _{BATDR}		10 100 nA

WARNING: Negative undershoots below -0.3V while the part is in battery-backed mode may cause loss of data.




TANQUES PLASTIGAMA

Para almacenar productos de consumo humano,
fabricados con Polietileno 100% virgen.



TANQUE CILÍNDRICO HORIZONTAL

USO SUPERFICIAL

**NUEVAS
DIMENSIONES**

- Bases planas, que permiten mayor estabilidad.
- Hermético, con tapa de traba.



CAPACIDAD	D	B	L	H	A	Peso	Peso con agua
LITROS	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg
500	800	-	1145	860	315	-	-
1300	1065	-	1635	1115	650	-	-
2500	1460	1220	1946	1550	550	98	2598
5000	1500	1254	3327	1580	550	176	5176

Tiras y papeles de ensayo

pH-Fix

Las tiras reactivas para determinación de pH más utilizadas – aptas para todas las aplicaciones

Siempre listas para el uso

Las tiras reactivas pH-Fix permiten determinar el valor de pH de una muestra directamente in situ, de forma rápida y fácil. Siempre están listas para el uso y no necesitan calibración.

No desfilen

En las tiras pH-Fix, el indicador está químicamente ligado a las fibras de celulosa que forman la almohadilla. Esta técnica patentada evita, de forma segura, que las almohadillas se desfilen incluso en soluciones fuertemente alcalinas. La muestra no se contamina y puede emplearse para otros análisis.

Uso fácil y seguro

Su superficie de agarre más larga protege al usuario de cualquier contacto con la muestra ofreciendo seguridad a la hora de analizar líquidos tóxicos, agresivos o peligrosos. La posición y la coloración de las almohadillas reactivas se corresponden exactamente con la escala de color de referencia. La lectura del valor de pH es rápida, fácil y exacta.



PEHANON®

Determinación de pH en soluciones coloreadas

Valores de pH precisos

Las tiras PEHANON® se caracterizan por llevar la escala de color al lado de la almohadilla reactiva. Gracias a este diseño, la solución coloreada tinte, de igual manera, la almohadilla reactiva y la escala de color de referencia. Esto permite determinar el valor de pH en muestras coloreadas de forma precisa.

Uso seguro

Una barrera hidrofóbica invisible justo por encima de la franja superior de la escala de color evita que la solución ascienda por capilaridad hacia el extremo superior de la tira. Con esto se consigue mantener la superficie de agarre seca y ofrecer seguridad al usuario.

Económico

Gracias a que la escala de color se encuentra sobre la misma tira, el valor de pH se puede leer sin necesidad de una carta colorimétrica adicional. Esto significa que no se necesitan kits completos, sino que una sola tira basta para determinar de forma exacta el valor de pH.



Papeles Indicadores de pH

Determinación de pH estándar

Carrete de Papel indicador para la determinación de pH

Los papeles indicadores de pH han sido utilizados durante décadas y son necesarios en multitud de aplicaciones. Para cada valor de pH el papel muestra un único color que se compara con una escala de color en intervalos de 0,2-1 unidades de pH.

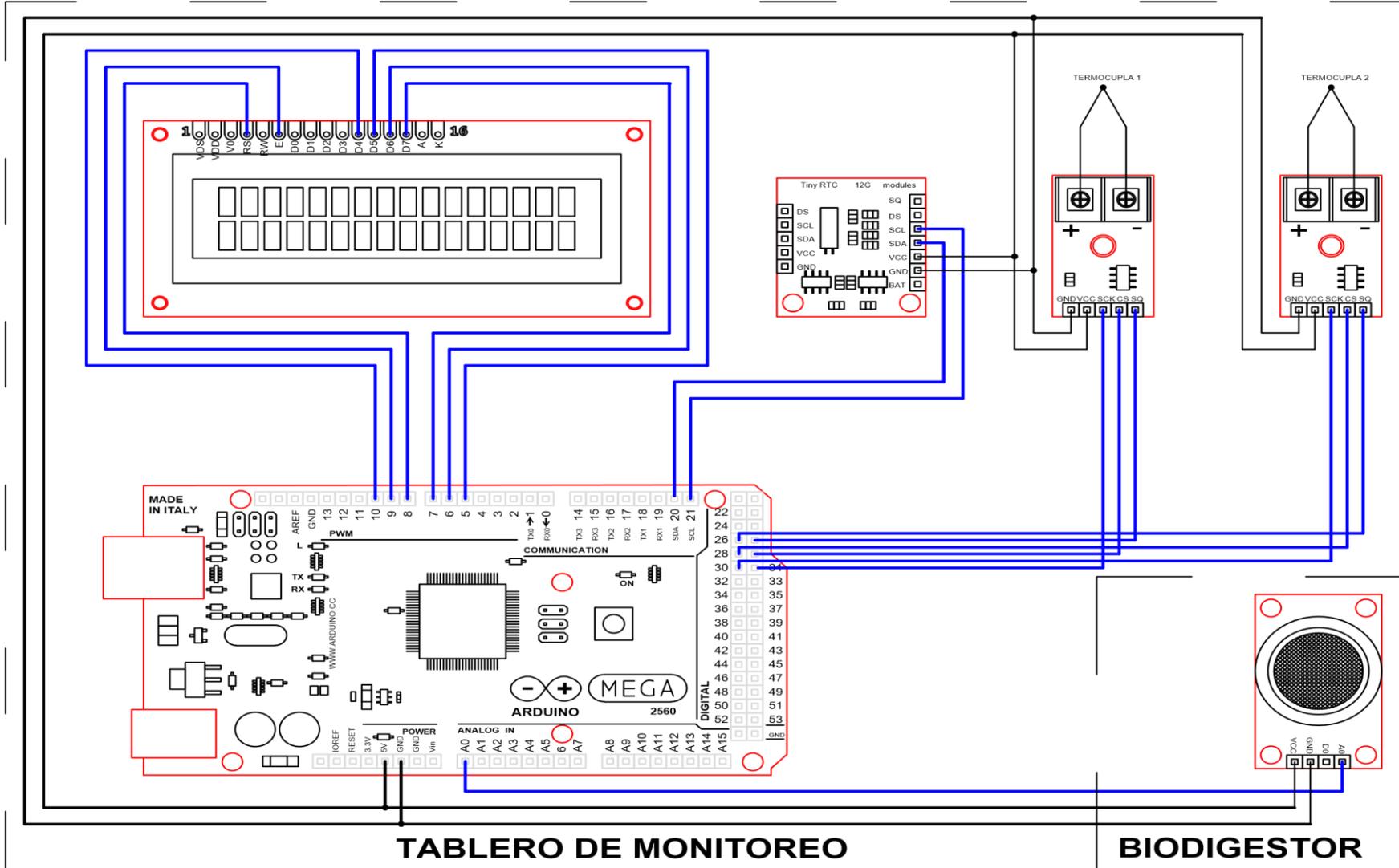
Duotest • precisión mejorada

Los papeles indicadores Duotest presentan dos colores diferentes para cada zona de pH en intervalos de 0,3-1 unidades de pH. Esto asegura una lectura más precisa y fácil de valores intermedios.

Tritest • máxima precisión en la determinación de pH

Para una lectura más precisa los papeles indicadores Tritest presentan tres zonas reactivas para cada unidad de pH. Esto garantiza una diferenciación óptima de colores y una lectura segura de valores intermedios.





ANEXO VIII	Código para el monitoreo de nuestro sistema	1 de 3
<pre> */ UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERIA ELECTROMECAICA AUTORES: Acosta Clavijo Jessica Maricela Muñoz Santana Luis Alfredo */ // Libreria RTC #include <Wire.h> #include <RTClib.h> RTC_DS1307 RTC; // Libreria LCD 16x2 #include <LiquidCrystal.h> #include <max6675.h> // Libreria sensor MQ4 #include <MQUnifiedsensor.h> #define RL 25 //Segun datahhet pot 3362 int val; // Lectura tomada del sensor MQ4 float ppm; // Partes po millon de gas CH4 </pre>	<pre> float r0 = 10; //10k = estimat for 1000ppm // datasheet 10k..60k // calibracion de la concntracion del gas float rs_ro; // Relacion Rs/Ro float rs; // Rs calculada con datos tomados del sensor float vol; // Voltaje medido del sensor MQ4 int i; // Define los pines a trabajar con LCD LiquidCrystal lcd(8,9,10,5,6,7); // ThermoCouple 1 definicion de pines int thermo_gnd_pin = 45; //NC int thermo_vcc_pin = 47; //NC int thermo_so_pin = 27; int thermo_cs_pin = 29; int thermo_sck_pin = 31; //Termocupla # 2 definicion de pines int thermo_gnd_pin_1 = 44; //NC int thermo_vcc_pin_1 = 46; // NC </pre>	<pre> int thermo_so_pin_1 = 26; int thermo_cs_pin_1 = 28; int thermo_sck_pin_1 = 30; // Relay de salida const int Relay = 2; //Termocupla # 1 MAX6675 thermocouple(thermo_sck_pin, thermo_cs_pin, thermo_so_pin); //Termocupla # 2 MAX6675 thermocouple_1(thermo_sck_pin_1, thermo_cs_pin_1, thermo_so_pin_1); void setup() { // RTC //Wire.begin(); // Inicia el puerto I2C RTC.begin(); // Inicia la comunicación con el RTC //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // Establece la fecha y hora (Comentar una vez establecida la hora) // LCD </pre>

