



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA  
GASIFICADOR TIPO DOWNDRAFT DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**MISHELL GUADALUPE ECHEVERRÍA NÚÑEZ**

**JEYSON EMANUEL LOMBEIDA RAMOS**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA  
GASIFICADOR TIPO DOWNDRAFT DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES: MISHHELL GUADALUPE ECHEVERRÍA NÚÑEZ**

**JEYSON EMANUEL LOMBEIDA RAMOS**

**DIRECTOR: Ing. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA**

Riobamba – Ecuador

2022

**© 2022, Mishell Guadalupe Echeverría Núñez & Jeyson Emanuel Lombeida Ramos**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca los Derechos de Autores.

Nosotros, Mishell Guadalupe Echeverría Núñez y Jeyson Emanuel Lombeida Ramos declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de diciembre de 2022



Mishell Guadalupe Echeverría Núñez  
CI.060508652-9



Jeyson Emanuel Lombeida Ramos  
CI.210064138-6

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **MANTENIMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA GASIFICADOR TIPO *DOWNDRAFT* DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por la señorita y el señor: **MISHELL GUADALUPE ECHEVERRÍA NÚÑEZ Y JEYSON EMANUEL LOMBEIDA RAMOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñán <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-02
Ing. Félix Antonio García Mora <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-12-02
Ing. Edwin Ángel Jácome Domínguez <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-02

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1. Biomasa.....	5
2.1.1. Producción de biomasa.....	6
2.1.1.1. <i>Potencial de biomasa en América del Sur</i> .....	6
2.1.2. Aprovechamiento de la biomasa.....	6
2.1.2.1. <i>Bioenergía</i> .....	7
2.1.2.2. <i>Biocarbón</i> .....	7
2.2. Reacciones químicas.....	8
2.2.1. <i>Reacción exotérmica</i> .....	8
2.2.2. <i>Reacción endotérmica</i> .....	8
2.1. Generalidades de los gasificadores.....	9
2.2. Tipos de gasificadores de biomasa.....	10
2.2.1. <i>Gasificador crossdraft</i> .....	10
2.2.2. <i>Gasificador de lecho fluidizado</i> .....	11
2.2.3. <i>Gasificador downdraft</i> .....	11

2.2.4.	<i>Gasificador updraft</i> .....	12
2.3.	<b>Proceso de gasificación</b> .....	13
2.3.1.	<i>Etapa de secado</i> .....	13
2.3.2.	<i>Etapa de pirólisis</i> .....	13
2.3.3.	<i>Etapa de oxidación</i> .....	14
2.3.4.	<i>Etapa de reducción</i> .....	15
2.3.5.	<i>Residuos del proceso</i> .....	15
2.4.	<b>Estudio paramétrico</b> .....	16
2.4.1.	<i>Contenido de humedad</i> .....	16
2.4.2.	<b>Temperatura</b> .....	16
2.4.2.1.	<i>Dispositivos de medición de temperatura</i> .....	17
2.4.2.2.	<i>Termocuplas</i> .....	17
2.4.2.3.	<i>Detector de temperatura resistivo (RTD)</i> .....	18
2.4.3.	<i>Relación vapor/biomasa</i> .....	18
2.4.4.	<i>Relación de equivalencia</i> .....	19
2.5.	<b>Sistema eléctrico</b> .....	19
2.6.	<b>Tableros de control</b> .....	19
2.6.1.	<i>Tableros a norma</i> .....	20
2.6.2.	<i>Controladores de temperatura</i> .....	20
2.7.	<b>Normas referenciales</b> .....	21
2.7.1.	<i>ISO 14224:2016</i> .....	21
2.7.2.	<i>Terminología</i> .....	21
2.7.3.	<i>Niveles de jerarquía</i> .....	21
2.8.	<b>UNE-EN 13306:2018</b> .....	22
2.8.1.	<i>Términos fundamentales</i> .....	23
2.8.1.1.	<i>Mantenimiento</i> .....	23
2.8.1.2.	<i>Plan de mantenimiento</i> .....	23
2.8.2.	<i>Fallos y eventos</i> .....	23
2.8.2.1.	<i>Fallo</i> .....	23
2.8.2.2.	<i>Fallo por mal uso</i> .....	23
2.8.3.	<i>Tipos de mantenimiento</i> .....	23
2.8.3.1.	<i>Mantenimiento preventivo</i> .....	23
2.8.3.2.	<i>Mantenimiento basado en la condición</i> .....	23

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>GENERALIDADES DEL SISTEMA</b> .....	25
----	--	----

<b>3.1.</b>	<b>Subsistema reactor .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2.</b>	<b>Subsistema de instrumentación .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.</b>	<b>Subsistema de alimentación .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.</b>	<b>Situación inicial de sistema.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.1.</b>	<i>Características del formato .....</i>	<i>27</i>
<b>3.4.1.1.</b>	<i>Encabezado .....</i>	<i>27</i>
<b>3.4.1.2.</b>	<i>Especificaciones técnicas.....</i>	<i>27</i>
<b>3.4.1.3.</b>	<i>Funcionamiento .....</i>	<i>27</i>
<b>3.4.1.4.</b>	<i>Análisis técnico de situación inicial.....</i>	<i>28</i>
<b>3.4.1.5.</b>	<i>Ponderaciones de evaluación .....</i>	<i>28</i>
<b>3.5.</b>	<b>Estado de situación inicial del subsistema reactor .....</b>	<b>28</b>
<b>3.6.</b>	<b>Estado de situación inicial del subsistema de instrumentación.....</b>	<b>30</b>
<b>3.6.1.</b>	<i>Diseño del circuito para el montaje del tablero de control .....</i>	<i>32</i>
<b>3.6.2.</b>	<i>Descripción de etiquetas de circuito para el tablero de control.....</i>	<i>33</i>
<b>3.7.</b>	<b>Estado de situación inicial del subsistema de alimentación.....</b>	<b>34</b>
<b>3.7.1.</b>	<i>Diseño del circuito para el subsistema alimentador .....</i>	<i>35</i>
<b>3.7.2.</b>	<i>Descripción de etiquetas de circuito para el tablero de control.....</i>	<i>36</i>
<b>3.7.3.</b>	<i>Diseño funcional del circuito para el subsistema alimentador .....</i>	<i>36</i>
<b>3.7.4.</b>	<i>Descripción de etiquetas de circuito para el tablero de control funcional.....</i>	<i>37</i>
<b>3.8.</b>	<b>Plan de acción en los subsistemas .....</b>	<b>38</b>
<b>3.8.1.</b>	<i>Plan de acción para el subsistema reactor .....</i>	<i>38</i>
<b>3.8.2.</b>	<i>Plan de acción para el subsistema de instrumentación .....</i>	<i>39</i>
<b>3.9.</b>	<b>Plan de acción para el subsistema de alimentación.....</b>	<b>40</b>
<b>3.10.</b>	<b>Codificación del sistema gasificador.....</b>	<b>41</b>
<b>3.10.1.</b>	<i>Codificación del subsistema reactor .....</i>	<i>42</i>
<b>3.10.1.1.</b>	<i>Codificación a nivel de planta .....</i>	<i>42</i>
<b>3.10.1.2.</b>	<i>Codificación a nivel de área .....</i>	<i>42</i>
<b>3.10.1.3.</b>	<i>Codificación a nivel de sistema.....</i>	<i>42</i>
<b>3.10.1.4.</b>	<i>Codificación a nivel de subsistema .....</i>	<i>43</i>
<b>3.10.1.5.</b>	<i>Codificación a nivel de equipo del subsistema reactor.....</i>	<i>43</i>
<b>3.10.1.6.</b>	<i>Codificación a nivel de equipo del subsistema de instrumentación.....</i>	<i>43</i>
<b>3.10.1.7.</b>	<i>Codificación a nivel de equipo del subsistema alimentación .....</i>	<i>44</i>
<b>3.10.1.8.</b>	<i>Codificación a nivel de componente del subsistema reactor .....</i>	<i>44</i>
<b>3.10.1.9.</b>	<i>Codificación a nivel de componente del subsistema de instrumentación .....</i>	<i>45</i>
<b>3.10.1.10.</b>	<i>Codificación de componentes del alimentador .....</i>	<i>46</i>
<b>3.11.</b>	<b>Inventario del subsistema reactor.....</b>	<b>46</b>
<b>3.12.</b>	<b>Inventario del subsistema de instrumentación .....</b>	<b>47</b>



3.13.	Inventario del subsistema de alimentación .....	48
-------	---	----

## CAPÍTULO IV

4.	HABILITACIÓN DEL SISTEMA GASIFICADOR.....	49
4.1.	Subsistema reactor .....	49
4.1.1.	<i>Habilitación del blower</i> .....	49
4.1.2.	<i>Habilitación de línea de ingreso de aire</i> .....	50
4.1.3.	<i>Habilitación del cilindro de combustión</i> .....	52
4.1.4.	<i>Habilitación de la línea de purga</i> .....	53
4.2.	Habilitación del subsistema de instrumentación .....	54
4.2.1.	<i>Habilitación de sensores de temperatura</i> .....	54
4.2.1.1.	<i>Disposición de sensores de temperatura</i> .....	55
4.2.2.	<i>Habilitación del tablero de control</i> .....	56
4.3.	Habilitación del subsistema de alimentación.....	57
4.3.1.	<i>Habilitación del motorreductor</i> .....	57
4.3.2.	<i>Habilitación de tolva</i> .....	58
4.3.3.	<i>Habilitación de transmisión</i> .....	60
4.3.4.	<i>Habilitación de tablero de control</i> .....	61
4.4.	Proceso de encendido del gasificador de generación de biogás.....	62
4.5.	Proceso de apagado del gasificador de generación de biogás.....	65
4.5.1.	<i>Condiciones del proceso de encendido</i> .....	67
4.6.	Plan de mantenimiento preventivo del sistema gasificador .....	68

CONCLUSIONES.....	69
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	70
----------------------	----

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Composición del syngas según el oxidante utilizado .....	14
<b>Tabla 1-3:</b>	Ponderación para evaluación .....	28
<b>Tabla 2-3:</b>	Estado inicial del subsistema reactor .....	29
<b>Tabla 3-3:</b>	Estado inicial del subsistema de instrumentación .....	31
<b>Tabla 4-3:</b>	Descripción de etiquetas del diseño de control de sensores de temperatura y blowers	33
<b>Tabla 5-3:</b>	Estado inicial del subsistema de alimentación .....	34
<b>Tabla 6-3:</b>	Descripción de etiquetas para el tablero de control de alimentación .....	36
<b>Tabla 7-3:</b>	Descripción de etiquetas para el tablero de control de alimentación funcional.....	38
<b>Tabla 8-3:</b>	Plan de acción para el subsistema reactor .....	39
<b>Tabla 9-3:</b>	Plan de acción para el subsistema de instrumentación .....	40
<b>Tabla 10-3:</b>	Plan de acción para el subsistema de alimentación .....	41
<b>Tabla 11-3:</b>	Codificación nivel planta.....	42
<b>Tabla 12-3:</b>	Codificación a nivel de área .....	42
<b>Tabla 13-3:</b>	Codificación a nivel de sistema.....	42
<b>Tabla 14-3:</b>	Codificación a nivel de subsistema .....	43
<b>Tabla 15-3:</b>	Codificación a nivel de equipo del subsistema reactor.....	43
<b>Tabla 16-3:</b>	Codificación del subsistema de instrumentación.....	44
<b>Tabla 17-3:</b>	Codificación a nivel de equipo del subsistema de alimentación .....	44
<b>Tabla 18-3:</b>	Codificación del subsistema reactor .....	45
<b>Tabla 19-3:</b>	Codificación del subsistema de instrumentación.....	46
<b>Tabla 20-3:</b>	Codificación a nivel de componente del subsistema de alimentación.....	46
<b>Tabla 21-3:</b>	Inventario del subsistema reactor .....	47
<b>Tabla 22-3:</b>	Inventario del subsistema de instrumentación.....	47
<b>Tabla 23-3:</b>	Inventario del subsistema de alimentación .....	48
<b>Tabla 1-4:</b>	Habilitación del blower .....	50
<b>Tabla 2-4:</b>	Habilitación de la línea de ingreso de aire.....	51
<b>Tabla 3-4:</b>	Habilitación del cilindro de combustión.....	52
<b>Tabla 4-4:</b>	Habilitación de la línea de purga .....	53
<b>Tabla 5-4:</b>	Habilitación de sensores de temperatura .....	54
<b>Tabla 6-4:</b>	Habilitación del tablero de control .....	56
<b>Tabla 7-4:</b>	Habilitación del motorreductor.....	58
<b>Tabla 8-4:</b>	Habilitación de tolva.....	59
<b>Tabla 9-4:</b>	Habilitación de transmisión .....	60
<b>Tabla 10-4:</b>	Habilitación de tablero de control .....	61

<b>Tabla 11-4:</b> Proceso de encendido del gasificador.....	62
<b>Tabla 12-4:</b> Proceso de apagado del gasificador.....	65
<b>Tabla 13-4:</b> Proporciones de materia utilizada.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Gasificador tipo <i>crossdraft</i> .....	10
<b>Figura 2-2:</b> Gasificador de lecho fluizado .....	11
<b>Figura 3-2:</b> Gasificador tipo <i>downdraft</i> .....	12
<b>Figura 4-2:</b> Gasificador tipo <i>updraft</i> .....	12
<b>Figura 5-2:</b> Tipos de construcción de termopares .....	18
<b>Figura 6-2:</b> Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos.....	22
<b>Figura 1-3:</b> Diseño del circuito para el montaje del tablero de control.....	32
<b>Figura 2-3:</b> Diseño del circuito para el control del subsistema de alimentación .....	35
<b>Figura 3-3:</b> Diseño del circuito funcional para el control del subsistema de alimentación .....	37
<b>Figura 4-3:</b> Disposición de sensores de temperatura .....	55

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**CO<sub>2</sub>**= Dióxido de carbono

**H<sub>2</sub>**= Dihidrógeno

**H<sub>2</sub>O**=Agua

**CO**= Monóxido de carbono

**IIGE**= Instituto de Investigación Geológico y Energético

**kWh**=Kilovatio hora

**MW**=Mega vatio

**RSU**= Residuos Sólidos Urbanos

**RTD**= Detector de temperatura resistivo

**TEP**= Toneladas Equivalentes de Petróleo-Unidad de Energía

**Wh**=Vatio hora

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CIRCUITO PARA CONTROLAR SENSORES Y BLOWERS

**ANEXO B:** CIRCUITO PARA CONTROLAR MOTORREDUCTOR

**ANEXO C:** PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

**ANEXO D:** HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

**ANEXO E:** PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

## RESUMEN

El presente Proyecto Técnico tuvo como objetivo realizar la habilitación y mantenimiento del sistema gasificador tipo tiro descendente de la Facultad de Mecánica se estableció el estado de situación inicial y se realizó un plan de mantenimiento preventivo. Para ello se ejecutaron acciones de: limpieza, reparación, implementación y cambio de elementos en mal estado, se instalaron dos tableros de control el primero con la finalidad de obtener datos de temperatura y así mismo una inspección breve del funcionamiento mediante la instrumentación. Y el segundo para controlar la alimentación moderada de biomasa al cilindro reactor. Para manejar de manera adecuada los datos y activos se codificaron los elementos aplicando la norma ISO-14224-2016 referente a la recolección e intercambio de datos de confiabilidad en mantenimiento de equipos dirigidos a industrias de petróleo, petroquímicas y gas natural. Tras la habilitación del sistema gasificador se obtuvo syngas, siendo una de las características más importantes la obtención de un gas limpio y en un volumen adecuado, se ingresó 75kg de materia prima entre aserrín, carbón vegetal y madera generando 310 minutos de syngas que se evidenció mediante una llama busen de color amarillenta rojiza fuerte que pese a las variaciones climáticas generadas durante el tiempo de combustión se mantuvo encendida. Se concluyó que, mediante la adecuación del equipo, ingreso de biomasa e inyección de agente oxidante se pudo obtener el fluido esperado con componentes intrínsecos adecuados. Se recomienda el análisis de los niveles de calidad y composición exacta del gas resultante pues lo ejecutado en este trabajo contiene datos empíricos pudiendo ser éstos caracterizados de mejor manera.

**Palabras clave:** <SISTEMA GASIFICADOR>, <TIRO DESCENDENTE>, <PLAN DE MANTENIMIENTO>, <GAS SÍNTESIS>

2301-DBRA-UPT-2022



## SUMMARY

The objective of this Technical Project was to carry out the qualification and maintenance of the downward draft type gasifier system of the Faculty of Mechanics, the initial state of the situation was established and a preventive maintenance plan was carried out. For this, actions were carried out: cleaning, repair, implementation and change of elements in poor condition; Two control panels were installed, the first with the purpose of obtaining temperature data and likewise a brief inspection of the operation through the instrumentation. And the second to control the moderate feeding of biomass to the reactor cylinder. To properly manage data and assets, the elements were codified applying the ISO-14224-2016 standard regarding the collection and exchange of reliability data in maintenance of equipment aimed at the oil, petrochemical and natural gas industries. After enabling the gasification system, syngas was obtained, being one of the most important characteristics the obtaining of a clean gas and in an adequate volume, 75kg of raw material was entered between sawdust, charcoal and wood, generating 310 minutes of syngas that was evidenced by a busen flame with a strong reddish yellowish color that despite the climatic variations generated during the combustion time, it remained lit. It was concluded that, by adapting the equipment, entering biomass and injecting an oxidizing agent, it was possible to obtain the expected fluid with adequate intrinsic components. The analysis of the quality levels and exact composition of the resulting gas is recommended, since what has been carried out in this work contains empirical data and these can be better characterized.

**Keywords:** <GASIFIER SYSTEM>, <DOWNDRAFT>, <MAINTENANCE PLAN>, <SYNTHESIS GAS>



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema

C.I. 060335706-2



## INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de biocombustibles a través del uso de biomasa es uno de temas más interesantes debido a la necesidad de mitigar el impacto ambiental y las enfermedades que significa usar combustibles de origen fósil que son comúnmente derivados del petróleo. Durante varios años se han investigado alternativas que ayuden a mejorar el proceso de generación de combustibles con menos impacto ambiental y haciendo uso de recursos fáciles de encontrar y producir, dentro de estas alternativas se encuentra la gasificación que es un proceso termoquímico mediante el cual se utiliza de biomasa como materia prima misma que siendo sometida a un proceso puede generar gas síntesis.

La importancia de analizar este tema surge con la necesidad de buscar formas que posibiliten la ejecución de proyectos alternativos como lo es la gasificación que no es más que un proceso termoquímico mediante el cual se obtiene una mezcla de gases, dicho gas resultante deberá contener componentes específicos que lo califiquen como eficiente o ineficiente, esto dependerá del tipo de biomasa que se utilice, el equipo en que se haga la transformación y el tipo de agente oxidante empleado.

En nuestro país se han desarrollado proyectos de obtención de biocombustibles apoyados por el gobierno basados en la extracción de aceite de piñón con resultados de generación de electricidad, se ha usado la caña de azúcar también como materia prima obteniendo alcohol anhidro carburante componente que se usa en la gasolina y ha sido distribuida en varios sectores del país. Del mismo modo se han realizado investigaciones de generación de biocombustibles mediante un proceso de gasificación en concreto que usa residuos urbanos para obtenerlo, como resultado se ha obtenido un gas con las características adecuadas caloríficamente hablando.

En este trabajo se pretende habilitar el sistema de gasificación que se encuentra ubicado en la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, sabiendo de antemano que el sistema en su totalidad se encuentra deteriorado debido a que está expuesto a los diversos cambios climáticos, se pretende reparar los elementos en mal estado, cambiar otros y mejorar algunos subsistemas mediante controladores, de igual forma se realizará un plan de mantenimiento preventivo que describirá actividades sencillas para conservar el estado funcional del equipo una vez sea reparado y puesto en marcha. Todas estas actividades se las ejecutará con el fin de generar biogás con biomasa para que este biocombustible más adelante sea usado como principio de energía en otros procesos relacionados tratando de mitigar parte del impacto ambiental producido por fluidos de origen fósil.

# CAPÍTULO I

## 1.1. Antecedentes

Thomas Shirley en el año de 1959, realizó una primera investigación basada en experimentos que servían para generar gas hidrógeno carburado, sustancia que era utilizada para fines domésticos como la calefacción y el alumbrado, estos términos fueron ampliamente utilizados en Gran Bretaña durante los años 1850 y 1870, sin embargo, la demanda de combustible había sido satisfecha por la industria petroquímica en los años 1940. Para 1970 se buscaban nuevas alternativas de fuentes de combustible siendo la gasificación una de ellas, este hecho fue argumentado por varios autores que consideraron que en la naturaleza existe mucha materia disponible de biomasa alojada en plantas y animales (Jahromi et al., 2021, p.18).

En cuanto a la tecnología que existe para la conversión energética de biomasa, existen algunos tipos de gasificadores entre los más importantes están:

Gasificador de lecho fijo, normalmente se los utiliza en sistemas con eficiencias globales cercanas al 20% es decir alcanzan una conversión de 1,2 kg para generar 1 kWh, una de las características del gas que produce este gasificador es que crea poco contenido de alquitrán pudiendo purificarlo mediante tanques de filtración, se recomienda utilizar biomasa en pequeñas cantidades con baja humedad. Por otro lado, está el gasificador de lecho fluidizado siendo su principal ventaja la generación de electricidad a gran escala pudiendo llegar hasta los 100 kWh con una baja producción de alquitranes y cenizas, este tipo de equipo logra la combustión con masa en suspensión consiguiendo trabajar con distintos tipos de biomasa. Así también los gasificadores de lecho móvil *Downdraft* son equipos que producen pequeñas cantidades de electricidad menores a 1 MW, sus aplicaciones más relativas se sitúan en motores y turbinas de gas de combustión interna su principal desventaja es la producción de ceniza.

Finalmente, los gasificadores de lecho móvil de corriente ascendente son sistemas de potencia entre 4 a 6 MW, producen un elevado contenido de alquitrán y se les imposibilita la generación de gas síntesis de forma permanente (Blanco, 2021, p.619).

El proceso de gasificación de calor es el método económico más ecológico y factible para producir energía útil con menos emisiones de dióxido de carbono. El uso de biomasa agrícola tiene un futuro prometedor en la fertilidad sostenible. Los estudios experimentales y de análisis estudian la viabilidad de usar varios tipos de materias primas, como conchas de arroz, residuos de madera,

cáscara de maní entre otros. Se debe aseverar el funcionamiento de un gasificador por su capacidad para acomodar diferentes tipos de biomasa como materia prima. Las cáscaras de productos agrícolas como nueces, avellanas, almendras y semillas de girasol presentan mejores características de combustión y pueden utilizarse como combustibles sólidos potenciales para aplicaciones a pequeña escala (Murugan y Sekhar, 2021, p.1).

## **1.2. Planteamiento del problema**

En la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, existe un gasificador de tipo *Downdraft* con un sistema de envasado, actualmente el equipo se encuentra deteriorado debido al paso de los años y a su exposición a distintos cambios ambientales como el sol o la lluvia; por otro lado, las diferentes modificaciones e implementaciones que se han realizado desde su elaboración no se encuentran hábiles en cumplir su función requerida.

## **1.3. Justificación**

Actualmente uno de los aspectos económicos más notables en el mundo es la producción de energía y con el paso del tiempo el aumento estimado de la necesidad energética entre los años 2017 y 2040 será del 38,33 %, una de las opciones para resolver estos déficits energéticos se encuentra estrechamente ligada a la producción de combustibles de origen renovable que servirán también para atenuar la gravedad ambiental y fluctuaciones que varían con el crecimiento de la población y el uso permanente de combustibles fósiles, tras realizar estudios estadísticos y políticos se pretende hacer uso de energías de procedencia renovable por medio de gasificadores que trabajen con biomasa y que no interfieran con el calentamiento global que afecta a la sociedad en general (Jahromi et al., 2021 p.4).

Según algunos estudios uno de los países con mayor producción de biocombustibles a través de biomasa es Estados Unidos. En el año 2018 este país produjo una cantidad de 38 millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo como unidad de energía, siguiéndolo con 21 millones de toneladas Equivalentes de Petróleo Brasil. Es importante indicar que los biocombustibles obtenidos son a base de plantas (Boris, 2021).

En nuestro país Ecuador ubicado en el Sur de América también se ha trabajado en proyectos encaminados a la producción de biocombustibles utilizando como materia prima biomasa, el gobierno ha invertido en proyectos investigativos para la generación de biocombustibles de segunda generación como lo es la gasificación de Residuos Sólidos Urbanos (URS), al mando del Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). Este proceso se llevó a cabo con la

intervención de residuos orgánicos que tras la combustión se obtuvo gas síntesis, El IIGE realizó una experimentación en Santo Domingo de los Tsáchilas en donde se instaló una planta piloto que probó la capacidad de generación de biogás a partir de los residuos urbanos con la obtención de energía continua, en el reactor se utilizó gas vegetal de fuentes como la palma africana, la caracterización del gas de síntesis llegó a concentraciones de alrededor del 10% de hidrógeno y 43 % de monóxido de carbono, siendo un gas de fácil combustión (Boris, 2021).

Considerando lo antes mencionado y la problemática ambiental que el uso exagerado de combustibles sólidos ha generado al medio ambiente es necesario contemplar la posibilidad de poner en marcha el gasificador construido tiempo atrás en la ESPOCH, Facultad de Mecánica, con el objetivo de obtener gas para a continuación ser utilizado en otros procesos amigables para el planeta, esto se realizará usando residuos como biomasa de forma sólida para posteriormente convertirla en un gas combustible rico en monóxido de carbono e hidrógeno generado por un proceso termoquímico que se desarrolla en una cámara sellada que normalmente trabaja por debajo de la presión atmosférica (Herrera, 2019, p.20).

