



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

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

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

RÓMULO ALEXIS RIVERA AUQUI
GALO MARCELO ROMERO UVIDIA

Riobamba - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

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

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: RÓMULO ALEXIS RIVERA AUQUI

GALO MARCELO ROMERO UVIDIA

DIRECTOR: Ing. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, **Rómulo Alexis Rivera Auqui & Galo Marcelo Romero Uvidia**

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.

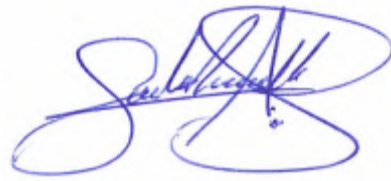
Nosotros, Rómulo Alexis Rivera Auqui y Galo Marcelo Romero Uvidia, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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, 13 de diciembre de 2022



Rómulo Alexis Rivera Auqui
C.I. 0604692715

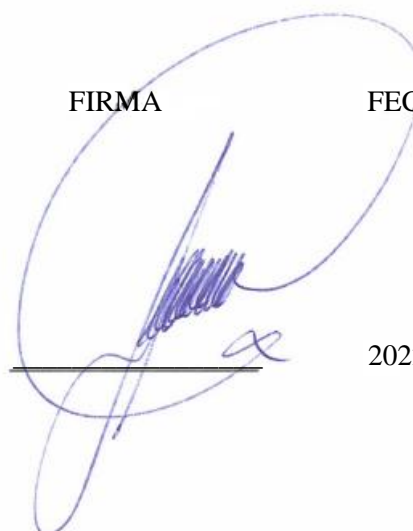


Galo Marcelo Romero Uvidia
C.I. 0604373993

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 DE CONDUCCIÓN Y FILTRACIÓN DE GAS DEL GASIFICADOR TIPO *DOWNDRAFT* DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por los señores: **RÓMULO ALEXIS RIVERA AUQUI Y GALO MARCELO ROMERO UVIDIA**, 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.

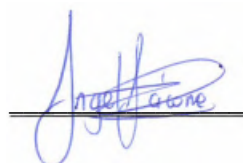
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñán
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

FIRMA	FECHA
	2022-12-13

Ing. Félix Antonio García Mora
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

	2022-12-13
--	------------

Ing. Edwin Ángel Jácome Domínguez
MIEMBRO DE TRIBUNAL

	2022-12-13
--	------------

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado primeramente a Dios, por darme salud y vida que me permite día a día seguir cumpliendo metas y objetivos, A mi madre y mi hermanada por ser el motor fundamental de mi vida y mi inspiración que me alienta a seguir adelante a pesar de todas las adversidades.

Galo

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi madre que me ha alentado a estudiar y desarrollarme de forma profesional y por siempre estar pendiente de mí de manera incondicional, de igual manera a mi hermana que ha sabido apoyarme en cada momento de mi formación profesional y me ha sabido alentar para seguir adelante.

Galo

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Justificación y actualidad.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1. Norma UNE EN ISO 14224.....	5
2.1.1. <i>Taxonomía</i>	5
2.2. Proceso de gasificación de la biomasa.....	7
2.2.1. <i>Gasificador de lecho fijo</i>	7
2.2.1.1. <i>Gasificadores Downdraft</i>	8
2.2.1.2. <i>Gasificadores Updraft</i>	8
2.3. Agentes gasificantes.....	8
2.4. Materias primas de biomasa.....	9
2.5. Composición del syngas.....	10
2.5.1. <i>Contaminantes del syngas</i>	10
2.5.1.1. <i>Partículas</i>	10
2.5.1.2. <i>Alquitrán</i>	11
2.5.1.3. <i>Compuestos ácidos</i>	12

2.5.1.4.	<i>Compuestos nitrogenados</i>	12
2.6.	Equipos de acondicionamiento del syngas	12
2.6.1.	Equipos de limpieza del syngas en seco	13
2.6.1.1.	<i>Filtros Ciclónicos</i>	13
2.6.1.2.	<i>Precipitadores electroestáticos</i>	14
2.6.1.3.	<i>Filtros de mangas</i>	15
2.6.1.4.	<i>Filtros granulares</i>	16
2.6.2.	Equipos de limpieza del syngas vía húmedo	17
2.6.2.1.	<i>Lavadores venturi con separador ciclonico</i>	17
2.6.2.2.	<i>Lavadores Ciclónicos por aspersion</i>	17
2.7.	Equipos de enfriamiento del syngas	18
2.7.1.	Intercambiador de calor compacto	18
2.7.1.1.	<i>Intercambiador de calor compacto de flujo no mezclado</i>	19
2.7.1.2.	<i>Intercambiador de calor compacto de flujo mezclado</i>	19
2.8.	Circuitos de iluminación	20
2.8.1.	Magnitudes y unidades de circuito de iluminación	20
2.8.1.1.	<i>Flujo Luminoso</i>	20
2.8.1.2.	<i>Intensidad luminosa</i>	20
2.8.1.3.	<i>Rendimiento luminoso</i>	21
2.8.2.	Método de lumen	21
2.8.2.1.	<i>Niveles de iluminación</i>	22
2.8.2.2.	<i>Índice de local k</i>	23
2.8.2.3.	<i>Coeficientes de reflexión</i>	23
2.8.2.4.	<i>Factor de mantenimiento</i>	24
2.8.2.5.	<i>Factor de utilización</i>	24
2.9.	Circuitos eléctricos	25
2.9.1.	Sección de conductores en corriente alterna monofásica	25
2.9.1.1.	<i>Potencia eléctrica</i>	25
2.9.2.	Sección de conductores en líneas de corriente alterna trifásica	26
2.9.2.1.	<i>Intensidad de diseño</i>	26
2.9.2.2.	<i>Caída de tensión por resistencia eléctrica del conductor</i>	27
2.9.3.	Resistencia eléctrica de conductores eléctricos	27
2.9.3.1.	<i>Resistividad eléctrica del material conductor</i>	28
2.10.	Terminología de mantenimiento de acuerdo con la UNE EN 13306	29
2.10.1.	Mantenimiento	29
2.10.2.	Función requerida	29
2.10.3.	Ciclo de vida	29

2.10.4.	<i>Fallo</i>	29
2.10.5.	<i>Avería</i>	29
2.10.6.	<i>Mantenimiento preventivo</i>	30
2.10.6.1.	<i>Mantenimiento preventivo predeterminado</i>	30
2.10.6.2.	<i>Mantenimiento basado en la condición</i>	30
2.10.7.	<i>Mantenimiento correctivo</i>	30
2.11.	Colores de identificación de tuberías INEN 440	30
2.11.1.	<i>Terminología</i>	30
2.11.1.1.	<i>Tubería</i>	30
2.11.1.2.	<i>Fluidos</i>	31
2.11.2.	<i>Clasificación de los fluidos con su color de identificación</i>	31

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	32
3.1.	Análisis del estado técnico inicial del sistema de conducción y filtración	32
3.1.1.	<i>Sub - sistema de conducción</i>	32
3.1.2.	<i>Sub-sistema de enfriamiento y condensado</i>	32
3.1.3.	<i>Sub - sistema de filtrado</i>	33
3.2.	Sistema eléctrico	33
3.3.	Desarrollo del formato estado del técnico inicial del sistema de conducción y filtración	33
3.3.1.	<i>Especificaciones técnicas</i>	34
3.3.2.	<i>Funcionamiento</i>	34
3.3.3.	<i>Análisis técnico de situación inicial</i>	34
3.4.	Estado técnico actual Sub- sistema de Conducción	35
3.5.	Estado técnico actual sub - sistema de enfriamiento	36
3.6.	Estado técnico actual sub - sistema de filtración	37
3.7.	Plan de acción del sistema de conducción y filtración	38
3.7.1.	<i>Plan de acción Sub-sistema de Conducción</i>	38
3.7.2.	<i>Plan de acción Sub-sistema de enfriamiento y condensado</i>	38
3.7.3.	<i>Plan de acción Sub-sistema de filtrado</i>	39
3.8.	Plan de acción Sistema eléctrico	40
3.9.	Cálculos de luminosidad por el método de lumen	40
3.9.1.	<i>Dimensionamiento de los espacios físicos de iluminación</i>	41
3.9.2.	<i>Nivel de iluminación media</i>	41
3.9.3.	<i>Selección del tipo de lampara a utilizar</i>	41

3.9.4.	<i>Cálculo del Índice de local</i>	41
3.9.5.	<i>Determinación del coeficiente de reflexión</i>	42
3.9.6.	<i>Determinación del factor de mantenimiento</i>	42
3.9.7.	<i>Determinación del factor de utilización</i>	43
3.9.8.	<i>Cálculo del flujo luminoso total</i>	43
3.10.	Cálculos de calibre de conductor y protecciones	44
3.10.1.	<i>Calibre de conductor circuito 1</i>	44
3.10.2.	<i>Calibre de conductor circuito 2</i>	46
3.10.3.	<i>Calibre de conductor para circuito 3</i>	47
3.10.4.	<i>Calibre de conductor circuito 4</i>	49
3.10.5.	<i>Calibre de conductor circuito 5</i>	50
3.11.	Codificación del sistema de conducción y filtración	52
3.11.1.	<i>Codificación a nivel de planta</i>	52
3.11.2.	<i>Codificación a nivel de área</i>	52
3.11.3.	<i>Codificación a nivel de sistemas</i>	53
3.11.4.	<i>Codificación a nivel de sub-sistemas</i>	53
3.11.5.	<i>Codificación a nivel de equipos</i>	54
3.11.6.	<i>Codificación a nivel de elementos</i>	54
3.12.	Inventario sub-sistema de conducción	55
3.13.	Inventario subsistema de enfriamiento y condensado	56
3.14.	Inventario subsistema de filtración	57
3.15.	Inventario Sistema eléctrico	57

CAPITULO IV

4.	Habilitación del sistema de conducción y filtración	58
4.1.	Sub-sistema de conducción	58
4.1.1.	<i>Habilitación de la línea de conducción a ciclón</i>	58
4.1.2.	<i>Habilitación de la línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor</i>	58
4.1.3.	<i>Habilitación de la línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas</i>	59
4.1.4.	<i>Implementación de los componentes de la línea de conducción a desembocadura final</i>	60
4.2.	Sub-sistema de enfriamiento y condensado	60
4.2.1.	<i>Implementación de blower</i>	61
4.2.2.	<i>Habilitación del intercambiador de calor de flujo cruzado</i>	61
4.3.	Sub-sistema de filtración	63
4.3.1.	<i>Habilitación del filtro ciclónico</i>	63

4.3.2.	<i>Habilitación del filtro en configuración geométrica tipo mangas</i>	63
4.3.2.1.	<i>Restauración de las mangas</i>	64
4.3.2.2.	<i>Habilitación de la cámara de filtrado</i>	65
4.4.	Habilitación del Sistema eléctrico	66
4.4.1.	<i>Tablero de distribución</i>	67
4.5.	Puesta en marcha del gasificador	68
4.5.1.	<i>Puesta en marcha del sistema gasificador</i>	68
4.5.1.1.	<i>Sub-sistema rector</i>	68
4.5.1.2.	<i>Sub-sistema de instrumentación</i>	68
4.5.1.3.	<i>Sub-sistema de alimentación</i>	69
4.5.2.	<i>Puesta en marcha del sistema de conducción y filtración</i>	69
4.5.2.1.	<i>Líneas de conducción del syngas</i>	70
4.5.2.2.	<i>Filtrado del syngas</i>	70
4.5.2.3.	<i>Enfriamiento y condensado del syngas</i>	71
4.6.	Proceso de encendido del gasificador de tiro descendente Downdraft	72
4.7.	Proceso de apagado del gasificador de tiro descendente Downdraft	74
4.8.	Plan de mantenimiento preventivo	75
4.8.1.	<i>Hoja de Tareas de mantenimiento</i>	76
4.8.1.1.	<i>Hoja de instrucción de tareas</i>	76
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		78
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Taxonomía de acuerdo a la ISO 14224	6
Tabla 2-2: Procesos de gasificación con diferentes agentes gasificantes	9
Tabla 3-2: Clasificación de los alquitranes	11
Tabla 4-2: Niveles de iluminación medios de acuerdo con el método de lumen.....	22
Tabla 5-2: Coeficientes de reflexión de paredes techo y suelo.....	23
Tabla 6-2: Factor de mantenimiento de acuerdo al ambiente o área a iluminar	24
Tabla 7-2: Factor de utilización	24
Tabla 8-2: Resistividad eléctrica de materiales a temperatura ambiente.....	28
Tabla 9-2: Clasificación de los fluidos con su respectivo color de tubería	31
Tabla 1-3: Estado técnico inicial Sub-sistema de conducción.....	35
Tabla 2-3: Estado técnico inicial Sub-sistema de enfriamiento.....	36
Tabla 3-3: Estado técnico inicial Sub-sistema de filtración	37
Tabla 4-3: Actividades a realizar sub- sistema de conducción	38
Tabla 5-3: Actividades a realizar sub- sistema de enfriamiento y condensado	39
Tabla 6-3: Actividades a realizar Sub-sistema de filtrado.....	40
Tabla 7-3: Actividades a realizar sistema eléctrico.....	40
Tabla 8-3: Dimensionamiento de los espacios de iluminación.....	41
Tabla 9-3: Especificaciones técnicas del reflector LED.....	41
Tabla 10-3: Cuadro De cargas del tablero de distribución	44
Tabla 11-3: Cuadro de resumen del tablero de distribución.....	52
Tabla 12-3: Codificación a nivel 1	52
Tabla 13-3: Codificación a nivel 2	52
Tabla 14-3: Codificación a nivel 3	53
Tabla 15-3: Codificación a nivel 4	53
Tabla 16-3: Codificación a nivel 5	54
Tabla 17-3: Codificación a nivel 6	55
Tabla 18-3: Inventario sub-sistema de conducción.....	56
Tabla 19-3: Inventario sub-sistema de enfriamiento y condensado.....	57
Tabla 20-3: Inventario sub-sistema de filtración	57
Tabla 21-3: Inventario sistema eléctrico	57
Tabla 1-4: Habilitación de la línea de conducción a ciclón.....	58
Tabla 2-4: Habilitación de la línea de conducción a intercambiador de calor.....	59
Tabla 3-4: Habilitación de línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas...59	
Tabla 4-4: Habilitación de la línea de conducción a desembocadura final	60