ANEXO VIII	Código para el monitoreo de nuestro sistema	2 de 3
<pre> lcd.begin(16,2); // Comunicacion serial terminal virtual // Serial.begin(9600); //Termocupla # 1 pinMode(thermo_vcc_pin, OUTPUT); pinMode(thermo_gnd_pin, OUTPUT); digitalWrite(thermo_vcc_pin, HIGH); digitalWrite(thermo_gnd_pin, LOW); //Termocupla # 2 pinMode(thermo_vcc_pin_1, OUTPUT); pinMode(thermo_gnd_pin_1, OUTPUT); digitalWrite(thermo_vcc_pin_1, HIGH); digitalWrite(thermo_gnd_pin_1, LOW); // Relay de salida, pin como salida pinMode(Relay, OUTPUT); } void loop() { </pre>	<pre> // Lectura de sensores // Lectura de sensor MQ4 val=analogRead(0);//Lee el valor analogo en el puerto 0 rs=((RL * (1023 - val) / val)); // Calculo de Rs (Resistencia del sensor segun la concentracion de gas). rs_ro=rs/r0; // Calculo de Rs/Ro para aplicar en la ecuacion exponencial del comportamiento del sensor. vol=val*5/1023; // Calculo de voltaje del sensor ppm=pow((rs_ro/12.323),-2.77);// Calculo de la concentracion de CH4 existentes a partir de los ecuacion exponencial del sensor. // Toma de datos del RTC y visualizacion en LCD. DateTime now = RTC.now(); // Obtiene la fecha y hora del RTC delay(800); lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("U.T.C."); lcd.setCursor(0,1); </pre>	<pre> lcd.print("ELECTROMECHANICA"); delay(1000); lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("D:"); lcd.print(now.day(),DEC); lcd.print("/"); lcd.print(now.month(),DEC); lcd.print("/"); lcd.print(now.year(),DEC); lcd.setCursor(0,1); lcd.print("T:"); lcd.print(now.hour(),DEC); lcd.print(":"); lcd.print(now.minute(),DEC); lcd.print(":"); lcd.print(now.second(),DEC); </pre>

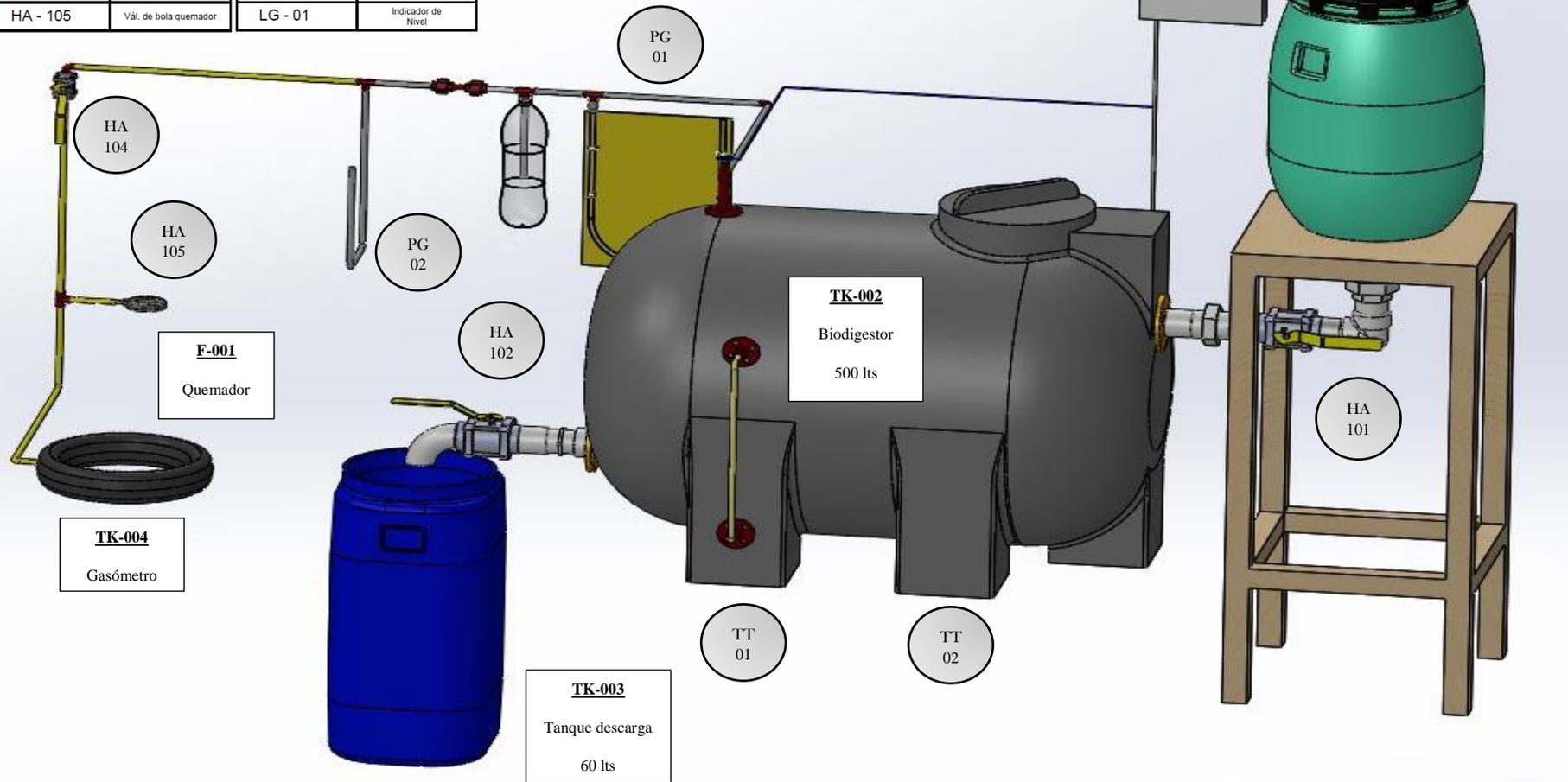
ANEXO VIII	Código para el monitoreo de nuestro sistema	3 de 3
<pre> delay(1000); // Lectura y visualizacion de termocuplas //Termocupla # 1 lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("Temp 1. °C:"); lcd.setCursor(0,1); lcd.print(thermocouple.readCelsius()); //Termocupla # 2 lcd.setCursor(8,0); lcd.print("Temp 2. C:"); lcd.setCursor(8,1); lcd.print(thermocouple_1.readCelsius()); delay(1000); // Visualizacion en LCD de valores de sensor MQ4 lcd.clear(); // Voltaje lcd.setCursor(0,0); </pre>	<pre> lcd.print("Voltaje MQ4: "); lcd.setCursor(0,1); lcd.print(vol); //Rs lcd.setCursor(8,0); lcd.print("Resistencia Rs:"); lcd.setCursor(8,1); lcd.print(rs); delay(1000); lcd.clear(); // ppm de CH4 lcd.setCursor(0,0); lcd.print("PPM "); lcd.setCursor(0,1); lcd.print(ppm); delay(1000); } </pre>	

ANEXO IX

Diagrama de equipos, tuberías e instrumentación

1 de 1

Nomenclatura de Válvulas		Nomenclatura Instrumentos	
Nomenclatura	Descripción	Nomenclatura	Descripción
HA - 101	Válv. bola de carga	PG - 01	Manómetro Tipo U
HA - 102	Válv. bola de descarga	PG - 02	Sensor MQ-4
HA - 103	Válv. Check de biogas	TT - 01	Transmisor de Temperatura
HA - 104	Válv. de bola biogas	TT - 02	Transmisor de Temperatura
HA - 105	Válv. de bola quemador	LG - 01	Indicador de Nivel



ANEXO X

Materiales y costos de construcción

1 de 4

ITEM	#	N°- DE PIEZA	DESCRIPCION	V/UNIT	V/TOTAL
1	1	BIODIGESTOR	500 lts Polietileno 100% virgen	90,04	90,04
2	2	TANQUE DE CARGA Y DESCARGA	60lts y 50lts	10	20
3	1	ALMACENAMIENTO BIOGAS	Tubo R16 Válvula larga	14	14
4	1	TUBO PVC 6"	0,50 cm	3,12	3,12
5	1	TUBO PVC 4"	0,50 cm	1,45	1,45
6	1	TUBO CELULA 40 2	0,50 cm	1,4	1,4
7	1	TUBO CELULA 40 1 1/2"	0,50 cm	1,05	1,05
8	1	TUBO VISOR DE NIVEL	1m manguera transparente de vinilo	0,5	0,5
9	3	BUSHING P/R 1/2"*1/4"		0,96	2,88
10	1	BUSHING P/R 1/2"*3/8"		0,42	0,42
11	2	CODO P/R 1/2"*90		0,55	1,1
12	2	CODO LASCO 1 1/2"*45		1,88	3,76
13	2	CODO LASCO 1 1/2"*90		1,7	3,4
14	2	CODO LASCO 2*90		2,2	4,4
15	1	CODO ROSCABLE HH 1/2" *90		0,34	0,34
17	2	TEE P/R 1/2"		0,65	1,3
20	3	TEE ROSCABLE 1/2"		0,53	1,59
21	1	TEE LASCO 1 1/4"		1,8	1,8
22	1	UNION LASCO 1 1/4"		0,89	0,89
24	1	NEPLO P/R 1/2"*10		0,88	0,88
25	1	NEPLO ROSCABLE 1/2"		0,25	0,25
27	1	NEPLO P/R 1/2"*50		1,5	1,5
28	1	NEPLO R/R PP 1/2"*1/5"		0,56	0,56
29	2	NEPLO CORRIDO 1/4"*2		2,5	5
30	1	NEPLO DE BRONCE 1/4"		2,5	2,5
32	1	UNION UNIVERSAL LASCO 2"		9,8	9,8
34	2	PITON HEMBRA BRONCE 1/2"		3,5	7