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Realizar el mantenimiento y puesta en marcha del sistema gasificador tipo *Downdraft* de la Facultad de Mecánica.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

Establecer un estado de situación inicial de todos los elementos del gasificador tipo *Downdraft*.

Reparar los elementos y accesorios que se encuentran en mal estado.

Efectuar la puesta en marcha del sistema gasificador.

Generar un plan de mantenimiento preventivo para el gasificador tipo *Downdraft*.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Biomasa

Se conoce como biomasa al material orgánico que se origina de la naturaleza es decir son de origen biológico sin contar aquellos elementos que han surgido de fuentes geológicas y han sido tratadas, dichos elementos alojan energía química intrínseca misma que puede ser usada como principio de energía, su uso es uno de las mejores opciones para la generación de biocombustibles, de hecho, la biomasa podría generarse de la agricultura, silvicultura, industrias conexas y residuos urbanos ya sean estos de origen vegetal o animal, estos componentes se encuentran presentes en una gran cantidad de materiales como: madera, residuos de siembra, paja, polvillo de madera, estiércol, desechos de papel y aguas residuales.

En la actualidad, se investiga el apartado de biomasa con el objetivo de reducir emisiones de los gases de efecto invernadero, aminorar el calentamiento global y el cambio climático, comprimir la sobreexplotación de recursos naturales y almacenamiento de combustibles fósiles, minimizar la dependencia de importaciones de energía eléctrica reemplazándola por la generación de energía sostenible (Antar et al., 2021, p. 1).

La biomasa por lo general tiene composiciones distintas, si bien es cierto, las partes de una misma biomasa contienen características disímiles, la heterogeneidad es una de las principales desventajas de la gasificación pues es muy difícil encontrar los elementos y condiciones óptimas para obtener un gas apropiado y de calidad.

Existen análisis básicos en los cuales se examinan características próximas y últimas; por análisis próximo se entiende al estudio de la humedad, materia volátil, carbono fijo, contenido de cenizas en la biomasa.

Por otro lado, mediante el análisis final se conocen las composiciones de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, y azufre en la materia prima. Los componentes básicos mayoritarios de la biomasa son la lignina, hemicelulosa y celulosa (compuestos estructurales), y constituyentes minoritarios como la humedad, la materia orgánica extraíble y la no extraíble (compuestos no estructurales). La biomasa trabaja con una característica particular mientras se tenga una mayor cantidad de lignina más lenta se vuelve la descomposición de la biomasa sometida a un proceso necesitando

también una mayor temperatura para su ejecución (Patuzzi et al., 2021, p.10).

### **2.1.1. Producción de biomasa**

La cantidad de biomasa a nivel del mundo varía entre países en cuanto se refiere a geografía, biodiversidad, disponibilidad de recursos, tecnología y economía. En los últimos años el uso de energía sostenible en varios países ha aumentado circunstancialmente principalmente en países como China, Estados Unidos, Alemania, Canadá y la India, de la misma manera en que se ha incrementado el uso de combustibles renovables el precio de la materia prima que se utiliza para dicho fin también ha aumentado siendo los principales materiales el maíz, trigo, caña de azúcar, soja, colza, productos que se utilizan directa o indirectamente en la industria alimenticia de igual forma.

Al realizar el análisis de la demanda y oferta de estos productos básicos se ha notado el disparo en cifras de producción entre los años 2001 y 2008; para cubrir la necesidad de requerimiento de etanol presente en el maíz y la caña de azúcar, así como el biodiesel inmerso en la soja, colza y aceite de palma se cultivaron estos productos 6 veces más que en años anteriores.

#### **2.1.1.1. Potencial de biomasa en América del Sur**

Uno de los países con más generación de biomasa es Brasil pues ha contribuido significativamente en su matriz energética, en el año 2015 la participación de recursos energéticos en su central fue del 41.2% siendo la caña su principal fuente de materia prima siguiéndole el uso de madera, carbón vegetal. Para generar etanol se ejecutan procesos de sinterización comenzando en cultivos oleaginosos como la soja o el girasol previos a la conversión de carburante, la electricidad generada en este país se lo hace mediante plantas o estaciones termoeléctricas a partir de residuos orgánicos. Brasil ha sido atribuido como un centro de atracción mundial en términos de generación de biocombustibles por su gran producción de caña de azúcar y etanol, su gobierno trabaja en la expansión de producción de caña y bioetanol en todo el país.

### **2.1.2. Aprovechamiento de la biomasa**

Los mercados energéticos que trabajan con combustibles fósiles dependen del carbón, petróleo y gas natural, los residuos de la quema de los elementos mencionados anteriormente incluyen una variedad de contaminantes tóxicos que se alojan en el medio ambiente, lo que representa una gran afectación en el bienestar y salud de las personas y también en la degradación ambiental. Al iniciarse el proceso de la revolución industrial en el siglo XVIII el carbón se convirtió en el

principal combustible. La energía que se genera a partir de biomasa es renovable y el resultado de ello puede ser usado de manera directa o tras la conversión mediante procesos termoquímicos o químicos (Antar et al., 2021, p.3).

#### *2.1.2.1. Bioenergía*

Hablar de bioenergía es hablar de una de las fuentes energéticas más antiguas y con apariencia renovable, generalmente se derivan de sustancias inherentes en seres vivos o sus sobras, de desecho de la tala, aclareo, procesamientos, residuos de la cosecha, sólidos alimentarios y municipales. Los cultivos biogenéticos, la biomasa lignocelulósica virgen y las algas son usadas también como fuente de materia principal para la creación de bioenergía.

La cantidad que cada material genera de biocombustible depende del elemento primario por ejemplo la biomasa leñosa es más sólida y densa aporta más que la biomasa agrícola, para la creación de bioenergía y biocombustibles se necesitan niveles altos de celulosa para que sea más volátil y facilite la ignición y oxidación durante la combustión; su uso más común es el calor que se le brinda a las cocinas.

La necesidad de biocombustibles cada vez es más grande en infraestructura relacionada con el desarrollo social y financiero de la humanidad, constituyen el reemplazo de combustibles fósiles originarios del petróleo; usar fuentes renovables de la antigüedad y aliviar los cambios climáticos sería una de las mejores posibilidades para brindar las condiciones idóneas con respecto a la demanda de electricidad para futuras generaciones.

Los mandantes de los países se han preocupado por estos problemas y han creado proyectos enfocados en la utilización de biocombustibles ejecutados a través de fuentes renovables, para así ofrecer seguridad energética y reducir los contaminantes en ciertos sectores vulnerables en donde este problema incide con mayor frecuencia (Antar et al., 2021, p.8).

#### *2.1.2.2. Biocarbón*

La organización que recibe el nombre de Iniciativa Internacional Biocarbón describe este elemento como un mecanismo carbonizante que contiene un alto contenido de carbono derivado de la descomposición termoquímica de materia prima de base biológica a través de la pirólisis o gasificación sin la añadidura de oxígeno es decir el resultado del proceso implicado sería de carbono negativo. El biochar que es un derivado del carbono es altamente usando en la industria, la agricultura y el medioambiente natural, comúnmente se lo utiliza en la agricultura como

suplemento del suelo para cultivos y también para tratar el agua, es un elemento visualizado grandemente para reducir la concentración de  $CO_2$  debido a que atrasa el retorno del carbono establecido en el suelo de la atmósfera, usado en el suelo es de gran ayuda pues se incrementa la absorción y el confinamiento del amonio reduciendo la cantidad de nitrógeno para la desnitrificación.

En la actualidad el biocarbón es una alternativa comercial con un enfoque revolucionario verde de doble impacto genera una estabilidad en el suelo con aspectos positivos de densidad, porosidad, estructura, textura, capacidad de intercambio catiónico, pH, retención de agua, entre otros y al mismo tiempo mejora la producción alimentaria y lo hace modificando su actividad biológica disminuyendo sus enfermedades patológicas, de hecho el biocarbón es de gran ayuda en zonas tropicales en donde los suelos no contienen los nutrientes necesarios debido a las permutaciones climáticas que generan degradaciones (Antar et al., 2021, p.9).

## **2.2. Reacciones químicas**

Se define a una reacción química como el proceso en la interconversión de especies químicas, se pueden efectuar por reacciones elementales o por pasos. Las reacciones químicas detectables generalmente involucran conjuntos de entidades moleculares, en éstas reacciones se transforman los reactivos que son elementos presentes en la naturaleza, a través de cambios en los componentes que son los nuevos elementos que se obtienen, para que dichos cambios se den los reactivos deben estar en contacto unos con otros generándose cambios físicos y químicos, para una mejor comprensión a continuación se describirán las reacciones endotérmicas y exotérmicas consideradas reacciones térmicas (Álvarez, 2021, p.54).

### **2.2.1. Reacción exotérmica**

Se las llama reacciones exotérmicas a aquellas reacciones que sueltan calor a temperatura ambiente, el calor que se libera es suficiente para percibirlo, es decir liberta energía, misma que procede del sistema, aquí la temperatura aumenta.

### **2.2.2. Reacción endotérmica**

Es aquella reacción que para producirse necesita calor sin este no puede efectuarse, al trabajar a temperatura ambiente algunas de ellas cubren el calor necesario del medio en el que se envuelven para generar una reducción de temperatura considerable, entonces requiere de energía y su temperatura disminuye considerablemente según se vayan efectuando las transformaciones



pertinentes dentro de la reacción procesada.

## 2.1. Generalidades de los gasificadores

Los gasificadores están destinados a la transformación de biomasa inherente en el medio ambiente para posteriormente convertirla en energía eléctrica a pequeña y gran escala. Dentro de los procesos existentes de conversión energética hay métodos que generan electricidad uno de ellos se lo hace a través de la quema directa de biomasa obteniendo como resultado vapor, por otra parte, se puede adquirir biocombustible mediante la gasificación para después usarlo principalmente en motores de combustión.

Sin embargo, existen algunas incógnitas sobre el gas síntesis que un gasificador puede producir esto debido a que hay procesos que generan energía de forma directa y no necesitan de una etapa media para posteriormente quemar el gas síntesis resultado del proceso. La respuesta a esto se define como el hecho de que el rendimiento en funcionamiento continuo de un proceso es superior y brinda un mejor beneficio en comparación al de combustión de forma directa es decir esto consiste en la quema de biomasa únicamente.

Es por ello, que se considera a la gasificación de biomasa como un proceso termoquímico o químico que tiene como objetivo la transmisión de energía máxima dispuesta en el combustible de tipo sólido a un portador energético gaseoso, es decir la biomasa puede ser transformada en combustibles sólidos, líquidos o gaseosos para ser utilizados en máquinas térmicas que trabajan con una eficiencia de más o menos un 20%.

De igual manera, la gasificación se puede definir como el proceso que transforma combustibles fósiles en gases combustibles en presencia de un gas oxidante y el gas resultante se lo denomina syngas o sintergas, dicho gas para poder ser utilizado debe poseer un contenido energético en su poder calorífico específico regularmente por encima de los 4 MJ/Nm siendo un gas adecuado y con alta pureza.

Además, la gasificación puede ejecutarse con un equipo llamado gasificador y en la literatura se determinan los tipos siguientes de gasificadores: lecho móvil, lecho fijo (*updraft*-contracorriente o *downdraft* corrientes paralelas) y lecho fluidizado. Debido a esto, para seleccionar el tipo de gasificador ideal para la generación de energía eléctrica a pequeña escala se pueden considerar factores técnicos y ambientales como la limpieza del gas, tamaño de residuos energéticos empleados y su humedad (Blanco, 2021, p. 618.).

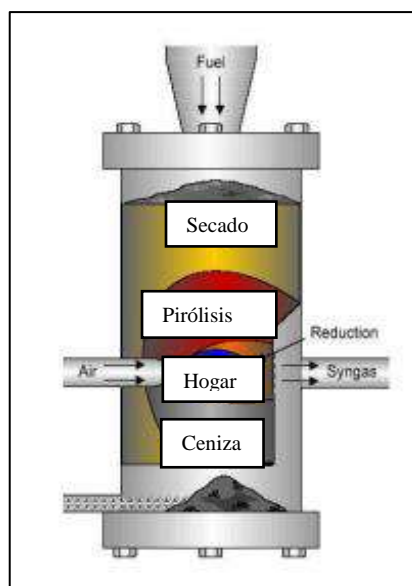
Estos equipos están consignados a efectuar algunos detalles energéticos y de diseño, así como también se necesita que el gas pobre luego de pasar por etapas auxiliares de como resultado un gas limpio libre de alquitranes, material particulado y con una temperatura adecuada para ser utilizado como combustible. En cuanto se refiere al diseño, un gasificador básico debe tener una cámara de piro-combustión lugar en donde se llevan a cabo reacciones exotérmicas que generan la energía para las reacciones endotérmicas; pirólisis y reducción; un intercambiador de calor de tubos para fructificar la energía, el gas pobre y facilitar el secado y devolatilización de biomasa a trabajar. Las parrillas controlan la reducción de la biomasa en su fase sólida (Pérez et al., 2009, p.128).

## 2.2. Tipos de gasificadores de biomasa

Tras analizar cierta información se presentan los siguientes tipos de gasificadores existentes en la actualidad:

### 2.2.1. Gasificador *crossdraft*

Este tipo de gasificador tiene ventajas superiores a los de tipo ascendente y descendente, para iniciar con su proceso solo necesita 5 minutos, se pueden operar con biomazas húmedas o secas el gas resultante posee una temperatura relativamente elevada, dicho sea de paso su gas contiene poco hidrógeno y metano, no obstante una de sus desventajas es que se debe usar como un combustible en donde no se requiera de un bajo contenido de cenizas, como materia prima se debe usar materiales como el carbón mineral y la madera (Buñay, 2019, p.35).

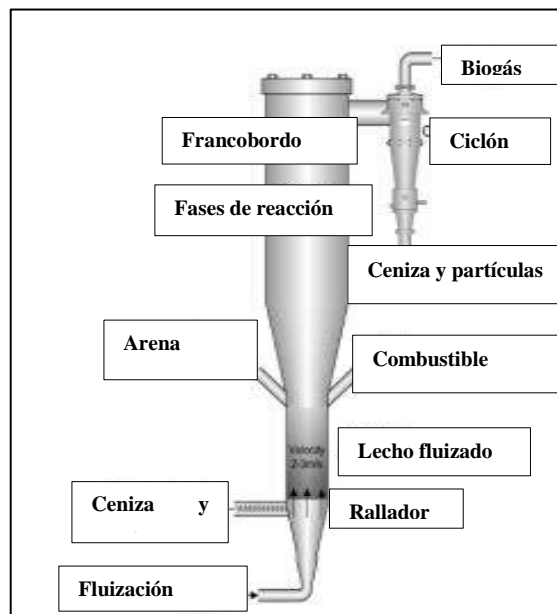


**Figura 1-2:** Gasificador tipo *crossdraft*

Fuente: (Proenza, 2011, p.3)

### 2.2.2. Gasificador de lecho fluidizado

Este ejemplar de gasificador se lo utiliza generalmente para la producción de electricidad en escalas superiores pues su capacidad varía entre los 100 k W/h su gas resulta ser bastante limpio con cantidades contaminantes mínimas de alquitrán y ceniza. Este equipo tiene la posibilidad de controlar la temperatura y obtener velocidades mejoradas de reacción y eficiencia a la hora de conversión, proceso al que se le amerita su bajo nivel de alquitrán. Del mismo modo, estos gasificadores trabajan y se combustionan internamente con masa en suspensión de partículas de residuos como la ceniza, partículas que son fluizadas por una corriente de aire ascendente pudiendo también gasificar diversos tipos de biomasa de acuerdo a la cantidad y agente interviniente.



**Figura 2-2:** Gasificador de lecho fluizado

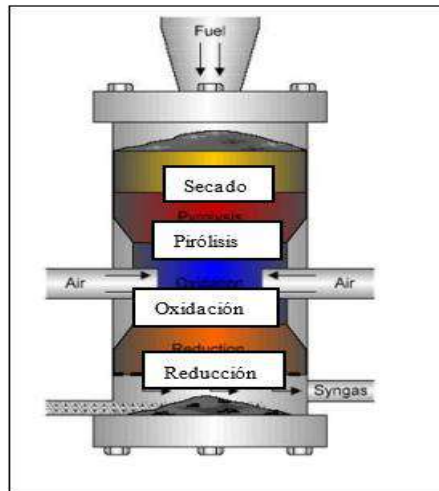
Fuente: (Proenza, 2011, p.3)

### 2.2.3. Gasificador downdraft

Son gasificadores que se consideran aptos para generar energía en pequeñas escalas es decir menos de 1 W/h, el gas que produce se lo usa para motores de combustión interna sin la necesidad de elementos auxiliares para su funcionamiento, así como también en turbinas de gas de combustión interna, una de las grandes desventajas de este equipo es que se produce ceniza en una cantidad considerable, siendo necesario la instalación de un filtro para mejorar la calidad del syngas.

La biomasa ingresa por la parte superior del equipo para pasar por el secado y pirólisis con un

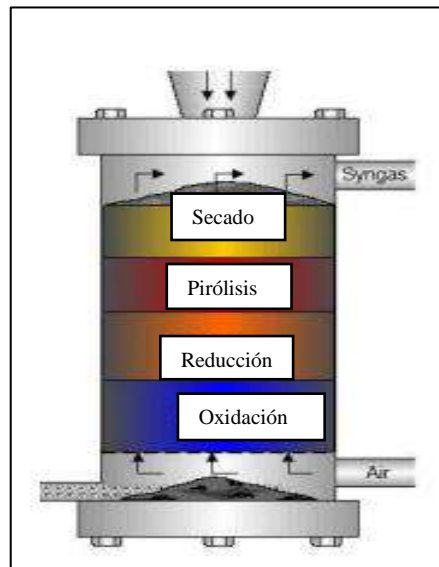
aumento de temperatura, sabiendo que el calor tiene lugar desde el fondo del equipo, dicho calor se origina por combustión de los elementos de biomasa que llegan hasta allí.



**Figura 3-2:** Gasificador tipo downdraft

Fuente: (Proenza, 2011, p.3)

#### 2.2.4. Gasificador updraft



**Figura 4-2:** Gasificador tipo updraft

Fuente: (Proenza, 2011, p.3)

Generan potencias de entre 4 y 6 MW/h, producen un alto contenido de alquitrán e imposibilitan la generación de gas síntesis de forma estable, el gas resultante no es recomendado usarlo en motores de combustión interna. La aparición de ceniza en este proceso es una de sus principales desventajas pues para que el gas sea utilizado debe tener menos de 10 mg/N m<sup>3</sup> si no es así se debería considerar el proceso de filtrado de gas con el fin de mejorarlo.

Para controlar la temperatura en este tipo de sistemas se lo realiza mediante inyección de vapor siendo su consumo mayor a diferencia de cuando se trabaja con ceniza seca pues esto se lo realiza en una zona de temperatura baja en este proceso no se produce una descomposición de aceites ni alquitranes.

### **2.3. Proceso de gasificación**

Generalmente el proceso de gasificación se da en varias etapas de transformación química de manera continua para obtener el syngas, así como también se da la producción de residuos tales como alquitrán, cenizas hollín entre otros debido a ello se necesita filtrar y limpiar el gas síntesis obtenido, a continuación, se detallan las principales etapas.

#### **2.3.1. Etapa de secado**

La biomasa ingresa en el gasificador por el orificio superior del equipo hay que considerar los tamaños adecuados para dicha acción recomendando sólidos no tan pequeños para que se facilite el intercambio de calor con el aire. Las humedades no deben ser menores del 10% pues el hidrógeno sirve para transportar la biomasa a la parte inferior y proveer de agua para mejorar el rendimiento de operación. La colocación de la biomasa debe ser moderada para que se permita el ingreso de aire, la transferencia de calor de la parte inferior hace que el secado de humedades se desarrolle en la sección de depósito.

El vapor resultado del secado del material fluirá abajo y se anexará a la zona de oxidación, una parte de este vapor se convertirá en hidrógeno y el material sobrante será parte de la humedad del gas.

#### **2.3.2. Etapa de pirólisis**

En esta etapa se mantienen temperaturas superiores a los 250°C, según algunos experimentos se supone que las grandes moléculas como la lignina, celulosa y hemicelulosa se descomponen en moléculas más pequeñas. Cuando se da el calentamiento del material de alimentación como el carbón parte del producto de la pirólisis cae hacia abajo en donde el gasificador los conserva a temperaturas calientes.

Así mismo parte del material se quema en la zona de oxidación y las otras, si logran conservar el suficiente calor se descomponen en moléculas de menor tamaño formadas por hidrógeno, metano, monóxido de carbono y etano. Cuando las características de calor no son las adecuadas las

moléculas de tamaño medio pueden escapar y condensarse en forma de alquitranes y aceites en espacios en donde la temperatura es menor. El calor que el proceso de pirólisis necesita para efectuarse y elevar la biomasa a 600 °C está entre 1.60 a 2.20 MJ/kg o 700-800 BTU/lb, significando del 6 al 10% de calor de combustión de material seco, este calor será manejado directamente por la combustión parcial de los alquitranes volátiles.

### 2.3.3. *Etapa de oxidación*

El proceso de oxidación sucede al nivel en donde el aire es introducido, existe casos en donde en vez de oxígeno se inyecta vapor de agua con el objetivo de favorecer la reacción de transformación de metano y la hidrogenación. Al introducir al sistema oxígeno se generan reacciones muy exotérmicas generando esto una rápida elevación de temperatura que oscila entre los 1200-1500 °C.

Al aumentar la temperatura y presión en esta zona también incrementa la cantidad de hidrógeno en el syngas; utilizar oxígeno y vapor de agua implican mayor costo a la hora de producir gas, es por ello que el oxidante más utilizado es el aire no obstante, es más ineficiente debido a su aporte de nitrógeno que no contribuye poder calorífico al gas final; en la zona de oxidación además de generar calor se da la oxidación de todos los productos y elementos condensables originados en la zona de pirólisis.

A continuación, se presenta una tabla en la que se indica la composición del syngas que se puede obtener utilizando distintos oxidantes.

**Tabla 1-2:** Composición del syngas según el oxidante utilizado

Composición del syngas (%Vol.)						
Oxidante	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	MJ/Nm <sup>3</sup>
Aire	9 a 10	12 a 15	14 a 17	2 a 4	56 a 59	3 a 6
Oxígeno	30 a 34	30 a 37	25 a 29	4 a 6		10 a 15
Vapor/CO <sub>2</sub>	24 a 50	30 a 45	10 a 19	5 a 12		12 a 20

Fuente:(Muñoz, 2019, p.4)

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

Al ser el aire una de las mejores opciones en cuanto se refiere a precios se debe considerar que la cantidad de este elemento debe ser el 30% de aire estequiométrico, así mismo se ha demostrado que si el aire se calienta antes de entrar en la etapa de combustión el gas resultante será de mejor calidad, con el aumento de temperatura el H<sub>2</sub> y CO incrementan también mejorando el poder

calorífico neto, dicha temperatura puede subir mediante intercambiadores de calor.

#### **2.3.4. Etapa de reducción**

Los elementos resultantes de la zona de oxidación bajan hacia la zona de reducción, aquí el calor sensible de los gases y el carbón vegetal cambian al máximo posible en energía química del gas. Tras el material haber pasado por las etapas mencionadas anteriormente en esta zona se aloja el producto final es decir un gas combustible que puede ser utilizado como combustible siempre y cuando este luego sea tratado es decir se haya eliminado el polvo, se lo haya secado y enfriado, este gas es adecuado para motores de combustión interna o en quemadores de calderas. Al resultado de este proceso también se lo conoce como gas pobre esto debido a que en su composición resultante hay  $H_2$  y  $CO$  que son los elementos más notables.

Se recomienda que las cenizas que se genera durante el proceso se las debe extraer en lapsos de tiempo considerables, se trata de incluir una parrilla móvil en la parte inferior del sistema, esto permitirá batir el lecho de carbón en la zona de reducción evitando bloqueos y obstrucciones de la corriente de gas (Muñoz, 2019, p.4).

#### **2.3.5. Residuos del proceso**

Si bien es cierto el proceso de combustión genera sustancias como cenizas, alquitranes y el hollín siendo este último una variación significativa en las diversas regiones alojadas en el gasificador; según algunos estudios la formación de hollín se da por las altas temperaturas con que se maneja la conversión específicamente en la etapa de pirólisis secundaria.

Este tipo de partículas debe ser controlada pues el hollín arrastrado se puede adherir en las paredes de los tubos provocando bloqueos y envenenamientos en los catalizadores, estas sustancias pueden ser controladas mediante filtros, separación física o usando precipitadores electrostáticos, entre otros mecanismos de separación de partículas (He et al., 2021, p.5).

Por otro lado, se conceptualiza al alquitrán como cualquier compuesto condensable generalmente de tipo orgánico en la corriente de elementos del gasificador, considerándose una sustancia tóxica. Este elemento se genera en la etapa de pirólisis se supone que este posteriormente debería craquearse y gasificarse es decir reducirse al máximo en las zonas de combustión y reducción consecuentemente, sin embargo, parte de estos componentes se alojan junto al syngas. La pegajosidad que el alquitrán representa es un desafío importante en el gas resultante (Safarian, Unnpórsson y Richter, 2019, p.388).