Tabla 5-4: Habilitación de blower	61
Tabla 6-4: Habilitación del intercambiador de calor de flujo cruzado.....	62
Tabla 7-4: Habilitación del filtro ciclónico	63
Tabla 8-4: Dimensionamiento de las mangas	64
Tabla 9-4: Especificaciones técnicas de la tela de fibra de vidrio	65
Tabla 10-4: Habilitación de la cámara de filtrado	66
Tabla 11-4: Código de colores empleados en los circuitos eléctricos.....	67
Tabla 12-4: Proceso de encendido del gasificador tipo Downdraft	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Gasificador <i>Downdraft</i>	7
Figura 2-2: Filtro Ciclonico.....	13
Figura 3-2: Sección transversal precipitador electroestático	14
Figura 4-2: Filtro Mangas - Filtración exterior	15
Figura 5-2: Filtro mangas - filtración interior	16
Figura 6-2: Filtro de lecho Granular	16
Figura 7-2: Lavador Venturi con separador ciclónico	17
Figura 8-2: Lavador ciclónico por aspersion.....	18
Figura 9-2: Intercambiador de calor-flujo no mezclado.....	19
Figura 10-2: Intercambiador de calor compacto-flujo mezclado	19
Figura 1-4: Habilitacionde la linea de conduccion a ciclón	58
Figura 2-4: Habilitación de la línea de conducción de ciclónico a intercambiador de calor....	59
Figura 3-4: Habilitación línea conducción intercambiador de calor-Mangas	60
Figura 4-4: Habilitación de la línea de conducción a desembocadura final	60
Figura 5-4: Habilitación del Blower	61
Figura 6-4: Habilitación del intercambiador de calor compacto	62
Figura 7-4: Habilitación del filtro ciclónico.....	63
Figura 8-4: Recorte y Cosido de la tela de fibra de vidrio	64
Figura 9-4: Restauración de las mangas.....	65
Figura 10-4: Habilitación de la cámara de filtrado - Mangas.....	66
Figura 11-4: Tablero de distribución	67
Figura 12-4: Arranque del sub-sistema reactor	68
Figura 13-4: Control de temperatura-Tablero de instrumentación	69
Figura 14-4: Encendido del motorreductor-Tablero de control.....	69
Figura 15-4: Conducción del syngas	70
Figura 16-4: Filtrado del syngas.....	71
Figura 17-4: Enfriamiento y condensado del syngas.....	71

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PCI= Poder calorífico inferior

GICC= Gasificación Integrada de Ciclo Combinado

NH₃= Amoniacó

HCL= Cloruro de hidrógeno

HCN= Cianuro de hidrógeno

LGC= Limpieza de Gas en Caliente

LGF= Limpieza de Gas en Frio

H₂S= Sulfuro de hidrógeno

CO₂= Dióxido de carbono

MP= Material Particulado

AT= Avería Total

AP= Avería parcial

PI= Por Implementar

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO B: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

ANEXO C: DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

ANEXO D: COSTOS DEL PROYECTO

ANEXO E: ESPECIFICACIONES DE LA TELA DE FIBRA DE VIDRIO DE LAS MANGAS

RESUMEN

En el presente Trabajo de Integración Curricular se realizó el mantenimiento y puesta en marcha del sistema de conducción y filtración del gasificador tipo tiro descendente de la Facultad de Mecánica. Primero se efectuó un análisis técnico de la situación inicial donde se identificó la funcionalidad, el estado actual de los sub-sistemas y sus respectivos componentes. La información obtenida se aprovechó para establecer un plan de acción con adecuadas actividades de restauración o sustitución acorde a las necesidades detectadas, en donde se resalta la implementación de un sistema eléctrico que tiene como propósito suministrar energía a diversos circuitos y especialmente a los tableros de control e instrumentación del área de generación de biogás. Posterior a ello se desarrolló la codificación e inventario considerando las recomendaciones de la norma ISO 14224:2016, luego se habilitó cada uno de los sub-sistemas para la posterior puesta en marcha del gasificador que empieza por la obtención del gas de síntesis en el reactor, para luego pasar al sistema de conducción y filtración que se encarga del acondicionamiento del fluido gaseoso; además, se desarrolló un plan de mantenimiento preventivo con base en la experiencia adquirida en el presente proyecto técnico. A través de los filtros e intercambiador de calor se logró acondicionar el fluido librándolo sobre todo de alquitrán, impurezas y partículas sólidas de tal manera que a la salida se consiguió un gas más limpio para futuros trabajos de investigación que puedan darle una aplicación energética, cabe mencionar que, para establecer una utilidad es preciso realizar un estudio sobre los requerimientos de los sistemas a implementar y la composición del gas alcanzado.

Palabras clave: <SISTEMA GASIFICADOR>, <GAS DE SÍNTESIS>, <PARTÍCULAS SÓLIDAS>, <ALQUITRÁN>, <FILTRO CICLÓNICO>, <FILTRO MANGAS>

0065-DBRA-UPT-2023


D.B.A.A.
Ing. Cristhian Castillo



SUMMARY

The maintenance and launch of the conduction and filtration system of the downdraft type gasifier at Mechanics Faculty was carried out in this Curricular Integration Work, First, a technical analysis of the initial situation was carried out where the functionality, the current state of the sub-systems and their respective components were identified. The information obtained was used to establish an action plan with adequate restoration or substitution activities according to the detected needs. It highlights the implementation of an electrical system whose purpose is to supply energy to various circuits and especially to the control panels and instrumentation of the biogas generation area. Subsequently, the coding and inventory were developed considering the recommendations of ISO 14224:2016 standard. Then, each sub-systems was enabled for the subsequent launch of the gasifier that begins by obtaining the synthesis gas in the reactor. , to then go to the conduction and filtration system that is in charge of conditioning the gaseous fluid. In addition, a preventive maintenance plan was developed based on the experience acquired in this technical project. Through the filters and heat exchanger, it was possible to condition the fluid, freeing it, above all, of tar, impurities and solid particles in such a way that a cleaner gas was obtained in the end. For future research work that can give it an energetic application. It is worth mentioning that to establish a utility is necessary to carry out a study on the systems requirements to be implemented and the gas composition reached.

Keywords: <GASIFYING SYSTEM>, <SYNTHESIS GAS>, <SOLID PARTICLES>, <TAR>, <CYCLONIC FILTER>, <BAG FILTER>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

Los procesos de gasificación de biomasa se presentan como una propuesta alternativa a la utilización de combustibles tradicionales para la generación de energía que desde varios años atrás se han ido estudiando y perfeccionando, los combustibles fósiles son grandes generadores de gases de efecto invernadero, además, de ser considerados como recursos finitos por otra parte, las materias primas de biomasa han demostrado ser más amigables con el medio ambiente.

En la actualidad existen algunos tipos de gasificadores cada uno expuesto para un uso específico entre los más importantes se destaca los gasificadores de lecho fluidizado, gasificadores de lecho arrastrado y gasificadores de lecho fijo que a su vez se clasifican en *Updraft* (tiro ascendente) y *Downdraft* (tiro descendente). El fluido que se obtiene en este proceso es un gas pobre o conocido popularmente como syngas que contiene gran cantidad de agentes contaminantes en función al tipo de biomasa empleada, el agente gasificante y las condiciones del proceso de gasificación, sin embargo, en términos generales el gas de síntesis se compone de elementos básicos e indispensables que le proporcionan un carácter combustible como: metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno y nitrógeno.

Los principales contaminantes que se puede encontrar en el syngas son las partículas, alquitranes, compuestos ácidos y compuestos nitrogenados, estos elementos son indeseados en procesos de gasificación puesto que generan graves problemas a los sistemas implementados. El acondicionamiento se realiza mediante el empleo de diferentes equipos tales como: filtros ciclónicos, filtros en configuración geométrica tipo mangas, precipitadores electroestáticos, intercambiadores de calor, además para eliminación de alquitrán o tras se usan técnicas más sofisticadas como el craqueo catalítico.

La Facultad de Mecánica de la ESPOCH cuenta con un gasificador de tiro descendente o por su denominación en inglés *Downdraft* que posee un sistema de conducción y filtración que se encarga de acondicionar el syngas, para tal efecto cuenta con un filtro ciclónico de entrada tangencial y descarga axial que remueve el material particulado (PM), de igual forma tiene un intercambiador de calor compacto donde el flujo de los fluidos se da en flujo cruzado que enfría el fluido gaseoso y condensa ciertos compuestos, además cuenta con unas talegas o mangas que realiza limpieza final, cabe señalar que el producto que se obtiene por la parte inferior del reactor se hace circular por estos equipos mediante un sub-sistema de conducción que está compuesto por una serie de tuberías y accesorios.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El interés por los combustibles alternativos y su empleo en procesos de gasificación nacen a consecuencia de la creciente demanda de energía y la necesidad de independizarse de los combustibles fósiles que son altamente perjudiciales para el medio ambiente, sin embargo, su implementación a gran escala aún está condicionando a la mejora de las tecnologías existentes para la obtención de syngas. (Zachl et al., 2021, p. 2)

Las materias primas utilizadas para generar biogás en un gasificador pueden ser de diversa índole las más comunes son las de origen agrícola como: la cascarilla de arroz, la cascara de coco, el bagazo de la caña de azúcar, entre otros. Hay que considerar que el combustible (Biomasa) empleado influye significativamente en la composición del gas pobre obtenido, otro parámetro importante para tener en cuenta es el contenido de humedad puesto que influye en gran medida en la eficiencia del proceso de gasificación. (Hoque et al., 2021, p. 2)

Los gasificadores de tipo Downdraft producen gas pobre o gas de síntesis, este fluido concentra gran cantidad de elementos indeseados como el alquitrán y las partículas de cenizas en dependencia a varios parámetros como la biomasa, agente oxidante y proceso de gasificación; para eliminar estos compuestos se han propuesto varias tecnologías de limpieza y acondicionamiento como: los filtros ciclónicos y de talegas o mangas que tienen capacidad de remover cenizas, otra alternativa es un intercambiador de calor que retiene ciertos compuestos mediante condensación. (Orozco et al., 2018, p. 2)

Las tecnologías de limpieza y acondicionamiento han evolucionado considerablemente con la finalidad de obtener un producto con la menor cantidad posible de agentes contaminantes, es así como hoy en día se puede emplear precipitadores electrostáticos, filtros de lecho granular, lavadores Venturi con ciclón incorporado, entre otros. Además, para la eliminación de alquitrán se han propuesto métodos como el craqueo catalítico que es capaz de remover casi en su totalidad este compuesto del gas de síntesis. Hay que reconocer que el empleo de estos equipos y técnicas está condicionado por la eficiencia del proceso de gasificación y el factor económico. (Sharma et al., 2020, p.45)

1.2. Formulación del Problema

El gas producido en los gasificadores tienen diversos usos, aunque en la actualidad este tipo de sistemas no son atractivos para las industrias que prefieren los combustibles fósiles por encima de las materias primas de biomasa debido principalmente a la inestabilidad que presentan. La Facultad de Mecánica de la ESPOCH cuenta con un gasificador de tipo *Downdraft* (De tiro descendente), mismo que cuenta con un sistema de conducción y filtración del gas que en la actualidad se encuentra en avería total debido a que no tiene ciertos componentes indispensables para su funcionamiento además, varios de sus elementos como el intercambiador de calor, filtros y tuberías de conducción requieren de una restauración o han quedado obsoletos a causa de la corrosión por estar expuestos a la intemperie y la falta de mantenimiento.

1.3. Justificación y actualidad

La demanda mundial de energía se cubre mediante la utilización de combustibles fósiles, estas fuentes de energía no son inagotables por lo que cada vez más se plantean alternativas que permitan sustituir a largo plazo los combustibles fósiles convencionales, una opción viable es la utilización de biocombustibles mediante un proceso denominado “Gasificación de la Biomasa” mediante el empleo de diversos sistemas como los gasificadores de lecho fijo. A pesar de que la energía generada por la biomasa actualmente no se presenta como una propuesta atractiva para el sector energético debido a su inestabilidad y baja eficiencia varios estudios demuestran que es una fuente de energía limpia y menos dañina con el ambiente en comparación con los combustibles tradicionales. (Ausay et al, 2021, p. 175)

En el Ecuador existe varias hectáreas de caña de azúcar y arroz que cada año son explotadas por el sector agrícola que en la mayoría de los casos elige desechar el bagazo o cascarilla aun cuando estas materias primas se consideran óptimas para la gasificación en reactores de tiro descendente y ascendente, por otro lado, la mayoría de las industrias sobre todo los ingenios azucareros prefieren otros sistemas para la producción de energía. (Verdezoto et al, 2021, p. 12)

En la Facultad de Mecánica de la ESPOCH existe un gasificador de tiro descendente para gasificación de biomasa, además, se realizó un proyecto técnico para implementar un sistema de conducción y filtración con la finalidad de generar un gas más limpio que puede ser utilizado en diversas aplicaciones energéticas, una de ellas es el empleo en motores de combustión interna, sin embargo, hay que considerar que ninguno de estos sistemas se encuentran operativos en la actualidad.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo General*

Efectuar el mantenimiento y puesta en marcha del sistema de conducción y filtración de gas del gasificador tipo *Downdraft* de la Facultad de Mecánica.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Realizar un análisis técnico de situación inicial del sistema de conducción y filtración de gas del gasificador tipo *Downdraft*

Establecer un plan de acción conforme al análisis técnico de situación inicial del sistema de conducción y filtración de gas.

Elaborar la codificación e inventario del sistema de conducción y filtración de gas en base a la norma ISO 14224

Ejecutar la puesta en marcha del sistema de conducción y filtración de gas.