ANEXO X		Materiales y costos de construcción			2 de 4
35	5	PITON DE BRONCE MACHO 1/2"		3,5	17,5
36	2	PITONES DE BRONCE 1/4"		2,8	5,6
37	7	ADAPTADOR DE TANQUE P/R 1/2"		3,95	27,65
38	1	ADAPTADOR DE TANQUE P/R 1 1/2"		5,8	5,8
39	2	ADAPTADOR FLEX 1/2"		0,15	0,3
40	2	ADAPTADOR M FLEX 1/2"*16		0,35	0,7
41	2	ADAPTADOR FLEX 16*1/2"		0,31	0,62
42	2	ADAPTADOR TANQUE 1/2"		2,26	4,52
43	2	ADAPTADOR DE TANQUE P/R 2"		4,22	8,44
44	2	ADAPTADOR HEMBRA LASCO 2"		1,56	3,12
45	1	ADAPTADOR HEMBRA LASCO 1 1/2"		1,4	1,4
46	2	ABRAZADERA GALV 11-17		0,33	0,66
47	1	LLAVE ESFERICA FV 1/2"		5,5	5,5
48	1	LLAVE PVC ECONOMICA 2"		9,85	9,85
49	1	LLAVE PVC AZUL 1 1/2"		18,8	18,8
50	2	LLAVE ESFERICA GENEBRE DE GAS 1/4"		4,5	9
51	1	TAPON HEMBRA H/C 1/2"		0,46	0,46
52	2	TAPON MACHO R 1/2"		0,4	0,8
53	1	TAPON MACHO R 3/4"		1,05	1,05
55	2	TERMOCUPLA TIPO K TORNILLO		8,93	17,86
56	1	SENSOR MQ4	Medidor de gas	5,53	5,53
57	1	MANOMETRO en U		3,57	3,57
62	1	RTC MODULO DS 1307		2,67	2,67
63	1	MANGUERA P/GAS INDUS. AMARILLO		1,25	1,25
64	1	DISPLAY LCD		3,9	3,9

ANEXO X

Materiales y costos de construcción

3 de 4

65	2	MODULO SENS		8,9	17,8
66	1	MODULO 2 RELE		3,5	3,5
67	1	ESPADIN SIM		0,35	0,35
68	1	PLACA PERFORADA		1,5	1,5
69	1	PROSKIT INDICADOR RELOJ		22,76	22,76
70	1	PILA AAA SONY STAMINA		2,05	2,05
71	1	CABLES 1REGLETA		4,5	4,5
72	1	BANCO ESCALERA		12,05	12,05
73	3	LUSTRES		0,5	1,5
74	1	CONSUMIBLES VARIOS	Pega tanque, pega 4oz, silicon, teflon, broca	20,37	20,37
				SUBTOTAL	423,86
				IVA 12%	50,8632
				TOTAL	474,7232

Construcción del Invernadero

DETALLE	CANTIDAD DE DIAS	V/UNITARIO	V/TOTAL
MANO DE OBRA			
Limpieza del terreno	3	12	36
Construcción cubierta	4	12	48
Instalación de la cubierta	2	12	24
Transporte de material	3	5	15
Otros	1	23	27
TOTAL			150

DETALLE	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/TOTAL
ESTRUCTURA DEL INVERNADERO			
Puntales	10	3	30
Tablones	12	1,1	13,2
Clavos 2 1/2" 3lb	3	1,5	4,5
Plastico 45 m	1	45	45
Palet	1	5	5
Kit D/Sacabocados T 15PCS	1	11,56	11,56
Mesa soporte tanque de carga	1	30	30
TOTAL			139,26

Construcción total del Proyecto

DETALLE	COSTO
Costos Directos	\$ 763.98
Costos Indirectos	\$ 100
Mano de obra	\$ 150
Imprevistos	\$ 197
TOTAL	\$ 1210.98

Cubierta para el biodigestor

Es la cubierta superior que se le pone al biodigestor. Su función es mantener una temperatura apropiada y constante dentro del biodigestor esta debe estar en un rango aproximado de 20 a 36°C, para que el reactor y las bacterias que habitan en él tengan un ambiente adecuado para funcionar, además de protegerlo de posibles daños causados por las personas, animales, lluvia y vientos, esta se construyó de acuerdo a la norma NEC-11 capítulo 13 la cual nos indica los parámetros que debemos considerar de acuerdo al sitio geográfico donde se lo va a implementar [31].

Tipos de invernadero

- Invernadero plano o tipo parral.
- Invernadero tipo capilla
- Invernadero tipo túnel

Invernadero plano o tipo parral

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción en sitios con movimientos telúricos frecuentes. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal, detallada en la figura 4.8 [32].



Figura Invernadero tipo plano o parral. **Fuente:** [32]

Principales tipos de plásticos utilizados en invernaderos

Polietileno (PE)

Es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo precio y simplicidad en su fabricación. Según las condiciones de polimerización (temperatura, presión, catalizador) se puede obtener.

- **PEBD:** El PE de baja densidad convencional, es utilizado en cubiertas de invernaderos.
- **PELBD:** El PE lineal de baja densidad, que se utiliza en acolchados y pequeños túneles.
- **PEAD:** El PE de alta densidad, utilizado en contenedores y en riegos y drenajes.

El diseño y la estructura de los invernaderos desarrollados en Novedades Agrícolas cumplen con la normativa europea UNE-EN 13031-1, según los requisitos de las normas ISO 9001 y 14001 con las que Novedades Agrícolas está certificada desde el año 2000 [32].

A continuación, se detalla el tipo de plásticos más comunes utilizados para construcción de invernaderos, se espesor, duración y radiación recibida se detalla en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Duración de plásticos normalizados para invernaderos.

Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería)	Radiación solar recibida
Polietileno “normal” (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 148 kcal/cm ²
Polietileno “larga duración”	180 micras (720 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Polietileno “Térmico larga duración”	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm ²
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	148 kcal/cm ²

Fuente: [33]

Deben limitarse a un mínimo el sombreado y la libertad de movimiento interno. Las estructuras de los invernaderos deben reunir las condiciones siguientes:

- Deben ser ligeras y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliadas.
- Que ocupen de forma óptima la superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

ANEXO XII	Pruebas realizadas de combustión de gas metano	1 de 2
------------------	---	---------------

Combustión

Después de haber transcurrido 46 días de tiempo de retención, la producción biogás fue evidente, como resultado, se realizó la prueba de combustión acercando una chispa al quemador y se obtuvo una llama limpia de color azul, como se puede apreciar en la figura a y b, esta llama se la puede observar en un lugar con poca luz, ya que, por ser gas natural, obtenido de la descomposición de excretas, su llama de color azul transparente indica una correcta combustión del gas.



a)



b)

Figura: a) Combustión directa en un mechero industrial.

b) Combustión en una cocina industrial con una llama pura de color azul.

Prueba de combustión

La prueba de combustión consistió en colocar un litro de agua en una olla normal como se muestra en la figura a, nuestra llama se puede observar que es de color azul transparente ya que la prueba se la realizó en un lugar abierto con luz, en la figura b, se puede observar que el agua llegó a su punto de ebullición después de haber transcurrido 8 minutos, utilizando 0.10m³ del total del depósito de gas.



a)



b)

ANEXO XII	Pruebas realizadas de combustión de gas metano	2 de 2
<p>Figura: a) Olla colocada en la cocina para su proceso de combustión. b) Agua en punto de ebullición.</p> <p>Análisis de combustión</p> <p>Para llegar al punto de ebullición del agua fue necesario realizar pruebas para determinar el tiempo que dura en hervir el agua, se obtuvo los resultados deseados, para realizar estas pruebas fue necesario almacenar el gas durante un cierto periodo, ya que por la poca producción de biomasa y según los cálculos realizados para nuestra granja, el biodigestor instalado es de baja escala, aunque este tipo de instalaciones no proporcionan altos niveles de energía, cumple con los objetivos que es producir biogás.</p>		

ANEXO XIII

Datos de presión obtenidos en el manómetro tipo U

1 de 1

mm	Pa	mbar			
0	997,00	9,970	15,5	1148,60	11,486
0,5	1001,89	10,019	16	1153,49	11,535
1	1006,78	10,068	16,5	1158,38	11,584
1,5	1011,67	10,117	17	1163,27	11,633
2	1016,56	10,166	17,5	1168,16	11,682
2,5	1021,45	10,215	18	1173,05	11,731
3	1026,34	10,263	18,5	1177,94	11,779
3,5	1031,23	10,312	19	1182,83	11,828
4	1036,12	10,361	19,5	1187,72	11,877
4,5	1041,01	10,410	20	1192,61	11,926
5	1045,90	10,459	20,5	1197,50	11,975
5,5	1050,79	10,508	21	1202,39	12,024
6	1055,68	10,557	21,5	1207,28	12,073
6,5	1060,57	10,606	22	1212,17	12,122
7	1065,46	10,655	22,5	1217,06	12,171
7,5	1070,35	10,704	23	1221,95	12,220
8	1075,24	10,752	23,5	1226,84	12,268
8,5	1080,13	10,801	24	1231,73	12,317
9	1085,03	10,850	24,5	1236,62	12,366
9,5	1089,92	10,899	25	1241,51	12,415
10	1094,81	10,948	25,5	1246,40	12,464
10,5	1099,70	10,997	26	1251,29	12,513
11	1104,59	11,046	26,5	1256,19	12,562
11,5	1109,48	11,095	27	1261,08	12,611
12	1114,37	11,144	27,5	1265,97	12,660
12,5	1119,26	11,193	28	1270,86	12,709
13	1124,15	11,241	28,5	1275,75	12,757
13,5	1129,04	11,290	29	1280,64	12,806
14	1133,93	11,339	29,5	1285,53	12,855
14,5	1138,82	11,388	30	1290,42	12,904
15	1143,71	11,437			