## **2.4. Estudio paramétrico**

Los parámetros a considerar son de gran importancia en el rendimiento y la calidad del syngas generado en el sistema gasificador; por ende, variables como las propiedades de la materia prima en cuanto a composición, humedad, poder caloríficos, tamaños de elementos, flujo de alimentación, material del lecho, geometría del reactor entre otros deben ser analizadas para lograr las condiciones idóneas para conseguir un buen provecho del proceso.

### **2.4.1. Contenido de humedad**

Estudios muestran una apariencia clara sobre la correlación del poder calorífico y la humedad en el material que va a ser sometido al proceso de gasificación, consideran a la etapa del secado importante pues estudios afirman que se genera una reducción de poder calorífico para la materia prima con mayor humedad. La temperatura dentro del reactor puede ser altamente afectada a la par en la que se produce vapor que este alojado para otras reacciones y más aún en la eficiencia de gas resultante.

Se ha demostrado que la eficiencia de conversión del carbono se reduce cuando hay mayor humedad, esto debido a que después de pasar por la etapa del secado aún existe humedad en la materia prima afectando el proceso de gasificación y dando como resultado menos cantidad de energía para las reacciones endotérmicas.

### **2.4.2. Temperatura**

El efecto que la temperatura produce en la gasificación es que el  $CO$  y  $H_2$  aumentan a temperaturas mayores, mientras que  $CO_2$  y  $H_2O$  disminuyen su rendimiento, esto debido a la reacción de Boudouard (reacción empleada para gasificar el carbón con dióxido de carbono y generar monóxido de carbono) respectivamente. Las experimentaciones muestran como al ser procesada biomasa a elevadas temperaturas se obtiene un gas síntesis de mayor calidad y eficiencia.

Cuando se dice que el contenido de  $CO_2$  mejora al incrementar la temperatura se lo explica a través del agrietamiento del alquitrán, que siendo probado en intervalos de temperatura este podría convertirse por completo dejando como resultado únicamente cenizas y alquitrán inerte, debido a la reacción de oxidación en donde la materia prima cambia al máximo y se gasifica (Ramos, Monteiro y Rouboa, 2019, p.199).



#### *2.4.2.1. Dispositivos de medición de temperatura*

La temperatura se define como la cantidad física intensiva que mide la energía térmica interna de una sustancia o un objeto y se la puede medir de acuerdo a la manera en que el sensor esté en contacto físico con la sonda, dentro de esta clasificación se conocen las que mantienen contacto evasivo entre ellas están los termopares y termistores que no son más que dispositivos que se encargan de la medición de temperaturas elevadas mediante efectos termoeléctricos y también están los que no presentan contactos evasivos que son los pirómetros infrarrojos entre los equipos más conocidos.

Si bien es cierto, los termómetros que mantienen contacto con la sustancia a medir son adecuados para realizar mediciones exactas en equipos o sistemas inmóviles, por el contrario, los aparatos que no mantienen contacto son ideales para medir temperaturas en sistemas móviles. Las características para elegir un aparato de medida se relacionan con su desempeño de detección, por ejemplo: rango de operación, sensibilidad térmica, incertidumbre de temperatura, velocidad de adquisición y resolución del espacio temporal; no obstante, también se deben considerar las propiedades del elemento como su estado físico, temperatura simple y síntesis fácil de procesar, facilidad para ser implementado y permanencia térmica y mecánica (Brites, Balabhadra y Carlos, 2019, p.30).

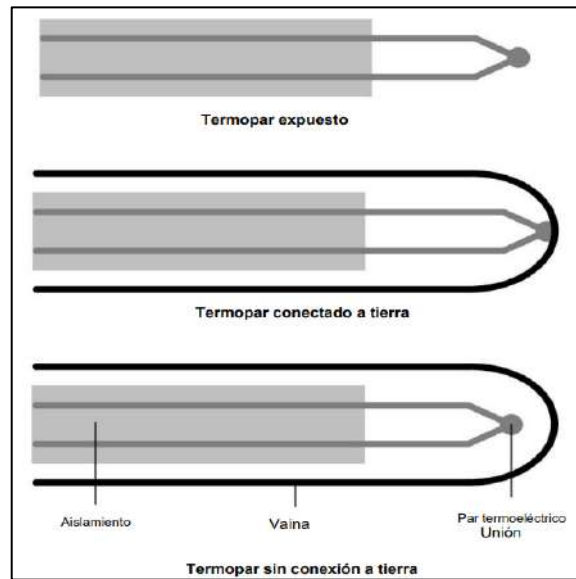
#### *2.4.2.2. Termocuplas*

También conocidos como termopares son dispositivos que presentan sensibilidad al medir temperatura mediante la generación de un voltaje que varía con ella. Básicamente los termopares se constituyen por dos conductores manufacturados con distintos metales, los conductores son unidos mediante soldadura para crear uniones, su funcionamiento se basa en que a medida que la temperatura cambia desde la unión y llega a los extremos de los cables se desarrolla un voltaje a través de la coalición.

Lo que hace posible que se den variaciones en las respuestas del voltaje es la combinación del material de los conductores, lo que conlleva al uso de distintos tipos de termocuplas para diferentes rasgos de temperatura, precisiones, durabilidad, condiciones de uso y la vida útil. Se recomienda que, para tener una mejor medida, los cables de retorno de los metales deben permanecer a la misma temperatura.

Los termopares se presentan en algunos tipos de construcción, generalmente los cables de estos dispositivos están cubiertos por una capa de aislamiento, y en ocasiones tienen una cubierta en la

punta de la unión del termopar para resguardarlo del sensor.



**Figura 5-2:** Tipos de construcción de termopares

Fuente: (Wu, 2018, p.8)

#### 2.4.2.3. *Detector de temperatura resistivo (RTD)*

“Resistance Temperature Detector” son detectores para la compensación de unión fría, se los utiliza comúnmente para realizar mediciones de temperatura que requieren precisión, regularmente poseen hilos de platino, níquel o cobre sabiendo que los elementos mencionados anteriormente controlan un coeficiente positivo de temperatura, entonces al existir un aumento de temperatura se produce un incremento en la resistencia permitiendo medir cambios de temperatura (Wu, 2018, p.10).

#### 2.4.3. *Relación vapor/biomasa*

Se ha evaluado la producción de hidrógeno partiendo de la gasificación con vapor de tipo glicerol demostrando que en cuanto se incrementa la relación de vapor se obtiene mayor conversión y rendimiento de  $H_2$  en ciertos tipos de material primario. La relación vapor/biomasa define la relación existente entre el ingreso de vapor y la biomasa alimentada al gasificador aspecto importante en el contenido calorífico del syngas, en definitiva, la eficiencia general del proceso. Existen reportes en donde se indican fracciones mejoradas de  $H_2$  y  $CO_2$  y concentraciones de CO menores para valores más altos en la relación de vapor/biomasa, explicando esta situación por la reacción de desplazamiento de agua-gas.

Entonces cuando hay mayor cantidad de vapor la presión interna en el gasificador mejora ayudado

en las reformaciones de agua-gas, cambio de agua-gas y vapor mejorando la producción de  $H_2$  y CO mientras se reduce la producción de  $CO_2$  y contenido de alquitrán. Un gasificador con características de diseño estructural que sea robusto promueve la conversión de carbono, reduciendo la presencia de cenizas y mejorando el rendimiento del syngas.

#### **2.4.4. Relación de equivalencia**

Otro argumento con tendencias constantes con respecto a la producción de  $H_2$  es la relación de equivalencia, que establece un vínculo entre la masa de agente gasificante y la materia inicial utilizada efectivamente con sus contrapartes estequiométricas. Se ha determinado que al incrementar la relación de equivalencia produce menor rendimiento de  $H_2$  y CO debido a la oxidación de oxígeno generándose una reducción en el valor calorífico del gas de síntesis resultante.

Variantes como temperatura y relación de equivalencia promueven valores caloríficos más bajos, también se explica el rango óptimo de esta relación donde se observa que el  $H_2$  y CO aumentan para garantizar una gasificación completa, impidiendo la formación excesiva de carbonilla y los valores bajos para el syngas (Ramos, Monteiro y Rouboa 2019, p.200).

#### **2.5. Sistema eléctrico**

Se define a los sistemas eléctricos como el compendio de varios generadores síncronos interconectados en paralelo, adheridos a redes de transmisión y distribución de grandes cargas que alimentan a otros elementos; la red que transporta y distribuye energía eléctrica está constituida por líneas que la llevan hasta puntos de requerimiento sin importar la distancia que ésta deba recorrer. Es de conocimiento general que con el tiempo la energía se ha convertido en uno de los principales factores junto con el avance tecnológico en el desarrollo de la sociedad y a su vez es utilizada en todos los procesos industriales y prácticamente en la vida cotidiana de los seres humanos (Salomon et al., 2019, p.1).

#### **2.6. Tableros de control**

Un tablero de control o también llamada tablero eléctrico no es más que un armazón del tamaño requerido en el que se insertan dispositivos conectados mediante cables siendo su finalidad controlar procesos industriales desde un punto fijo de control, es necesario considerar que los elementos montados en estos sistemas deben cumplir ciertos criterios de funcionamiento e instalación para precautelar la seguridad de las máquinas, ambiente y operadores. Los tableros

pueden ser utilizados en varios ambientes en donde se requiera controlar máquinas o dispositivos, se usan en espacios industriales y mineros, sabiendo que estos por lo general permiten el paso y corte de energía eléctrica para el sistema en el cual haya sido habilitado (Legrand,2018).

### **2.6.1. Tableros a norma**

Para el montaje de tableros se considera las especificaciones técnicas para tableros de control, protección y medida de CNEL que es la Corporación Nacional de Electricidad, dentro del alcance del documento se detallan los requisitos técnicos para su diseño, pruebas y fabricación, dicho sea de paso, la construcción y montaje de tableros deben satisfacer las necesidades de CEI que es la Comisión Electrotécnica Internacional encargada de normalizar parámetros eléctricos.

En lo que respecta a las características generales constructivas de un tablero se requieren diseños, y selección de componentes adecuados para cumplir las expectativas y son responsabilidad de quienes los construyen, con sus respectivas protecciones ambientales.

En cuanto a la estructura se necesita que el tablero este completamente cerrado, a excepción de la base, ajustado con pernos convirtiéndose en autosoportable. Las paredes del elemento serán de un material de acero laminado frío con un espesor mínimo de 2mm. Las bisagras de las puertas del tablero permitirán que las puertas se abran aproximadamente 105° desde el enfoque cerrado, la puerta también deberá tener un botón de ajuste y una cerradura.

Dentro de los componentes de los tableros de control están los relés para ello se aconseja que todos estos elementos sean del mismo fabricante, así también los relés deben permitir su remoción y ser de fácil acceso para ser sometidos a mantenimiento.

Tras el montaje de tableros se realizarán las pruebas de funcionamiento, esto a través de su simulación real con los elementos incluyendo todos los dispositivos eléctricos para realizar una inspección mecánica asegurándose de que los elementos sean maquinamente resistentes y aptos para sismos.

### **2.6.2. Controladores de temperatura**

El controlador de temperatura es un aparato que se utiliza para medir y controlar la temperatura, cuenta con un visor para apreciar dichos valores, su funcionamiento se basa en un regulador el cual adquiere señales de un sensor como termocuplas o RDT que trabajan como entradas. El controlador como tal es solo una parte del aparato por ello para elegir el adecuado se deben

considerar aspectos tales como: algoritmo de control, tipo de sensor de entrada, el número de salidas y el tipo de sistema que se necesita a la salida.

## **2.7. Normas referenciales**

### **2.7.1. ISO 14224:2016**

Denominada “Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural-recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos”; la norma de estándar internacional brinda una base que sirve para la recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento con un formato específico para equipos que se encuentran alojados en industrias de petróleo, gas natural y petroquímicos en el lapso de su ciclo de vida operacional.

En adición a ello, muestra los términos y definiciones de confiabilidad para transmitir la experiencia operativa, los modos de falla descritos se los puede aplicar de forma cualitativa y cuantitativa.

El hecho de estandarizar las prácticas de recolección de datos mejora el intercambio de información entre las partes intervinientes como plantas y propietarios a través de una comprensión acertada de las características técnicas de los equipos en conjunto, con condiciones operativas y medioambientales.

### **2.7.2. Terminología**

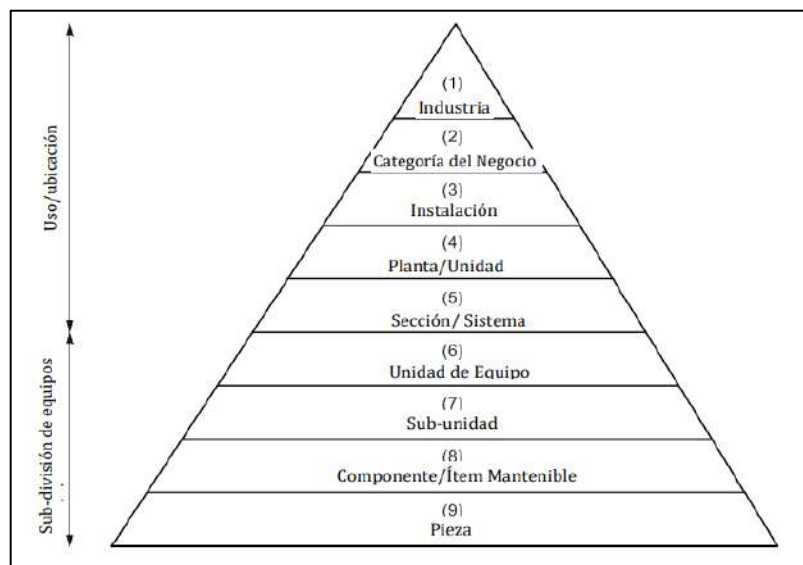
Dentro de los términos a utilizar están: disponibilidad que se define como la capacidad de estar en un estado para funcionar según lo requerido, mantenimiento correctivo: mantenimiento llevado a cabo después de la detección de una falla hasta completar la restauración, tipo de equipo: se refiere a la característica individual del diseño que es considerablemente diferente de otros bocetos dentro de la misma clase de equipo. Mantenibilidad: capacidad de atesorar o restaurar a un estado de rendimiento requerido bajo condiciones dadas de uso y mantenimiento, plan de mantenimiento: cronología de tareas estructuradas y documentadas que contienen las actividades a ejecutar junto con los procedimientos, recursos y la escala de tiempo requerida para llevar a cabo el proceso de habilitación de quipos, entre otros.

### **2.7.3. Niveles de jerarquía**

En lo que concierne a los niveles jerárquicos se los puede agrupar en ítems de jerarquía

taxonómica, dependiendo de variables como el tamaño y el contexto del elemento. Por ejemplo, una válvula y una bomba son clases de equipos, pero también se pueden considerar ítems mantenibles en una turbina de gas, normalmente a una válvula se le atribuye el título de un ítem mantenible en aplicaciones submarinas y como una unidad de equipo en la superficie.

A continuación, se muestra una figura con la clasificación de taxonomías con sus respectivos niveles partiendo por industria, categoría, instalación, planta, sistema, equipo y llegando a componente (ISO 14224, 2016, p.90).



**Figura 6-2:** Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos

Fuente: (ISO 14224, 2016, p.30)

## 2.8. UNE-EN 13306:2018

Denominada “Terminología del mantenimiento”, es una norma europea en la que se muestran los términos genéricos y las definiciones para las distintas áreas implicadas como técnicas, administrativas y de gestión del mantenimiento sin importar el elemento a considerar, esta norma no debe ser aplicada en softwares de mantenimiento pues no cumple con los requerimientos para estos procesos. En definitiva, el mantenimiento brinda una contribución a la seguridad de funcionamiento de los elementos, al saber esto se necesita de información adecuada para facilitar la comprensión de los términos a utilizar. Es de saber particular que cualquier gestión del mantenimiento debe definir sus estrategias de acuerdo a lo siguiente:

- Asegurar la disponibilidad del elemento para cumplir la función requerida.
- Considerar la seguridad del ser humano y medio ambiente.

- Mantener la durabilidad, calidad del elemento o servicio manejando de manera adecuada los precios.

### **2.8.1. Términos fundamentales**

#### **2.8.1.1. Mantenimiento**

Combinación de actividades y acciones de tipo técnico, administrativo y de gestión a efectuar durante el lapso de vida útil de un elemento con el propósito de conservar o devolverlos a un estado al que puedan cumplir con la función requerida

#### **2.8.1.2. Plan de mantenimiento**

Conjunto organizado y documentado de actividades, procedimientos, recursos intervinientes y duración suficiente para realizar un mantenimiento.

### **2.8.2. Fallos y eventos**

#### **2.8.2.1. Fallo**

Cese de la aptitud que un elemento posee para realizar una función requerida.

#### **2.8.2.2. Fallo por mal uso**

Fallo que se origina a la aplicación de tensiones que están más allá de las especificadas en el diseño y sobrepasan las capacidades del elemento.

### **2.8.3. Tipos de mantenimiento**

#### **2.8.3.1. Mantenimiento preventivo**

Acción de mantenimiento ejecutado a cabo para evaluar o mitigar la degradación y reducción de la probabilidad de fallo de un elemento.

#### **2.8.3.2. Mantenimiento basado en la condición**

Mantenimiento preventivo que se lo ejecuta a través de una evaluación de las condiciones físicas,

el análisis y las acciones de mantenimiento. La evaluación del estado en que se encuentra el elemento se lo puede realizar mediante la observación, inspección, pruebas y monitoreo de la condición por parte del operador, bajo un cronograma establecido previamente (UNE-EN 13306, 2018).



## CAPÍTULO III

### 3. GENERALIDADES DEL SISTEMA

Para iniciar con el proceso de habilitación del gasificador tipo *Downdraft* de la ESPOCH que tiene como finalidad generar gas a partir de biomasa y previo al desmontaje de elementos a continuación se describen y caracterizan los elementos necesarios para un correcto funcionamiento del sistema, sabiendo que algunos de ellos no se encuentran físicamente en el equipo y otros no están hábiles para cumplir su función requerida. Partiendo desde el subsistema reactor, siguiendo con el subsistema de instrumentación y terminando con el subsistema de alimentación.

Para lograr un mejor manejo de información se ha dividido del sistema gasificador en tres subsistemas que se muestran a continuación:

- Subsistema reactor
- Subsistema de instrumentación
- Subsistema de alimentación

#### 3.1. Subsistema reactor

Si bien es cierto, la obtención del gas se da en la cámara de combustión del equipo, tras pasar la biomasa por la zona de secado, pirólisis, gasificación y finalmente la etapa de oxidación reacciones que dan como resultado el gas síntesis esto con ayuda del aire que actúa como agente oxidante y es inyectado por tubería mediante un blower que es el encargado de abastecer el fluido necesario al interior del cilindro para llevar a cabo las reacciones.

El reactor es un cuerpo cilíndrico robusto asentado sobre una caja rectangular ambos elementos contruidos con material resistente a altas temperaturas, en el interior del cilindro se aloja una malla con agujeros que sirve como aislante del calor, hay tuberías para el ingreso de aire y salida del syngas, y una línea para realizar la purga de los desechos; la parte rectangular del sistema internamente se encuentra cubierta por material refractario en donde se acumulan las cenizas producto de la combustión de la biomasa, dando lugar a la existencia de dos compuertas que permiten realizar el proceso de limpieza periódica para evitar obstrucciones excesivas de desechos.

### **3.2. Subsistema de instrumentación**

En este subsistema se consideran aquellos elementos que intervienen tanto en la medición de temperatura con la que trabaja el sistema en general, para ello se manejan elementos como termocuplas, RTDs.

Para controlar el proceso de manera adecuada se necesita tomar medidas de temperatura en cada una de las etapas para analizar la calidad de gas que se obtendrá posteriormente. Las termocuplas y RTD que intervienen en el proceso deben ser adecuadas para soportar las temperaturas generadas. Por un lado, los RTD de tipo Pt100 son colocados en las zonas de secado, pirólisis y combustión y las termocuplas se encuentran alojadas en la zona de reducción y cenizas en donde según experimentos anteriores se genera una temperatura más elevada a diferencia de las demás zonas.

Para controlar desde un mismo punto los resultados de las temperaturas es necesario realizar el diseño y montaje de un tablero, con controladores de temperatura y elementos de protección que salvaguarden el sistema y sus operadores, permitiendo que las medidas generadas en los controladores sean analizadas de manera adecuada.

### **3.3. Subsistema de alimentación**

Este subsistema es el encargado de proporcionar la cantidad necesaria de producto y la mezcla ideal para que el proceso de gasificación se ejecute con normalidad. Fue diseñado y estructurado de tal manera que cumpla características que permitan transportar diferentes tipos de biomasa, precisión, carga entre otras variables, el material de construcción y su forma se lo realizó con ayuda de cálculos pretendiendo cumplir con todas las características de diseño y construcción antes mencionadas.

Por otro lado, en este espacio se montará un tablero capaz de controlar el encendido, apagado y variación de velocidad del sistema para facilitar el manejo de quienes lo operen y según el sistema de gasificación necesite de biomasa, considerando elementos de protección tanto al motor como a los operadores, además cuenta con luces piloto que indican voltaje y corriente durante el proceso y un paro de emergencia en caso de que el proceso detecte alguna falla y el subsistema deba ser parado de manera espontánea, para volver a encender el motor se debe seccionar y conmutar el selector nuevamente para continuar con su funcionamiento manteniendo el proceso idealizado para generar biogás.

### **3.4. Situación inicial del sistema**

Por lo que respecta a este apartado se trabaja con el objetivo de conocer las partes que componen el equipo y el estado funcional de cada una de ellas, así como también conocer sus dimensiones y características generales; al realizar la inspección se observaron particularidades tales como: piezas faltantes, instrumentos en mal estado, cables sueltos, corrosión, entre otros. Para este fin se hará uso de un formato que sirva para ordenar y detallar los enunciados mencionados con anterioridad y de esa manera procesar la información con mayor exactitud pues esto se usará más adelante para llevar a cabo otras actividades como el plan de acción, inventario y el plan de mantenimiento preventivo eventualmente.

#### **3.4.1. Características del formato**

El formato fue desarrollado de tal manera que se evalúe el sistema gasificador dividido en tres subsistemas con el objetivo de no pasar por alto ningún elemento interviniente en el proceso de gasificación, más adelante se detallan las partes por las que está constituida la ficha que permitirá conocer el estado inicial del compendio de componentes que lo conforman y se describirán algunas observaciones por cada subsistema.

##### **3.4.1.1. Encabezado**

En la parte superior se describe el subsistema a analizar y la ubicación del equipo, sabiendo que es un sistema asentado en la ESPOCH.

##### **3.4.1.2. Especificaciones técnicas**

Aquí se describen las características distintivas del subsistema en general como dimensiones, tipos de activo, material de construcción predominante, normas aplicadas, entre otros según sea el caso.

##### **3.4.1.3. Funcionamiento**

Se describe a breves rasgos los componentes principales que se encuentran dentro del sistema gasificador y su funcionamiento en base a las pruebas realizadas años atrás para otros fines educativos en el mismo sistema de gasificación experimentado con biomasa de tipo leñosa con la que se obtuvieron buenos resultados de combustión y de obtención de gas síntesis que sirvió para encender una llama.

#### 3.4.1.4. Análisis técnico de situación inicial

Se detalla cada uno de los elementos y se consideran aquellos que no se encuentran habilitados para evaluarlos cuantitativamente, también se describirán una serie de observaciones para cada subsistema considerando el mantenimiento, reemplazo e implementación de elementos para corregirlos con el plan de acción que será desarrollado más adelante tratando de atenuar los inconvenientes encontrados tras realizar el estudio general inicial del sistema gasificador en su totalidad.

#### 3.4.1.5. Ponderaciones de evaluación

Se han realizado tres niveles del estado de elementos con la finalidad de conocer el estado inicial de los principales ítems cuantificándolos como: avería parcial, avería total y la cuantificación por implementar.

**Tabla 1-3:** Ponderación para evaluación

Estado	Abreviatura
Avería parcial	AP
Avería total	AT
Por implementar	PI


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.5. Estado de situación inicial del subsistema reactor

Tras realizar el estado de situación inicial del subsistema reactor mencionando algunas características técnicas como material de construcción, medida de altura, diámetro, entre otros, y dividiendo el subsistema en líneas de ingreso y salida de fluido, cilindro de combustión, blower y el sistema de purga, consecuentemente para análisis posteriores se detallarán los elementos y características de cada uno de los ítems que se presentan dentro de este análisis para abarcar la mayor cantidad posible de eventualidades problemáticas que puedan surgir.

Se pudo evidenciar el deterioro de algunos objetos, otros necesitan ser reemplazados, la mayoría de ellos requieren de una limpieza y otros deben ser implementados para que al momento de encender el sistema gasificador no existan elementos que imposibiliten que el proceso se desarrolle con la normalidad que se espera tras verificar el estado funcional de cada uno de los elementos que lo conforman.