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de conducción y filtración de gas.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El proceso denominado “gasificación de la biomasa” se refiere a una serie de reacciones termoquímicas que tienen su origen en un ambiente con bajo contenido de oxígeno dando como resultado la transformación de un determinado sólido o biomasa en un gas que puede tener varias utilidades, para tal efecto existe gasificadores de lecho fijo, gasificadores de lecho fluidizado y gasificadores de lecho arrastrado con sus respectivas clasificaciones.

En el presente capítulo se van a definir parámetros fundamentales a considerarse del inventario de activos físicos de acuerdo con la norma ISO 14224, el principio de funcionamiento del gasificador *Downdraft*, tipos de gasificadores que se emplean para la conversión de biomasa en energía utilizable. Además, dentro del sistema de conducción y filtración de gas se va a revisar la literatura correspondiente a los agentes contaminantes del syngas, los filtros utilizados para su acondicionamiento y los intercambiadores de calor.

2.1. Norma ISO 14224

La Norma ISO 14224 es un estándar internacional que se utiliza principalmente para la recolección de datos en lo que se refiere a confiabilidad y mantenimiento. (ISO 14224, 2016)

A pesar de que en un principio fue pensada para aplicaciones en las áreas de perforación, refinación y transporte por tubería de petróleo y gas natural, también tiene utilidad en varias industrias o áreas.

2.1.1. Taxonomía

Este apartado refiere a una clasificación propuesta en forma sistemática que tiene su fundamento en ciertos factores probablemente comunes en cuanto a la subdivisión de equipos, ubicación, uso entre otros aspectos.

La propuesta de la norma es la siguiente: los niveles del 1 al 5 están reservados para especificar el tipo de industria, tipos de negocio, categoría de la instalación, categoría de planta y sección o sistema, mientras que del 6 al 9 se establece la clase de equipo, subunidad, componente, y la pieza. Tal como se menciona en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Taxonomía de acuerdo a la ISO 14224

Categoría principal	Nivel taxonómico	Jerarquía de taxonomía	Definición	Ejemplos
Datos/uso Ubicación	1	Industria	Tipo de industria principal	Petróleo, gas natural, petroquímica
	2	Categoría del Negocio	Tipo de negocio o flujo de procesos	Upstream (E y P), midstream, Downstream (refinería), petroquímica
	3	Categoría de Instalación	Tipo de instalación	Producción, transportación, perforación de petróleo y gas, LNG, refinería y petroquímica
	4	Categoría de planta/unidad	Tipo de planta/unidad	Plataforma, semi-sumergible, hidrocrqueo, planta de ácido, planta de metanol
	5	Sección/sistema	Sección/ sistema principal de planta	Compresión, gas natural, licuefacción, gasoil de vacío, regeneración de metanol, sección de oxidación, sistema de rección, sección de destilación
Subdivisión de equipos	6	Clase de equipo/ unidad	Clase de equipos similares. Cada clase de equipo contiene unidades de equipos comparables	Intercambiadores de calor, compresores, tuberías, tuberías, bombas, turbinas a gas, boca de pozo submarina y árboles de navidad, botes salvavidas.
	7	Sub-unidad	Un subsistema necesario para la función del equipo	Sub-unidad de lubricación, subsistema de enfriamiento, control y monitoreo, subunidad de calentamiento, sub- unidad de paletización, sub-unidad de extinción, sub-unidad de refrigeración, sub-unidad de reflujo, sub-unidad de control distribuido
	8	Componente/ ítem mantenible	El grupo de piezas del equipo que comúnmente se mantiene	Enfriador, acoplamiento, caja de engranaje, bomba de engranaje, bomba de aceite de lubricación, circuito de instrumento, motor, válvula,
	9	Pieza	Una parte individual del equipo	Sello, tubo, carcasa, accionador, junta, placa de filtro, perno, tuerca, etc. Además, se consideran accesorios de segundo orden

Fuente: (ISO 14224, 2016, p.36)

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

2.2. Proceso de gasificación de la biomasa

Para el proceso de gasificación de la biomasa existe diferentes tecnologías, las más comunes son: los gasificadores de lecho fijo que a su vez se clasifican en gasificadores de tiro descendente y ascendente. La Facultad de Mecánica tiene con un gasificador *Downdraft* que basa su funcionamiento en 4 pasos que se explican a continuación, cabe mencionar que también existen gasificadores de lecho fluidizado y lecho arrastrado.

En reactores de tiro descendente el combustible o biomasa pasa primero por un proceso de secado, posterior a ello se da la pirolisis que ocurre con presencia de oxígeno casi nulo dando como resultado gases combustibles altamente volátiles y residuos carbonosos, el tercer paso se conoce como combustión donde se mezcla los residuos carbonosos producto de la pirolisis con el agente gasificante y finalmente tiene lugar la gasificación o reducción donde el fluido gaseoso se extrae por la parte inferior. (Molino et al., 2018, p.8)

En la Figura 1-2 se muestra un reactor de tiro descendente con las respectivas zonas de secado, pirolisis, oxidación y gasificación.

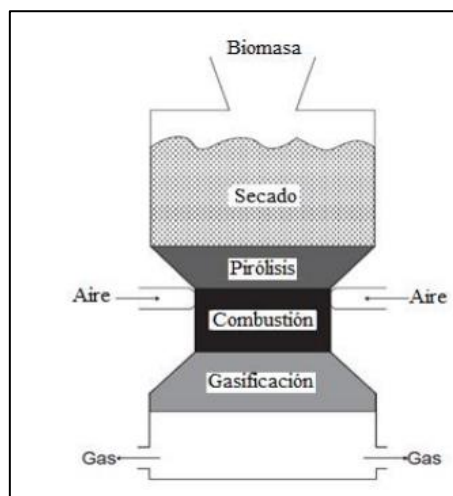


Figura 1-2: Gasificador *Downdraft*

Fuente (Molino et al., 2018, p.18)

2.2.1. Gasificador de lecho fijo

Este tipo de gasificadores son los más empleados en procesos de gasificación que a su vez se clasifican en reactores de tiro descendente (*Downdraft*) y tiro ascendente (*Updraft*), se denominan así en función a como fluye el agente gasificante u oxidante y el combustible o biomasa, que se da en un flujo paralelo o en contracorriente respectivamente.

2.2.1.1. *Gasificadores Downdraft*

Este tipo de reactores también se les conoce con el nombre de gasificadores de tiro descendente, son los más empleados dentro de esta clasificación puesto que producen un gas pobre con menor concentración de partículas y alquitrán en comparación a su contraparte (gasificador de corriente ascendente o contracorriente), su principal desventaja es que la biomasa debe contener un bajo contenido de humedad, además, del difícil control de temperatura durante su operación.

La biomasa es insertada por la parte superior y conforme va cayendo pasa por las zonas de secado, pirolisis, oxidación y reducción, el agente gasificante se inserta directamente en la zona de oxidación mientras que el syngas sale por la parte inferior del reactor. (Paiva et al., 2021, p.3)

2.2.1.2. *Gasificadores Updraft*

Estos reactores se les denomina de corriente ascendente, estos gasificadores se obtienen un gas pobre con altos contenidos de material particulado y alquitrán, sin embargo, su principal ventaja radica en que existe una buena combinación entre el agente gasificante y el combustible, un punto clave al momento de evaluar la eficiencia térmica.

La Biomasa ingresa por la parte superior y pasa por las zonas de secado, pirolisis, reducción y oxidación, el agente gasificante ingresa por la inferior y el gas pobre se obtiene de la parte superior del reactor es decir en un flujo a contracorriente. (Molino et al., 2018, p.8)

2.3. **Agentes gasificantes**

Estos elementos son también conocidos como agentes oxidantes los hay de diferentes tipos y el empleo de uno u otro depende de la tecnología de gasificación y de la economía del proceso, el aire es el más empleado debido en gran parte a que existe de forma natural en el medio ambiente por lo tanto se economiza en este elemento.

El agente gasificante se considera de suma importancia en el proceso ya que es uno de los parámetros que determina la composición final del syngas por tal motivo se debe elegir acorde al uso final del fluido. (Hanchate et al., 2021, pp. 27–28)

En la Tabla 2-2 se muestra los elementos más empleados como gasificantes con el respectivo poder calorífico y los productos que producen e

Tabla 2-2: Procesos de gasificación con diferentes agentes gasificantes

	Aire	Oxígeno	Vapor
Poder calorífico MJ/m³	4-6	10-15	15-20
Productos	CO, H ₂ , H ₂ O, CH ₄ , Alquitranes, cenizas	CO, H ₂ , CO ₂ , H ₂ O, Alquitrán	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , Alquitranes ligeros

Fuente: (Hanchate et al., 2021, p.45)

2.4. Materias primas de biomasa

Las materias primas de biomasa suelen ser desechos provenientes de distintas fuentes como: la agrícola, forestal y biológica, aunque también se consideran los residuos municipales clasificados, este elemento influye notablemente en la elección de uno u otro reactor ya que un gasificador en particular tiene mejor desempeño con un tipo de biomasa en específico.

De las fuentes agrícolas se puede obtener el bagazo, cascarilla de arroz, paja, tusa de maíz; en cambio la biomasa de origen forestal puede ser: aserrín y residuos de madera; en tanto que los residuos municipales suelen ser generalmente el papel y cartón. (Molino et al., 2016, p. 12)

- La biomasa debe contener un mínimo de humedad ya que de lo contrario se consume mayor cantidad de energía en la zona de secado.
- El tamaño de la biomasa que ingresa al reactor debe ser de un tamaño considerablemente pequeño, en el caso de las briquetas de madera se debe considerar las siguientes dimensiones como referencia: un diámetro de 10 mm y una longitud de 25 mm máximo.
- La cantidad de carbono orgánico presente en la materia prima debe ser en una cantidad aceptable a fin de evitar reacciones secundarias.
- Asegurar en lo posible que la biomasa no contenga sustancias peligrosas que afecten el proceso de gasificación, en caso de que existir se debe someter a procesos de saneamiento previo a su uso.

Por otra parte, el poder calorífico inferior del gas licuado de petróleo (GLP) es de 46,3 MJ/kg y es significativamente mayor al syngas que alcanza valores entre los 4 y 6 KJ/kg.

2.5. Composición del syngas

El gas producto que se obtiene en un proceso de gasificación depende de varios aspectos entre los más importantes se puede mencionar: la temperatura del proceso, el agente gasificante, tipo de reactor y la materia prima utilizada, el producto final es una mezcla de un gas combustible con partículas sólidas y una parte líquida.

En términos generales los gases presentes en el fluido gaseoso o syngas son: el metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), hidrógeno molecular y nitrógeno molecular este último condicionado por el agente oxidante empleado. (Molino et al., 2016, p. 10)

A más de los elementos mencionados el gas pobre también contiene contaminantes como: partículas de cenizas, hidrocarburos ligeros e hidrocarburos pesados entre los que se destaca el alquitrán y finalmente cuenta con gases innecesarios como los compuestos ácidos y nitrogenados, más adelante se detalla cada uno de ellos.

2.5.1. Contaminantes del syngas

Estos elementos se consideran indeseables tanto en el proceso de gasificación, así como en los sistemas aplicados puesto que generan graves problemas como: la corrosión, erosión, ensuciamiento de superficies y atascamientos, la presencia en menor o mayor proporción depende de algunos parámetros antes mencionados.

- Partículas
- Alquitranes
- Compuestos ácidos
- Compuestos nitrogenados

2.5.1.1. Partículas

Las partículas es un material en fase sólida con un tamaño que va de 1 a 10 µm, la más conocida de todas es la ceniza, el principal inconveniente de PM es la erosión y adhesión afectando así a los sistemas aplicados. (Sikarwar et al., 2017, p. 206)

Las tecnologías más comunes para la eliminación de cenizas son los filtros ciclónicos que ofrecen una eficiencia de hasta el 90 % para tamaño de partículas superior a las 10 µm, otra opción viable

para esta problemática son los filtros de talegas o mangas que son capaces de eliminar en su totalidad el PM en el orden de las micras.

2.5.1.2. Alquitrán

La formación del alquitrán es sustancialmente menor en reactores de tiro descendente, los compuestos de esta sustancia permiten su condensación en un amplio rango de temperaturas que va de 180 a 300°C, la presencia de este elemento es realmente crítica en ductos puesto que genera capas de sedimentos en las paredes internas de las tuberías con su consecuente taponamiento.

El *Tar* es un compuesto condensable que a medida que cambia de fase tiende a formar una capa líquida sobre las superficies que en presencia de polvo genera una sustancia viscosa y difícil de remover con métodos tradicionales. (Ciuffi et al., 2020, p. 12)

Este tipo de compuestos suelen ser de diferentes clases conforme a sus compuestos más representativos y sus propiedades, además suelen ser llamados compuestos condensables puesto que cambian de fase a determinadas temperaturas.

Tabla 3-2: Clasificación de los alquitranes

Clase de alquitrán	Nombre de la clase	Número de anillo	Propiedad	Compuestos representativos
1	GC-Indetectable	Desconocido	Alquitrán muy pesado, no puede ser detectado	Excluyendo los alquitranes de clase 2,3,4,5 de toda mezcla
2	Aromáticos heterocíclicos	Cíclico (no un anillo continuo de carbón)	Alquitranes que contienen heteroátomos altamente solubles en agua	Piridina, benzonitrilo, creseroles, quinolina, isoquinolina, difenzobenol
3	Aromático ligero	1	Por lo general hidrocarburos ligeros de un solo anillo, no suponen un problema de condensación	Tolueno, etilbenceno, xilenos, estireno, fenol
4	PAH ligero	2-3	Condensable a baja temperatura	Bifenilo, acenaftaleno, floureno, fenantreno, antraceno
5	PAH pesado	4-7	Condensable a alta temperatura	Perileno, flouretano

Fuente: (Ciuffi et al., 2020, p. 13)

2.5.1.3. *Compuestos ácidos*

El porcentaje en estado gaseoso del syngas obtenido de un reactor suele estar entre el 70% y en el mejor de los casos puede llegar hasta un 90%, esta fracción porcentual suele estimarse con respecto a la cantidad de combustible (Biomasa) suministrado. Se debe considerar que dentro de este porcentaje se encuentran compuestos indeseables ácidos que son altamente corrosivos y perjudiciales para los sistemas o equipos.