ANEXO XIV

Datos obtenidos de las pruebas realizadas del sistema

1 de 2

Días	CH4	°T Internas del Biodigestor		Nivel de PH	°T del ambiente		Variación de Presión
	PPM	Termopar 1	Termopar 2		°T Exterior	°T Invernadero	mbar
1	3,40	25,67	25,01	7	19	49	9,97
2	11,56	24,79	24,65	7	13	43	9,97
3	25,89	24,33	24,01	7	15	45	10,019
4	31,64	23,75	23,33	6	12	42	10,019
5	42,43	23,56	23,12	6	10	40	10,068
6	56,98	23,08	22,98	6	9	39	10,117
7	70,53	22,84	22,55	6	20	50	10,166
8	80,89	22,19	22,00	6	17	47	10,215
9	90,73	22,36	22,59	6	15	45	10,263
10	110,45	22,68	22,48	6	12	42	10,312
11	136,85	22,71	22,67	6	15	45	10,361
12	164,67	22,64	22,41	7	16	46	10,410
13	180,75	22,46	23,51	7	17	47	10,410
14	190,84	23,58	23,36	7	18	48	10,459
15	203,5	23,65	23,35	6	7	37	10,508
16	210,43	23,51	23,27	6	10	40	10,557
17	230,98	23,42	23,22	6	11	41	10,606
18	260,89	23,45	23,11	6	16	46	10,655
19	310,67	23,58	23,35	6	8	38	10,704
20	386,32	23,32	23	6	7	37	10,801
21	401,87	23,14	22,91	6	10	40	10,899
22	450,32	23,05	22,87	7	12	42	10,997
23	490,9	24,19	23,98	7	19	49	11,095
24	520	24,04	23,89	7	18	48	11,144
25	577,02	23,95	23,7	7	15	45	11,241
26	619,64	23,79	23,57	6	10	40	11,339
27	656,31	23,51	23,51	6	11	41	11,437

ANEXO XIV		Datos obtenidos de las pruebas realizadas del sistema					2 de 2	
28	685,92	23,12	23	6	15	45	11,535	
29	720,10	23,65	23,39	6	10	40	11,633	
30	790,10	24,53	24,49	6	11	41	11,633	
31	822,76	24,44	24,16	6	14	44	11,682	
32	835,98	24,40	24,22	7	15	45	11,731	
33	864,32	24,18	24,01	7	18	48	11,779	
34	829,12	24,03	23,88	7	14	44	11,828	
35	801,32	23,75	23,64	7	22	52	11,877	
36	784,89	23,46	23,38	7	15	45	11,926	
37	754,89	22,36	22,20	6	24	54	11,926	
38	754,89	22,52	22,34	6	17	47	11,828	
39	732,21	22,64	22,5	6	10	40	11,682	
40	726,61	22,69	22,45	6	9	39	11,633	
41	746,79	22,53	22,33	6	13	43	11,535	
42	765,28	22,98	22,82	7	20	50	11,535	
43	770,98	23,54	23,23	7	17	47	11,535	
44	791,89	22,51	22,3	7	15	45	11,535	
45	804,67	22,35	22,29	7	11	41	11,633	
46	804,12	22,56	22,48	6	13	43	11,633	

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE BIODIGESTORES DE BAJO COSTO

Tabla de Contenido

RESUMEN	1
QUE ES UN BIODIGESTOR Y COMO FUNCIONA	1
ESQUEMA DE UN BIODIGESTOR FAMILIAR.....	1
DILUCIÓN DE LA CARGA DIARIA	2
ALIMENTACION CON CARGA AL BIODIGESTOR	2
Alimentación del biodigestor.....	2
Mala alimentación del biodigestor	3
TIEMPO DE RETENCIÓN	3
NIVEL DE PH.....	3
Problemas de acidez y alcalinidad. ¿Cómo detectarlo?.....	3
CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS	4
Usos de biogás	4
OBTENCIÓN DEL BIOL	5
Aplicaciones de biol en diferentes cultivos	5
MANTENIMIENTO DE LA TUBERIA DE BIOGÁS	5
Válvula check o válvula de alivio.....	5
Filtro sulfhídrico	6
Tuberías de conducción de biogás.....	6
Fugas de biogás	6
CUBIERTA PARA EL BIODIGESTOR	7
PROBLEMAS FRECUENTES	7
Con relación al sistema de conducción de biogás	7
Con relación a la utilización del biol	7
USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS	8
REVISIÓN	8
SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL DIGESTOR	8
RECOMENDACIONES GENERALES	8

1. RESUMEN

En esta sección del trabajo se tratará sobre la puesta en marcha y mantenimiento adecuado del biodigestor para su correcto funcionamiento.

2. ¿ QUE ES UN BIODIGESTOR Y COMO FUNCIONA?

Un biodigestor es un recipiente hermético en el cual viven, se alimentan y reproducen distintos tipos de microorganismos (bacterias anaeróbicas - no necesitan oxígeno), quienes consumen el carbono y el nitrógeno de la materia orgánica (estiércol de porcinos, vacunos, residuos orgánicos, entre otros) como resultado de este proceso anaeróbico generan el biogás y (bioabono o biol).

3. ESQUEMA DE UN BIODIGESTOR FAMILIAR

En la figura 1 se puede apreciar el esquema general del modelo de biodigestor familiar.

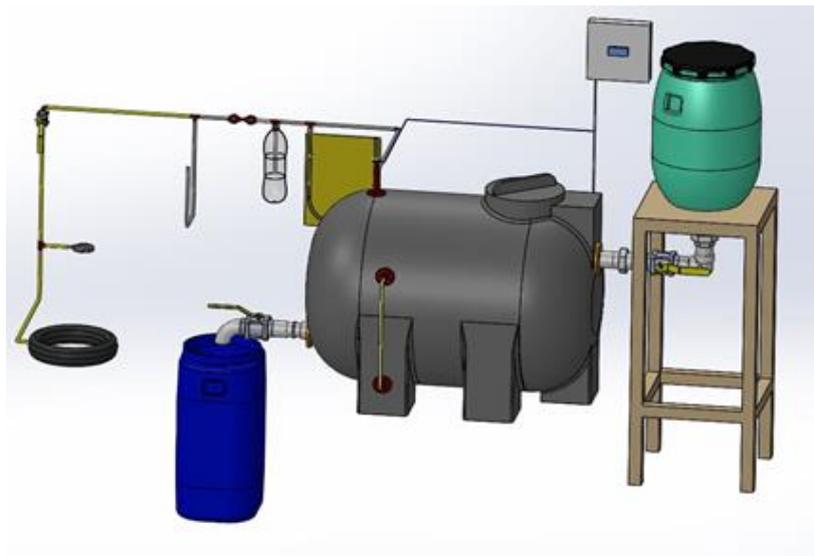


Figura 1. Esquema del biodigestor familiar.

3.1. Lista de materiales que componen un biodigestor familiar

La tabla 1 muestra la lista de materiales que componen el biodigestor.

Tabla 1. Lista de materiales.

ITEM	INSTRUMENTOS
1	Tanques pre mezcla y descarga
2	Biodigestor
3	Sensor MQ-4

4	Manómetro
5	Válvula de Seguridad
6	Filtro sulfhídrico
7	Gasómetro
8	Quemador de aluminio
9	Termopares
10	Indicador de nivel
11	Caja de Control

4. DILUCIÓN DE LA CARGA DIARIA

Una vez terminado la recolección del estiércol, el siguiente paso es la mezcla de agua con estiércol. Para la dilución de la carga es necesario utilizar un recipiente para poder mezclar y así dejar en estado líquido nuestra carga. En la figura 2 se puede apreciar el proceso de dilución de agua más estiércol.



Figura 2. Mezcla de la carga.

5. ALIMENTACION CON CARGA AL BIODIGESTOR

La alimentación del biodigestor debe hacerse diariamente para garantizar la producción del bioabono y biogás. La relación de agua depende del tipo de excrementos y su consistencia, en este caso la relación de agua y estiércol que ocupamos fue de 1:3 para el estiércol de cerdo y 1:2 para el estiércol de vacas. En la figura se puede apreciar la relación agua-estiércol.

5.1. Alimentación del biodigestor

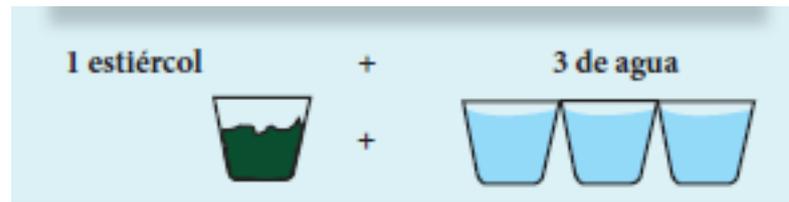


Figura 3. Relación de estiércol-agua.

5.2. Mala alimentación del biodigestor

- Menos agua = material a digerir más denso = Fluidez más lenta = formación de costras.
- Más agua= Mezcla pasa rápido= Bacterias no alcanzan a digerir= bioabono crudo y muy oloroso puede quemar el cultivo.

6. TIEMPO DE RETENCIÓN

Es el tiempo que la mezcla estiércol-agua permanece dentro del biodigestor y depende de la temperatura del sitio en que se instala, entre más frío el clima largo será el tiempo de retención; entre más caliente menor será el tiempo de retención. La buena mezcla es importante, y la temperatura debe ser constante.

7. NIVEL DE PH

El nivel de pH debe estar en los rangos establecidos para el correcto funcionamiento del biodigestor. El rango óptimo para el funcionamiento es de 6 a 8. La figura 4 muestra el papel indicador de pH-Fix 0-14.



Figura 4. Papel indicador de pH.

7.1. Problemas de acidez y alcalinidad. ¿Cómo detectarlo?

La manera más fácil para detectar si en el biodigestor hay problemas de PH es por los malos olores que se generan. Si el pH es menor a 6, el biodigestor se acidifica, (como si tuviese limón) si es mayor a 8 se alcaliniza (como la cal) y el proceso se detiene porque

las bacterias que producen el biogás se mueren. En algunos casos la acidez puede corregirse agregándole agua con cal a la fase líquida.

8. CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS

El biogás es el producto natural de la digestión anaeróbica. Dependiendo de la cantidad de material utilizado, puede tener un rango entre un 40%-75% de gas metano y un 25%-55% de dióxido de carbono, seguido de una pequeña cantidad de vapor de agua, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y aminoácidos. El biogás es un gas combustible, similar al GLP, cuya composición se la muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Composición química del biogás

	Fórmula química	% Volumen
Metano	CH ₄	60-70
Gas Carbónico	CO ₂	30-40
Hidrógeno	H ₂	1.0
Nitrógeno	N ₂	0.5
Monóxido de Carbono	CO	0.1
Oxígeno	O ₂	0.1
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	0.1

8.1. Usos de biogás

La fuente para la producción del biogás es todo tipo de materia orgánica que es degradable fácilmente, la producción y cantidad de biogás depende del tipo de materia orgánica que se administre al biodigestor y el tamaño del mismo. Existen diversos usos que se suele dar a este tipo de energía, uno de ellos es la cocción de alimentos. Aunque también son utilizados para calefacción e iluminación.



Figura 5. Usos del biogás.

En la figura 5 se muestra el proceso de combustión del gas metano, y el punto de ebullición de un litro de agua.

9. OBTENCIÓN DEL BIOL

Es un abono líquido producido a partir de la fermentación de la materia orgánica. Se produce en un recipiente cerrado conocido como biodigestor. Posee hormonas de crecimiento vegetal, por lo que se puede aplicar a cualquier parte de la planta. La figura 6 muestra el proceso que debe generarse para producir biol.



Figura 6. Obtención de biol.

9.1. Aplicaciones de biol en diferentes cultivos

- Cultivo de maíz
- Cultivo de alfalfa
- Cultivo de tomate de árbol
- Cultivo de jitomate
- Cultivo de plantas de durazno
- Otros

10. MANTENIMIENTO DE LA TUBERÍA DE BIOGÁS

Se debe tomar en cuenta varios aspectos para el correcto funcionamiento y fluidez del biogás para su utilización y su buena calidad.

10.1. Válvula check o válvula de alivio

La válvula de anti retorno evita que el gas regrese al biodigestor, es instalada a la salida del mismo, para la construcción de una válvula check casera, se utiliza un tubo de ½", se sumerge 10 centímetros en una botella con agua. Se abre un orificio a la altura de la marca, se debe revisar diariamente que el nivel del agua se encuentre a una altura adecuada, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Válvula de alivio.

10.2. Filtro sulfhídrico

El objetivo de este es remover los gases compuestos por sulfuros que pueden existir en el biogás. La forma más sencilla de construirlos es con caños de PVC rellenos con virulana de acero (Lustre).



Figura 8. Filtro sulfhídrico.

En la figura 8 se puede apreciar el filtro sulfhídrico del sistema.

10.3. Tuberías de conducción de biogás

Se debe tener cuidado con las tuberías de conducción de biogás ya que, al estar aplastadas, dobladas o rotas, impide el almacenamiento de biogás en el gasómetro.

10.4. Fugas de biogás

Es importante verificar que nuestro biodigestor no presente fugas de biogás, del ser el caso es recomendable realizar una pequeña mezcla de agua con jabón en polvo e ir mojando los puntos en donde creamos que haya fuga, si se forman burbujas, nos está

indicando que hay escapes de biogás y de tal manera se debería solucionar el inconveniente de forma inmediata.

11. CUBIERTA PARA EL BIODIGESTOR

Es recomendable en zonas donde las temperaturas descienden, construir una cubierta (invernadero) para mantener una temperatura constante en el interior del biodigestor. Entre más alta sea la temperatura en el biodigestor mejor es su funcionamiento y la producción de biogás es mayor. En la figura 9 se muestra el tipo de invernadero utilizado para este proyecto.



Figura 9. Cubierta de invernadero para el biodigestor.

12. PROBLEMAS FRECUENTES

12.1. Con relación al sistema de conducción de biogás

Unos de los inconvenientes que se tiene al momento de almacenar el biogás en el gasómetro, son las fugas y problemas en las tuberías. Por lo que se recomienda lo siguiente:

- Verificar que la tubería que conduce el gas no esté rota o dobla.
- Que no tenga ondulaciones la manguera conductora de biogás, de ser el caso se almacenaría agua impidiendo que el biogás llegue con fuerza a su destino.
- Las conexiones, uniones y universales estén bien selladas para que no exista fuga de gas.
- La trampa de agua este vacía o tenga poca agua y permita escapes de biogás.
- Que la válvula de seguridad tenga menos de los 10 cm de agua recomendados y haya escape de biogás.

12.2. Con relación a la utilización del biol

El biol es un fertilizante que se obtiene de la biodigestión de materia orgánica, se lo descarga del biodigestor y es envasado para la utilización en cultivos, puede tener ciertas desventajas al momento de aplicar directamente a cultivos, por ejemplo.

- Puede quemar las plantaciones al aplicar de forma directa. Por lo que se recomienda mezclar con agua.

13. USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Evite alimentar el biodigestor cuando vacune o use antibióticos para tratamiento de animales espere de 1 a 3 días dependiendo de la severidad del tratamiento y del medicamento utilizado.

14. REVISIÓN

Es importante inspeccionar diariamente todos los componentes del sistema: la botella que mantenga su nivel de agua, que las conexiones de las mangueras y tuberías no tengan fugas, que los tubos de entrada y salida en el reactor no estén bloqueados y que las mangueras no tengan agua obstruyendo el paso del gas.

15. SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL DIGESTOR

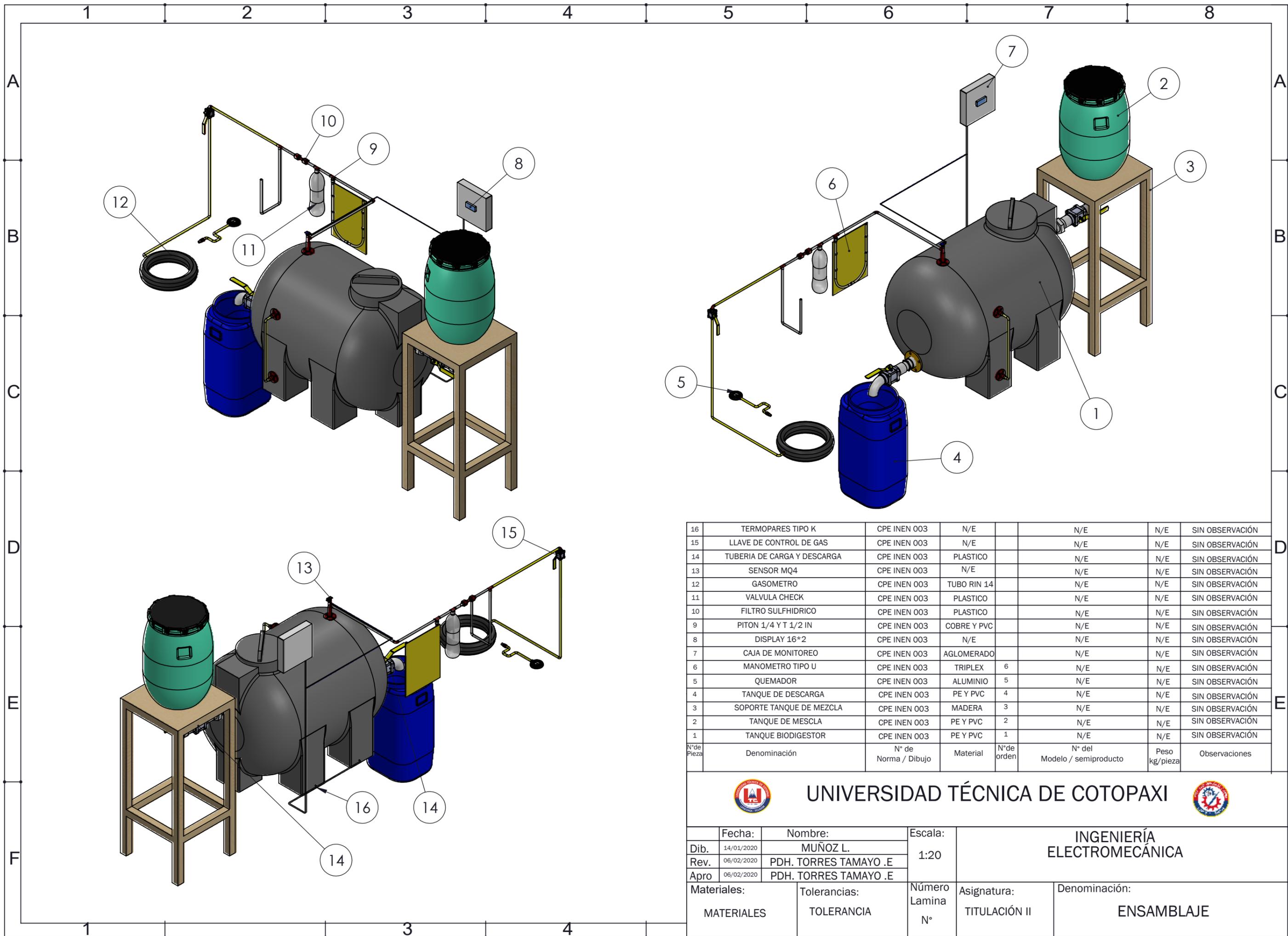
El personal de mantenimiento y operaciones deberá utilizar equipo de protección adecuado y seguir los procedimientos que se requiera para resguardar su seguridad y la de aquellos que trabajen en sus inmediaciones. Para la utilización segura de los aparatos de protección personal, se deberá instruir adecuadamente a los empleados respecto a la selección, utilización, y mantenimiento de los mismos. A continuación, se detalla una lista de las protecciones a utilizar.

- Protección ocular.
- Protección para las manos.
- Protección para los pies.
- Protección del aparato respiratorio.

16. RECOMENDACIONES GENERALES

- Se recomienda utilizar equipos de protección antes de realizar la carga y descarga al biodigestor para evitar salpicaduras.
- Utilizar mascarillas al momento de manipular el gasómetro.