**Tabla 2-3:** Estado inicial del subsistema reactor

 <p style="text-align: center;"><b>Subsistema reactor</b></p>				
<b>Ubicación</b>	<b>Institución</b>	<b>Facultad</b>	<b>Escuela</b>	
	EsPOCH	Mecánica	Mantenimiento Industrial	
<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo		
	<b>Diámetro externo:</b>	2,90 m		
	<b>Altura:</b>	3,45 m		
	<b>Material de construcción</b>	Acero		
<b>Funcionamiento</b>	<b>Descripción</b>	Cuerpo cilíndrico robusto asentado sobre un cuerpo rectangular, constituido internamente por elementos y materiales que posibilitan las distintas reacciones de la biomasa y externamente construido con material hermético para evitar fugas y pérdidas energéticas producto de la combustión. En este apartado se considera el respectivo sistema de purga y el equipo encargado de inyectar agente oxidante al sistema.		
	<b>Redundancia</b>	No tienen sistema redundante		
	<b>Norma aplicada</b>	No aplica		
<b>Análisis técnico de situación actual de los elementos del sub -sistema</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Elementos del sub- sistema</b>	<b>AP</b>	<b>AT</b>	<b>PI</b>
1	Cilindro de combustión	X		
2	Blower			X
3	Línea de ingreso de aire	X		
4	Línea de purga	X		
<b>Ponderaciones</b>				
AP= Avería parcial AT=Avería total PI= Por implementar				

<b>Observaciones</b>
<p>Dentro del cilindro de combustión la malla del equipo necesita ser reemplazada debido a la corrosión existente. Externamente el sistema requiere ser recubierto por pintura capaz de soportar altas temperaturas. Implementación de blower que inyecte agente oxidante al sistema. Limpieza de tubería y reemplazo de elementos varios. Revisión de tornillería en todo el reactor.</p>
<b>Subsistema reactor</b>


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.6. Estado de situación inicial del subsistema de instrumentación

Al revisar el subsistema de instrumentación se evidenció el deterioro de algunos sensores de temperatura que necesitaban ser reemplazados y otros serán revisado mediante aparatos que brinden la información adecuada sobre su estado.

En adición, se pretende montar un tablero capaz de controlar las medidas de temperatura en las distintas zonas de reacción y a su vez manejar el encendido y apagado de los blowers que intervienen en el sistema, para ejecutar esta acción se presenta el diseño del circuito con los aparatos de protección necesarios para el ensamblaje y conexión de este ítem que será implementado.

**Tabla 3-3:** Estado inicial del subsistema de instrumentación

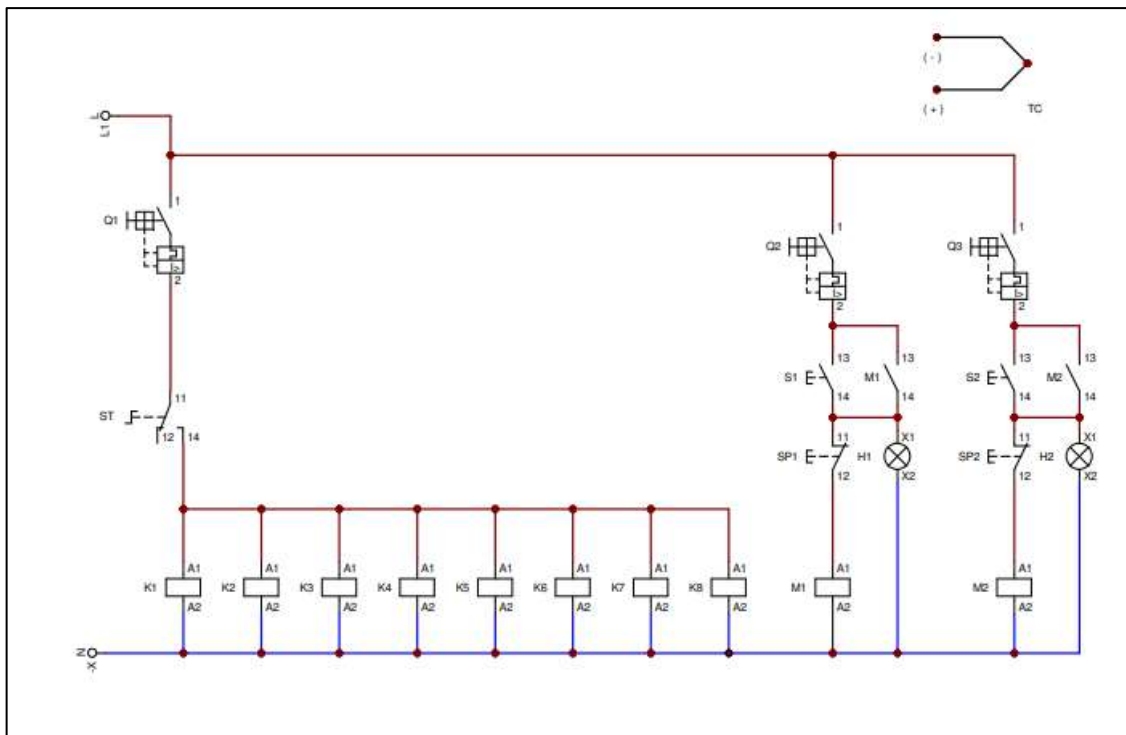
 <b>Subsistema de instrumentación</b>				
<b>Ubicación</b>	<b>Institución</b>	<b>Facultad</b>	<b>Escuela</b>	
	Epoch	Mecánica	Mantenimiento Industrial	
<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo		
	<b>Material de construcción</b>	Varios		
<b>Funcionamiento</b>	<b>Descripción</b>	Formado por instrumentos de temperatura destinados a controlar los diversos estados de la biomasa. Además, en este subsistema se contempla el diseño y montaje de un tablero de control capaz de brindar las medidas de temperatura y controlar el encendido y apagado de blowers.		
	<b>Redundancia</b>	No tienen sistema redundante		
	<b>Norma aplicada</b>	Para el montaje del tablero se hará uso de la norma CNEL		
<b>Análisis técnico de situación actual de los elementos del sub -sistema</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Elementos del sub- sistema</b>	<b>AP</b>	<b>AT</b>	<b>PI</b>
1	Sensores de temperatura	X		
2	Tablero de control			X
<b>Ponderaciones</b>				
AP= Avería parcial AT=Avería total PI= Por implementar				
<b>Observaciones</b>				
Con respecto a los sensores de temperatura se evidenció que los RTDs deben ser reemplazados pues se encuentran en condiciones de deterioro. El tablero de control deberá ser implementado en conjunto con una línea que lo abastezca de energía.				
<b>Subsistema de instrumentación</b>				



Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.6.1. *Diseño del circuito para el montaje del tablero de control*

Con ayuda del software CAde SIMU que sirve para elaborar diagramas de tipo eléctrico y simular su funcionamiento se realizó el diseño siguiente para controlar los sensores de temperatura y a su vez inspeccionar el encendido y apagado de los blowers que son los encargados de enfriar el syngas y el otro de inyectar aire al sistema reactor, véase más a detalle en el ANEXO A.



**Figura 1-3:** Diseño del circuito para el montaje del tablero de control

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



Se inicia en la línea 1 que contempla la alimentación del circuito, se distribuye a Q1 que es el breaker de protección para los controladores de temperatura, seguido se encuentra ST que es un selector con llave el cual enciende y apaga los controladores de temperatura. Los controladores de temperatura K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8 están conectados en paralelo y son los encargados de mostrar una señal de temperatura tanto de las termocuplas como de los RTDs mismas que se encuentran instaladas en el cilindro reactor.


Dentro del circuito se encuentra también Q2 que es un breaker de protección para el blower 1 etiquetado como M1, a continuación, se encuentra S1 que es el contacto normalmente abierto y SP1 que es el contacto normalmente cerrado y sirve para encender y apagar el blower 1 del mismo H1 indica el encendido del mismo.

Del mismo modo Q2 es un breaker de protección para el blower 2 con etiqueta M2, por consiguiente, S2 es el contacto abierto y SP2 es el contacto normalmente cerrado indicando el encendido y apagado del blower 2 y H2 indica el encendido con una luz piloto.

### 3.6.2. Descripción de etiquetas de circuito para el tablero de control

En la siguiente tabla se describen cada una de las etiquetas utilizadas en el diseño del circuito y la función que cumple dentro del mismo, las etiquetas se han asignado de acuerdo a las generalidades que presenta el programa por defecto para cada elemento que se requiere utilizar en la simulación.

**Tabla 4-3:** Descripción de etiquetas del diseño de control de sensores de temperatura y blowers

Etiqueta	Descripción	Función
	Fuente de alimentación AC desde la red	Alimentar todo el circuito
Q1 Q2 Q3	Breaker eléctrico de seguridad	Control de tensión, blowers y controladores de temperatura
K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7 K8	Controladores de temperatura	Visualizar los valores de las termocuplas y RTDs
S T	Selector con llave	Energizar los controladores de temperatura
S1	Contacto NA	Encender el blower 1
S2	Contacto NA	Encendido del blower 2
SP1	Contacto NC	Apagado del blower 1
SP2	Contacto NC	Apagado del blower 2
M1	Blower 1	Introducir aire al sistema gasificador
M2	Blower 2	Refrigerar el intercambiador de calor
TC	Termocupla	Medir la temperatura en el sistema gasificador
H1 H2	Luces de encendido	Indicar el estado (encendido/apagado) de los blowers

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.7. Estado de situación inicial del subsistema de alimentación

El subsistema de alimentación no se encontraba dentro del equipo, sin embargo, los elementos que lo constituyen se alojaban en algunos laboratorios dentro de la Facultad de Mecánica. Por consiguiente, se cree necesario la posibilidad de armar un tablero de control capaz de manejar el encendido y apagado del subsistema desde un mismo punto con el fin de automatizar la mayor parte del proceso, debido a la importancia de este apartado dentro del sistema, pues es el encargado de alimentar el sistema de biomasa para posteriormente ejecutarse el proceso de combustión y a que se den las distintas reacciones.

**Tabla 5-3:** Estado inicial del subsistema de alimentación

 <b>Subsistema de alimentación</b>				
<b>Ubicación</b>	<b>Institución</b>	<b>Facultad</b>	<b>Escuela</b>	
	Epoch	Mecánica	Mantenimiento Industrial	
<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo		
	<b>Material de construcción</b>	Varios		
<b>Funcionamiento</b>	<b>Descripción</b>	Formado por elementos mecánicos capaces de mover biomasa a una velocidad determinada. En adición de ello, se pretende montar un tablero de control capaz de dar inicio y finalizar el movimiento de materia prima.		
	<b>Redundancia</b>	No tienen sistema redundante		
	<b>Norma aplicada</b>	Para el montaje del tablero se hará uso las especificaciones técnicas de CENEL		
<b>Análisis técnico de situación actual de los elementos del sub -sistema</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Elementos del subsistema</b>	<b>AP</b>	<b>AT</b>	<b>PI</b>
1	Motorreductor	X		
2	Transmisión	X		
3	Tolva	X		
4	Tablero de control			X
<b>Ponderaciones</b>				
AP= Avería parcial AT=Avería total PI= Por implementar				
<b>Observaciones</b>				
Montaje de motor, motorreductor, variador de frecuencia, eje, tolva. Diseñar y montar tablero de control.				
<b>Subsistema de alimentación</b>				



Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.7.1. Diseño del circuito para el subsistema alimentador

Por añadidura, con ayuda del software CADe SIMU se realizó el diseño siguiente para controlar el encendido y variación de velocidad del motor, así también se podrá observar la intensidad y voltaje con el que el subsistema trabaja. El motor junto con el reductor y el sistema de alimentación serán controlados por un variador de frecuencia el mismo que será programado de acuerdo con las necesidades del sistema, véase más a detalle en el ANEXO B.

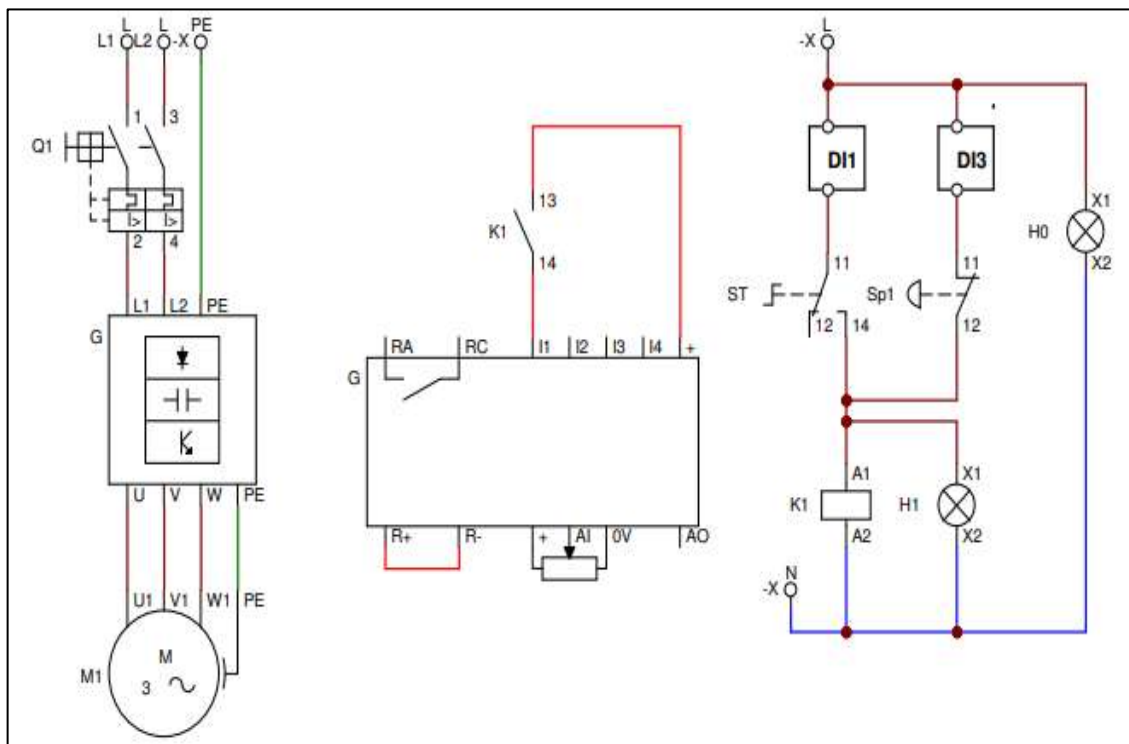


Figura 2-3: Diseño del circuito para el control del subsistema de alimentación

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022


Iniciando con el circuito de mando, se tiene un breaker Q1 que sirve de protección para todo el circuito el cual alimenta al variador de frecuencia que está conectado a una fuente de 220V, más adelante se tiene el botón de paro de emergencia SP1 en serie al elemento se encuentra el selector con llave ST que es el encargado del encendido y apagado del motor representando por K1.

Paralelo a esto se encuentra H0 que indica la alimentación del circuito y el voltaje de trabajo y H1 muestra que el motor este encendido y la cantidad de amperaje. Después del variador de frecuencia se encuentra conectado el motor M a las líneas U, V, W recalando que la conexión efectuada está en configuración triángulo.

### 3.7.2. Descripción de etiquetas de circuito para el tablero de alimentación

Se describen los elementos utilizados en el circuito de control con su respectiva función en base a la etiqueta utilizada considerando la fuente de alimentación, entradas digitales, controladores de velocidad, variador, motor, selector, indicadores de voltaje y amperaje entre otros.

**Tabla 6-3:** Descripción de etiquetas para el tablero de control de alimentación

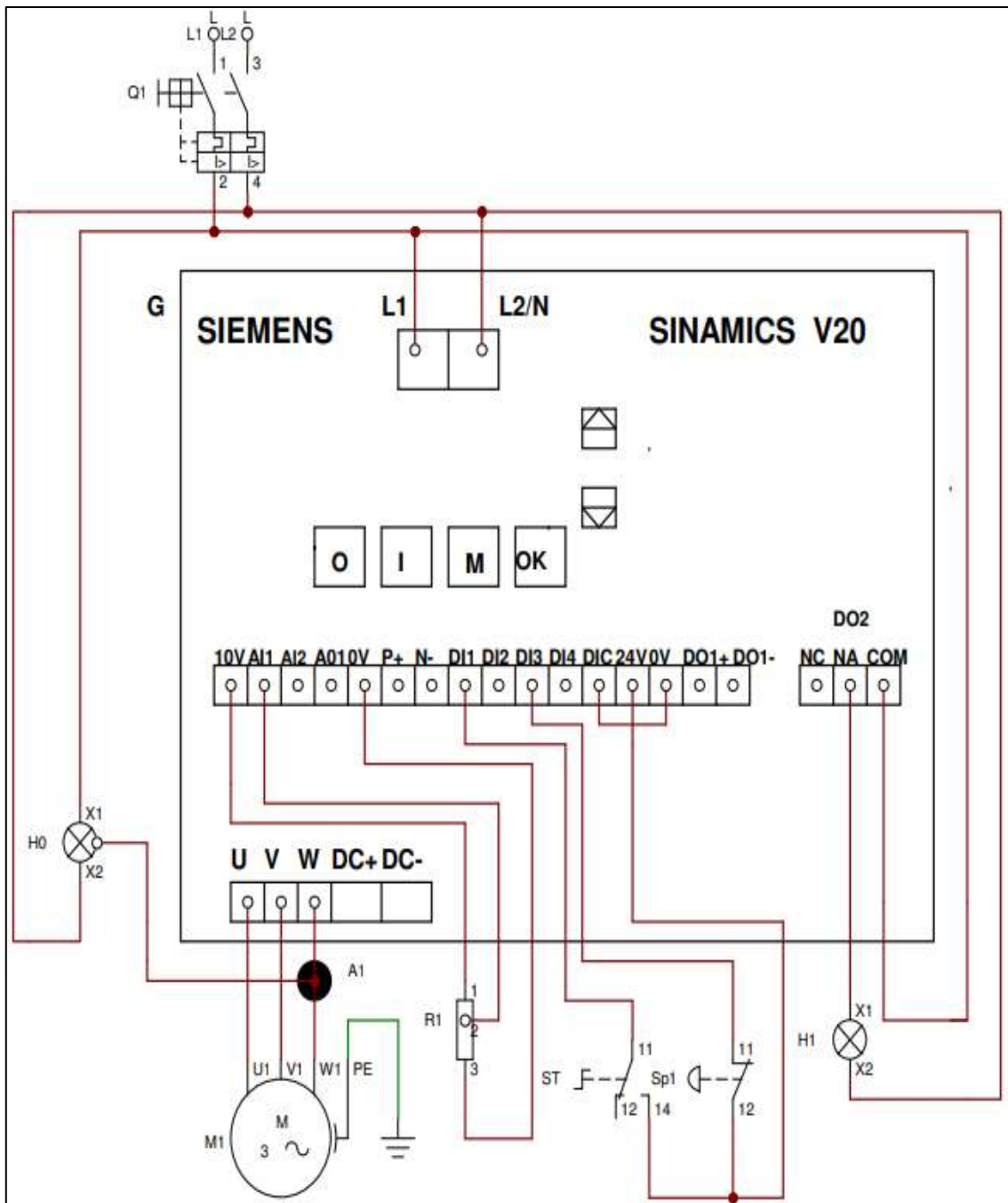
Etiqueta	Descripción	Función
	Fuente de alimentación AC desde la red	Alimentar el circuito
DL1 DL2	Entradas digitales del variador	Controlar los selectores y las botoneras del proceso
Q1	Breaker eléctrico de seguridad	Proteger el circuito
K1	Controlador de velocidad del motor	Variador de frecuencia
ST	Selector con llave	Energizar los controladores del motor
SP1	Contacto NC	Paro de emergencia
G	Variador	Controlar la velocidad del motor
M1	Motor	Generar movimiento en el alimentador
H0	Amperímetro	Indicar que el circuito está energizado y visualización de corriente
H1	Lámpara	Indicar que el motor está encendido y visualización del voltaje

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.7.3. Diseño funcional del circuito para el subsistema alimentador

Con ayuda del software CADe SIMU se realizó el diseño siguiente para controlar el encendido y variación de velocidad del motor, así también se podrá observar la intensidad y voltaje con el que el subsistema trabaja. El motor junto con el reductor y el sistema de alimentación serán

controlados por un variador de frecuencia el mismo que será programado de acuerdo con las necesidades del sistema, véase más a detalle en el ANEXO B.



**Figura 3-3:** Diseño del circuito funcional para el control del subsistema de alimentación

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.7.4. Descripción de etiquetas de circuito para el tablero de control funcional

Del mismo modo se detallan las descripciones del etiquetado y la función de los elementos intervinientes en el circuito funcional considerando las entradas y salidas del variador de

frecuencia utilizado para controlar el motorreductor.

**Tabla 7-3:** Descripción de etiquetas para el tablero de control de alimentación funcional

<b>Etiqueta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Función</b>
$L1 \overset{L}{\phi} \quad L2 \overset{L}{\phi}$	Fuente de alimentación AC desde la red	Alimentar el circuito
Q1	Breaker eléctrico de seguridad	Proteger el circuito
R1	Potenciómetro	Variar la frecuencia
ST	Selector con llave	Energizar los controladores del motor
SP1	Contacto NC	Paro de emergencia
G	Variador	Controlar la velocidad del motor
M1	Motor	Generar movimiento en el alimentador
H0	Amperímetro	Indicar que el circuito está energizado y visualización de corriente
A1	Sensor amperimétrico	Recepta el amperaje del motor para visualizar H0
H1	Lámpara	Indicar que el motor está encendido y visualización del voltaje

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.8. Plan de acción en los subsistemas

Tras realizar una inspección general del sistema se procedió a desmontar el equipo con la finalidad de cambiar los elementos que necesitaban ser reemplazados e incrementar los que no existían, se realizaron trabajos de acuerdo a las necesidades que se iban presentando con un estimado de fechas para realizar las tareas que sean necesarias en cada subsistema y obtener buenos resultados en la habilitación del sistema.


#### 3.8.1. Plan de acción para el subsistema reactor

Se presentan tareas para el subsistema reactor tratando de contemplar todas aquellas posibilidades de fallo o daño en sus elementos para que éste pueda encontrarse en estado operacional al finalizar la intervención, en adición a ello, se detallan las fechas de intervención de los distintos elementos para facilitar el trabajo de campo realizado paulatinamente según se crea conveniente la disponibilidad de repuestos.

Para este plan de acción se consideran elementos tales como: blower, línea de ingreso de aire, cilindro de combustión y línea de purga con esta división se pretende realizar actividades programadas considerando el tiempo en que se van a adquirir aquellos elementos que van a ser reemplazados y la disponibilidad que representen. Por otro lado, los trabajos de desmontaje y limpieza de elementos se los hará paulatinamente según las necesidades que surjan durante todo

el proceso de habilitación del sistema gasificador, sin dejar de lado que las acciones se deben desarrollar conjuntamente con el sistema de filtrado y enfriado del gas síntesis.

**Tabla 8-3:** Plan de acción para el subsistema reactor

 <b>PLAN DE ACCIÓN DEL SUBSISTEMA REACTOR</b>			
Elementos	Actividades a realizar	Fecha de ejecución	Observaciones
Blower	Adquisición de un blower de 3 in de salida.	10/6/2022	
	Montaje de estructura de soporte.	6/4/2022	
	Montaje de blower en soporte	22/6/2022	
Línea de ingreso de aire	Desmontaje de tubería	11/4/2022	
	Limpieza interna y externa de elementos como: neplos, válvulas, universales	11/4/2022	
	Cambio de elementos faltantes	11/4/2022	
	Montaje de línea de ingreso de aire	13/4/2022	
Cilindro de combustión	Revisión y limpieza de pernos superiores e inferiores del cilindro	15/4/2022	
	Revisión y sustitución de peros en compuertas de limpieza	15/4/2022	
	Sellado de puertas de limpieza para evitar fugas.	19/4/2022	
	Limpieza interna del cilindro	4/4/2022	
	Cambio de malla	5/4/2022	
	Recubrimiento del reactor con pintura apta para temperaturas elevadas.	20/6/2022	
Línea de purga	Desmontaje de tubería	30/5/2022	
	Limpieza interna y externa de elementos como: neplos, válvulas, universales	30/5/2022	
	Cambio de elementos faltantes	30/5/2022	
	Montaje de línea de purga	30/5/2022	


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.8.2. Plan de acción para el subsistema de instrumentación

Las actividades planteadas en este subsistema van de la mano con el montaje de un tablero de control con controladores de temperatura conectados a las termocuplas y termopares para facilitar la toma de datos de esta variable. Algunos de los sensores de temperatura van a ser reemplazados por otros con característica similares y otros van a ser habilitados con algunos cambios, de igual

forma se presentan fechas de intervención considerando la disponibilidad de los elementos de instrumentación usados para dicho fin. El subsistema contempla también el diseño y montaje de un tablero de control para facilitar el proceso de operación del gasificador manejando el encendido y apagado del blower, así como también la toma de datos de temperatura, se estima una fecha para el montaje del tablero analizando la disponibilidad de todos los elementos para su montaje, añadiendo a lo anterior se examinará el sitio adecuando de instalación para que quienes lo manejen puedan hacerlo de forma segura y acertada, contemplando así también, elementos de seguridad tanto para el sistema como para quienes lo manipulen.

**Tabla 9-3:** Plan de acción para el subsistema de instrumentación

 <b>PLAN DE ACCIÓN DEL SUBSISTEMA REACTOR</b>			
<b>Elementos</b>	<b>Actividades a realizar</b>	<b>Fecha de ejecución</b>	<b>Observaciones</b>
Sensores de temperatura	Prueba de funcionamiento de sensores de temperatura	1/6/2022	
	Desmontaje de RTDs y termocuplas	3/6/2022	
	Limpieza de elementos y reemplazo de los averiados	6/6/2022	
	Montaje de sensores	8/6/2022	
Tablero de control	Diseño de circuito	20/6/2022	
	Montaje de elementos intervinientes	16/5/2022	
	Elaboración de estructura para el soporte del tablero	18/5/2022	
	Montaje del tablero	20/5/2022	

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.9. Plan de acción para el subsistema de alimentación

Par este subsistema se han descrito varias actividades que permitirán el montaje y limpieza de elementos que contribuyan al correcto funcionamiento del subsistema de alimentación de biomasa para el sistema gasificador sabiendo que todos los elementos solo se los va a volver a instalar haciendo ciertas modificaciones en la programación del variador de frecuencia que es el elemento que presenta inconvenientes.