La fracción gaseosa suele tener elementos indeseables que se les denomina compuestos ácidos puesto que contienen hidrógeno en su estructura, los más representativos son el ácido clorhídrico (HCL), ácido sulfhídrico (H₂S) y ácido bromhídrico (HBr). (Molino et al., 2016, p. 11)

2.5.1.4. *Compuestos nitrogenados*

En un proceso de gasificación no es de extrañarse que exista nitrógeno puesto que las materias primas de biomasa contienen este elemento; sin embargo, cuando se utiliza un agente gasificante diferente al aire el contenido es mínimo sobre todo cuando se emplea oxígeno.

Los compuestos nitrogenados más representativos que se obtienen en el proceso de gasificación son el amoníaco (NH₃) y cianuro de hidrógeno (HCN), estos compuestos generan graves problemas de contaminación ambiental y envenenamiento. (Molino et al., 2016, p. 11)

Este compuesto es inevitable cuando se emplea aire o vapor de agua como agente oxidante y en la mayoría de los procesos de gasificación estos elementos son los más atractivos por su bajo costo.

2.6. Equipos de acondicionamiento del syngas

El gas pobre que se obtiene a partir del proceso de gasificación no es apto para aplicaciones de uso energético, para que este fluido gaseoso tenga utilidad es necesaria una etapa previa de acondicionamiento o limpieza la cual tiene como finalidad eliminar elementos indeseados a efecto de reducir en lo posible problemas derivados del gas de síntesis en los sistemas aplicados.

Los equipos de limpieza se pueden clasificar en dos grupos, el primero consiste en una limpieza vía húmeda (o en frío) lo que conlleva a plantearse que el gas debe ser enfriado hasta a una temperatura próxima a la del ambiente, la segunda se refiere a un acondicionamiento del gas en seco a temperaturas superiores a los 100 °C.

2.6.1. Equipos de limpieza del syngas en seco

El acondicionamiento del syngas en seco ocurre a temperaturas similares a las que se da a la salida del reactor, los equipos más empleados son: filtros ciclónicos, en configuración geométrica tipo mangas y precipitadores electrostáticos, cabe mencionar que existen otros dispositivos dentro de esta clasificación que son menos empleados debido a su complejidad y el factor económico.

2.6.1.1. Filtros Ciclónicos

Estos filtros son ampliamente utilizados en procesos de gasificación debido a su bajo coste y su simplicidad en cuanto a construcción, montaje y mantenimiento, cuentan únicamente con un cuerpo ciclónico de geometría favorable para la eliminación de cenizas o material particulado, además la mayoría de estos dispositivos vienen con un recipiente de recolección de desechos incorporado.

Estos equipos pueden alcanzar una eficiencia de hasta 90% en la eliminación de partículas con diámetro que rondan las 10 micras, su eficacia se ve afectada conforme disminuye el tamaño, por consiguiente, para menos de 1 micra son ineficientes. (Woolcock y Brown, 2013, p. 60)

Los ciclones los hay de cuatro tipos en función a la entrada del fluido gaseoso y la descarga del PM, el más común de todos es el de entrada tangencial y descarga axial, mismo que es objeto de estudio del presente proyecto técnico.

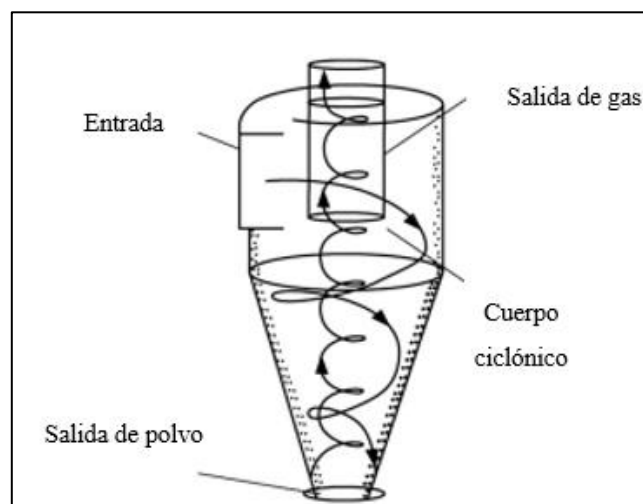


Figura 2-2: Filtro Ciclónico

Fuente: (Woolcock y Brown, 2013, p.78)

Estos filtros basan su funcionamiento gracias a la acción de una fuerza centrífuga y la gravedad, en principio el gas ingresa de forma tangencial y forma un vórtice externo que recorre el ciclón de forma descendente, posterior a ello se forma un vórtice interno que circula en forma ascendente hacia la salida, las partículas son desprendidas durante el descenso del syngas puesto que friccionan con las paredes del ciclón y pierden velocidad al mismo tiempo que la gravedad las atrae hacia la parte inferior.

2.6.1.2. *Precipitadores electrostáticos*

Estos dispositivos son los más costosos dentro de esta clasificación (equipos de limpieza del syngas en seco) puesto que necesitan de energía eléctrica para su funcionamiento lo que conlleva gastos extras para su operación, a pesar de que son altamente eficaces en la remoción de material particulado su implementación requiere de un estudio previo del proceso de gasificación. Por otro lado, se requiere de una capacitación del personal para tareas de mantenimiento preventivo.

Estos equipos son ideales cuando se requiere eliminar PM finas o ultrafinas en el orden de las micras e incluso nano micras, en condiciones normales de trabajo alcanzan un 99% de eficiencia, por otro lado, la principal ventaja que presenta este equipo es una caída de presión casi nula del gas de síntesis.

Basan su funcionamiento gracias al magnetismo. Al ingresar el syngas las cenizas se cargan negativamente en tanto que las paredes del precipitador electrostático tienen carga positiva, por consiguiente, el material particulado es atraído hacia los electrodos de recolección. (Abdoulmoumine et al., 2015, p. 298)

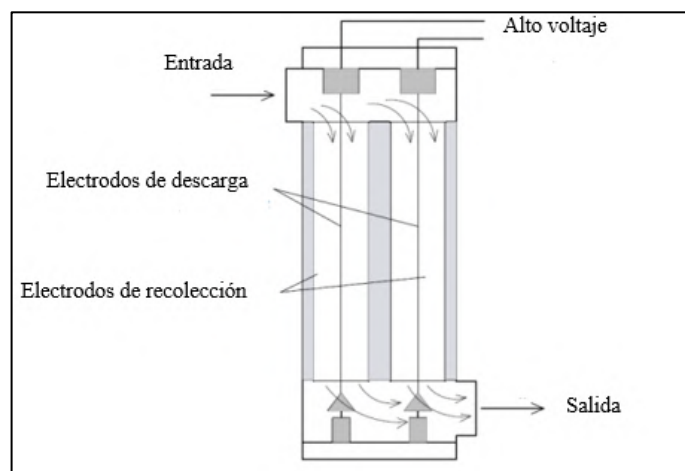


Figura 3-2: Sección transversal precipitador electrostático

Fuente: (Abdoulmoumine et al., 2015, p.12)

2.6.1.3. Filtros de mangas

Estos filtros son más complejos que los ciclónicos, además presentan menor dificultad que los precipitadores electrostáticos en cuanto a la operación y mantenimiento, este equipo consta de una serie de hileras con forma de tubos redondos que se sostienen mediante soportes y se encuentran aislados térmicamente en un recipiente denominado cámara de filtrado.

El medio filtrante con el que se cubre las hileras puede ser de diferentes materiales como las telas de fibra de vidrio, teflón, nylon, entre otros; la elección de uno u otro material estará en función al proceso de gasificación y la temperatura del syngas. (Echeverri, 2008, p. 45)

Así mismo, el tamaño de las partículas que contienen la corriente de gas a menudo es de un tamaño menor al de los poros de la membrana que cubre las hileras (Tela de fibra de vidrio, teflón o nylon), pero el proceso de filtrado se da gracias a que se forma una capa de sedimentos que se va engrosando conforme circula el gas de síntesis.

La limpieza en estos dispositivos puede ser interna o externa, en el caso de la filtración externa el syngas ingresa por la parte inferior de cámara de filtrado y las partículas circulan por la parte externa de las mangas que es donde se forma la capa de sedimentos.

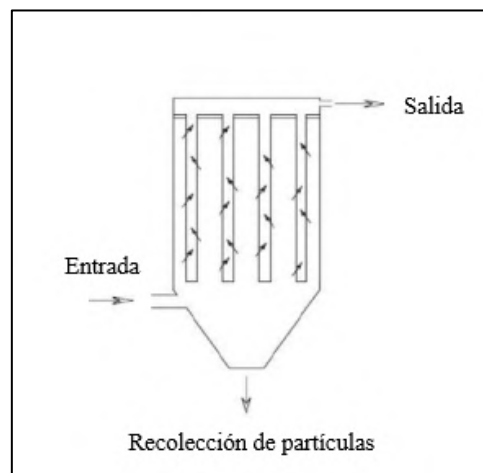


Figura 4-2: Filtro Mangas - Filtración exterior

Fuente: (Echeverri, 2008, p.17)

En la figura 5-2 se puede identificar una filtración interior en donde el fluido gaseoso ingresa por la parte inferior y circula por la parte interna de las mangas que es donde se forma la capa de sedimentos. (Echeverri, 2008, p. 46)

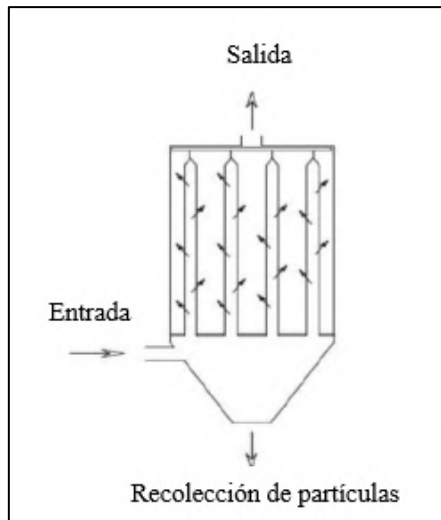


Figura 5-2: Filtro mangas - filtración interior

Fuente: (Echeverri, 2008, p.18)

2.6.1.4. *Filtros granulares*

Los filtros granulares son los dispositivos menos empleados para el acondicionamiento del syngas en seco en gran parte debido a su desconocimiento, sin embargo, son ampliamente utilizados en el tratamiento de aguas residuales.

El de lecho granular fijo es el más eficiente dentro de esta clasificación ya que puede llegar a tener un 99 % de eficiencia, en contraparte a esto, este equipo registra más paradas por mantenimiento preventivo debido a una acumulación de cenizas en la superficie que reduce su eficiencia.

El proceso de limpieza es relativamente sencillo consiste únicamente en hacer circular el gas por el lecho granular en donde las partículas rebotan y se adhieren a la superficie de los gránulos, para la posterior remoción mediante técnicas de cepillado. (Soloveva et al., 2021, p. 4)

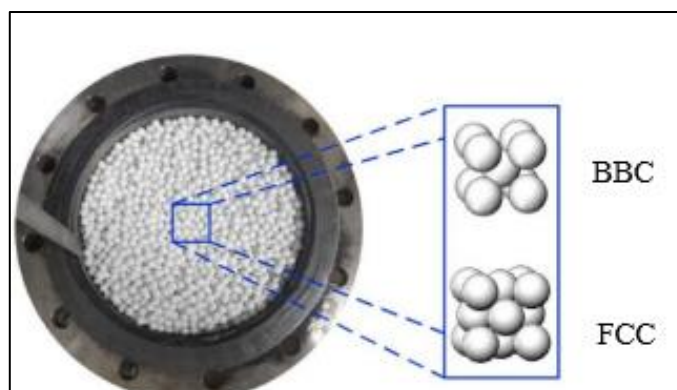


Figura 6-2: Filtro de lecho Granular

Fuente: (Soloveva et al., 2021, p.36)

2.6.2. Equipos de limpieza del syngas vía húmedo

El acondicionamiento del gas vía húmeda se realiza mediante lavadores Venturi, depuradores por aspersión entre otros; este proceso se utiliza para desprender del gas de síntesis agentes contaminantes como alquitranes, nitrógeno y cenizas; el principal inconveniente de estos aparatos es que se humedece y enfría el gas a temperaturas por debajo de los 55 °C.

2.6.2.1. Lavadores venturi con separador ciclónico

Estos filtros son los más eficiente dentro de esta clasificación, están compuestos por un Venturi y un separador de tipo ciclónico, funcionan gracias a la inyección de un fluido en estado líquido en la garganta del Venturi, posterior a ello pasa al separador ciclónico donde el gas sale por la parte superior y los lodos producto del atrapamiento de sedimentos caen al fondo del ciclón.

Son empleados para eliminar PM micrónicas de la corriente de gas de síntesis, así mismo se puede eliminar elementos indeseados como el HCl y el SO₂, el principal inconveniente es su alto consumo de energía. (Argonul et al., 2021, p. 6)

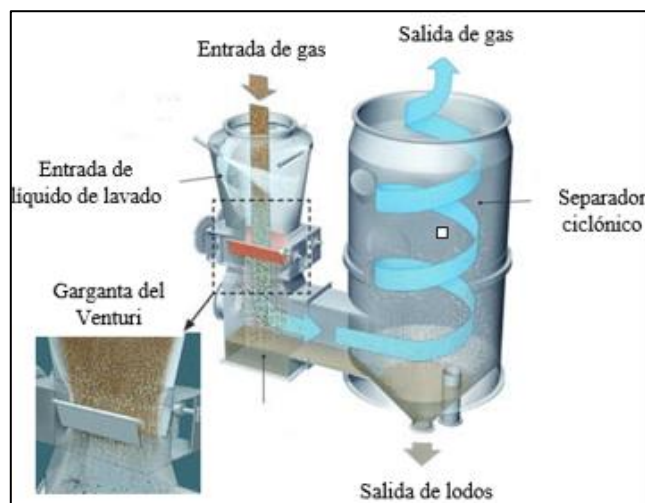


Figura 7-2: Lavador Venturi con separador ciclónico

Fuente: (Argonul et al., 2021, p.10)

2.6.2.2. Lavadores Ciclónicos por aspersión

Los lavadores ciclónicos por aspersión son los menos empleados de este grupo (limpieza vía húmeda) puesto que son menos eficientes que los lavadores Venturi con separador ciclónico, cuentan con un colector de pulverización en donde se inyecta el fluido en estado líquido generalmente agua.