- No encender un cigarrillo o cerillos cerca del lugar donde está instalado en biodigestor y el gasómetro ya que podría ocasionar quemaduras o incendio.



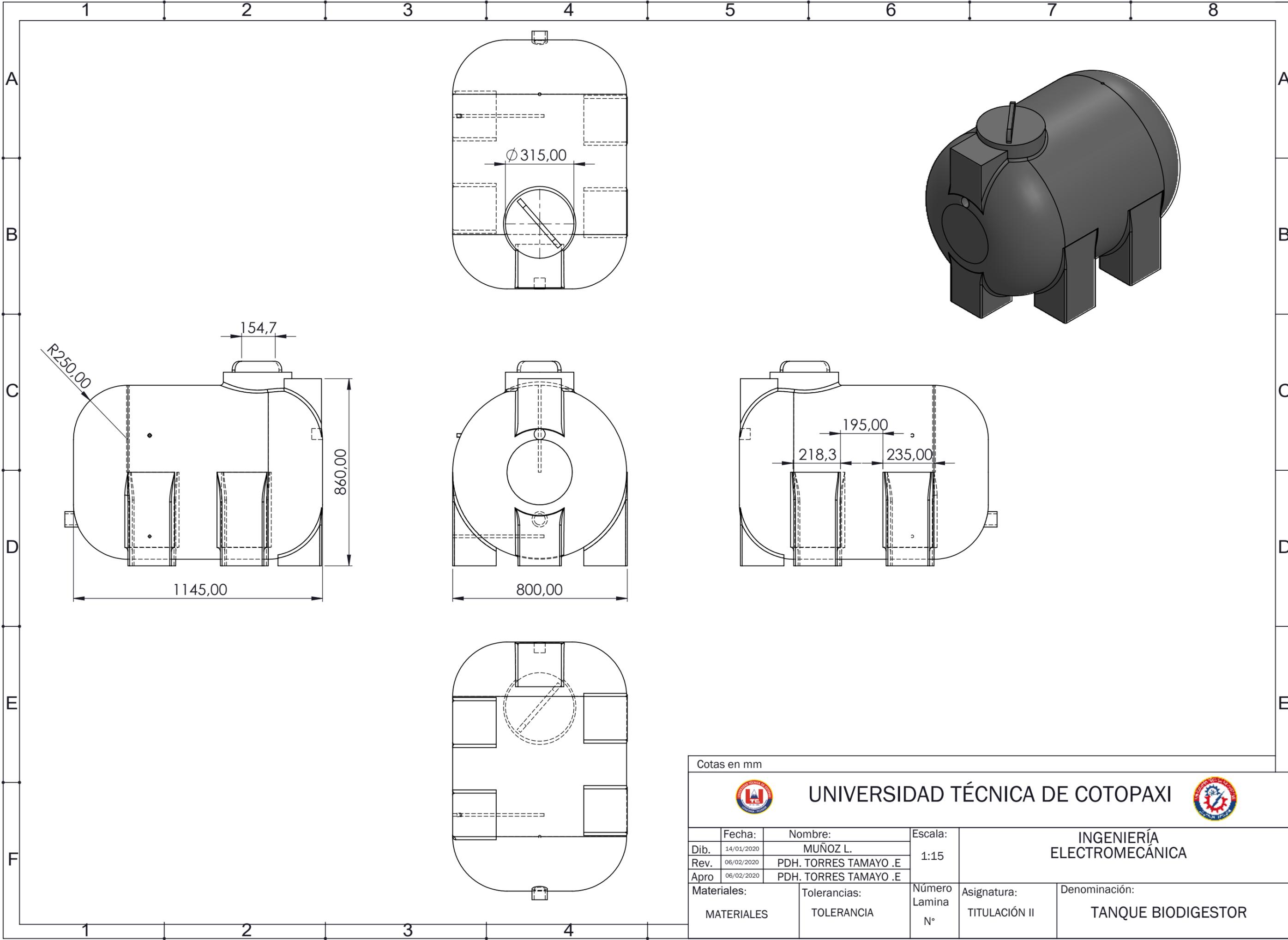
16	TERMOPARES TIPO K	CPE INEN 003	N/E		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
15	LLAVE DE CONTROL DE GAS	CPE INEN 003	N/E		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
14	TUBERIA DE CARGA Y DESCARGA	CPE INEN 003	PLASTICO		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
13	SENSOR MQ4	CPE INEN 003	N/E		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
12	GASOMETRO	CPE INEN 003	TUBO RIN 14		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
11	VALVULA CHECK	CPE INEN 003	PLASTICO		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
10	FILTRO SULFHDRIICO	CPE INEN 003	PLASTICO		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
9	PITON 1/4 Y T 1/2 IN	CPE INEN 003	COBRE Y PVC		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
8	DISPLAY 16*2	CPE INEN 003	N/E		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
7	CAJA DE MONITOREO	CPE INEN 003	AGLOMERADO		N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
6	MANOMETRO TIPO U	CPE INEN 003	TRIPLEX	6	N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
5	QUEMADOR	CPE INEN 003	ALUMINIO	5	N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
4	TANQUE DE DESCARGA	CPE INEN 003	PE Y PVC	4	N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
3	SOPORTE TANQUE DE MEZCLA	CPE INEN 003	MADERA	3	N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
2	TANQUE DE MESCLA	CPE INEN 003	PE Y PVC	2	N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
1	TANQUE BIODIGESTOR	CPE INEN 003	PE Y PVC	1	N/E	N/E	SIN OBSERVACIÓN
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones



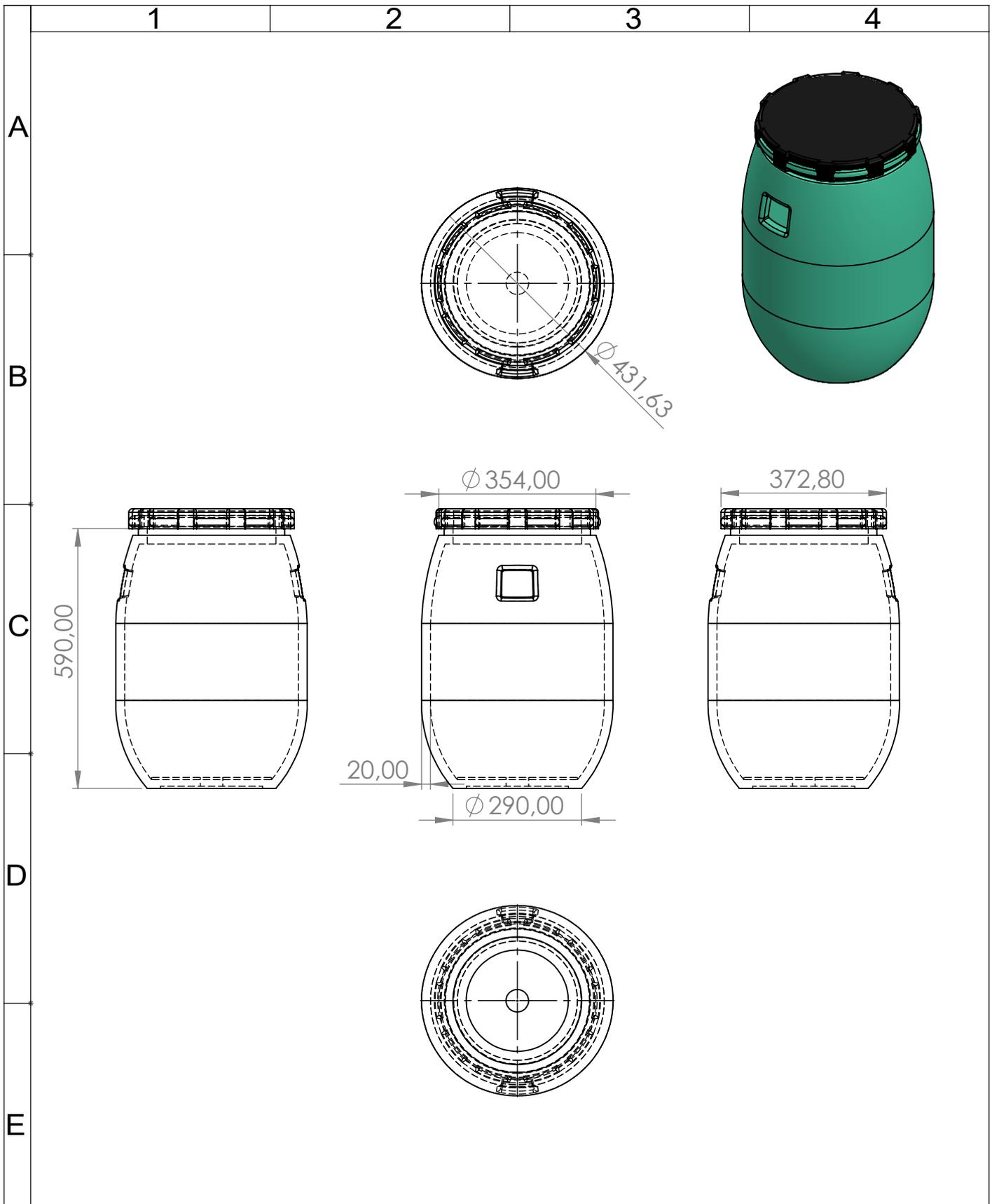
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Dib. 14/01/2020	MUÑOZ L.	1:20		
Rev. 06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Apro 06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Materiales:	Tolerancias:	Número Lamina N°	Asignatura:	Denominación:
MATERIALES	TOLERANCIA		TITULACIÓN II	ENSAMBLAJE



Cotas en mm				
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 14/01/2020	MUÑOZ L.	1:15		
Rev. 06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Apro 06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E		Asignatura:	Denominación:
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N°	
MATERIALES		TOLERANCIA		TITULACIÓN II
				TANQUE BIODIGESTOR