Para la elaboración del tablero de control se contemplan actividades como el diseño y el montaje de elementos capaces de controlar lo mencionado anteriormente.

**Tabla 10-3:** Plan de acción para el subsistema de alimentación

 <b>PLAN DE ACCIÓN DEL SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b>			
<b>Elementos</b>	<b>Actividades a realizar</b>	<b>Fecha de ejecución</b>	<b>Observaciones</b>
Motorreductor	Montaje de motor y reductor	2/6/2022	
	Limpieza y revisión de funcionamiento	2/6/2022	
Tolva	Montaje de tolva y cilindro que cubre el eje	6/6/2022	
	Limpieza y revisión de funcionamiento	6/6/2022	
Transmisión	Montaje de eje, chumaceras y acople flexible	7/6/2022	
	Limpieza y revisión de funcionamiento	14/6/2022	
Tablero de control	Diseño de circuito	7/6/2022	
	Montaje de elementos intervinientes	7/6/2022	
	Elaboración de estructura para el soporte del tablero	8/6/2022	
	Montaje del tablero	9/6/2022	

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.10. Codificación del sistema gasificador

Para manejar la información recopilada hasta ahora referente a los equipos que conforman los distintos subsistemas se considera prudente codificarlos en base a la norma ISO 14224:2016 tomando en cuenta sus 6 niveles jerárquicos partiendo desde el nivel taxonómico de industria hasta unidad de equipo, resultando beneficioso para identificar los distintos equipos con mayor rapidez y a su vez sea más sencillo realizar el inventario de los principales componentes y verificar su estado funcional tras la habilitación completa del sistema gasificador.

### 3.10.1. Codificación del subsistema reactor

Este apartado se lo desarrolla en base a la norma ISO 14224:2016 considerando los 6 primeros niveles jerárquicos que se presentan en el documento tratando de agilizar los procesos de registro.

#### 3.10.1.1. Codificación a nivel de planta

En este nivel se asigna un código para la institución en donde se encuentra ubicado el gasificador situándose en el nivel 1 de la taxonomía descrita en la norma, y como es de conocimiento la ESPOCH tiene varias sedes en distintos lugares siendo esta la principal.

**Tabla 11-3:** Codificación nivel planta

Planta	Código
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	ESPOCH01

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 3.10.1.2. Codificación a nivel de área

El siguiente nivel taxonómico descrito es el del área, para ello se ha considerado a la Facultad y el área de eficiencia energética, sabiendo que este proceso está destinado a aprovechar la mayor parte de la energía de la biomasa sometida a un proceso.

**Tabla 12-3:** Codificación a nivel de área

Área	Código
Facultad de Mecánica Área de generación de biogás	ESPOCH01_FMAGB

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 3.10.1.3. Codificación a nivel de sistema

En el nivel 3 se describe el tipo de sistema es decir el gasificador, del mismo modo se sigue añadiendo la codificación de los niveles superiores, para alcanzar el código general en donde se muestren los 6 niveles taxonómicos.

**Tabla 13-3:** Codificación a nivel de sistema

Sistema	Código
Sistema gasificador	ESPOCH01_FMAGB_SG

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 3.10.1.4. Codificación a nivel de subsistema

En este nivel, se distinguen los tres subsistemas que se habían estado manejando con anterioridad siendo estos el subsistema reactor, el de instrumentación y control y finalmente el subsistema de alimentación.

**Tabla 14-3:** Codificación a nivel de subsistema

Subsistema	Código
Subsistema reactor	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR
Subsistema de instrumentación	ESPOCH01_FMAGB_SG_SIC
Subsistema de alimentación	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 3.10.1.5. Codificación a nivel de equipo del subsistema reactor

En el nivel 5 se describen los principales equipos del subsistema reactor siendo estos: blower, línea de ingreso de aire, cilindro de combustión y la línea de purga añadiendo los códigos de los niveles superiores de igual forma.

**Tabla 15-3:** Codificación a nivel de equipo del subsistema reactor

Subsistema	Equipo	Código
Reactor	Blower	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_BL01
	Línea de ingreso de aire	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA
	Cilindro de combustión	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC
	Línea de purga	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 3.10.1.6. Codificación a nivel de equipo del subsistema de instrumentación

Para el nivel 5, se codifican los equipos que componen el subsistema reactor considerando a los sensores de temperatura y el tablero de control, que son los equipos principales del subsistema de instrumentación y control, recalando que para esto se diseñó y luego montó el tablero de control junto con los sensores de temperatura que son capaces de recibir información ya sea de termocuplas o RTDs que están dispuestos en el reactor oportunamente según sea el caso de temperatura al que sea sometido.

**Tabla 16-3:** Codificación del subsistema de instrumentación

Subsistema	Equipo	Código
Instrumentación	Sensores de temperatura	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_ST
	Tablero de control	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.10.1.7. Codificación a nivel de equipo del subsistema alimentación

De modo similar se establece el nivel 5 para el subsistema de alimentación considerando equipos como el motorreductor, transmisión, tolva y tablero de control que son elementos del subsistema de alimentación que se encarga de proporcionar materia al cilindro de combustión.

**Tabla 17-3:** Codificación a nivel de equipo del subsistema de alimentación

Subsistema	Equipo	Código
Alimentación	Motorreductor	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_M01
	Transmisión	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR
	Tolva	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_T
	Tablero de control	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.10.1.8. Codificación a nivel de componente del subsistema reactor

En el nivel 6 se consideraron todos aquellos componentes que son parte de los equipos tratando de abarcarlos completamente con la finalidad de analizarlos y establecer tareas de mantenimiento preventivo que aporten a mantener su nivel de funcionalidad para estudios posteriores.

Con esto se intenta describir los elementos que intervienen en las instalaciones tanto de ingreso del aire como lo es el blower, seguido del cilindro de combustión y la línea de purga que son considerados como equipos, además se describen los componentes más sobresalientes de ellos para facilitar el mantenimiento si alguno de estos llega a sufrir algún daño ya sea en medio del proceso de gasificación o indistintamente sin que se vea afectado el proceso de combustión como tal.

Se pretende posteriormente realizar un inventario con los componentes resultantes de cada subsistema para tener un mejor manejo de datos tanto en el proceso de habilitación, así como en las acciones preventivas que se planteará.

**Tabla 18-3:** Codificación del subsistema reactor

Subsistema	Equipo	Componente	Código
Reactor	Blower	Carcasa	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_BL01_C
		Paletas	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_BL01_P
	Línea de ingreso de aire	Adaptador	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_A
		Codo X 90°	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_C01
		Válvula de esfera	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_V01
		Tubo PVC	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_T01
		Universal	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_U01
	Cilindro de combustión	Compuertas de limpieza	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_CL
		Pernos de sujeción inferiores	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_PI
		Pernos de sujeción superiores	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_PS
		Malla	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_M
		Material refractario	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_MR
	Línea de purga	Codo X 45°	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01_C02
		Tubo galvanizado	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01_T02
		Codo X 90°	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01_C03

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.10.1.9. Codificación a nivel de componente del subsistema de instrumentación

La descripción de los componentes del subsistema de instrumentación se encuentra ubicados en el nivel taxonómico número 6, al igual que en el anterior apartado se busca codificar todos los elementos encargados de brindar señales de temperatura y de cantidad de fluido que ingresa en el sistema de gasificación, pretendiendo obtener un análisis adecuado de las distintas reacciones que se dan internamente en la cámara de combustión.

Dicho sea de paso, para una mejor visión de los datos se instalaron controladores de temperatura de tipo digital encapsulados en el tablero de control y conectados a los sensores de temperatura para percibir de manera más acertada los datos del sistema en funcionamiento.

**Tabla 19-3:** Codificación del subsistema de instrumentación

Subsistema	Equipo	Componente	Código
Instrumentación	Sensores de temperatura	Termocuplas	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_ST_T
		RTD	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_ST_RT D
	Tablero de control	Controladores de temperatura	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_CT
		Botonería	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_B
		Luz piloto	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_LP
		Selector	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_S01
		Breaker 10 A	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_B01
		Breaker 4 A	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_B02

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.10.1.10. Codificación de componentes del alimentador

De forma semejante para el nivel 6 del subsistema de alimentación se detallan los componentes de los equipos que intervienen para dicho fin.

**Tabla 20-3:** Codificación a nivel de componente del subsistema de alimentación

Subsistema	Equipo	Componente	Código
Alimentador	Motorreductor	Motor	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_M01_M
		Reductor	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_M01_R
	Transmisión	Eje	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR_E
		Chumacera	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR_C
		Acople flexible	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR_AF
	Tolva	Tolva	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_T_V
		Cilindro para eje	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_T_CE
	Tablero de control	Variador de frecuencia	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_VF
		Breaker riel	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_B03
		Potenciómetro lineal	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_PL
		Luces piloto	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_LP
		Pulsador	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_P
		Selector	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_S02

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.11. Inventario del subsistema reactor

El inventario desarrollado cuantifica los elementos del subsistema reactor, considerando que hay varios elementos de iguales características.

**Tabla 21-3:** Inventario del subsistema reactor

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Estado
1	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_BL01	Blower	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_BL01_C	Carcasa	1	Funcional
3	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_BL01_P	Paletas	1	Funcional
4	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA	Línea de ingreso de aire	1	Funcional
5	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_A	Adaptador	1	Funcional
6	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_C01	Codo X 90°	2	Funcional
7	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_V01	Válvula de esfera	1	Funcional
8	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_T01	Tubo PVC	1	Funcional
9	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LIA_U01	Universal	1	Funcional
14	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC	Cilindro de combustión	1	Funcional
15	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_CL	Compuertas de limpieza	2	Funcional
16	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_PI	Pernos de sujeción inferiores	8	Funcional
17	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_PS	Pernos de sujeción superiores	6	Funcional
18	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_M	Malla	1	Funcional
19	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_CC_MR	Material refractario	1	Funcional
20	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01	Línea de purga	1	Funcional
21	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01_C02	Codo X 45°	1	Funcional
22	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01_T02	Tubo galvanizado	1	Funcional
23	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_LP01_C03	Codo X 90°	1	Funcional

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.12. Inventario del subsistema de instrumentación

El inventario desarrollado cuantifica los elementos del subsistema de instrumentación considerando que la mayoría de elementos en esta sección fueron implementados para el montaje del tablero que controla los dispositivos de temperatura Inventario del subsistema de instrumentación y control.

**Tabla 22-3:** Inventario del subsistema de instrumentación

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Estado
1	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_ST	Sensores de temperatura	8	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_ST_T	Termocuplas tipo J	3	Funcional
3	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_ST_RTD	RTD tipo Pt100	5	Funcional
4	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC	Tablero de control	1	Funcional
5	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_CT	Controladores de temperatura	8	Funcional
6	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_B	Botonería	2	Funcional
7	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_LP	Luz piloto	2	Funcional
8	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_S01	Selector	1	Funcional
9	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_B01	Breaker 10 A	1	Funcional
10	ESPOCH01_FMAGB_SG_SR_TC_B02	Breaker 4 A	1	Funcional

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 3.13. Inventario del subsistema de alimentación

Para ilustrar el inventario del subsistema de alimentación se presenta la cantidad de activos que intervinieron en el enunciado.

**Tabla 23-3:** Inventario del subsistema de alimentación

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Estado
1	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_M01	Motorreductor	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_M01_M	Motor	1	Funcional
3	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_M01_R	Reductor	1	Funcional
4	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR	Transmisión	1	Funcional
5	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR_E	Eje	1	Funcional
6	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR_C	Chumacera	2	Funcional
7	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TR_AF	Acople flexible	1	Funcional
8	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_T	Tolva	1	Funcional
9	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_T_CE	Cilindro para eje	1	Funcional
10	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02	Tablero de control	1	Funcional
11	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_VF	Variador de frecuencia	1	Funcional
12	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_B03	Breaker riel	1	Funcional
13	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_PL	Potenciómetro lineal	1	Funcional
14	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_LP	Luces piloto	2	Funcional
15	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_P	Pulsador	1	Funcional
16	ESPOCH01_FMAGB_SG_SA_TC02_S02	Selector	1	Funcional

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



## CAPÍTULO IV

### 4. HABILITACIÓN DEL SISTEMA GASIFICADOR

El objetivo principal de este proyecto es habilitar el sistema gasificador, para ello se ha establecido un estado de situación inicial y se han anotado algunas tareas de mantenimiento; para ejecutarlas se consideraron características como disponibilidad de elementos y tiempo a continuación se describen los trabajos que se han realizado en los diversos subsistemas.

Iniciando con el sistema reactor se implementó un blower que es el encargado de inyectar agente oxidante al sistema, seguido se montó la línea de ingreso de aire en el que se contemplan accesorios que permitirán la regulación de fluido, del mismo modo se modificó ciertos elementos en el cilindro de combustión y la línea de purga llevando el material contaminante a un mismo punto de almacenamiento.

Para el subsistema de instrumentación se implementaron sensores de temperatura y un tablero en que se puede visualizar el estado en diversos puntos dentro del reactor permitiendo el manejo de datos. Por otro lado, el subsistema de alimentación fue mejorado circunstancialmente permitiendo manejarlo desde un mismo punto y seccionarlo de acuerdo a las necesidades que requiera el proceso.

#### 4.1. Subsistema reactor

Se consideraron las tareas establecidas en el plan de acción, a continuación, se detallan las actividades realizadas en cada ítem para la habilitación e implementación de varios elementos que permitan el correcto funcionamiento del subsistema reactor que es el encargado de combustionar la biomasa y convertirla en biogás.

##### 4.1.1. *Habilitación del blower*

Para empezar con el proceso de habilitación del subsistema reactor se habilitó el blower asentándolo en un soporte adecuado, dicho sea de paso, este elemento es el encargado de proporcionar aire al cilindro de combustión para que se desarrollen las distintas reacciones internas dentro de él. Este aparato fue adquirido y tiene una capacidad de 3 pulgadas que son las adecuadas para ingresar aire al sistema.

**Tabla 1-4:** Habilitación del blower

 <b>Habilitación del subsistema reactor</b>			
<b>Ítem:</b>	Blower	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SR_BL
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>		<b>Descripción de elementos implementados</b>	
1. Montaje de la estructura para blower		<b>Soplador eléctrico</b> Tamaño: 3" Tensión: 110V Watts: 250 W Ciclos: 60 Amperes: 3.5 A RPM: 2800	
2. Adquisición de un blower			
3. Montaje de blower en soporte			
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			
Dentro del tablero de control este blower se encuentra etiquetado con la denominación blower 2 ingreso de aire.			


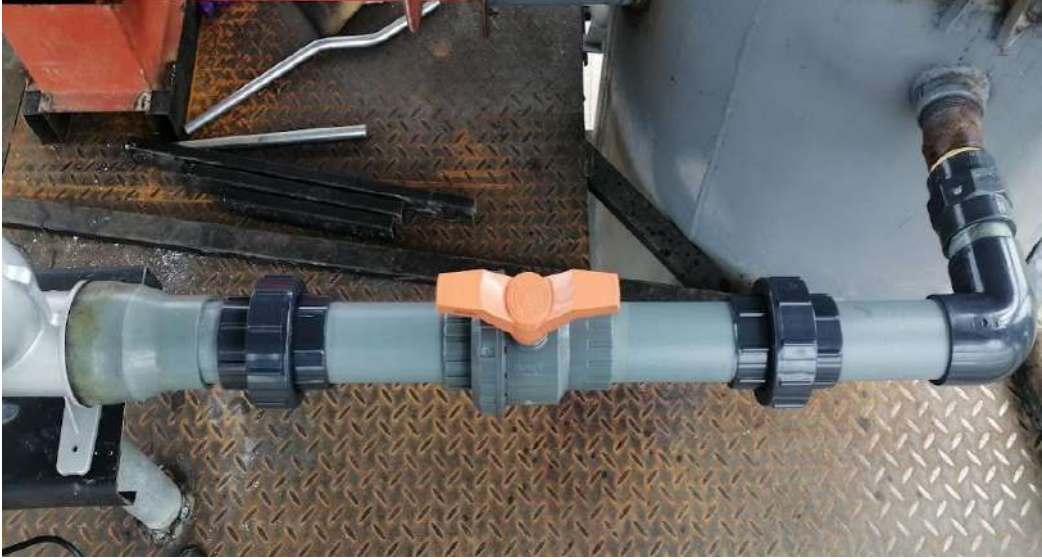
Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 4.1.2. *Habilitación de línea de ingreso de aire*

La línea de ingreso de aire fue habilitada de tal modo que el fluido sea inyectado al cilindro de

combustión a partir de un blower, sabiendo que fue elaborado con material de PVC, debido a que el aire que ingresa es frío y no necesita de una tubería que soporte calor.

**Tabla 2-4:** Habilitación de la línea de ingreso de aire



 <b>Habilitación del subsistema reactor</b>			
<b>Ítem:</b>	Línea de ingreso de aire	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SR_LI A
<b>Fecha de ejecución:</b>	13/4/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>		<b>Descripción de elementos implementados</b>	
1. Desmontaje de tubería		<b>Línea de ingreso de aire</b> Adaptador H PVC 63mm X 2" Codo PVC presión 63mm X 90° Válvula de esfera PVC E/C 63mm Universales PVC 63mm (2) Tubo PVC E/C 63mm X 0.8 MPa x 6m Buje largo PVC presión E/C 90 X 63mm	
2. Limpieza de elementos intervinientes en la conexión			
3. Cambio de elementos			
4. Montaje de línea de ingreso de aire			
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			
A través de la válvula de esfera se puede regular la cantidad de ingreso de aire al cilindro de combustión, permitiendo también el cierre y abertura total.			

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 4.1.3. *Habilitación del cilindro de combustión*

En el cilindro de combustión se realizaron varias actividades particularmente la revisión de pernos, sellado de compuertas, limpieza interna y una de las actividades con más resalte el cambio de malla que se encontraba totalmente corroída y es la encargada de aislar de manera particular el cilindro de combustión

**Tabla 3-4:** Habilitación del cilindro de combustión



 <b>Habilitación del subsistema reactor</b>			
<b>Ítem:</b>	Cilindro de combustión.	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SR_C C
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>		<b>Descripción de elementos implementados</b>	
1. Revisión y limpieza de pernos		<b>Malla</b> Material: Tol-acero Espesor: 0,9mm	
2. Sustitución de pernos en mal estado			
3. Sellado de compuertas de limpieza			
4. Limpieza interna del cilindro			
5. Cambio de malla			
6. Recubrimiento con pintura del cilindro			
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			
Según las normas internacionales API y ASME se recomienda cubrir con pintura de color aluminio aislados con una lámina para productos calientes de tipo gas.			

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 4.1.4. *Habilitación de la línea de purga*

La línea de purga dentro del subsistema reactor es importante pues mediante ella desembocan materiales tales como alquitrán y otras impurezas resultado de la combustión interna en el cilindro, cabe mencionar que el conjunto de purgas sale a un mismo punto con el objetivo de realizar estudios posteriores de los residuos que el sistema de gasificación, filtrado y enfriamiento crean finalmente.

**Tabla 4-4:** Habilitación de la línea de purga

 <b>Habilitación del subsistema reactor</b>			
<b>Ítem:</b>	Línea de purga	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SR_LP
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>	<b>Descripción de elementos implementados</b>		
1. Desmontaje de tubería	<b>Línea de purga</b> Codo HG 1 X 45° Tubo galvanizado ISO II 250mm 1" X 6m Codo HG 1" X 90°		
2. Limpieza de elementos			
3. Cambio de elementos			
4. Montaje de línea de purga			
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## 4.2. Habilitación del subsistema de instrumentación

En lo que respecta al subsistema de instrumentación la mayor parte de este subsistema fue implementado con el afán de que el proceso sea más sistematizado y controlado, es por ello que se montó un tablero de control con sensores capaces de indicar la temperatura de trabajo en las distintas zonas de reacción. Del mismo modo se instalaron elementos capaces de manejar el encendido y apagado de blowers tanto de inyección de aire como el de enfriamiento del fluido.

### 4.2.1. Habilitación de sensores de temperatura

**Tabla 5-4:** Habilitación de sensores de temperatura

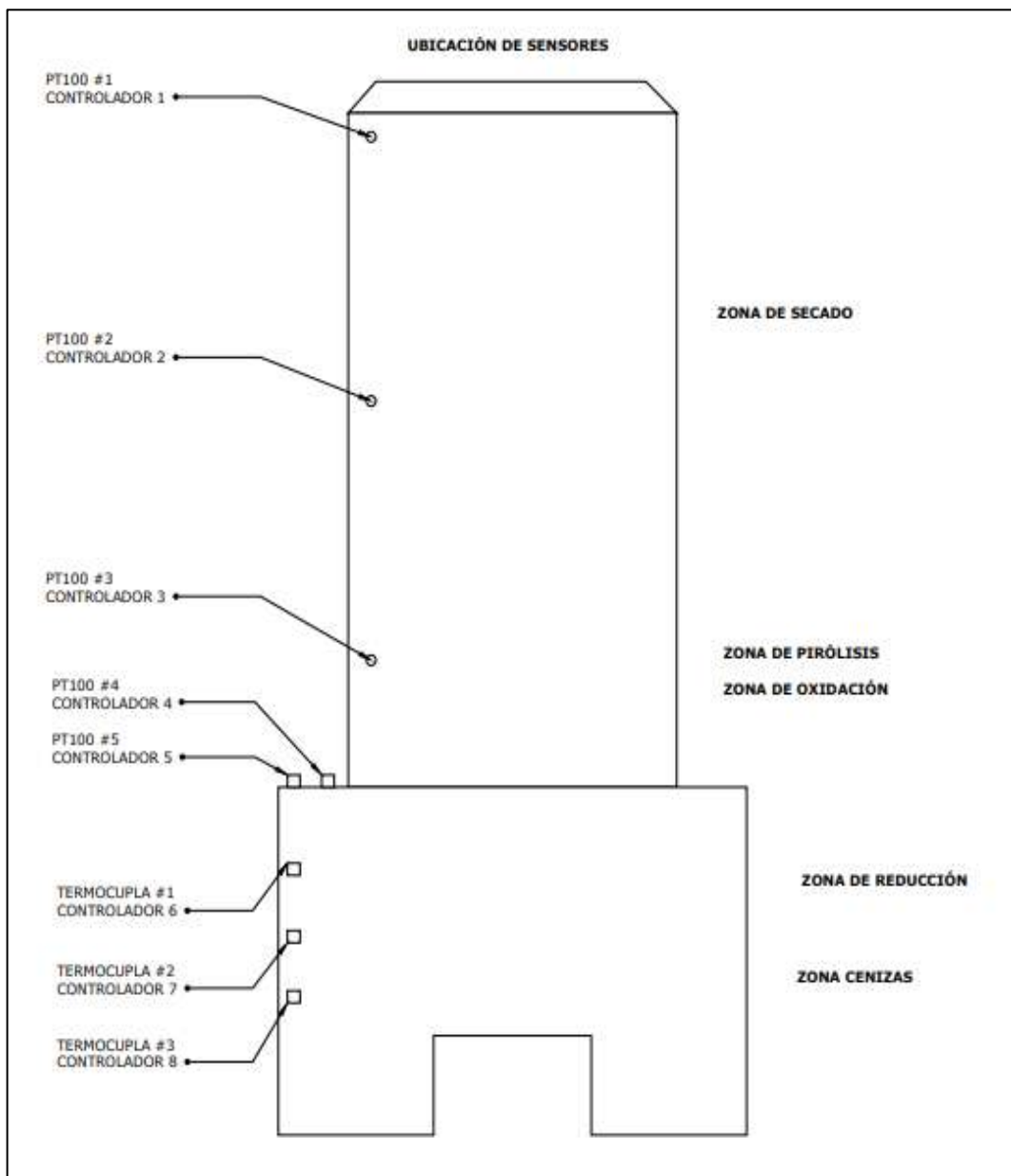
 <b>Habilitación del subsistema de instrumentación</b>			
<b>Ítem:</b>	Sensores de temperatura	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SR_ST
<b>Fecha de ejecución:</b>	22/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>		<b>Descripción de elementos implementados</b>	
1. Desmontaje de RTDs y termocuplas		<b>RTDs (4)</b>	
2. Limpieza y reemplazo de elementos		Tipo Pt100	
3. Cambio de conductor de termocuplas		Bulbo:20cm	
4. Montaje de sensores		<b>Cable para termocupla</b>	
		Pt100 3 hilos	
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			
<p>El cambio de termocuplas se lo hizo en base a las que se utilizaban en los anteriores procesos de funcionamiento del sistema gasificador. Por un lado, en la zona de reducción o gasificación en donde la temperatura oscila entre los 600°C a 1000°C se utilizó termocuplas de tipo J que son capaces de resistir entre -270°C a 1370°C De modo similar la selección de sensores de temperatura para la zona de secado, pirólisis y combustión en donde las temperaturas varían de entre 100°C a 200°C, 300°C a 500°C y 100°C a 300°C respectivamente se eligió el uso de RTDs tipo Pt100 que soportan temperaturas de entre -100°C a 200°C.</p>			

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

Los sensores de temperatura instalados en el tablero de control y conectados a los sensores de temperatura que se encuentran en diversos puntos facilitan la toma de datos de temperatura y mejoran la calidad del análisis del gas resultante.