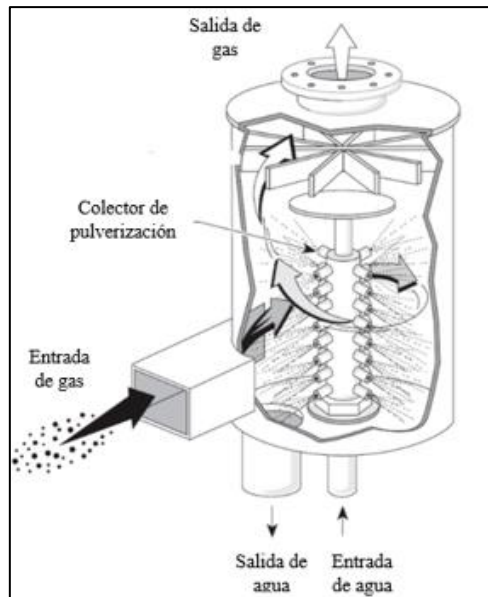


Figura 8-2: Lavador ciclónico por aspersion

Fuente: (Argonul et al., 2021, p.12)

Su funcionamiento se basa en el atrapamiento de elementos indeseados como (PM) mediante la atomización del agua a través de inyectores, el gas limpio sale hacia la parte superior y los lodos caen por acción de la gravedad a la parte inferior. (Argonul et al., 2021, p. 7)

2.7. Equipos de enfriamiento del syngas

En la práctica estos elementos facilitan el intercambio de calor en fluidos a diferentes temperaturas evitando un contacto directo y se fabrican en numerosas configuraciones acorde al tipo de fluido, razón de transferencia, las condiciones de trabajo, entre otros; sin embargo, en términos generales se clasifican de acuerdo con su estructura como: de tubos concéntricos, de coraza y tubos y compactos.

Los equipos empleados para la refrigeración de un fluido específico son los dispositivos que se mencionan en el párrafo anterior ya que permiten el enfriamiento de un fluido en particular mientras otro aumenta su temperatura. (Cengel, 2007, p.629)

2.7.1. Intercambiador de calor compacto

Un intercambiador de calor es considerado como compacto cuando tiene una densidad de área (β) mayor a $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Estos equipos son muy eficientes por cuanto logran una gran área de transferencia de calor por unidad de volumen. (Cengel, 2007, p.630)

Sus aplicaciones más comunes son en sitios reducidos y destaca su utilidad en la industria automotriz tanto en automóviles como en el transporte pesado en donde se requiere optimización de espacios, los ductos por donde circulan los fluidos son considerablemente pequeños por consiguiente se logra un fluido laminar.

2.7.1.1. Intercambiador de calor compacto de flujo no mezclado

Se hacen llamar de flujo no mezclado ya que cuentan con unas placas delgadas que impiden que el fluido se mueva en dirección paralela forzándolo a circular de forma perpendicular al otro fluido que se desplaza por los ductos o tuberías. (Cengel, 2007, p.631)

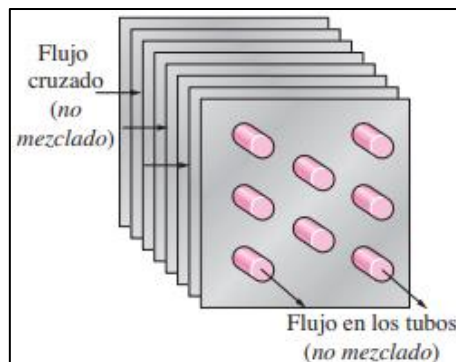


Figura 9-2: Intercambiador de calor-flujo no mezclado

Fuente: (Cengel, 2007, p.631)

2.7.1.2. Intercambiador de calor compacto de flujo mezclado

Este dispositivo no cuenta con placas rectangulares que redireccionen el flujo del fluido de forma perpendicular, por lo tanto, el movimiento se da tanto en forma paralela como perpendicular, es de ahí de donde se deriva su nombre (flujo mezclado). (Cengel, 2007, p.631)

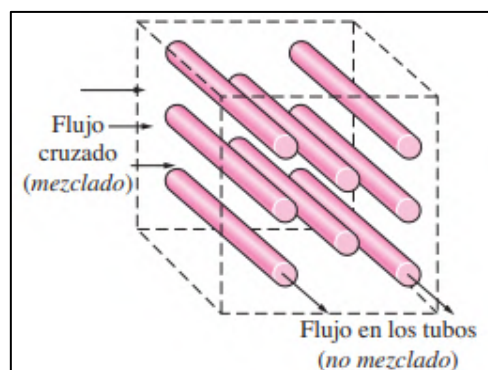


Figura 10-2: Intercambiador de calor compacto-flujo mezclado

Fuente: (Cengel, 2007, p.631)

2.8. Circuitos de iluminación

El análisis de un circuito de iluminación tiene como propósito determinar el flujo luminoso total requerido con su respectiva distribución dentro de un determinado ambiente a fin de proporcionar una buena iluminación artificial para el desarrollo de actividades.

2.8.1. Magnitudes y unidades de circuito de iluminación

2.8.1.1. Flujo Luminoso

La unidad de medida de esta magnitud es el lumen (lm) y se refiere a la fracción de energía primaria emitida desde una fuente que percibe el ojo humano como brillo luminoso que se irradia al espacio en unidades de tiempo. (Lima, 2009, p.102)

La ecuación que permite estimar el flujo luminoso total se fija en función a la superficie, nivel de iluminación media, factor de mantenimiento y utilización, como indica la ecuación número 1.

$$\Phi_T = \frac{E_m * ab}{F_m * F_U} \quad (1)$$

Donde

Φ_T = Flujo luminoso total

a = Ancho del local

b = Es la longitud del local

E_m = Nivel de iluminación medio

F_m = Factor de mantenimiento

F_U = Factor de utilización

2.8.1.2. Intensidad luminosa

La intensidad se mide en unidades de lux que hace referencia a como se reparte de forma pareja un lumen sobre 1 metro cuadrado de superficie. (Lima, 2009, p.108)

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2)$$

Donde:

Φ = Flujo luminoso

ω = Ángulo de incidencia

2.8.1.3. *Rendimiento luminoso*

El rendimiento luminoso se puede definir a partir de su expresión matemática que es el flujo luminoso total dividido para la potencia eléctrica de consumo de una determinada fuente de energía luminosa. (Conejo,2007, p.289)

$$n = \frac{\Phi}{P} \quad (3)$$

Donde:

Φ = Flujo luminoso

P = potencia de consumo de la fuente de energía

2.8.2. *Método de lumen*

Existe diversas técnicas para determinar este valor, sin embargo, el más utilizado es el método de lumen, este procedimiento proporciona una serie de parámetros que se deben determinar previo al cálculo final, a continuación, se detalla los pasos a seguir:

Dimensionar el espacio a iluminar

Establecer el nivel de iluminación recomendado de acuerdo con la actividad a realizar en dicha zona, estos datos se encuentran tabulados.

Elegir el tipo de lámpara acorde al lugar de trabajo.

Realizar el cálculo del índice de local empleando la fórmula adecuada.

Fijar los coeficientes de reflexión de paredes, techos y suelo detallados en tablas.

Escoger el factor de mantenimiento de acuerdo con las características de la zona a iluminar.

Determinar el coeficiente de utilización con los datos obtenidos anteriormente.

2.8.2.1. Niveles de iluminación

El nivel de iluminación para un determinado ambiente depende del tipo de actividad a realizar en el mismo, en la Tabla 4-2 se muestra niveles de iluminación en lux mínimos recomendados y óptimos para diferentes estancias.

Tabla 4-2: Niveles de iluminación medios de acuerdo con el método de lumen

Tareas y clases de local	Iluminación en (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Locales generales de edificios			
Pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos,	100	150	200
Centros docentes			
Laboratorios, aulas	300	400	500
Salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Locales destinados para conferencias	450	500	750
Locales destinados a oficinas, locales destinados para delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Locales destinados para el Comercio tradicional	300	500	750
Locales destinados para supermercados o salones de muestras	500	750	1000
Industrias en general			
Actividades con exigencias visuales limitados	200	300	500
Actividades con exigencias visuales normales	500	750	1000
Actividades con exigencias visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Áreas de aseo	100	150	200
Zonas de estar	200	300	500
Áreas de cocción de alimentos o cocinas	100	150	200
Zonas de estudio	300	500	750

Fuente: (Conejo,2007, p.289)

2.8.2.2. Índice de local *k*

El índice de local *k* se identifica con la expresión matemática que enlaza las magnitudes de superficie en m² y la altura de las luminarias, para iluminación directa, semidirecta se emplea la ecuación número 4. (Conejo,2007, p.314)

$$K = \frac{2ab}{h(a + b)} \quad (4)$$

Donde:

a = Ancho de local

b = Longitud de local

h = Altura de luminaria respecto al plano de trabajo

Para instalaciones con iluminación indirecta se emplea la siguiente expresión

$$K = \frac{3ab}{H(a + b)} \quad (5)$$

2.8.2.3. Coeficientes de reflexión

Los coeficientes de reflexión vienen dados en función al color de la superficie explorada, estos valores generalmente se encuentran tabulados por el propio método de lumen.

Tabla 5-2: Coeficientes de reflexión de paredes techo y suelo

Superficie	Color	Factor de reflexión por unidad (P)
Techo	Claro	0,7
	Medio	0,5
	Oscuro	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3
	Obscuro	0,1

Fuente: (Conejo,2007, p.315)

2.8.2.4. Factor de mantenimiento

Es un elemento ligado de forma directa al grado de suciedad que existe en el ambiente y su frecuencia de aseo, en la Tabla 6-2 se describen valores del factor de mantenimiento acorde a la limpieza del área a iluminar.

Tabla 6-2: Factor de mantenimiento de acuerdo al ambiente o área a iluminar

Condición del Ambiente o área para iluminar	Factor de mantenimiento (Fm)
Limpio	0,8
Sucio	0,6

Fuente: (Conejo,2007, p.315)

2.8.2.5. Factor de utilización

El FU se obtiene a partir del local, los factores de reflexión de techo, paredes y piso, además se considera una unidad que relaciona el flujo total que emite las lámparas instaladas y el que llega al plano de trabajo, en la Tabla 7-2 se indica este dato para diversos índices de local.

Tabla 7-2: Factor de utilización

Índice de local K	Factor de reflexión del techo								
	0,7			0,5			0,3		
	Factor de reflexión de paredes								
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
	Factor de utilización								
0,60	0,28	0,22	0,17	0,27	0,22	0,18	0,26	0,22	0,19
0,80	0,35	0,30	0,24	0,35	0,30	0,24	0,34	0,28	0,24
1,00	0,43	0,36	0,30	0,41	0,35	0,31	0,40	0,34	0,30
1,25	0,49	0,42	0,37	0,49	0,42	0,36	0,46	0,40	0,36
1,50	0,55	0,47	0,42	0,53	0,47	0,41	0,50	0,44	0,40
2,00	0,62	0,55	0,50	0,60	0,53	0,49	0,57	0,52	0,47
2,50	0,67	0,61	0,56	0,66	0,60	0,55	0,62	0,57	0,52
3,00	0,71	0,65	0,60	0,70	0,63	0,59	0,65	0,61	0,56
4,00	0,76	0,71	0,66	0,74	0,69	0,65	0,69	0,65	0,62
5,00	0,81	0,76	0,71	0,78	0,74	0,70	0,73	0,69	0,67

Fuente: (Conejo,2007, p.316)

2.9. Circuitos eléctricos

Los circuitos eléctricos tienen como propósito abastecer de energía eléctrica a diversos dispositivos. Para garantizar un funcionamiento adecuado se debe dimensionar los calibres de conductor y protecciones a fin de evitar sobrecargas y cortocircuitos que afecten a los equipos.

2.9.1. Sección de conductores en corriente alterna monofásica

En corriente alterna monofásica existe cargas inductivas y óhmicas, sin embargo, cuando se desconoce o a su vez el elemento carece de una parte inductiva se suele emplear un análisis parecido al que se realiza en corriente continua aplicando la ley de OHM. (Zubiaurre, 2014, p.62)

En circuitos de corriente alterna monofásica se puede aplicar la ley de OHM que menciona que la intensidad es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia.

$$I = \frac{V}{R} \quad (6)$$

Donde:

I = Intensidad de corriente

V = Voltaje

R = Resistencia

Al despejar la ecuación número 6 se obtienen expresiones matemáticas para calcular la resistencia y el voltaje.

$$R = \frac{V}{I} \quad (7)$$

$$V = I * R \quad (8)$$

2.9.1.1. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica es un valor que se detalla en las hojas de datos (datasheets) de diferentes elementos, mediante esta magnitud se puede determinar la carga total de un circuito de ramal. (Zubiaurre, 2014, p.66)

De acuerdo con la ecuación número 9 se puede determinar la intensidad en función a potencia y el voltaje para circuitos de corriente alterna monofásica.

$$I = \frac{P}{V * \cos\varphi} \quad (9)$$

Donde:

P = Potencia

R = Resistencia

V = Voltaje

2.9.2. Sección de conductores en líneas de corriente alterna trifásica

Los sistemas trifásicos son utilizados en el área industrial principalmente para la alimentación de motores eléctricos, en estos dispositivos existe necesariamente una inductancia a consecuencia del bobinado, por lo tanto, se debe tomar en cuenta en los cálculos pertinentes.