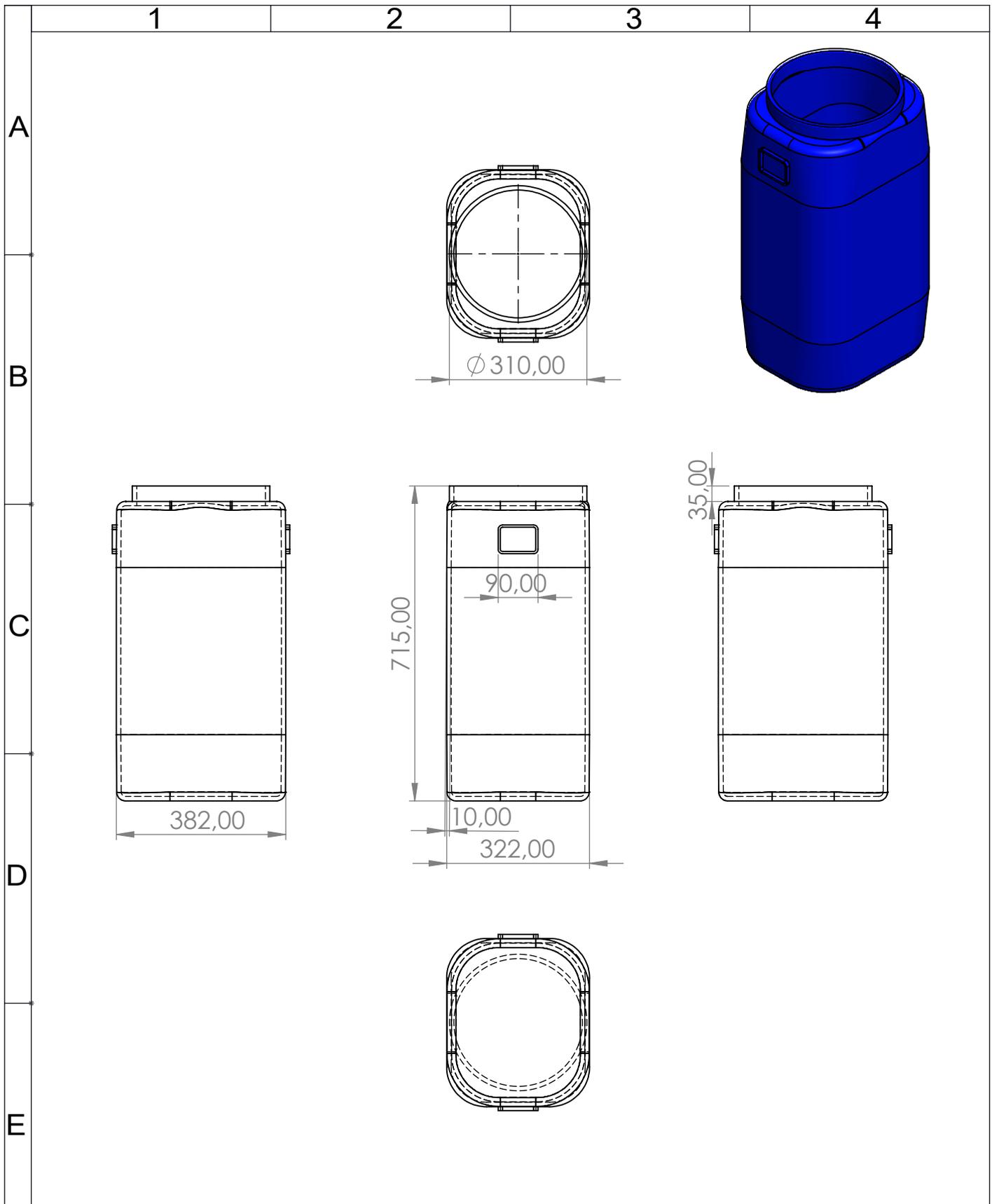
COTAS EN mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	14/01/2020	MUÑOZ L.	1:12		
Rev.	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Apro	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N°	Asignatura:	Denominación:
MATERIALES		TOLERANCIA		TITULACIÓN II	TANQUE DE MEZCLA



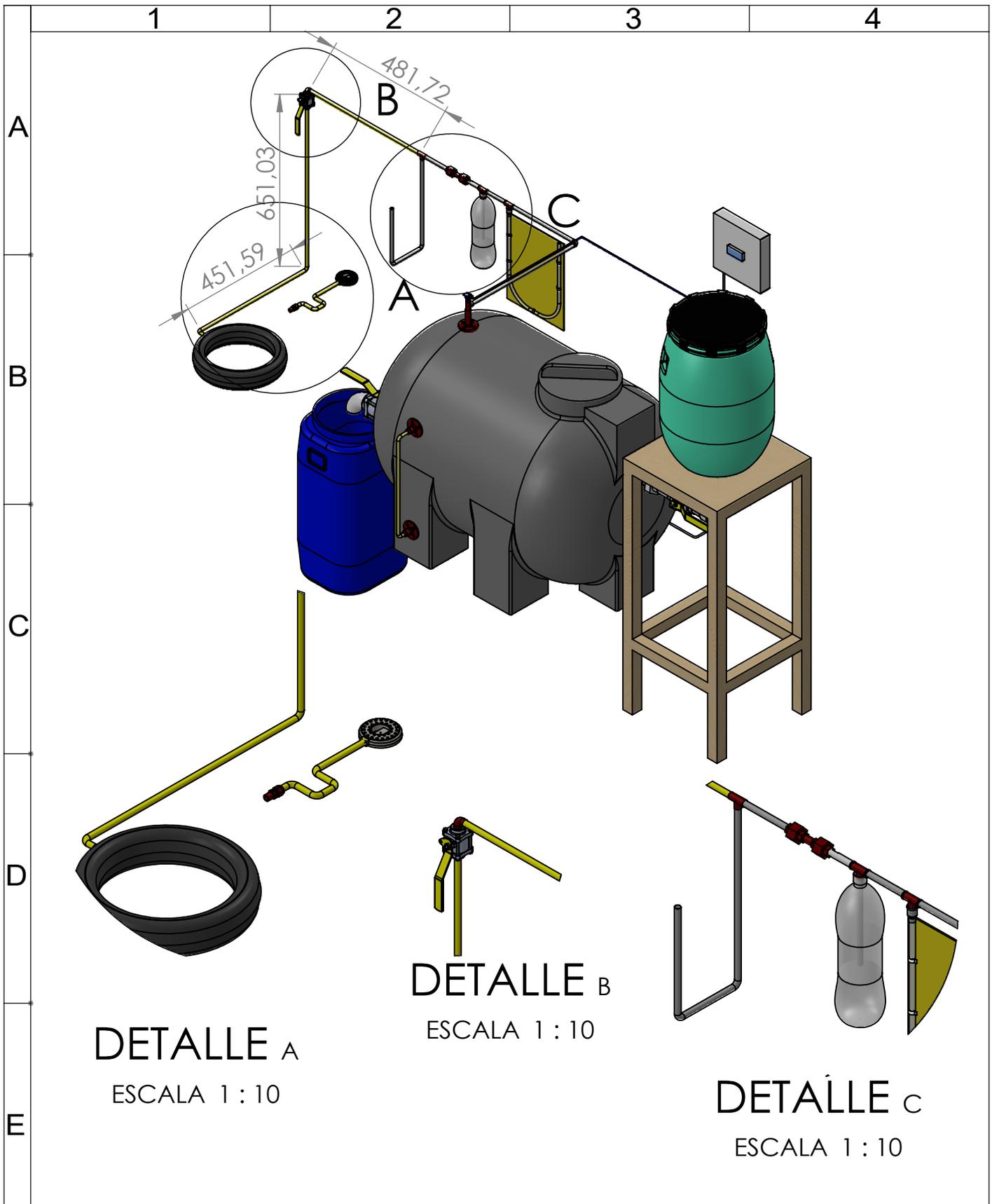
COTAS EN mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	14/01/2020	MUÑOZ L.	1:12		
Rev.	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Apro	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N°	Asignatura:	Denominación:
MATERIALES		TOLERANCIA		TITULACIÓN II	TANQUE DE DESCARGA