#### 4.2.1.1. Disposición de sensores de temperatura

Para la disposición de sensores de temperatura se consideraron los puntos de conexión anteriores, a continuación, se presenta un esquema del cilindro de combustión y los puntos en donde se colocaron dichos dispositivos.



**Figura 4-3:** Disposición de sensores de temperatura

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 4.2.2. *Habilitación del tablero de control*

El tablero de control fue diseñado y montado para controlar sensores de temperatura y blowers elementos que se encuentran dentro del subsistema reactor.

**Tabla 6-4:** Habilitación del tablero de control

 <b>Habilitación del subsistema de instrumentación</b>			
<b>Ítem:</b>	Tablero de control	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SR_TC
<b>Fecha de ejecución:</b>	20/5/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
Actividades realizadas		Descripción de elementos implementados	
1. Diseño del circuito		<b>Controladores de temperatura digital</b> 72x72mm, 110-220V, 1200°C <b>Botonera de fuerza trifásica empotrada</b> ON-OFF, 15 A, <b>Luz piloto voltímetro</b> verde 22mm <b>Selectores</b> 22mm 2, 2 posiciones con llave, 1NA <b>Breaker</b> 10A, 6KV, 400V Breaker 4A,6KV, 400V <b>Riel Din</b> 35 mm, 1m acero perforado <b>Gabinete metálico</b> 40x40x20cm Cable flexible #18	
2. Corte de gabinete para elementos			
3. Montaje de elementos			
4. Construcción de soporte para el tablero			
5. Montaje de tablero			
6. Revisión de elementos			
Resultados			
			
Observaciones			
La conexión y configuración de estos dispositivos se muestra en los circuitos diseñados en el estado de situación inicial.			

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



### **4.3. Habilitación del subsistema de alimentación**

El subsistema de alimentación es indispensable pues su función es abastecer de biomasa al subsistema reactor que es en dónde se dan las distintas reacciones, se realizaron los montajes de los diferentes elementos existentes, así también se diseñó y elaboró un tablero de control con el fin de manejar el subsistema desde un mismo punto.

Así también, es necesario comprender que este subsistema es el que inicia el proceso de gasificación dentro del sistema general del gasificador pues partimos de alimentar el sistema para posteriormente poner en marcha el subsistema reactor y por consiguiente el de instrumentación que será el que nos brinde los medios necesarios de análisis de temperatura siendo estos 3 subsistemas esenciales en todo proceso de obtención gas sin dejar de ser importante el subsistema de conducción y filtrado para obtener un gas con características y componentes adecuados para usos posteriores.

Para efectuar el montaje del sistema alimentador en el sistema gasificador se consideraron algunos criterios como lo son precio y la adaptación al gasificador, siendo el segundo uno de los criterios más importantes pues se rescata la facilidad de montaje y desmontaje del subsistema. De forma acertada se usó un acople que une al subsistema reactor con el de alimentación sin interferir en su funcionamiento progresivo.



En adición a ello se consideró el factor de precisión tratando de evitar la posibilidad de que se generaran fugas principalmente de gas, mismo que se produce dentro de la cámara de combustión del reactor.

#### **4.3.1. Habilitación del motorreductor**

Como se mencionó anteriormente este subsistema existía en bodega, nuestras actividades fueron solo las del montaje oportuno tanto del motor con del reductor. El motorreductor fue seleccionado en base a la potencia que necesita el subsistema para alimentar el sistema siendo de 1 HP y 30 RPM.

Sin embargo, las velocidades que se requieren para que el subsistema de alimentación actúe con total normalidad requiere del uso de un variador de frecuencia que posibilite una alimentación adecuada y pertinente. Al seleccionar un motor y un reductor para un proceso se requiere conocer la potencia que se requiere para llevar a cabo la dosificación de biomasa y la velocidad de giro de la materia prima a utilizar.

**Tabla 7-4:** Habilitación del motorreductor

 <b>Habilitación del subsistema de alimentación</b>			
<b>Ítem:</b>	Motorreductor	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SA_M01
<b>Fecha de ejecución:</b>	2/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>		<b>Descripción de elementos implementados</b>	
1. Montaje de motor y reductor			
2. Limpieza y revisión de funcionamiento			
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			
El sistema necesita de una velocidad de 10 RPM para trabajar de manera adecuada, es por ello que se necesita de un variador de frecuencia.			

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022


#### 4.3.2. *Habilitación de tolva*

Del mismo modo se montó la tolva y el tornillo sin fin que son elementos encargados de mover la biomasa hasta que llegue al cilindro de combustión para continuar con el proceso de reacción

interna. Por otro lado, la tolva es la que se encarga de almacenar el producto que al mismo tiempo seguirá pasando por el tornillo sin fin con una frecuencia bastante baja generada por el motor y controlada por el variador de frecuencia.

Para el diseño y construcción de la tolva se seleccionó un acero inoxidable pues es un material de bajo costo y protege la parte interna de la tolva, en cuanto a la capacidad de este elemento alcanza los 25 k/h para un funcionamiento adecuado. El tubo exterior que cubre al tornillo sin fin tiene un diámetro de 10 pulgadas, el tornillo sin fin mide 1,3 m y se construyó de acero AISI 1045 pues posee características adecuadas de resistencia mecánica.

**Tabla 8-4:** Habilitación de tolva

 <b>Habilitación del subsistema de alimentación</b>			
<b>Ítem:</b>	Tolva	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SR_ST
<b>Fecha de ejecución:</b>	6/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>	<b>Descripción de elementos implementados</b>		
1. Montaje de tolva y tornillo sin fin			
2. Limpieza y revisión de funcionamiento			
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			
Se cambió el empaque de la tapa de la tolva por la excesiva fuga de calor que se presenciaba durante el proceso.			

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### 4.3.3. *Habilitación de transmisión*

Parte de este subsistema es el sistema de transmisión en donde se ven intervinientes varios elementos como el eje, chumaceras y un acople flexible que es el encargado de transmitir la fuerza generada por el motor y reductor hacia el tornillo sin fin que está en contacto directamente con la materia prima. El acople seleccionado fue uno de tipo flexible siendo este tipo de acople capaz de tolerar cualquier combinación de desalineaciones con las siguientes características: potencia 100 rpm posibilitando un diámetro máximo de 57 mm y un mínimo de 20mm respectivamente y las chumaceras son de 50mm de diámetro con soporte.

**Tabla 9-4:** Habilitación de transmisión



 <b>Habilitación del subsistema de alimentación</b>			
<b>Ítem:</b>	Transmisión	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SA_T
<b>Fecha de ejecución:</b>	14/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
<b>Actividades realizadas</b>	<b>Descripción de elementos implementados</b>		
1. Montaje de eje, chumaceras y acople flexible			
2. Limpieza y revisión de funcionamiento			
<b>Resultados</b>			
			
<b>Observaciones</b>			
El sistema de transmisión presenta un desalineamiento notable, esto se evidenció tras montar el subsistema de alimentación.			

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 4.3.4. *Habilitación de tablero de control*

Al igual que el primer tablero de control montado este se encarga de alojar el variador de frecuencia que es el encargado de controlar frecuencias, intensidad entre otras variables del proceso que el motor y reductor generan para el subsistema de alimentación.

**Tabla 10-4:** Habilitación de tablero de control

 <b>Habilitación del subsistema de alimentación</b>			
<b>Ítem:</b>	Transmisión	<b>Código:</b>	ESPOCH01_FMEE_SG_SA_TC02
<b>Fecha de ejecución:</b>	14/6/2022	<b>Tipo de activo:</b>	Fijo
Actividades realizadas		Descripción de elementos implementados	
1. Diseño de circuito		<b>Gabinete metálico</b> 30X30X20cm <b>Luz piloto</b> voltímetro verde, 22mm <b>Luz piloto</b> amperímetro verde 22mm, 100A <b>Pulsador</b> 22mm, 40mm, giro, rojo <b>Selector</b> 22mm, 2 posiciones con llave <b>Placa amarilla</b> paro de emergencia 22mm 90mm <b>Cable flexible</b> #12AWG <b>Potenciómetro lineal</b> 10K, 1V, 22mm <b>Breaker riel</b> CSC 2P, 10A, 6KV, 400V	
2. Montaje de elementos intervinientes			
3. Elaboración de estructura para el soporte del tablero			
4. Montaje del tablero			
Resultados			
			
Observaciones			
El variador de frecuencia fue programado nuevamente, la programación del elemento se encuentra detallado en el anexo G.			

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

Las actividades de habilitación descritas anteriormente para cada subsistema fueron ejecutadas cronológicamente con el objetivo de precautelar y mantener el correcto funcionamiento del sistema gasificador, si bien es cierto el proceso de gasificación comprende de dos subsistemas más y se trata del subsistema de filtración y el de conducción es decir los 5 subsistemas permiten la obtención de un gas síntesis con características adecuadas de uso.

Tras habilitar el sistema completo se pudieron realizar las pruebas de funcionamiento, encontrando ciertos problemas como fugas y atascamientos mismos que fueron solucionados con la brevedad adecuada. Sin embargo, el cambio de RTDs no fue del todo conveniente pues al encender el gasificador y estar en combustión la biomasa, estos elementos entraron en circuito pues no son aptos para la temperatura que se alcanza en las diversas zonas en donde fueron colocados.






Consecuentemente se realizaron las pruebas de funcionalidad y se obtuvo un gas con escenarios adecuados de combustión y poder calorífico intermitente que puede ser utilizado en diversas aplicaciones en donde se requiera de un gas pobre con fines de generación eléctrica.





#### 4.4. Proceso de encendido del gasificador de generación de biogás.

Tras ejecutar cada una de las actividades de mantenimiento e implementación para el sistema gasificador se procedió a encenderlo y observar las reacciones y resultados que se esperaban inicialmente para ello se realizó lo siguiente considerando algunas variaciones en cada proceso indistintamente, sabiendo que se pueden presentar ciertas dificultades las mismas que deben ser solventadas:



**Tabla 11-4:** Proceso de encendido del gasificador

N°	Descripción	Gráfico
1	Para iniciar con el proceso de gasificación se energizaron los tableros de control es decir el tablero de los controladores de temperatura y el tablero encargado de la alimentación.	

2	<p>Como siguiente paso se colocó carbón vegetal en la parte inferior del reactor, luego se lo enciende con las compuertas abiertas hasta llegar a los 400°C y 500°C aproximadamente.</p>	
3	<p>Tras alcanzar la temperatura de entre 400°C a 500°C se procede a sellar as compuertas con pegamento para evitar fugas.</p>	
4	<p>Una vez, las compuertas inferiores esté completamente cerradas se procede a alimentar el reactor con briquetas de madera con una humedad baja, añadiendo aserrín del mismo modo. Después cerrar la tapa superior del reactor herméticamente.</p>	
5	<p>Más adelante se debe encender el blower encargado de inyectar agente oxidante al sistema.</p>	
6	<p>Luego de que el sistema goce de agente oxidante, se procede a ingresar briquetas de madera a la tolva del alimentador, inmediatamente se la sella y se enciende el motorreductor a una frecuencia de 10RPM.</p>	

7	<p>Mediante una palanca instalada en la tolva moverla hacia el lado izquierdo aproximadamente a 30° en intervalos de tiempo cortos de 1 a 2 minutos con el objetivo de evitar atascamientos de producto.</p>	
8	<p>Luego el gas obtenido se dirigirá por la tubería a una temperatura de entre 800 a 900°C para posteriormente pasar por el filtro ciclónico donde se realiza la primera limpieza del gas.</p>	
9	<p>Encender el blower del subsistema de enfriamiento y condensado. El gas pasa a un intercambiador de calor de flujo cruzado donde el gas se enfría a temperaturas inferiores a los 280°C, aquí también se condensa el alquitrán.</p>	
10	<p>Tras el enfriamiento del gas este es enviado hacía un filtro con mangas en donde se realiza la limpieza filtrado del gas.</p>	




11	Con una frecuencia de 30 minutos purgar el material de desecho en los distintos puntos de evacuación.	
12	Finalmente, el gas filtrado se dirige a la desembocadura final en donde esta apto para su uso. Para comprobar la efectividad del syngas se enciende una llama obteniendo un color rojizo amarillento indicadores de una buena combustión dentro reactor y limpieza adecuada de los filtros.	





Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022


#### 4.5. Proceso de apagado del gasificador de generación de biogás.

Tras realizar la gasificación se ejecutan una serie de pasos que posibilitan el uso repetitivo del proceso para ello el gasificador debe presentar condiciones de limpieza.

**Tabla 12-4:** Proceso de apagado del gasificador

N°	Descripción	Gráfico
1	A través de los controladores de temperatura comprobar que la temperatura dentro del reactor descienda.	

2	<p>Tras el descenso inmediato de temperatura se procede a apagar el motorreductor del subsistema de alimentación desde el tablero de control.</p>	
3	<p>Por consiguiente, se procede a apagar el blower que inyecta agente oxidante en el sistema.</p>	
4	<p>Después de 5 minutos se apaga el blower del intercambiador de calor de flujo cruzado.</p>	
5	<p>Los tableros tanto de alimentación como de medidores de temperatura deben ser desenergizados,</p>	

6	<p>Transcurridas 48 horas tras el proceso de gasificación y verificando el descenso de calor se podrá ejecutar actividades de limpieza de residuos.</p>	
---	---	--

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### 4.5.1. Condiciones del proceso de encendido

Para encender el sistema de gasificación tipo *Downdraft* de la Facultad de Mecánica se establecieron parámetros iniciales referente a la cantidad de biomasa ingresada, carbón, residuos y a su vez el tiempo de salida del gas a partir de materia prima. Se ingresaron 45kg de briquetas de madera de aproximadamente 5cm de ancho y 6cm de diámetro, además, se ingresó 20kg de aserrín tipo viruta y 10kg de carbón vegetal.

Transcurridos 30 minutos de combustión entre el encendido y la alimentación, se empezó a obtener un gas previamente filtrado y enfriado por alrededor de 310 minutos, la llama obtenida fue de color amarillo rojizo denominada llama busen con el suficiente poder calorífico que a pesar de las condiciones ambientales conservaba sus características de color y forma.

Después de 46 horas de enfriamiento del sistema se procedió a recopilar las cantidades de residuos que pesaron 5kg entre ceniza y residuos sólidos, en la siguiente tabla se presentan de manera resumida la cantidad de material que ingreso y los residuos sobrantes del proceso de gasificación en condiciones normales de trabajo.

**Tabla 13-4:** Proporciones de materia utilizada

Materia prima	Cantidad(kg)	Syngas(min)
Briquetas de madera	45	310
Aserrín	20	
Carbón vegetal	10	
Residuos(ceniza)	2	
Residuos(sólidos)	5	

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

#### **4.6. Plan de mantenimiento preventivo del sistema gasificador**

Tras la habilitación y puesta en marcha del sistema gasificador, se establecieron tareas de mantenimiento preventivo con el objetivo de valorar y precautelar el funcionamiento del sistema gasificador. En él se detallan tareas y actividades con una frecuencia de ejecución para cada una de ellas. Así también se describe el número de personas que se necesita para la realización de dichos trabajos, además, los materiales que se necesitan. El plan de mantenimiento se muestra en el anexo C. En el anexo D, se describen cada una de las tareas propuestas en el plan de mantenimiento preventivo, con una secuencia de pasos y el tiempo estimado.

## CONCLUSIONES

Como resultado del mantenimiento y puesta en marcha del gasificador tipo *Downdraft* de la Facultad de Mecánica se cumplieron los objetivos planteados inicialmente, siendo un ejemplo de ello la obtención de un gas pobre tras el proceso respectivo de combustión y filtración a través de materia prima renovable amigable con el planeta y permitiéndose ser un indicador de generación de energía eléctrica y térmica.

Durante la habilitación del gasificador se repararon elementos en mal estado e implementaron otros que mejoraron el proceso general, esto a través del planteamiento del estado de situación inicial del sistema, que facilitó el acondicionamiento del gasificador incluyendo los subsistemas de alimentación, reacción, instrumentación, filtración, conducción y eléctrico.

Al efectuar la puesta en marcha del sistema gasificador contemplando sus diversos subsistemas se pudo apreciar un syngas con características adecuadas de uso conjuntamente con sus componentes inherentes, particularidades que se comprobaron al encender el gas logrando una llama busen de color amarillo rojizo brillante.

Por otro lado, se mejoró el control del subsistema de alimentación antes diseñado, para lograrlo se montó un tablero de control con indicadores de voltaje, frecuencia y amperaje del motorreductor para de esta forma manejar de manera acertada la distribución de biomasa, así mismo se mejoró el control de temperatura.

Finalmente, se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para precautelar el correcto funcionamiento del sistema gasificador para que sirva de ayuda para quienes lo manipulen más adelante, se consideraron tareas y procesos sencillos pero indispensables para que el sistema cumpla con su función original que es la de generar syngas a partir de biomasa.

## RECOMENDACIONES

Diseñar e incrementar una parrilla en la parte inferior del reactor que posibilite la acumulación de ceniza en una zona en concreto para mejorar la limpieza del sitio tras ejecutarse la combustión continua de biomasa, considerando en el diseño la necesidad de sacudir los restos de materia prima periódicamente para evitar la obstrucción que se generará.

Implementar bisagras y un seguro en las compuertas de limpieza que permitan el fácil acceso durante el proceso de encendido del gasificador, esto debido a que al sellar con pegamento y pernos las compuertas dificultan la agilidad del proceso y se incrementan las fugas de calor.

Cambiar termocuplas de tipo k o algún sensor que soporte temperaturas por encima de los 800°C en todo el cilindro de combustión, pues tras realizar pruebas de funcionamiento se determinó que los RTD pt100 no son adecuados ni soportan las temperaturas que surgen del proceso de gasificación, considerando para este cambio que los sensores tengan un bulbo pequeño para evitar su deterioro por motivos de alimentación de biomasa.

Aislar térmicamente el cilindro de combustión para reducir las pérdidas de calor envolviendo internamente el tubo con una capa de lana mineral o lana de roca, la cual a su vez debería ser sellada con una capa de metal que la proteja y ayude a conservar sus propiedades aislantes.

Examinar el contenido de humedad y el tamaño de las partículas de biomasa antes de ingresarla al sistema gasificador, pues estas dos variables influyen considerablemente en la combustión y el tiempo en que se obtuvo el syngas.

Implementar un kit de herramientas que contenga llaves, llaves de tubo, copas, destornilladores dentro de la estructura envolvente del gasificador para facilitar el proceso de mantenimiento y solución de posibles inconvenientes durante el proceso de gasificación.

Mejorar el subsistema de alimentación del sistema pues al momento de alimentar se visualizaron atascamientos generados por el diseño del tornillo sin fin, considerar la posibilidad de construir un sistema en base a elevador de cangilones.

Cambiar los termopozos 6,7,8 que son los encargados de contener a las termocuplas con el fin de precautelar la funcionalidad y buen estado de los sensores de temperatura que deben ser tratados cuidadosamente.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALVAREZ, María.** Enseñanza de las reacciones químicas a través de metodologías activas para 3º de E.S.O en el contexto de la vida cotidiana (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Pública de Navarra, Facultad de Ciencias Humanas. 2021. pp. 54-59

**ANTAR, Mohammed, LYU, Dongmei, NAZARI, Mahtab, SHAH, Ateeq, ZHOU, Xiaomin and SMITH, Donald L.** “Biomass for a sustainable bioeconomy: An overview of world biomass production and utilization”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2021(Canadá) 139, pp. 110691. [Consulta: 15 julio 2022]. ISSN 13640321. DOI 10.1016/j.rser.2020.110691. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110691>

**BLANCO, Napoleón.** “Selección de gasificador para la generación de energía eléctrica a pequeña escala empleando biomasa agrícola” *Nexo Revista Científica* [en línea], 2021(Nicaragua) 34(2), pp. 616–624. [Consulta: 14 julio 2022]. ISSN 1995-9516. Disponible en: <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i02.11547>

**BORIS, German.** *Ecuador y los Biocombustibles. Petroenergía* [blog], [Consulta: 19 abril 2022]. Disponible en: <https://www.petroenergia.info/post/ecuador-y-los-biocombustibles>

**BRITES, Carlos D.S., BALABHADRA, Sangeetha and CARLOS, Luís D.** “Lanthanide-Based Thermometers: At the Cutting-Edge of Luminescence Thermometry”. *Advanced Optical Materials* [en línea], 2019 7(5), pp. 1801239. [Consulta: 14 julio 2022]. ISSN 2195-1071. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/adom.201801239>

**BUÑAY, Samuel.** Arranque de un grupo electrógeno Otto usando el gas de síntesis del gasificador Downdraft acondicionados como un sistema de micro generación eléctrica para fines didácticos [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. 2019. pp.33-35. [Consulta 2022-04-18]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12702>

**HE, Qing, GUO, Qinghua, UMEKI, Kentaro, DING, Lu, WANG, Fuchen and YU, Guangsu.** “Soot formation during biomass gasification: A critical review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2021(China) 139, pp. 110710. ISSN 13640321. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110710>

**HERRERA, Raúl.** Análisis térmico de un gasificador tipo Downdraft al combustionar residuos forestales [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. 2019. pp. 20-25 [Consulta: 27-04-2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13243>

**ISO 14224:2016.** *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. Parte 6: calidad de datos*

**JAHROMI, Reza, REZAEI, Mahdi, HASHEM SAMADI, Seyed and JAHROMI, Hossein.** “Biomass gasification in a Downdraft fixed-bed gasifier: Optimization of operating conditions”. *Chemical Engineering Science*, 2021, vol. 231, pp. 116249. ISSN 00092509. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.116249>

**LEGRAND.** *Tableros a norma.* [blog], [Consulta: 28 abril 2022]. Disponible en: <https://www.legrand.cl/>

**MUÑOZ, Mario.** “Gasificación y torrefacción de residuos agrícolas de la cosecha de caña, tecnologías para diversificar los biocombustibles de la agroindustria azucarera”. ResearchGate [en línea], 2019, (Guatemala), pp. 2-4. [Consulta 2022-04-19]. S.l. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/337445412\\_GASIFICACION\\_Y\\_TORREFACCION\\_DE\\_RESIDUOS\\_AGRICOLAS\\_DE\\_LA\\_COSECHA\\_DE\\_CANA\\_TECNOLOGIAS\\_PARA\\_DIVERSIFICAR\\_LOS\\_BIOCOMBUSTIBLES\\_DE\\_LA\\_AGROINDUSTRIA\\_AZUCARERA](https://www.researchgate.net/publication/337445412_GASIFICACION_Y_TORREFACCION_DE_RESIDUOS_AGRICOLAS_DE_LA_COSECHA_DE_CANA_TECNOLOGIAS_PARA_DIVERSIFICAR_LOS_BIOCOMBUSTIBLES_DE_LA_AGROINDUSTRIA_AZUCARERA)

**MURUGAN, P.C. and JOSEPH SEKHAR, S.** “Investigation on the yield of producer gas from tamarind shell (*Tamarindus Indica*) as feedstock in an Imbert type biomass gasifier”. *Fuel* [en línea], 2021, (India), 292, pp. 120310. [Consulta 2022-04-19]. ISSN 00162361. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120310>

**PATUZZI, Francesco, BASSO, Daniele, VAKALIS, Stergios, ANTOLINI, Daniele, PIAZZI, Stefano, BENEDETTI, Vittoria, CORDIOLI, Eleonora and BARATIERI, Marco.** “State-of-the-art of small-scale biomass gasification systems: An extensive and unique monitoring review”. *Energy* [en línea], 2021, (Italia) 223, pp. 120039. [Consulta 2022-04-19]. ISSN 03605442. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120039>

**PÉREZ, Juan, DIAZ, Óscar, OBANDO, Roberto and MOLINA, Alejandro.** “Diseño conceptual de un gasificador de biomasa de lecho fijo en equicorriente a escala piloto”



*Tecnológicas* [en línea], 2009, (Colombia), (22), pp. 121-140 [Consulta: 23 April 2022]. ISSN 0123-7799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234314008.pdf>

**PROENZA, Néstor.** “Gas Pobre: Factibilidad de su uso en los motores, ZIL – 130” Redalyc.org [en línea], 2011, 32(3), p. 1-8. [Consulta: 21 April 2022]. ISSN 1815-5901 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127748001>

**Ramos, A., Monteiro, E., & Rouboa, A.** “Numerical approaches and comprehensive models for gasification process: A review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2019, (Portugal) 110. p. 188–206. [Consulta: 22 April 2022]. S.I. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.048>

**Safarian, S., Unnpórsson, R., & Richter, C.** “A review of biomass gasification modelling”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], 2019, (Islandia) 110, p. 378–391. [Consulta: 22 April 2022]. S.I. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.003>