La siguiente expresión permite calcular la intensidad de consumo de un motor eléctrico en un régimen trifásico.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi * n} \quad (10)$$

Donde:

I = Intensidad de consumo

V = Voltaje nominal

$\cos\varphi$ = Factor de potencia

n = Eficiencia

P = Potencia

2.9.2.1. Intensidad de diseño

La intensidad de diseño se refiere a un sobredimensionamiento que lo establece la norma local vigente CPE INEN 19 y se estima conforme a la siguiente expresión matemática:

$$I_d = I * 1,25 \quad (11)$$

Donde:

I_d = Intensidad de diseño

I = Intensidad de consumo

2.9.2.2. *Caída de tensión por resistencia eléctrica del conductor*

Parte de la energía que se suministra a un motor eléctrico se pierde en el momento de la conducción por lo que se debe considerar este valor al momento de determinar el calibre de conductor.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I_d * \text{Cos } \varphi}{S} \quad (12)$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión por resistencia eléctrica del conductor

ρ = Resistividad eléctrica del material conductor

L = Longitud del conductor

S = Sección transversal del conductor

I_d = Intensidad de diseño

$\text{Cos } \varphi$ = Factor de potencia

2.9.3. *Resistencia eléctrica de conductores*

Todos los materiales ofrecen una cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica, esta se ve influenciada acorde al material utilizado y de la temperatura de trabajo, este aspecto se debe considerar previo a determinar el conductor a emplear. (Zubiaurre, 2014, p.70)

La resistencia de un alambre conductor es proporcional de forma directamente a su longitud, entonces, cuanto mayor sea la distancia mayor será la caída de tensión y viceversa.

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right) \quad (13)$$

Donde:

R= Resistencia eléctrica del conductor

L= Longitud del conductor

A=Sección transversal del conductor

ρ = Resistividad eléctrica del material conductor

El valor que se obtiene sirve para fijar la pérdida de tensión que se produce en el conductor por esta causa, hay que mencionar que existe tolerancias máximas y mínimas que se debe considerar al momento del cálculo.

2.9.3.1. Resistividad eléctrica del material conductor

La resistividad es un parámetro de suma importancia en el tratamiento de la información de la resistencia eléctrica de los conductores puesto que no todos poseen el mismo valor, este varía significativamente de un material a otro.

Así mismo, cabe mencionar que el valor de esta magnitud también se ve afectado por la temperatura de trabajo, por lo tanto, hay que tener en cuenta en donde se va a instalar los conductores, por ejemplo, si es un lugar con alta o baja temperatura, existe diferentes tablas que muestran este valor a distintas condiciones ambientales.

El cobre es el material más empleado en el área eléctrica especialmente por su bajo costo, sin embargo, cabe señalar que el oro es el metal que mejor conduce la electricidad, pero su empleo se limita a circuitos electrónicos de alta gama.

Tabla 8-2: Resistividad eléctrica de materiales a temperatura ambiente

Material	$\rho \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$
Aluminio	0,026
Bronce	0,13-0,29
Carbón	100
Cobre	0.0175
Hierro	0.10 - 0.14
Níquel	0.44
Oro	0.022
Plata	0.016
Platino	0.094

Fuente: (Zubiaurre, 2014, p.31)

2.10. Terminología de mantenimiento de acuerdo con la UNE EN 13306

La norma fue creada a fin de brindar la definición correcta de la terminología que se emplea en la gestión y administración del mantenimiento, la versión más reciente es la correspondiente al año 2018.

2.10.1. *Mantenimiento*

Se refiere aquellas acciones de tipo administrativas, técnicas y de gestión, que empiezan con el ciclo de vida del elemento y tiene como objetivo conservarlo o devolverlo a un estado en el que puede realizar la función requerida por un proceso. (UNE EN 13306, 2018, pag.6)

2.10.2. *Función requerida*

La función requerida se puede definir a partir de un verbo, objeto y un estándar de funcionamiento, esta definición hace hincapié a una serie de funciones de un elemento estrictamente necesarias para cumplir un requisito dado. (UNE EN 13306, 2018, pag.7)

2.10.3. *Ciclo de vida*

El ciclo de vida de un elemento viene dado a partir de la concepción y termina con su retirada de producción y reciclaje, este proceso cuenta con los siguientes apartados que son: adquisición, operación, mantenimiento, modernización y desmantelamiento. (UNE EN 13306, 2018, pag.11)

2.10.4. *Fallo*

El fallo de un elemento se considera como la incapacidad de realizar la función requerida por un determinado proceso, se debe aclarar que el fallo es un evento que produce un estado de avería ya sea parcial o total. (UNE EN 13306, 2018, pag.13)

2.10.5. *Avería*

Un estado de avería se produce a causa de un evento de falla, la avería puede ser parcial (el elemento sigue funcionando, pero por debajo de los estándares establecidos) o total (el elemento cesa su función por completo). (UNE EN 13306, 2018, pag.13)

2.10.6. *Mantenimiento preventivo*

Dentro del mantenimiento preventivo se tiene el predeterminado y basado en la condición, se lo ejecuta anticipando un evento de falla por lo que se debe establecer correctamente las frecuencias. (EN 13306, 2018, pag.16)

2.10.6.1. *Mantenimiento preventivo predeterminado*

Es un tipo de mantenimiento que se lo realiza a intervalos fijos de tiempo sin importar el estado del elemento donde los intervalos de tiempo están definidos en función a los mecanismos de fallo que presente el mismo. (EN 13306, 2018, pag.16)

2.10.6.2. *Mantenimiento basado en la condición*

Es un tipo de mantenimiento que se lo realiza aplicando diferentes técnicas de predicción y no predicción, las predictivas pueden ser: análisis de vibraciones, termografía infrarroja, ultrasonido, entre otras. (EN 13306, 2018, pag.16)

2.10.7. *Mantenimiento correctivo*

A diferencia del mantenimiento preventivo este se lo realiza después que ha ocurrido un evento de falla, tiene como finalidad devolver al elemento su función requerida distinguiéndose dos tipos: correctivo inmediato y correctivo diferido. (EN 13306, 2018, pag.17)

2.11. Colores de identificación de tuberías INEN 440

La norma nace con la necesidad de estandarizar los procesos e instalaciones que utilicen sistema de tuberías para distribución y transporte de fluidos.

2.11.1. *Terminología*

2.11.1.1. *Tubería*

Es un conducto establecido con el propósito de conducir, transportar y distribuir fluidos ya sea en estado líquido, gaseoso o vapor. (INEN 440, 1984, p.36)

2.11.1.2. Fluidos

Un fluido se puede encontrar en tres estados que son: sólido, líquido y gaseoso que son transportados por una tubería o una red de tuberías. (INEN 440, 1984, p.36)

2.11.2. Clasificación de los fluidos con su color de identificación

Como se muestra en la Tabla 9-2 los fluidos se dividen en 10 categorías y en función a ello se establece los colores más adecuados para identificarlos.

Tabla 9-2: Clasificación de los fluidos con su respectivo color de tubería

Fluido	Categoría	Color
Agua	1	Verde
Vapor de agua	3	Gris plata
Aire y oxígeno	3	Azul
Gases combustibles	4	Amarillo Ocre
Gases no combustibles	5	Amarillo Ocre
Ácidos	6	Anaranjado
Álcalis	7	Violeta
Líquidos combustibles	8	Café
Líquidos no combustibles	9	Negro
Vacío	0	Gris
Agua o vapor contra incendios	--	Rojo de seguridad
GLP (Gas licuado de petróleo)	--	Blanco

Fuente: (INEN 440, 1984, p.38)

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Análisis del estado técnico inicial del sistema de conducción y filtración

El sistema de conducción y filtración del gasificador tipo tiro descendente de la Facultad de Mecánica consta de 3 sub-sistemas cada uno de ellos con una función específica y con ciertos elementos que posibilitan el acondicionamiento del fluido. A continuación, se va a detallar de forma breve cada uno de ellos, de igual manera se va a describir su estado actual y adicionalmente se va a realizar un análisis para la implementación de un sistema eléctrico.

3.1.1. *Sub - sistema de conducción*

Este sub-sistema está compuesto por 4 líneas de conducción que a su vez cuentan con ciertos componentes como: tuberías, válvulas y accesorios; la función que cumplen es transportar el fluido por los subsistemas de filtrado y enfriamiento hasta llegar a la desembocadura final.

La mayoría de sus componentes presentan un estado de avería parcial debido en gran parte por estar expuestos a diversos cambios climáticos y desuso, por tal motivo las tuberías y accesorios requieren de una restauración y en ciertos casos se debe remplazar conforme al análisis técnico de situación inicial que se detalla más adelante.

3.1.2. *Sub-sistema de enfriamiento y condensado*

El sub-sistema de enfriamiento se ubica a la salida del filtro ciclónico, sus componentes son: un intercambiador de calor y un soplador eléctrico (blower), estos elementos se encargan de enfriar el fluido gaseoso a una temperatura idónea previo a su ingreso al filtro de mangas con la finalidad que el syngas no perjudique la membrana que cubre las hileras y realice la limpieza o acondicionamiento final.

El intercambiador de calor es de tipo compacto en donde el flujo de los fluidos se da de forma perpendicular entre sí, este dispositivo está en avería parcial ya que la base de soporte, las tuberías de cobre y el recipiente de condensado requieren de una restauración por encontrarse corroídos y llenos de impurezas. Por otro lado, se debe adquirir un soplador eléctrico puesto que el original esta extraviado.

3.1.3. Sub - sistema de filtrado

El sub - sistema de filtrado se compone de dos filtros: el primero es de tipo ciclónico dispuesto a la salida del sistema gasificador y el segundo es de configuración geométrica tipo mangas situado a la salida del intercambiador de calor, su función radica en eliminar agentes contaminantes contenidos en el syngas con la premisa que el syngas puede tener una aplicación de uso energético.

El filtro en configuración geométrica tipo mangas se halla en avería total ya que la tela de fibra de vidrio no tiene capacidad de filtrado por encontrarse cristalizada y en estado obsoleto, de igual forma se puede mencionar que el filtro de tipo ciclón presenta avería total a consecuencia del recipiente de recolección de partículas que presenta picaduras por corrosión en su pared inferior.

3.2. Sistema eléctrico

El área de generación de biogás demanda de energía eléctrica para la alimentación de tableros de control e instrumentación, además se requiere de circuitos de fuerza e iluminación por tal motivo se considera la ejecución de un tablero de distribución eléctrico compuesto por 5 circuitos de ramales.

En la actualidad este sistema no existe razón por la cual se va a implementar, el objetivo de este sistema es garantizar que los dispositivos eléctricos del Gasificador tipo downdraft funcione de manera idónea, además de avalar que las instalaciones eléctricas se realicen con un criterio técnico y de acuerdo con la normativa local vigente.

3.3. Desarrollo del formato del estado técnico inicial del sistema de conducción y filtración

El desarrollo del formato del estado técnico inicial se va a desarrollar en función a los 3 sub-sistemas existentes, se realizará bajo la premisa de contar con la información necesaria ya sea para efectuar el mantenimiento, restauración o sustitución, conforme a su estado técnico inicial.

El formato contendrá apartados básicos como la ubicación del sub-sistema, tal información se va a describir de la manera más precisa posible en concordancia con los datos disponibles al momento y la distribución esquemática de la institución, los demás ítems a considerarse dentro del formato tales como: especificaciones técnicas, funcionamiento y el análisis técnico se detallan a continuación:

3.3.1. Especificaciones técnicas

En este apartado se va a puntualizar información referente al tipo de material, diámetro, capacidad, potencia, corriente, voltaje, entre otras consideraciones. Estos campos se van a especificar conforme a los componentes del sub -sistema, además el formato en este campo se va a adaptar acorde a los datos que se puede detallar de cada elemento.

3.3.2. Funcionamiento

El funcionamiento se refiere a la función que desempeña el sub – sistema dentro del sistema de conducción y filtración, en este campo se va a describir a detalle el modo de trabajo, consideraciones previo al arranque en caso de existir, si tiene redundancia o no, normativas aplicadas o aplicables, entre otros.

3.3.3. Análisis técnico de situación inicial

El presente análisis se realiza con la premisa de conocer el estado técnico actual de los sub-sistemas del sistema de conducción y filtración con el propósito de realizar una restauración, sustitución o implementación conforme al estado actual de los elementos constitutivos. El análisis se realizará mediante tres abreviaturas AP (avería parcial), avería total (AT), PI (por implementar).

El análisis técnico actual se elaborará en base a cada uno de los equipos que sean parte de un sub-sistema en particular, se va a emplear la abreviación “AP” en caso de que el elemento analizado pueda seguir funcionando, pero por debajo de su capacidad nominal, no requiera la sustitución del elemento y su restauración no contemple procedimientos complejos o específicos.

Si el elemento no puede desarrollar la función requerida y su restauración o sustitución este condicionada por procedimientos elaborados y específicos se optará por la abreviación “AT”, finalmente si el elemento esta extraviado o no se encuentra ubicado en su lugar designado en el diseño original se seleccionará la abreviación “PI”.

A continuación, se detalla el estado técnico actual de los 3 sub-sistemas, cabe destacar que en este análisis no está considerado el sistema eléctrico puesto que se va a implementar todos los elementos necesarios para el funcionamiento.

3.4. Estado técnico actual Sub- sistema de Conducción

Tabla 1-3: Estado técnico inicial Sub-sistema de conducción

Ubicación	Institución	Facultad		Escuela		
		EsPOCH	Mecánica		Mantenimiento Industrial	
Especificaciones Técnicas	Tuberías	Diámetro Exterior (mm)		Espesor (mm)	Material	
		101,60		3	Acero SAE 1018	
	Accesorios	Línea de conducción a ciclón				
		Codo 90°		Unión		Brida Rectangular
		Diámetro (mm)	Material	Diámetro (mm)	Material	Dimensiones (mm)
		101,60	Acero	101,60	Acero	Externa 180x120 Interna 150x90
		Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor				
		Codo 90°		Neplo		Brida Circular
		Diámetro (mm)	Material	Diámetro (mm)	Material	Diámetro Externo (mm) 114
		101,6	Acero	101,6	Acero	Diámetro Interno (mm) 101,6
		Línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas				
		Brida circular		Diámetro Externo (mm)		114
			Diámetro Interno (mm)		101,6	
	Funcionamiento	Descripción	El sub-sistema consta de una serie de tuberías, válvulas y accesorios que tienen como propósito transportar el gas por los subsistemas de enfriamiento y filtrado hasta su desembocadura final para un uso específico.			
Normas		INEN 440 "Colores de identificación de tuberías"				
Análisis técnico de situación inicial						
Item	Elementos	Avería Parcial (AP)	Avería Total (AT)	Por Implementar (PI)		
1	Línea de conducción a ciclón	✓				
2	Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor	✓				
3	Línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas	✓				
4	Línea de conducción a desembocadura final	✓		✓		
Observaciones						
De los 4 elementos del sub-sistema 3 de ellos presentan una avería parcial mismos que deben ser restaurados con procedimientos menores como: remoción de incrustaciones, limpieza y recubrimiento superficial, mientras que 1 elemento se va a implementar debido a que se encuentra extraviado.						