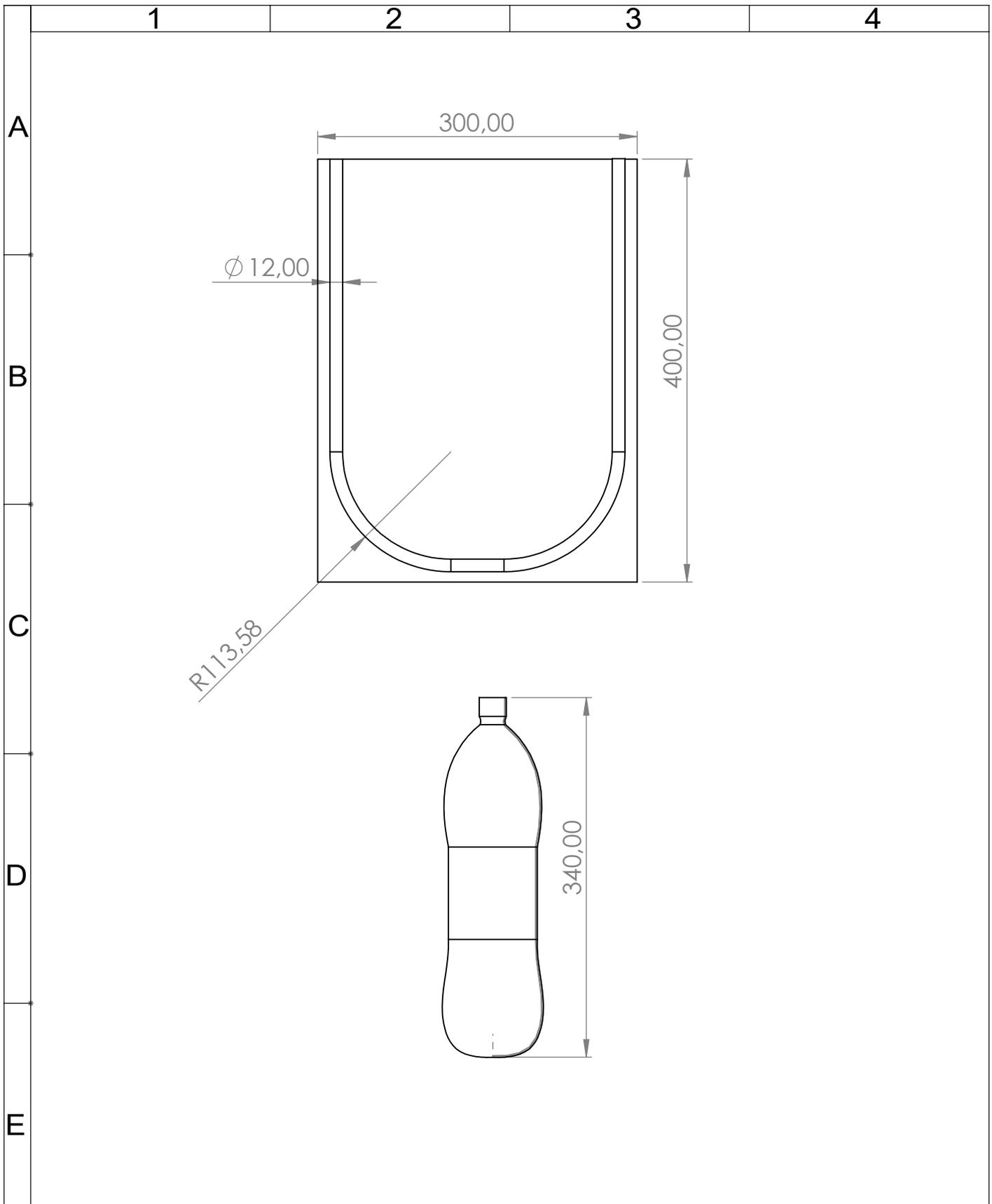
COTAS EN mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	14/01/2020	MUÑOZ L.	1:12		
Rev.	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Apro	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N°	Asignatura:	Denominación:
MATERIALES		TOLERANCIA	N°	TITULACIÓN II	DETALLES DE TUBERIAS DE GAS



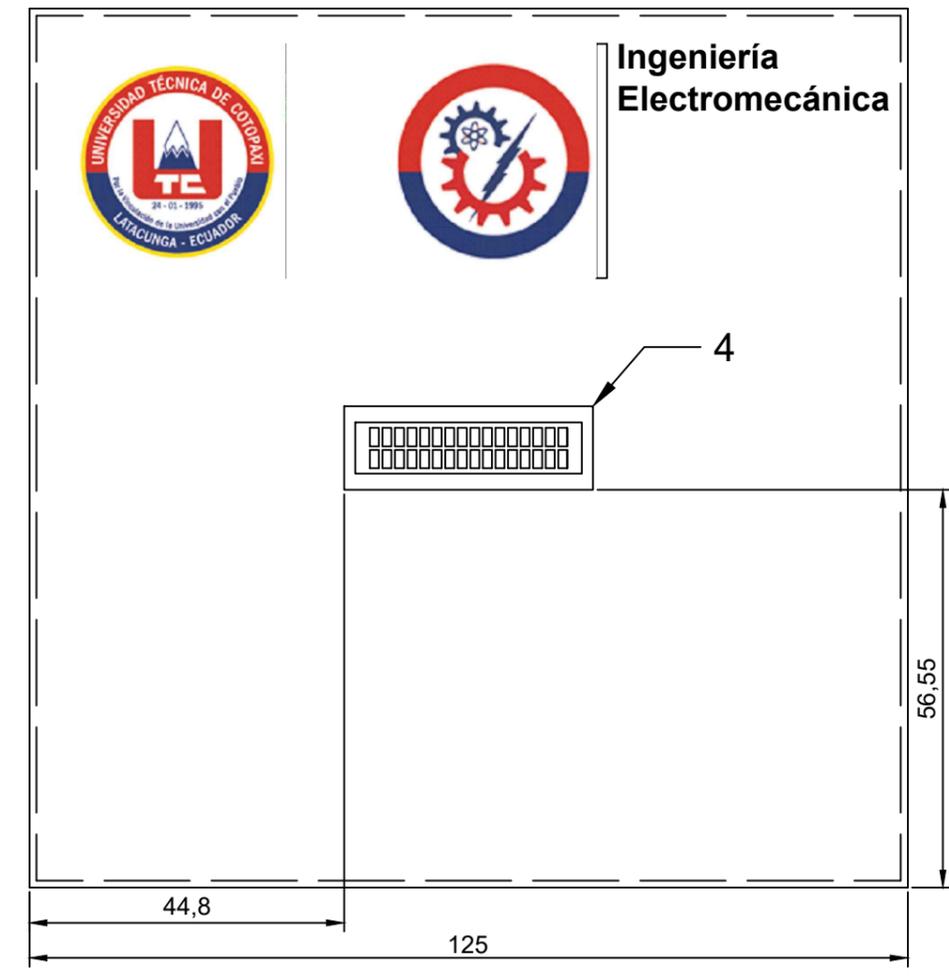
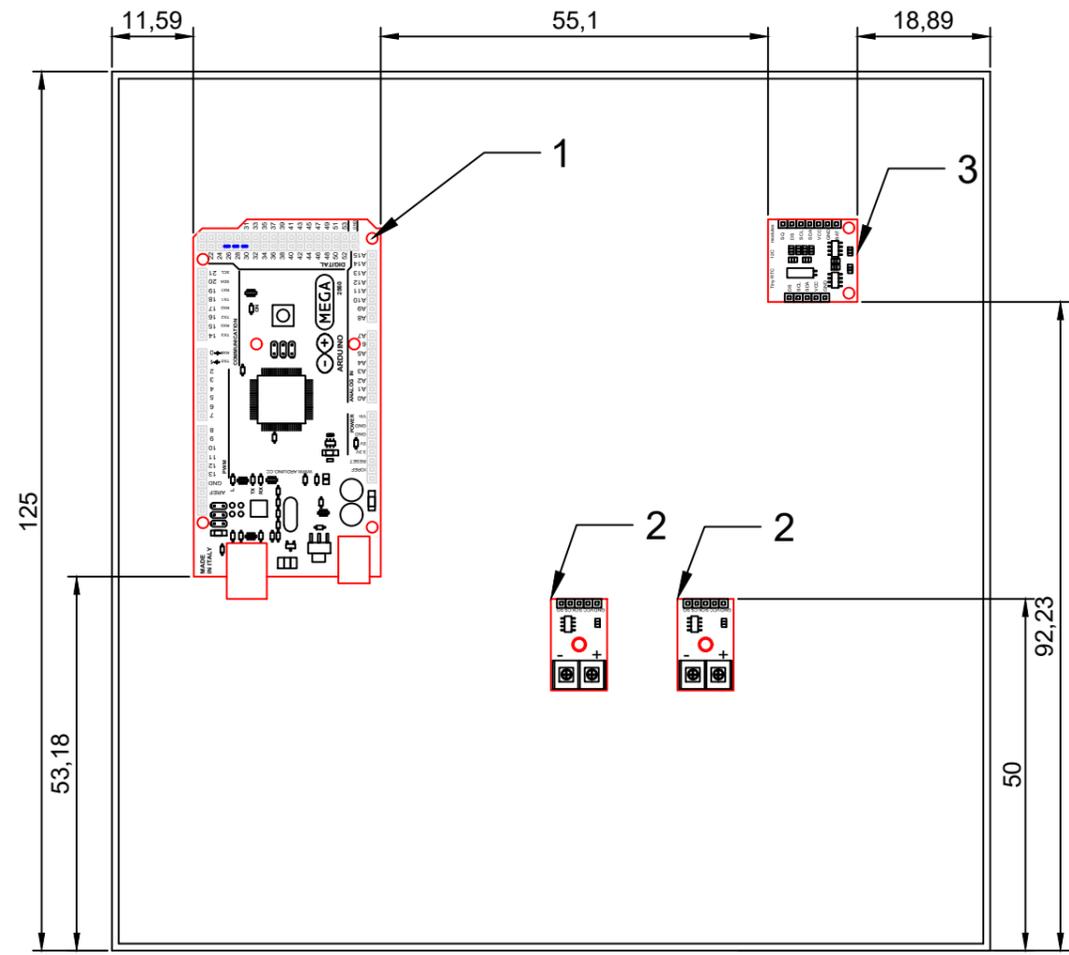
COTAS EN mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	14/01/2020	MUÑOZ L.	1:12		
Rev.	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Apro	06/02/2020	PDH. TORRES TAMAYO .E			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N°	Asignatura:	Denominación:
MATERIALES		TOLERANCIA		TITULACIÓN II	VALVULA CHECK Y MANOMETRO



4	LCD 16x2		VARIOS	4	MODELO 4	PESO 4	
3	RTC DS 1307		VARIOS	3	MODELO 3	PESO 3	
2	MAX6675		VARIOS	2	MODELO 2	PESO 2	
1	ARDUINO MEGA 2560		VARIOS	1	MODELO 1	PESO 1	
N° de Pieza	Denominación	N° de Norma / Dibujo	Material	N° de orden	N° del Modelo / semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		
Dibujo: L. MUÑOZ / J. ACOSTA Revisado: Phd. Enrique Torres Tamayo Aprobado: Phd. Enrique Torres Tamayo Fecha: 12/02/2020	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DIBUJO	Escala: 1:2.5 Hoja 1 De 1 Asignatura: ASIGNATURA S.U.: MILÍMETROS