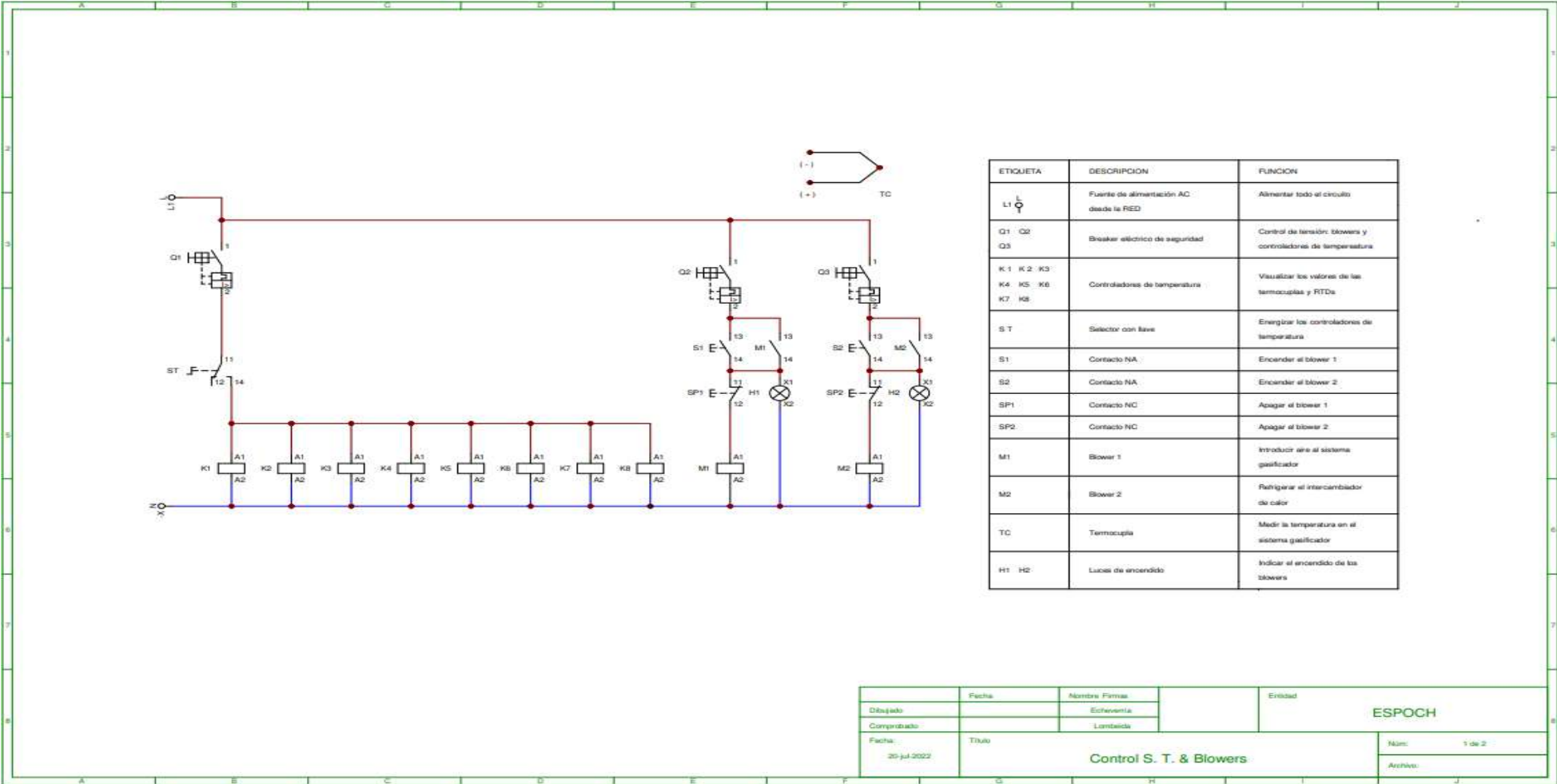
**Salomon, C. P., Ferreira, C., Sant’Ana, W. C., Lambert-Torres, G., da Silva, L. E. B., Bonaldi, E. L., de Lacerda de Oliveira, L. E., & Torres, B. S.** “A study of fault diagnosis based on electrical signature analysis for synchronous generators predictive maintenance in bulk electric systems”. *Energies* [en línea], 2019, 12(8), p. 1-30. [Consulta: 22 April 2022]. ISSN 1506. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en12081506>

**UNE-EN 13306: 2018.** *Terminología del Mantenimiento. Parte 2: Términos fundamentales*

**Wu, J.** *A Basic Guide to Thermocouple Measurements Application Report A Basic Guide to Thermocouple Measurements.* [blog]. [Consulta: 21 April 2022]. S.I. Disponible en: [https://www.ti.com/lit/an/sbaa274/sbaa274.pdf?ts=1661041689061&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F](https://www.ti.com/lit/an/sbaa274/sbaa274.pdf?ts=1661041689061&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F)

# **ANEXOS**

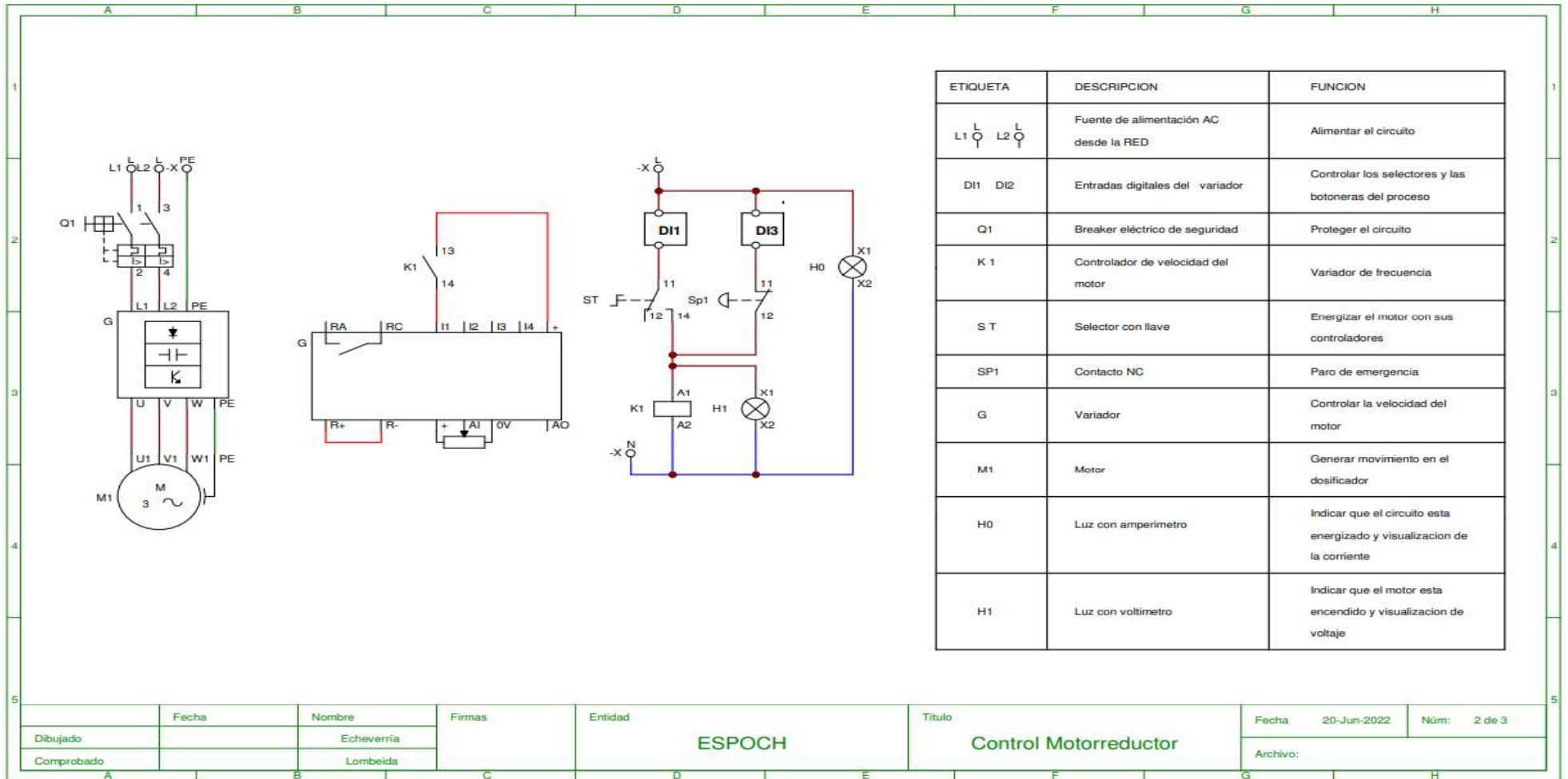
**ANEXO A: CIRCUITO PARA CONTROLAR SENSORES Y BLOWERS**



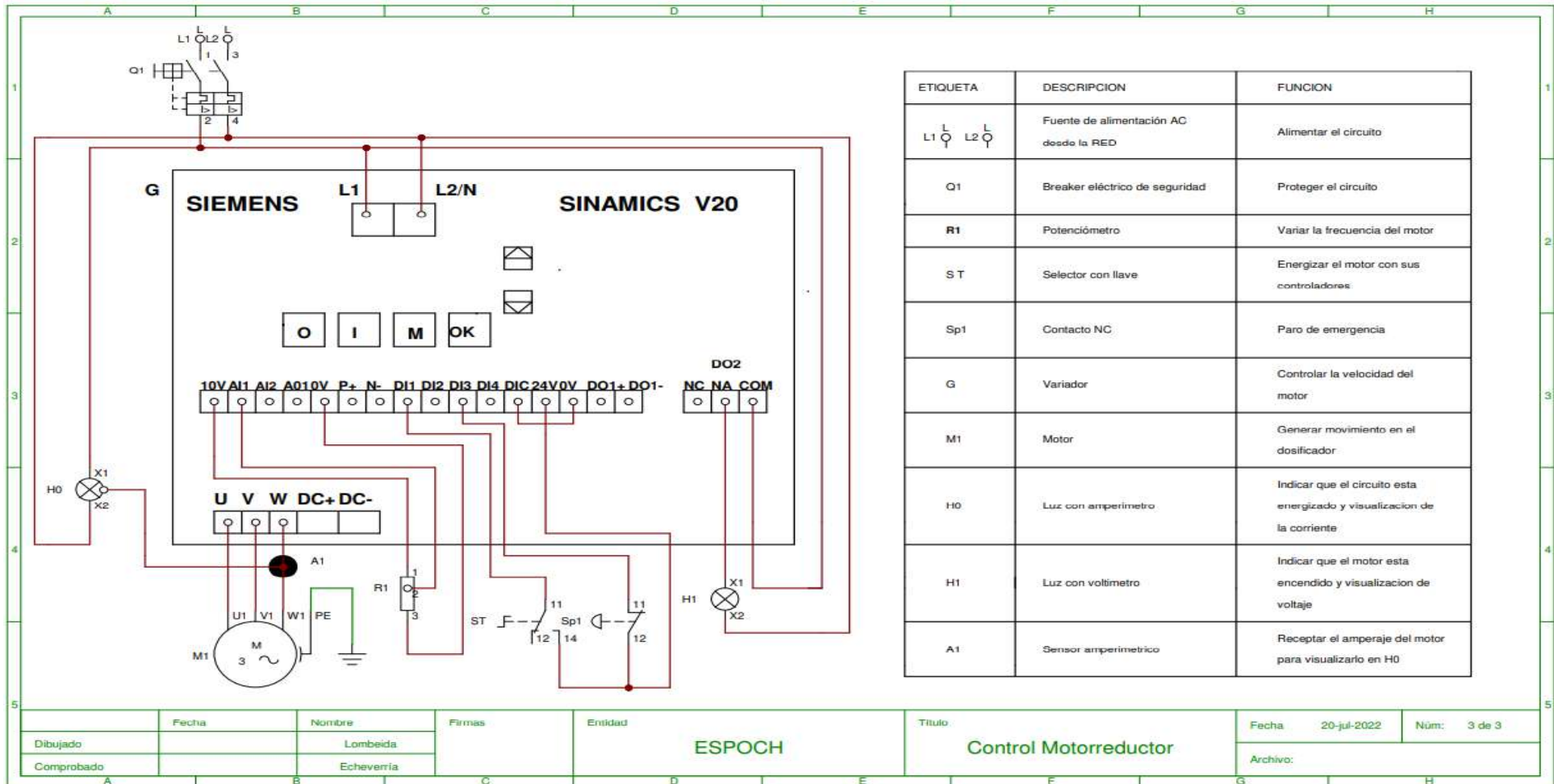
ETIQUETA	DESCRIPCION	FUNCION
L1	Fuente de alimentación AC desde la RED	Alimentar todo el circuito
Q1 - Q2 - Q3	Breaker eléctrico de seguridad	Control de tensión: blowers y controladores de temperatura
K 1 - K 2 - K3 K4 - K5 - K6 K7 - K8	Controladores de temperatura	Visualizar los valores de las termocuplas y RTDs
S - T	Selector con llave	Energizar los controladores de temperatura
S1	Contacto NA	Encender el blower 1
S2	Contacto NA	Encender el blower 2
SP1	Contacto NC	Apagar el blower 1
SP2	Contacto NC	Apagar el blower 2
M1	Blower 1	Introducir aire al sistema gasificador
M2	Blower 2	Refrigerar el intercambiador de calor
TC	Termocupla	Medir la temperatura en el sistema gasificador
H1 - H2	Luces de encendido	Indicar el encendido de los blowers

Dibujado	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Comprobado		Echeverría	ESPOCH
Fecha:		Lombardo	
20-Jul-2022	Título	Control S. T. & Blowers	
		Núm:	1 de 2
		Archivo:	

## ANEXO B: CIRCUITO PARA CONTROLAR MOTORREDUCTOR




## Circuito funcional para controlar motorreductor




## ANEXO C: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

### Subsistema reactor

		<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		<b>Versión:</b> 001
				<b>Fecha de elaboración:</b> 27/06/2022
				<b>Fecha de revisión:</b> 04/07/2022
				<b>Fecha de aprobación:</b> 11/07/2022
<b>Elaborado por:</b> Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		<b>Revisa:</b> Ing. Ángel Jácome		<b>Aprueba:</b> Ing. Félix García
<b>Área:</b> Generación de Biogás de la Facultad de Mecánica.				
<b>Nombre del subsistema:</b> Reactor			<b>Código:</b> ESPOCH01_FMAGB_SG_SR	
Equipo	Tarea	Frecuencia (horas)	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar
Blower	Revisión de carcasa, paletas, limpieza de polvo.	200	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Blower	Revisión y ajuste de pernos de sujeción	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Línea de ingreso de aire	Revisión y limpieza de tubería y accesorios	50	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Cilindro de combustión	Revisión de pernos, fugas de gas, fugas de calor	25	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Cilindro de combustión	Inspección de material refractario y malla	200	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Cilindro de combustión	Limpieza interna de residuos de biomasa	10	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha, saquillos y caja de herramientas
Línea de purga	Revisión y limpieza de accesorios como: tubo, codos y válvulas	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha, saquillos y caja de herramientas


**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Subsistema de instrumentación

	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			<b>Versión:</b> 001
				<b>Fecha de elaboración:</b> 27/06/2022
				<b>Fecha de revisión:</b> 04/07/2022
				<b>Fecha de aprobación:</b> 11/07/2022
<b>Elaborado por:</b> Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		<b>Revisa:</b> Ing. Ángel Jácome		<b>Aprueba:</b> Ing. Félix García
<b>Área:</b> Generación de Biogás de la Facultad de Mecánica.				
<b>Nombre del subsistema:</b> Instrumentación			<b>Código:</b> ESPOCH01_FMAGB_SG_SIC	
Equipo	Tarea	Frecuencia (horas)	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar
Sensores de temperatura	Apretar y sostener las termocuplas en los termopozos.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Sensores de temperatura	Inspeccionar y evitar la condensación de humedad e ingreso de líquido en los cabezales.	200	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Sensores de temperatura	Revisar los terminales de conexión y mantenerlos limpios y libres de óxido.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Tablero de control	Limpieza de impurezas que signifiquen suciedad.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas, blower
Tablero de control	Verificación del rotulado de los diagramas y leyendas del circuito.	300	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Tablero de control	Inspeccionar el estado de elementos y registrar anomalías.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Tablero de control	Reapretar los tornillos de los elementos intervinientes y organizar el cableado.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas

**Realizado por:** Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Subsistema de alimentación


	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			<b>Versión:</b> 003
				<b>Fecha de elaboración:</b> 27/06/2022
				<b>Fecha de revisión:</b> 04/07/2022
				<b>Fecha de aprobación:</b> 11/07/2022
<b>Elaborado por:</b> Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	<b>Revisa:</b> Ing. Ángel Jácome			<b>Aprueba:</b> Ing. Félix García
<b>Área:</b> Generación de Biogás de la Facultad de Mecánica.				
<b>Nombre del subsistema:</b> Alimentador			<b>Código:</b> ESPOCH01_FMAGB_SG_SA	
Equipo	Tarea	Frecuencia (horas)	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar
Motorreductor	Revisión de pérdidas de aceite, particularmente en la zona de retenes.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Motorreductor	Limpieza externa e interna de orificios en el tapón de ventilación.	50	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Motorreductor	Cambiar de aceite	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Transmisión	Lubricación de chumaceras	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Transmisión	Revisión de alineación de eje	50	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Tolva	Revisión y limpieza de tolva y tornillo sin fin por el alquitrán y ceniza producto de la combustión.	25	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha y caja de herramientas
Tablero de control	Limpieza y aspiración de impurezas que signifiquen suciedad.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha, saquillos y caja de herramientas
Tablero de control	Verificación del rotulado de los diagramas y leyendas del circuito.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha, saquillos y caja de herramientas
Tablero de control	Inspeccionar el estado de elementos y registrar anomalías.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha, saquillos y caja de herramientas
Tablero de control	Reapretar los tornillos de los elementos intervinientes y organizar el cableado.	100	Encargados de realizar prácticas en el área de generación de biogás de la Facultad de Mecánica	Guaípe, brocha, saquillos y caja de herramientas

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



**ANEXO D: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO**

**Subsistema reactor, blower**

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		
Generación de biogás		16 min	<b>Fecha:</b>	14/07/2022		
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>	<b>Pagina:</b>	1 de 1		
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Blower/reactor				
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)						
<b>Base de conocimientos</b>			<b>Capacitación /entrenamiento</b>			
Mantenimiento industrial			Capacitación en procesos de gestión			
Seguridad industrial			Capacitación en riesgos			
Manejo de herramientas			Entrenamiento en el uso de herramientas			
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (MES)	Total, de tiempo de ciclo (mes)
1	Revisión de carcasa, paletas, limpieza de polvo.	MP_BL2	Según TIS	5,00	2	10,00
2	Revisión y ajuste de pernos de sujeción.	MP_BL3	Según TIS	3,00	2	6,00
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>16,00</b>
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>	
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García				




Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema reactor, blower**

Página 1 de 1	<b>MP_BL2</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Revisión de carcasa, paletas, limpieza de polvo			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	Seguridad mandataria Critico Secuencia mandataria en los Calidad Secuencia Medio Ambiente de pasos					<b>Tiempo estándar</b>
	<b>BLOWER</b>		<b>BIOGÁS</b>							10
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>			<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>		
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Revisión de carcasa, paletas, limpieza de polvo		Desenergizar el blower					
					Observar partículas de polvo o de otro tipo y limpiarlas					
					Revisar el estado de la carcasa y paletas.					
					Energizar el equipo					
<b>Bloque de Firmas</b>						<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>		
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022						
2	Firma									
	Fecha									


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema reactor, blower**

Página 1 de 1	<b>MP_BL3</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Revisión y ajuste de pernos de sujeción.			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad crítica <input type="checkbox"/> Medio Ambiente <input type="checkbox"/> Secuencia mandataria en los de pasos <input type="checkbox"/> Calidad Secuencia				Tiempo estándar	
<b>BLOWER</b>		<b>BIOGÁS</b>					20			
<b>P</b>	Sim.	No.	Descripción de Pasos		Detalle del Paso		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás		 			
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro					
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Revisión y ajuste de pernos de sujeción.		Desenergizar el blower					
					Reapretar los pernos, para que no exista vibración.					
					Energizar el equipo y verificar que no haya amarras					
<b>Bloque de Firmas</b>							Fecha	Nombre	Descripción del cambio	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### Subsistema reactor, línea de ingreso de aire

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)													
<b>Departamento/ Área</b>	<b>Tiempo disponible de operación</b>	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson										
Generación de biogás	20 min	<b>Fecha:</b>	14/07/2022										
<b>Nombre de la operación</b>	<b>Equipo/subsistema</b>	<b>Página:</b>	1 de 1										
Ruta de Mantenimiento Preventivo	Línea de ingreso de aire/reactor												
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)													
<b>Base de conocimientos</b>			<b>Capacitación /entrenamiento</b>										
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>			Mantenimiento industrial	Seguridad industrial	Manejo de herramientas		<table border="1"> <tr><td>Capacitación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el uso de herramientas</td></tr> </table>				Capacitación en procesos de gestión	Capacitación en riesgos	Entrenamiento en el uso de herramientas
Mantenimiento industrial													
Seguridad industrial													
Manejo de herramientas													
Capacitación en procesos de gestión													
Capacitación en riesgos													
Entrenamiento en el uso de herramientas													
<b>#</b>	<b>Tarea</b>	<b>TIS</b>	<b>Otros</b>	<b>Tiempo ciclo de tarea (min)</b>	<b>Frecuencia (MES)</b>	<b>Total, de tiempo de ciclo (min)</b>							
1	Revisión y de y limpieza de tubería y accesorios.	MP_LA1	Según TIS	10,00	2	20,00							
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>16,00</b>							
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>										
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>								
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García											


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema reactor, línea de ingreso de aire**

Página 1 de 1	MP_LA1		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Revisión y limpieza de tubería y accesorios			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	Seguridad crítica en los pasos de Calidad Secuencia mandataria en los Medio Ambiente	mandataria en los Calidad Secuencia de pasos	Tiempo estándar	Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)		
	LÍNEA DE INGRESO DE AIRE		BIOGÁS							
P	Sim. No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso						
	1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás		<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p>				
	2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro						
		3 Revisión y limpieza de tubería y accesorios		Desacoplar la tubería a través de los universales						
				Limpiar los residuos y excedentes de materia						
				Acoplar la tubería mediante los universales						
<b>Bloque de Firmas</b>						Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Subsistema reactor, cilindro de combustión

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)													
<b>Departamento/ Área</b>	<b>Tiempo disponible de operación</b>	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson										
Generación de biogás	78 min	<b>Fecha:</b>	14/07/2022										
<b>Nombre de la operación</b>	<b>Equipo/subsistema</b>	<b>Pagina:</b>	1 de 1										
Ruta de Mantenimiento Preventivo	Cilindro de combustión/reactor												
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)													
<b>Base de conocimientos</b>			<b>Capacitación /entrenamiento</b>										
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>			Mantenimiento industrial	Seguridad industrial	Manejo de herramientas		<table border="1"> <tr><td>Capacitación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el uso de herramientas</td></tr> </table>				Capacitación en procesos de gestión	Capacitación en riesgos	Entrenamiento en el uso de herramientas
Mantenimiento industrial													
Seguridad industrial													
Manejo de herramientas													
Capacitación en procesos de gestión													
Capacitación en riesgos													
Entrenamiento en el uso de herramientas													
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (MES)	Total, de tiempo de ciclo (min)							
1	Revisión de pernos, fugas de gas, fugas de calor.	MP_CC1	Según TIS	6,00	2	12,00							
2	Inspección de material refractario y malla.	MP_CC2	Según TIS	3,00	2	6,00							
3	Limpieza interna de residuos de biomasa.	MP_CC3	Según TIS	30,00	2	60,00							
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>78,00</b>							
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>										
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>								
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García											

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema reactor, cilindro de combustión**

Página 1 de 3	<b>MP_CC1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 3</b>		Descripción de la tarea: Revisión de pernos, fugas de gas, fugas de calor			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>		Seguridad Critico Secuencia mandatorio en los Calidad Secuencia mandatorio Medio Ambiente de pasos			<b>Tiempo estándar</b>	12
	<b>CILINDRO DE COMBUSTIÓN</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim. No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>				
	1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás						
	2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro						
		3 Revisión de pernos, fugas de gas, fugas de calor		Reajustar los pernos						
				Tapar las fugas de gas o calor cuidadosamente						
				Continuar con el proceso de gasificación						
<b>Bloque de Firmas</b>						<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>		
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022						
2	Firma									
	Fecha									

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema reactor, cilindro de combustión**

Página 2 de 3	<b>MP_CC2</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás				
	<b>Tarea: 3</b>		Descripción de la tarea: Inspección de material refractario y malla			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad mandatorio	<input type="checkbox"/> Critico Medio Ambiente	<input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio en los de pasos	<input type="checkbox"/> Calidad Secuencia	<b>Tiempo estándar</b>		6
	<b>CILINDRO DE COMBUSTIÓN</b>		<b>BIOGÁS</b>								
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>				
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás						
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro						
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Inspección de material refractario y malla		Esperar a que el cilindro de combustión se encuentre en condiciones ambientales						
					Revisar el material refractario						
					Inspeccionar el estado de la malla						
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>		
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>							
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García							
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022							
2	Firma										
	Fecha										

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022




**Subsistema reactor, cilindro de combustión**

Página 3 de 3	<b>MP_C3</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 3</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> Limpieza interna de residuos de biomasa			<b>Fecha de Realización</b>	<b>15/7/2022</b>	<b>Realizada por:</b>	<b>Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson</b>	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		<b>Símbolo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad mandatorio <input type="checkbox"/> Critico <input type="checkbox"/> Secuencia Medio Ambiente <input type="checkbox"/> mandatorio en los <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia de pasos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Tiempo estándar</b>
	<b>CILINDRO DE COMBUSTIÓN</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro					
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Limpieza interna de residuos de biomasa		Esperar a que el cilindro de combustión se encuentre en condiciones ambientales					
					Limpiar totalmente la acumulación de cenizas tras la combustión de biomasa					
					Almacenar los residuos en saquillos					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022						
2	Firma									
	Fecha									







Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema reactor, línea de purga**

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		
Generación de biogás		16 min	<b>Fecha:</b>	14/07/2022		
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>	<b>Página:</b>	1 de 1		
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Línea de purga/reactor				
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)						
<b>Base de conocimientos</b>			<b>Capacitación /entrenamiento</b>			
Mantenimiento industrial			Capacitación en procesos de gestión			
Seguridad industrial			Capacitación en riesgos			
Manejo de herramientas			Entrenamiento en el uso de herramientas			
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (MES)	Total, de tiempo de ciclo (min)
1	Revisión y limpieza de accesorios como: tubo, codos y válvulas	MP_LP1	Según TIS	8,00	2	16,00
2						
<b>Total, de tiempo (min)</b>						
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>	
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García				


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema reactor, línea de purga**

Página 1 de 1	<b>MP_LP1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Revisión y limpieza de accesorios como: tubo, codos y válvulas			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	     	Seguridad Critico Secuencia mandataria en los Calidad Secuencia mandataria Medio Ambiente de pasos			<b>Tiempo estándar</b>	10
	<b>LÍNEA DE PURGA</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás		 			
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Revisión y limpieza de accesorios como: tubo, codos y válvulas		Mediante un alambre delgado destapar las posiblesobstrucciones de residuos en la tubería					
					Revisión de válvula y codos					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Subsistema de instrumentación, sensores de temperatura

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>		<b>Realizada por:</b>		Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson
Generación de biogás		26 min		<b>Fecha:</b>		14/07/2022
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>		<b>Página:</b>		1 de 1
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Sensores de temperatura/instrumentación				
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)						
<b>Base de conocimientos</b>				<b>Capacitación /entrenamiento</b>		
Mantenimiento industrial				Capacitación en procesos de gestión		
Seguridad industrial				Capacitación en riesgos		
Manejo de herramientas				Entrenamiento en el uso de herramientas		
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (MES)	Total, de tiempo de ciclo (min)
1	Apretar y sostener las termocuplas en los termopares	MP_ST1	Según TIS	3,00	2	6,00
2	Inspeccionar y evitar la condensación de humedad e ingreso de líquido en los cabezales	MP_ST2	Según TIS	4,00	2	8,00
3	Revisar los terminales de conexión y mantenerlos limpios y libres de óxido	MP_ST3	Según TIS	6,00	2	12,00
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>26,00</b>
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>	
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García				

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### Subsistema de instrumentación, sensores de temperatura

Página 1 de 3	<b>MP_ST1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Apretar y sostener las termocuplas en los termopozos			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	Seguridad Critico Secuencia mandatarario en los Calidad Secuencia mandatarario Medio Ambiente de pasos				<b>Tiempo estándar</b>	6
	<b>SENSORES DE TEMPERATURA</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Apretar y sostener las termocuplas en los termopozos		Revisar si alguno del tornillo necesita ser ajustados					
					Colocar las termocuplas de manera correcta					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>							
1	Firma	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García							
	Fecha	18/047/2022	20/7/2022							

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### Subsistema de instrumentación, sensores de temperatura

Página 2 de 3	<b>MP_ST1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 2</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> Inspeccionar y evitar la condensación de humedad e ingreso de líquido en los cabezales.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input type="checkbox"/> Seguridad mandataria <input type="checkbox"/> Crítico <input type="checkbox"/> Secuencia Medio Ambiente <input type="checkbox"/> mandatorio en los pasos <input type="checkbox"/> Calidad Secuencia				<b>Tiempo estándar</b>	8
	<b>SENSORES DE TEMPERATURA</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim. No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>				
	1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás						
	2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro						
	<input checked="" type="checkbox"/>	3 Inspeccionar y evitar la condensación de humedad e ingreso de líquido en los cabezales.		Revisar la existencia de fugas de calor						
				Inspeccionar la presencia de humedad, en caso de haberlo sellarlo						
				Limpiar los cabezales de termopares y RTDs						
<b>Bloque de Firmas</b>						<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>		
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/04/2022		20/7/2022						
2	Firma									
	Fecha									
3	Firma									
	Fecha									


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de instrumentación, sensores de temperatura**

Página 3 de 3	<b>MP_ST3</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 3</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> Revisar los terminales de conexión y mantenerlos limpios y libres de óxido.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		<b>Símbolo</b>	Seguridad Critico Secuencia mandatorio en los Calidad Secuencia mandatario Medio Ambiente de pasos	<b>Tiempo estándar</b> 12			
	<b>SENSORES DE TEMPERATURA</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificador condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Revisar los terminales de conexión y mantenerlos limpios y libres de óxido.		Observar si existe corrosión en los terminales					
					Limpiar suavemente con un cepillo					
					Reajustar los terminales en caso de ser necesario					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	18/047/2022		20/7/2022						
2	Firma									
	Fecha									
3	Firma									
	Fecha									

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Subsistema de instrumentación, tablero de control

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>	<b>Realizada por:</b>		Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
Generación de biogás		26 min	<b>Fecha:</b>		14/07/2022	
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>	<b>Página:</b>		1 de 1	
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Tablero de control/instrumentación				
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)						
<b>Base de conocimientos</b>			<b>Capacitación /entrenamiento</b>			
Mantenimiento industrial			Capacitación en procesos de gestión			
Seguridad industrial			Capacitación en riesgos			
Manejo de herramientas			Entrenamiento en el uso de herramientas			
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (MES)	Total, de tiempo de ciclo (min)
1	Limpieza de impurezas que signifiquen suciedad	MP_TC1	Según TIS	5,00	2	10,00
2	Verificación del rotulado de diagramas y leyendas del circuito	MP_TC2	Según TIS	1,00	2	2,00
3	Inspeccionar el estado de elementos, y registrar anomalías.	MP_TC3	Según TIS	4,00	2	8,00
4	Reapretar los tornillos de los elementos y organizar en cableado.	MP_TC4	Según TIS	3,00	2	6,00
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>26,00</b>
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>	
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García				

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



**Subsistema de instrumentación, tablero de control**

Página 1 de 4	<b>MP_TC1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Limpieza y aspiración de impurezas que signifiquen suciedad.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Seguridad mandatorio <input type="checkbox"/> Critico <input type="checkbox"/> Secuencia <input type="checkbox"/> mandataria en los <input type="checkbox"/> Medio Ambiente	<input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia			<b>Tiempo estándar</b>	10
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Limpieza de impurezas que signifiquen suciedad.		Con un soplador ingresar aire en cantidades adecuadas, de modo que se retiren polvos ysuciedades					
					Comprobar que los elementos internos seencuentren conectados y funcionales					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de instrumentación, tablero de control**

Página 1 de 4	<b>MP_TC2</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 2</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> Verificación del rotulado de los diagramas y leyendas del circuito.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	     	Seguridad Medio Ambiente Crítico Secuencia mandatorio en los pasos Calidad Secuencia mandatorio		<b>Tiempo estándar</b>		2
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim. No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>				
	1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás						
	2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro						
	 3	Verificación del rotulado de los diagramas y leyendas del circuito.		Verificar que el estado del rotulado del circuito sea visible y entendible						
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>							
1	Firma	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García							
	Fecha	19/7/2022	20/7/2022							
2	Firma									
	Fecha									
3	Firma									
	Fecha									

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de instrumentación, tablero de control**

Página 3 de 4	<b>MP_TC3</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 3</b>		Descripción de la tarea: Inspeccionar el estado de elementos y registrar anomalías.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	☒	▽	○	◇	☐	🌐
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>		Seguridad mandatorio	Critico	Secuencia Medio Ambiente	mandatorio en los	Calidad	Secuencia
							de pasos		<b>Tiempo estándar</b>	
									8	
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro					
	▽	3	Inspeccionar el estado de elementos y registrar anomalías.		En una hoja de control de datos anotar las anomalías de los elementos					
					Reparar los elementos en mal estado					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						
2	Firma									
	Fecha									


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de instrumentación, tablero de control**

Página 4 de 4	<b>MP_TC4</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 4</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> Reapretar los tornillos de los elementos intervinientes y organizar el cableado.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input type="checkbox"/> Seguridad mandatorio <input type="checkbox"/> Crítico Medio Ambiente <input type="checkbox"/> Secuencia <input type="checkbox"/> mandatorio en los de pasos	<input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia			<b>Tiempo estándar</b>	6
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificador condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Reapretar los tornillos de los elementos intervinientes y organizar el cableado.		Des energizar el tablero de control					
					Organizar el cableado					
					Reapretar los tornillos					
					Energizar el tablero de control					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Subsistema de alimentación motorreductor

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)													
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>		<b>Realizada por:</b>		Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson							
Generación de biogás		32 min		<b>Fecha:</b>		14/07/2022							
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>		<b>Página:</b>		1 de 1							
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Motorreductor/alimentación											
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)													
<b>Base de conocimientos</b>				<b>Capacitación /entrenamiento</b>									
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				Mantenimiento industrial	Seguridad industrial	Manejo de herramientas		<table border="1"> <tr><td>Capacitación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el uso de herramientas</td></tr> </table>			Capacitación en procesos de gestión	Capacitación en riesgos	Entrenamiento en el uso de herramientas
Mantenimiento industrial													
Seguridad industrial													
Manejo de herramientas													
Capacitación en procesos de gestión													
Capacitación en riesgos													
Entrenamiento en el uso de herramientas													
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (AÑO)	Total, de tiempo de ciclo (min)							
1	Revisión de pérdida de aceite en la zona de retenes.	MP_MR1	Según TIS	2,00	2	4,00							
2	Limpieza externa e interna de orificios en el tapón de ventilación.	MP_MR2	Según TIS	4,00	2	8,00							
3	Cambiar de aceite.	MP_MR3	Según TIS	10,00	2	20,00							
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>32,00</b>							
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>										
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio								
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García											

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### Subsistema de alimentación motorreductor

Página 1 de 3	<b>MP_MR1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás				
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Revisión de pérdidas de aceite, particularmente en la zona de retenes.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input type="checkbox"/> Seguridad mandataria <input type="checkbox"/> Critico <input type="checkbox"/> Secuencia mandataria en los Medio Ambiente <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia de pasos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)	<b>Tiempo estándar</b>	4		
	<b>MOTORREDUCTOR</b>		<b>BIOGÁS</b>								
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>						
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás						
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro						
		3	Revisión de pérdidas de aceite, particularmente en la zona de retenes.		Observar si existe presencia de aceite en los alrededores del motorreductor						
					En caso de haber indicios de aceite cambiar los retenes o colocarlos de manera correcta						
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>		
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>							
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García							
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022							

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de alimentación motorreductor**

Página 2 de 3	<b>MP_MR2</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Limpieza externa e interna de orificios en el tapón de ventilación.			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad mandataria <input type="checkbox"/> Critico Medio Ambiente <input type="checkbox"/> Secuencia de pasos <input type="checkbox"/> mandataria en los de pasos <input type="checkbox"/> Calidad Secuencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiempo estándar
	<b>MOTORREDUCTOR</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro					
		3	Limpieza externa e interna de orificios en el tapón de ventilación.		Limpiar el tapón de ventilación con un objeto delgado					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### Subsistema de alimentación motorreductor

Página 3 de 3	<b>MP_MR3</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 3</b>		Descripción de la tarea: Cambiar de aceite			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>		Seguridad mandataria Critico Medio Ambiente Secuencia mandataria en los Calidad Secuencia de pasos			<b>Tiempo estándar</b>	20
	<b>MOTORREDUCTOR</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Cambiar de aceite		Identificar el contenedor de aceite					
					En un recipiente almacenar el aceite usado					
					Insertar el aceite nuevo hasta la mitad de la mirilla					
					Colocar el tapón					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Ángel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



## Subsistema de alimentación, transmisión

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		
Generación de biogás		16 min	<b>Fecha:</b>	14/07/2022		
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>	<b>Página:</b>	1 de 1		
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Transmisión/alimentación				
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)						
<b>Base de conocimientos</b>			<b>Capacitación /entrenamiento</b>			
Mantenimiento industrial			Capacitación en procesos de gestión			
Seguridad industrial			Capacitación en riesgos			
Manejo de herramientas			Entrenamiento en el uso de herramientas			
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (AÑO)	Total, de tiempo de ciclo (min)
1	Lubricación de chumaceras	MP_T1	Según TIS	5,00	2	10,00
2	Revisión de alineación de eje	MP_T2	Según TIS	3,00	2	6,00
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>16,00</b>
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>	
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García				

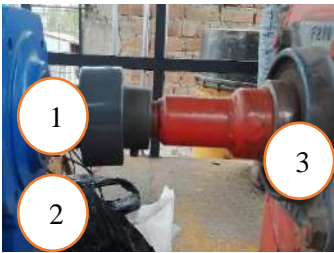
Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de alimentación, transmisión**

Página 1 de 2	<b>MP_T1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Lubricación de chumaceras			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input type="checkbox"/> Seguridad mandatorio <input checked="" type="checkbox"/> Critico <input type="checkbox"/> Secuencia Medio Ambiente <input type="checkbox"/> mandatario en los <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia	de pasos			<b>Tiempo estándar</b>	10
	<b>TRANSMISIÓN</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
	○	3	Lubricación de chumaceras		Limpiar los puntos de engrase					
					Engrasar las chumaceras					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma Fecha	Ing. Angel Jácome 19/7/2022		Ing. Félix García 20/7/2022						
2	Firma Fecha									


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de alimentación, transmisión**

Página 2 de 2	<b>MP_T2</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 2</b>		<b>Descripción de la tarea:</b> Revisión de alineación de eje			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	Seguridad Crítico Secuencia mandatario en los Calidad Secuencia mandatario Medio Ambiente de pasos				<b>Tiempo estándar</b>	
	<b>TRANSMISIÓN</b>		<b>BIOGÁS</b>						6	
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Revisión de alineación de eje		Observar desalineaciones en el eje					
					Corregir la desalineación					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Angel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de alimentación, tolva**

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson		
Generación de biogás		10 min	<b>Fecha:</b>	14/07/2022		
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>	<b>Página:</b>	1 de 1		
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Tolva/alimentación				
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)						
<b>Base de conocimientos</b>			<b>Capacitación /entrenamiento</b>			
Mantenimiento industrial			Capacitación en procesos de gestión			
Seguridad industrial			Capacitación en riesgos			
Manejo de herramientas			Entrenamiento en el uso de herramientas			
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (MES)	Total, de tiempo de ciclo (min)
1	Revisión y limpieza de tolva, tornillo sin fin por el alquitrán y ceniza producto de la combustión.	MP_TV1	Según TIS	5,00	2	10,00
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>10,00</b>
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>	
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García				


Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de alimentación, tolva**

Página 1 de 1	<b>MP_TV1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Revisión y limpieza de tolva y tornillo sin fin por el alquitrán y ceniza producto de la combustión.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Seguridad crítico mandatorio Medio Ambiente	Secuencia mandatorio en los de pasos	Calidad Secuencia	<b>Tiempo estándar</b>	10
	<b>TOLVA</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim. No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>				
	1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás						
	2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro						
	3	Revisión y limpieza de tolva y tornillo sin fin por el alquitrán y ceniza producto de la combustión.		Limpieza de residuos de ceniza en los elementos como tolva y tornillo sin fin						
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>							
1	Firma	Ing. Angel Jácome	Ing. Félix García							
	Fecha	19/7/2022	20/7/2022							

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Subsistema de alimentación, tablero de control

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)						
<b>Departamento/ Área</b>		<b>Tiempo disponible de operación</b>		<b>Realizada por:</b>		Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson
Generación de biogás		26 min		<b>Fecha:</b>		14/07/2022
<b>Nombre de la operación</b>		<b>Equipo/subsistema</b>		<b>Página:</b>		1 de 1
Ruta de Mantenimiento Preventivo		Tablero de control/instrumentación				
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)						
<b>Base de conocimientos</b>				<b>Capacitación /entrenamiento</b>		
Mantenimiento industrial				Capacitación en procesos de gestión		
Seguridad industrial				Capacitación en riesgos		
Manejo de herramientas				Entrenamiento en el uso de herramientas		
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (MES)	Total, de tiempo de ciclo (min)
1	Limpieza de impurezas que signifiquen suciedad	MP_TC1	Según TIS	5,00	2	10,00
2	Verificación del rotulado de diagramas y leyendas del circuito	MP_TC2	Según TIS	1,00	2	2,00
3	Inspeccionar el estado de elementos, y registrar anomalías.	MP_TC3	Según TIS	4,00	2	8,00
4	Reapretar los tornillos de los elementos y organizar en cableado.	MP_TC4	Según TIS	3,00	2	6,00
<b>Total, de tiempo (min)</b>						<b>26,00</b>
<b>Bloque de firma</b>			<b>Historial de cambios en el trabajo</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Revisa</b>	<b>Aprueba</b>	<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cambio</b>	
18/07/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García				

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de alimentación, tablero de control**

Página 1 de 4	<b>MP_TCA1</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 1</b>		Descripción de la tarea: Limpieza de impurezas que signifiquen suciedad.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>		Seguridad Critico Secuencia mandatario en los Calidad Secuencia mandatario Medio Ambiente de pasos			<b>Tiempo estándar</b>	10
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Limpieza de impurezas que signifiquen suciedad.		Con un soplador ingresar aire en cantidades adecuadas, de modo que se retiren polvos ysuciedades					
					Comprobar que los elementos internos seencuentren conectados y funcionales					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Angel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022






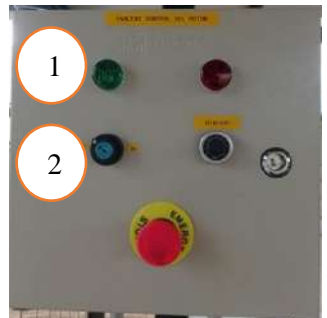

**Subsistema de alimentación, tablero de control**

Página 1 de 4	<b>MP_TCA2</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Verificación del rotulado de los diagramas y leyendas del circuito.			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Símbolo	<input type="checkbox"/> Seguridad mandataria <input type="checkbox"/> Critico Medio Ambiente <input type="checkbox"/> Secuencia de pasos <input type="checkbox"/> mandatario en los de pasos <input type="checkbox"/> Calidad Secuencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiempo estándar
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar sea seguro					
	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Verificación del rotulado de los diagramas y leyendas del circuito.		Verificar que el estado del rotulado del circuito sea visible y entendible					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Angel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



**Subsistema de alimentación, tablero de control**

Página 1 de 4	<b>MP_TCA3</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 3</b>		Descripción de la tarea: Inspeccionar el estado de elementos y registrar anomalías.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	    	Seguridad mandataria Critico Medio Ambiente Secuencia de pasos mandatario en los Calidad Secuencia de pasos			<b>Tiempo estándar</b>	8
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás		 			
		2	Verificar condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar se asegure					
	▽	3	Inspeccionar el estado de elementos y registrar anomalías.		En una hoja de control de datos anotar las anomalías de los elementos					
					Reparar los elementos en mal estado					
<b>Bloque de Firmas</b>					<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>			
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Angel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

**Subsistema de alimentación, tablero de control**

Página 1 de 4	<b>MP_TCA4</b>		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	<b>Tarea: 4</b>		Descripción de la tarea: Reapretar los tornillos de los elementos intervinientes y organizar el cableado.			<b>Fecha de Realización</b>	15/7/2022	<b>Realizada por:</b>	Echeverría Mishell, Lombeida Jeyson	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	<b>Símbolo</b>	<input type="checkbox"/> Seguridad mandatorio <input type="checkbox"/> Critico <input type="checkbox"/> Secuencia mandatorio <input type="checkbox"/> en los <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Secuencia				<b>Tiempo estándar</b>	6
	<b>TABLERO DE CONTROL</b>		<b>BIOGÁS</b>							
<b>P</b>	<b>Sim.</b>	<b>No</b>	<b>Descripción de Pasos</b>		<b>Detalle del Paso</b>		<b>Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)</b>			
		1	Ubicar el equipo a intervenir		Identificar el área de generación de biogás					
		2	Verificador condiciones		Revisar que el entorno en el que se va a trabajar seaseguro					
		3	Reapretar los tornillos de los elementos intervinientes y organizar el cableado.		Des energizar el tablero de control					
					Organizar el cableado					
					Reapretar los tornillos					
					Energizar el tablero de control					
<b>Bloque de Firmas</b>							<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>	
<b>Turno</b>		<b>Revisa</b>		<b>Aprueba</b>						
1	Firma	Ing. Angel Jácome		Ing. Félix García						
	Fecha	19/7/2022		20/7/2022						

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022



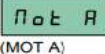



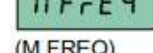
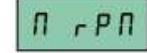
## ANEXO E: PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

### Restablecimiento de fábrica

Restablecimiento de fabrica			
Pasos	Parámetro	Función	Ajuste
1	P0003	Nivel de acceso del usuario, para esto presionamos M y accedemos.	= 3: Nivel de acceso avanzado
2	P0010	Parámetro de puesta en marcha	= 30: Ajuste de fábrica
3	P0970	Restablecimiento de fábrica	= 21: Restablecimiento del parámetro a los valores predeterminados de fábrica borrando los valores predeterminados del usuario si están almacenados

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

### Configuración de parámetros inicial del motor

Configuración de parámetros inicial del motor			
Pasos	Parámetro	Función	Menú de texto (si P8553 = 1)
1	P0100	Selección de 50/60 Hz, seleccionamos =1: 60 Hz, trabajar en hp y presionar Ok.	 (EU - US)
2	P0304	Tensión nominal del motor [V], colocamos a 220 V y presionamos Ok.	 (MOT V)
3	P0305	Corriente nominal del motor [A], colocamos a 3,30 A y presionamos Ok.	 (MOT A)
4	P0307	Potencia nominal del motor [kW / hp], colocamos a 1 hp y presionamos Ok.	P0100 =1:  (MOT HP)
5	P0308	Factor de potencia nominal del motor (cosφ), 0,74 colocamos y presionamos Ok.	 (M COS)
6	P0309	Eficiencia nominal del motor [%], colocamos 0,8 y presionamos Ok.	 (M EFF)
7	P0310	Frecuencia nominal del motor [Hz], se colocó en los 60 Hz y presionamos Ok.	 (M FREQ)
8	P0311	Rated motor speed [RPM], colocamos a 1705 rpm y presionamos Ok.	 (M RPM)
9	Presionamos M y regresamos al menú de configuración		

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Macro para selectores

Macro de control por terminales		
Macro de conexión	Descripción	Ejemplo en display
Cn002	Control desde terminales (PNP/NPN), le damos a Ok, se seleccionará la macro con guion y se presiona M	 
Macro para configuración de fabrica		
Macro de aplicación	Descripción	Ejemplo en display
	Configuración predeterminada de fábrica. No hace ningún parámetro cambios, y luego de esto presionamos M.	 

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

Parámetros para frecuencia y tiempo de rampa			
Pasos	Parámetro	Función	Menú de texto (si P8553 = 1)
1	P1080	Frecuencia mínima, colocar en 0 Hz y presionamos Ok.	 (MIN F)
2	P1082	Frecuencia máxima, colocar en 60 Hz y presionamos Ok.	 (MAX F)
3	P1120	Tiempo de rampa de aceleración, colocar en 4 segundos y presionar Ok.	 (RMP UP)
4	P1121	Tiempo de rampa de desaceleración, colocar en 4 segundos y presionar Ok.	 (RMP DN)
5	Presionar M por memos de 2 segundos y se regresa al menú principal		

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Cambio a función por fallo

Parámetros para cambio de función en DI3 de fallo a paro de emergencia				
Pasos	Parámetro	Función/ Descripción	Ajuste	Observación
1	P0003	Nivel de acceso de usuario	=3 (Acceso a todos los parámetros)	
2	P0703	Función de la entrada digital 3	= 4(Para OFF3 o parada rápida) y presionamos Ok.	Cambiamos las condiciones iniciales para que el paro de emergencia detenga rápido al motor y que sea necesario seccionar de nuevo al selector para que este se encienda nuevamente.
3	P0732	Función de la salida digital 2	= 52.2 (Este ajuste permite que el relé se active cuando doy la orden de encendido)	Por defecto esta función esta para que funcione por fallo, para ello se cambia al parámetro 52.2
4	Presionamos M por más de 2 segundos y regresamos a la pantalla de inicio			

Realizado por: Echeverría, M.; Lombeida, J. 2022

## Cálculo para el control de velocidad del motor mediante el potenciómetro.

Datos:

$$i=25$$

$$w_{in}=1705 \text{ rpm}$$

$$w_{out}=?$$

$$w_{out} = \frac{w_{in}}{i}$$

$$w_{out} = \frac{1705}{25}$$

$$w_{out} = 68,2 \text{ rpm}$$

Entonces para obtener la frecuencia de salida para que el motor trabaje a 10 rpm relacionamos la frecuencia de 60Hz que es con que trabaja el variador con la velocidad de salida que se especifica en los datos de la placa del motorreductor.

$$f_{out} = \frac{60\text{Hz} * 10\text{rpm}}{68,2\text{rpm}}$$

$$f_{out} = 8,79 - 9 \text{ Hz}$$

Nota: Para que el motorreductor trabaje a 10 rpm se necesita configurar la frecuencia del variador a 9 Hz aproximadamente, esto se lo realiza mediante la ayuda del potenciómetro que esta ubicada en el tablero encargado de controlar el subsistema de alimentación.