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.5. Estado técnico actual sub - sistema de enfriamiento

Tabla 2-3: Estado técnico inicial Sub-sistema de enfriamiento

Ubicación	Institución	Facultad	Escuela	
		EsPOCH	Mecánica	Mantenimiento Industrial
Especificaciones técnicas	Intercambiador de calor			
	Diámetro tuberías (mm)	Número de tuberías (u)	Longitud de tuberías (mm)	Material de tuberías
	1,27	28	240	Cobre
	Dimensión de aletas (mm)		Espesor de aletas (mm)	Material de aletas
	253x147		3	Aluminio
Funcionamiento	Descripción	El subsistema consta de un intercambiador de calor y un blower o soplador, la función de este sistema radica en reducir la temperatura del gas proveniente del sistema gasificador a fin de precautelar la integridad de la membrana que cubre las hileras o mangas, sin embargo, también tiene la capacidad de acondicionamiento del syngas mediante condensación de ciertos compuestos como el alquitrán.		
	Normas	No aplica		
Análisis técnico de situación inicial				
Ítem	Elementos	Avería parcial (AP)	Avería total (AT)	Por Implementar (PI)
1	Intercambiador de flujo cruzado	✓		
2	Blower			✓
Observaciones				
El sub-sistema consta de 2 elementos característicos que hacen posible el enfriamiento y condensado del syngas entre ellos 1 se encuentra en avería parcial y requiere una restauración, en el caso del intercambiador de calor se debe limpiar la parte interna y externa, además, la purga está en avería total a causa del envejecimiento de sus componentes y finalmente uno de sus elementos se debe implementar (Blower) ya que actualmente está extraviado.				

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.6. Estado técnico actual sub - sistema de filtración

Tabla 3-3: Estado técnico inicial Sub-sistema de filtración

Sub-sistema de filtración				
Ubicación	Institución	Facultad	Escuela	
	Epoch	Mecánica	Mantenimiento Industrial	
Especificaciones técnicas	Filtro ciclónico			
	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Material	
	300	1100	Acero estructural SAE 1018	
	Filtro en configuración geométrica de tipo mangas			
	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Material	
	600	1130	Acero estructural SAE 1018	
Funcionamiento	Descripción	El subsistema consta de dos filtros, el primero es de tipo ciclónico y el segundo es en configuración geométrica de tipo mangas, su función está en eliminar los agentes contaminantes que contiene el syngas con el objetivo de obtener un gas más limpio para futuras aplicaciones.		
	Normas	No aplica		
Análisis técnico de situación actual de los elementos del sub -sistema				
Ítem	Elementos	Avería parcial (AP)	Avería total (AT)	Por implementar (PI)
1	Filtro Ciclónico	✓		
2	Filtro en configuración geométrica tipo mangas		✓	
Observaciones				
Este sub-sistema cuenta con 2 elementos, uno de ellos está en avería parcial y requiere procedimientos menores para su restauración tales como: remoción de incrustaciones, limpieza externas e internas y recubrimientos superficiales. Sin embargo, el filtro de mangas presenta una avería total ya que la tela de fibra de vidrio debe ser sustituida y en el caso de la purga debe ser interconectada juntamente con la del recipiente de condensado del intercambiador de calor.				

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.7. Plan de acción del sistema de conducción y filtración

Las actividades propuestas están acorde al análisis técnico de situación inicial donde se contempla restauraciones, sustituciones o implementaciones, cada una de ellas se describen conforme a las necesidades del elemento, además cada componente puede requerir de una o más tareas.

3.7.1. Plan de acción Sub-sistema de Conducción

Este sub-sistema está compuesto por 4 líneas de conducción que se encargan de transportar el syngas por los equipos de limpieza, en el plan de acción se propone actividades especialmente de limpieza y remoción de incrustaciones puesto que sus componentes han estado expuestos a la intemperie, desuso y falta de mantenimiento provocando el deterioro de sus componentes.

En la Tabla 4-3 se describe las actividades planteadas para cada línea de conducción del syngas con sus respectivas fechas de realización.

Tabla 4-3: Actividades a realizar sub- sistema de conducción

Sub-sistema	Elementos	Actividades para realizar	Fecha de realización
Conducción	Línea de conducción a ciclón	Remoción de incrustaciones de las paredes internas de las tuberías y accesorios.	01/06/2022
		Limpieza externa de tuberías y accesorios	01/06/2022
		Restauración del empaque de brida de conexión a ciclón.	01/06/2022
		Recubrimiento superficial.	01/06/2022
	Línea de conducción a intercambiador de calor	Remoción de incrustaciones de las paredes internas de las tuberías y accesorios.	02/06/2022
		Limpieza externa de tuberías y accesorios.	02/06/2022
		Restauración del empaque de brida a la entrada y salida del intercambiador de calor.	02/06/2022
		Recubrimiento superficial.	02/06/2022
	Línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas	Remoción de incrustaciones de las paredes de las tuberías y accesorios.	03/06/2022
		Limpieza externa de tuberías.	03/06/2022
		Restauración del empaque de brida a la entrada y salida del filtro mangas.	03/06/2022
		Recubrimiento superficial.	03/06/2022
Línea de conducción a desembocadura final	Identificar tubería y accesorios faltantes.	06/06/2022	
	Cotización y adquisición de materiales.	06/06/2022	
	Instalar las Tuberías y accesorios.	06/06/2022	

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.7.2. Plan de acción Sub-sistema de enfriamiento y condensado

El Sub-sistema de enfriamiento es el más afectado de todos, ocasionado en gran parte por la inexistencia del blower con sus respectivos elementos eléctricos, además la purga del recipiente de condensado debe ser sustituida por completo ya que sus componentes se hallan obsoletos, por otro lado, el intercambiador de calor presenta corrosión y ensuciamiento de la superficie y las tuberías de cobre originado especialmente por la exposición al medio ambiente. En la Tabla 5-3 se muestra a detalle las actividades a realizar en cada elemento.

Tabla 5-3: Actividades a realizar sub- sistema de enfriamiento y condensado

Sub-sistema	Elementos	Actividades para realizar	Fecha de realización
Enfriamiento y condensado	Intercambiador de calor d eflujo cruzado	Desmontar el equipo.	07/06/2022
		Limpieza de las aletas y las tuberías de cobre del intercambiador de calor.	07/06/2022
		Restauración mediante soldadura de la base de soporte intercambiador de calor.	08/06/2022
		Conexión de la purga a la línea de desfogue de desechos del sistema de conducción y filtración.	08/06/2022
		Recubrimiento superficial.	09/06/2022
	Blower	Reajuste de la base de contención del blower.	10/06/2022
		Reajuste de la boquilla de entrada de aire al intercambiador de calor.	10/06/2022
		Realizar las conexiones eléctricas.	11/06/2022
		Montaje del equipo.	11/06/2022

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.7.3. Plan de acción Sub-sistema de filtrado

El sub-sistema de filtrado cuenta con dos elementos que son: filtro mangas y filtro ciclónico, las tareas más predominantes son aquellas relacionadas con la restauración de empaques, también se considera acciones como: reparación de elementos mediante procesos de soldadura, recubrimiento superficial y sustitución de componentes, en la Tabla 6-3 se indica las actividades de cada elemento del sub-sistema.

Tabla 6-3:Actividades a realizar Sub-sistema de filtrado

Sub-sistema	Elementos	Actividades para realizar	Fecha de realización
Filtración	Filtro ciclónico	Desmontar el equipo.	12/06/2022
		Limpieza interna y externa del cuerpo ciclónico.	12/06/2022
		Restauración del recipiente de recolección de partículas mediante proceso de soldadura SMAW.	13/06/2022
		Recubrimiento superficial.	14/06/2022
	Filtro mangas	Desmontar el equipo.	15/06/2022
		Limpieza interna y externa de la cámara de filtrado.	15/06/2022
		Restauración de los puntos de soldadura de base de contención de la cámara de filtrado.	16/06/2022
		Cambio de la tela de fibra de vidrio.	17/06/2022
		Implementación y conexión de la purga a la línea de desfogue de desechos del sistema de conducción y filtración.	20/06/2022
		Restauración de empaques de la cubierta superior e inferior de la cámara de filtrado.	21/06/2022
Recubrimiento superficial.	21/06/2022		

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.8. Plan de acción Sistema eléctrico

En cuanto al sistema eléctrico se debe implementar todos sus componentes, están considerados 5 circuitos de ramales cada uno de ellos destinado a alimentar a ciertos elementos del área de generación de biogás, entre los que se destaca los tableros de control e instrumentación pertenecientes al sistema gasificador.

Tabla 7-3:Actividades a realizar sistema eléctrico

Sistema	Sub-sistema	Actividades para realizar	Fecha de realización
Eléctrico	Tablero de distribución	Diseño del diagrama unifilar del tablero de distribución.	22/06/2022
		Cálculos del número de luminarias requeridas por el área de generación de biogás.	23/06/2022
		Cálculos de calibres de conductor y protecciones de los circuitos de ramales.	24/06/2022
		Cotización ya adquisición de materiales	27/06/2022
		Tendido de la línea de abastecimiento eléctrico desde la acometida al área de generación de biogás.	28/06/2022
		Instalación del tablero de distribución.	29/06/2022
		Instalación del primero circuito de ramal.	30/06/2022
		Instalación del segundo circuito de ramal.	01/07/2022
		Instalación del tercer circuito de ramal.	02/07/2022
		Instalación del cuarto circuito de ramal.	03/07/2022
		Instalación del quinto circuito de ramal.	04/07/2022

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.9. Cálculos de luminosidad por el método de lumen para el sistema eléctrico

De acuerdo con el método es necesario medir de forma correcta el espacio físico a iluminar, mismo que debe contener medidas de largo, ancho y longitud. Un buen dimensionamiento del local puede hacer la diferencia en la estimación de los lúmenes necesarios para dicha área.

3.9.1. Dimensionamiento de los espacios físicos de iluminación

Tabla 8-3: Dimensionamiento de los espacios de iluminación

Largo (m) b	Ancho (m) a	Altura (m) h	Plano útil (m)
3,64	4,47	4,64	0,85

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.9.2. Nivel de iluminación media

El nivel de iluminación media viene dado en función al tipo de actividad a realizar en el espacio físico a iluminar, dichos valores se encuentran detallados en la tabla 4-2, el área de generación de biogás se localiza dentro del apartado de centros docentes que corresponde a laboratorios donde se menciona el nivel de iluminación mínimo corresponde a un valor de 300 lux.

3.9.3. Selección del tipo de lámpara a utilizar

En la actualidad las lámparas Led son las más adecuadas para sistema de iluminación interior y exterior debido a su excelente eficacia luminosa, larga vida, pequeñas dimensiones y su apropiada sensibilidad contra subidas de tensión, en la tabla 9-3 se indica las especificaciones técnicas del tipo de luminaria a emplear.

Tabla 9-3: Especificaciones técnicas del reflector LED

Criterios	Denominación
Modelo	Ledvance floodlight PFM
Potencia nominal (W)	80
Intensidad nominal (mA)	430
Tensión nominal (V)	100-227
Frecuencia de trabajo (Hz)	60
Flujo luminoso (lm)	10000

Fuente: Ledvance, 2022

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.9.4. *Cálculo del Índice de local*

El índice de local viene dado en fórmulas conforme al tipo de iluminación, es decir si es directa, indirecta, general o difusa; para una irradiación directa como es el caso del área de generación de biogás donde se halla el sistema gasificador se emplea la ecuación número 4.

Datos

a: 4,47m

b: 3,64m

h: (4,64m-0,85m) = 3,79m

$$K = \frac{2ab}{h(a + b)}$$

$$K = \frac{2 * (4,47m * 3,64m)}{3,79m(4,47m + 3,64m)}$$

$$K = 0,55 \approx 0,6$$

El índice de local corresponde a un valor de 0,55 que redondeado da un valor de 0,6 con este valor se ingresa a la Tabla 5-2 para establecer los factores de reflexión de las superficies.

3.9.5. *Determinación del coeficiente de reflexión*

El coeficiente de reflexión se encuentra generalmente especificado en tablas de acuerdo con diferentes materiales, áreas y acabados, el valor de reflexión del techo es de un color claro que da un valor 0,3, por otro lado, las paredes tienen un tono oscuro que corresponde a un dato numérico de 0,1 y finalmente el suelo tiene una superficie de matiz oscura que corresponde a un valor de 0,1.

3.9.6. *Determinación del factor de mantenimiento*

El factor de mantenimiento de la superficie a iluminar es de 0,6 dado que se considera un ambiente limpio y libre de suciedad, en caso de que el ambiente a alumbrar presente ciertas anomalías en cuanto a asepsia su valor será de 0,8.

3.9.7. *Determinación del factor de utilización*

El componente de utilización se determina en función al índice de local k, al dato numérico de reflexión de techo y paredes, conocido esos valores se puede fijar este valor conforme a la Tabla 7-2, el factor de utilización para el presente cálculo será de 0,19.

3.9.8. *Cálculo del flujo luminoso total*

El flujo luminoso total se calcula acorde a la ecuación numero 1:

$$\Phi_T = \frac{E_m * ab}{F_m * F_U}$$

Datos

Φ_T = Flujo luminoso total

a: 2,5m

b: 2m

E_m : 300 lux

F_m : 0,6

F_U : 0,19

$$\Phi_T = \frac{300 \text{ lux} * (4,47\text{m} * 3,64\text{m})}{0,6 * 0,19}$$

$$\Phi_T = 42817 \text{ lm}$$

El número de luminarias necesarias se obtiene de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} \quad (14)$$

$$N = \frac{42817 \text{ lum}}{10000 \text{ lum/lampara}}$$






$$N=4,2 \approx 4 \text{ lámparas}$$

3.10. Cálculos de calibre de conductor y protecciones

El sistema eléctrico por implementar está compuesto por 5 circuitos ramales cada uno de ellos destinado a cumplir una función específica, a partir de esa consideración se establece un cuadro de cargas que se precisa en la Tabla 10-3.

Cabe mencionar que el diagrama de conexión unifilar se encuentra detallado en el ANEXO C.

Tabla 10-3: Cuadro De cargas del tablero de distribución

N° Circuito	P	746 W	P	40 W	P	(445- 572) W	P	80 W	P	500 W	Potencia Total en W
											
	220 V		120V		120V		120V		120V		
1	1										746,00
2			8								320,00
3					2						1017,00
4							4				320,00
5									2		1000,00
Total											3403,00

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

La Tabla 10-3 establece la potencia de consumo de cada circuito de ramal obtenida conforme a las hojas técnicas y el número de elementos, además se determina la potencia total del tablero de distribución.

3.10.1. Calibre de conductor circuito 1

El circuito 1 corresponde a la alimentación del tablero de control del motor eléctrico, por lo tanto, el calibre se debe dimensionar acorde a los datos de la placa de datos del equipo que indica un sistema trifásico conectado en triángulo.

Datos:

$$P = 746 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = 0,74$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$\rho: 0,0175 \frac{\Omega * mm^2}{m}$$

$$L= 24 \text{ m}$$

$$n=0,80$$

En primer lugar, se procede a calcular la intensidad nominal de consumo de acuerdo con la Ecuación número 10.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi * n}$$

Reemplazando los datos se obtiene.

$$I = \frac{746}{\sqrt{3} * 220 * 0,74 * 0,80}$$

$$I = 3,31 \text{ A}$$

La normativa CPE INEN 19 dispone que se debe dimensionar hasta en un 125% de la corriente, para ello se aplica la Ecuación número 11.

Reemplazando:

$$I_d = 1,25 * 3,30\text{A}$$

$$I_d = 4,14 \text{ A}$$

Así mismo, la normativa establece que la caída de tensión por resistencia del conductor no debe superar el 3% de la tensión nominal, para un voltaje de 220 V corresponde un máximo de 6,6 V de acuerdo con ello se determina que el calibre más adecuado es un 14 AWG que tiene una capacidad de hasta 17 amperios.

Se debe confirmar que la caída de tensión no supere los 6,6 V.

$$S: 2,08 \text{ mm}^2$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I_d * \cos \varphi}{S}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * 0,0175 * 24 * 4,14 * 0,74}{2,08}$$

$$\Delta V \approx 1,2 \text{ V}$$

De acuerdo con la fórmula empleada para el cálculo se obtiene un valor de 1,2 V que es inferior al 3%, lo que indica que el conductor eléctrico está dimensionado correctamente.

3.10.2. Calibre de conductor circuito 2

El circuito 2 está destinado para la alimentación del tablero de instrumentación que está compuesto por 8 controladores de temperatura cada uno de 40 W, para calcular la intensidad se hace uso de la Ecuación 9.

$$I = \frac{P}{V}$$

Datos:

P: 320W

Vn = 120V

$\rho: 0,0175 \frac{\Omega * mm^2}{m}$

L: 20m

A= 0,82 mm²

$$I = \frac{320W}{120V} = 2,7A$$

De la misma manera que el circuito 1 se debe sobredimensionar este valor de corriente en un 1,25 % como indica la norma.

$$I_d = 1,25 * I$$

Reemplazando:

$$I_d = 1,25 * 2,7$$

$$I_d = 3,37A$$

De acuerdo con la CPE INEN 19 el conductor ideal para este amperaje corresponde a un calibre número 18 AWG que soporta hasta 6 amperios y tiene una sección transversal de 0,82 mm²

A continuación, se muestra el cálculo de la resistencia eléctrica del material, para ello se emplea la Ecuación número 13.

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

$$R = 0,0175 \left(\frac{20}{0,82} \right)$$

$$R=0,42 \Omega$$

La caída de tensión debe ser máximo hasta los 3,6 V del voltaje nominal, para demostrar se emplea la expresión matemática número 8.

$$V = I_d * R$$

$$V = 3,37A * 0,42\Omega$$

$$V=1,41V$$

3.10.3. Calibre de conductor para circuito 3

El circuito 3 está reservado para abastecer de energía a los blower's o sopladores eléctricos con una potencia en conjunto de 1017W en sistema monofásico.

$$I = \frac{P}{V}$$

Datos:

P: 1017W

Vn = 120V

$$\rho: 0,0175 \frac{\Omega * mm^2}{m}$$

L: 18m

$$A= 2,08 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{1017W}{120 V} = 8,47A$$

$$I=8,47 \text{ A}$$

Sobredimensionar el valor de intensidad obtenido en un 1,25% del amperaje nominal, para ello se aplica la Ecuación número 11.

Reemplazando:

$$I_d = 1,25 * 8,47A$$

$$I_d = 10,58A$$

De acuerdo con la norma INEN no se establece un conductor para este amperaje, sin embargo, se procede a dimensionar eligiendo el inmediato superior correspondiente a un calibre 14 AWG con capacidad de hasta 17 amperios y una sección transversal de 2,08 mm²

Calcular la resistencia eléctrica del material empleado como conductor, para ello se utiliza la Ecuación número 13. Además, hay que recordar que la resistividad eléctrica del material se encuentra especificado en la Tabla 8-2.

$$R = 0,0175 \left(\frac{18}{2,08} \right)$$

$$R=0,15 \Omega$$

La resistencia del conductor no debe ocasionar una caída de tensión superior a los 3% del voltaje nominal, para comprobar se emplea la Ecuación número 8.

$$V = I_d * R$$

$$V = 10,58A * 0,15\Omega$$

$$V=1,58 V$$

3.10.4. Calibre de conductor circuito 4

El circuito 4 corresponde al de iluminación que se compone de 4 reflectores LED de 80W cada uno, conforme a ello se calcula la intensidad aplicando la Ecuación número 9.

Datos:

$$P: 320W$$

$$V_n = 120V$$

$$\rho: 0,0175 \frac{\Omega * mm^2}{m}$$

$$L: 20m$$

$$I = \frac{320W}{120} = 2,7A$$

La norma actual (INEN) establece un 1,25% de sobredimensionamiento de la corriente, para ello se destina la Ecuación número 11.

Reemplazando:

$$I_d = 1,25 * 2,7A$$

$$I_d = 3,33 A$$

La norma no especifica un conductor para tal amperaje por lo tanto se procede a elegir el inmediato superior que corresponde a un conductor número 18 AWG con una capacidad de corriente de hasta 6 amperios y una sección transversal de 0,82 mm². A continuación, se procede a calcular la resistividad eléctrica del material empleado como conductor, para ello se utiliza la Ecuación número 13.

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

$$R = 0,0175 \left(\frac{20}{0,82} \right)$$

$$R = 0,42 \Omega$$

La caída de tensión debe ser máximo de un 3,6 V del voltaje nominal, para evidenciar se emplea la Ecuación número 8.

$$V = I_d * R$$

$$V = 3,33 \text{ A} * 0,42 \Omega$$

$$V = 1,4 \text{ V}$$

3.10.5. Calibre de conductor circuito 5

El circuito 5 pertenece al circuito de fuerza que está compuesto por 2 tomas de corriente cada uno debe tener capacidad de soportar una carga de hasta 500 W.

Datos:

P: 500W

V_n = 120V

$\rho: 0,0175 \frac{\Omega * mm^2}{m}$

L: 15m

A= 2,08 mm²

$$I = \frac{1000W}{120} = 8,33A$$

$$I = 8,33 \text{ A}$$

Se debe Sobredimensionar la intensidad calculada en función a la potencia y voltaje, la normativa propone la Ecuación N° 11

Reemplazando:

$$I_d = 1,25 * 8,33A$$

$$I_d = 10,41 A$$

La norma no se especifica un conductor para tal amperaje en particular por lo tanto se procede a elegir el inmediato superior que corresponde a un número 14 AWG con una capacidad de corriente de hasta 17 amperios y una sección transversal de 2,08 mm²

El cálculo de la resistencia eléctrica del material empleado como conductor se obtiene a partir de la sección transversal, resistividad y longitud.

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

$$R = 0,0175 \left(\frac{15}{2,08} \right)$$

$$R=0,12 \Omega$$

La caída de tensión por resistencia del conductor no debe superar los 3,6 V del voltaje nominal para demostrar se emplea la ecuación número 8.

$$V = I_d * R$$

$$V = 10,41A * 0,12\Omega$$

$$V=1,24 V$$

Del cálculo antes realizado se puede notar que el valor obtenido es inferior al que dispone la norma, por lo tanto, se considera correctamente dimensionado.

En la Tabla 11-3 se evidencia en resumen los calibres de conductor a emplear y las protecciones o breakers de acuerdo con los cálculos realizados anteriormente, cabe señalar que algunos elementos no existen de forma comercial en su dimensionamiento original por lo que se opta por elegir el inmediato superior de acuerdo con existencias.

Tabla 11-3:Cuadro de resumen del tablero de distribución

N° Circuito	Potencia en W	Intensidad A	Voltaje V	Calibre de conductor AWG	Protección A
1	746,00	4,14	220,00	14	10
2	320,00	3,37	120,00	18	6
3	1017,00	10,58	120,00	14	16
4	320,00	3,33	120,00	18	6
5	1000,00	10,41	120,00	14	16

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.11. Codificación del sistema de conducción y filtración

La codificación del sistema de conducción y filtración se efectuará tomando en cuenta las recomendaciones de la norma ISO 14224. Se va a determinar hasta nivel 6 correspondiente a los elementos de los equipos, la codificación tendrá un máximo de 5 y un mínimo de 2 dígitos.

3.11.1. Codificación a nivel de planta

El inventario nivel de planta corresponde al primer nivel y hace referencia a la institución donde se encuentra el área de generación de biogás, para establecer los datos a este nivel se realiza en función al nombre de la institución y el código alfanumérico contendrá las iniciales del nombre seguido del número de la sede la institución.

Tabla 12-3:Codificación a nivel 1

Código	Planta o institución
ESPOCH01	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.11.2. Codificación a nivel de área

Esta sección corresponde al tipo de actividad que se realiza en dicha localidad, en este caso se considera el área de generación de biogás ubicado en la facultad de mecánica, el código de esta área está en base al nombre que contiene 5 letras por lo tanto posee el mismo número de dígitos como se especifica en la Tabla 13-3

Tabla 13-3:Codificación a nivel 2

Planta	Sección o área	Código
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Área de generación de biogás de la facultad de mecánica	ESPOCH01_FMAGB

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.11.3. Codificación a nivel de sistemas

En este nivel se establece los sistemas que comprenden la sección o área, se puede tener varios sistemas conforme al tipo de acción que se realice, el nombre del sistema se determina acorde a la función que desarrolle el mismo.

El área de generación de biogás está compuesta por dos sistemas, el primero corresponde al gasificador que es el encargado de gasificar la biomasa, el segundo es el de conducción y filtración que como su nombre lo indica limpia y conduce el gas hacia su desembocadura final, el código se compone de las iniciales del nombre.

Así mismo se destaca la implementación del sistema eléctrico que será considerado dentro de esta clasificación puesto que es encargado de dotar de energía eléctrica a esta sección, mas no cumple ninguna función asociada al sistema de conducción y filtración.

Tabla 14-3:Codificación a nivel 3

Sección o área	Sistema	Código
Área de generación de biogás de la facultad de mecánica	conducción y filtración	ESPOCH01_FMAGB _SCF
	Sistema eléctrico	ESPOCH01_FMAGB _SE

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.11.4. Codificación a nivel de sub-sistemas

Los sub-sistemas se clasifican en diversas divisiones acorde a cada sistema que permiten el funcionamiento del área de generación de biogás, el nombre en este nivel se determina acorde a la función que desenvuelvan y el código se compone de las iniciales, como se ejemplifica en la Tabla.15-3

Tabla 15-3:Codificación a nivel 4

Sistema	Sub-sistemas	Código
Condición y filtración	Sub-sistema de conducción	ESPOCH01_FMAGB _SCF _SCC
	Sub-sistema de enfriamiento y condensado	ESPOCH01_FMAGB _SCF _SEC
	Sub-sistema de filtrado	ESPOCH01_FMAGB _SCF _SFT
Eléctrico	Tablero distribución eléctrico	ESPOCH01_FMAGB _SCF _TD

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.11.5. Codificación a nivel de equipos

La codificación a nivel 5 se refiere a los equipos que componen cada sub-sistema, para la codificación se empleará 4 caracteres, los dos primeros hacen alusión a la marca o tipo de componente seguidos de dos dígitos que indican el orden de adquisición o la secuencia en que se desarrolla el proceso de generación de biogás.

En la Tabla 16-3 se indica la codificación de los equipos, cabe destacar que el sistema de conducción y filtraciones está compuesto por 3 sub-sistemas y el eléctrico por uno. Por otro lado, se considera los dígitos recomendados por la norma para ciertos equipos como los filtros, soplador eléctrico e intercambiador de calor.

Tabla 16-3:Codificación a nivel 5

Sub-sistemas	Equipos	Código
Conducción	Línea de conducción a ciclón.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC01
	Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC02
	Línea de conducción de intercambiador de calor a filtro magas.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC03
	Línea de conducción a desembocadura final.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04
Enfriamiento y condensado	Blower.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_BL02
	Intercambiador de calor de flujo cruzado.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_HE01
Filtración	Filtro ciclónico.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS01
	Filtro Mangas.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS02
Tablero de distribución	Circuito de alimentación a tablero de control.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C01
	Circuito de alimentación a tableros de instrumentación.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C02
	Circuito de alimentación Blower's.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C03
	Circuito de iluminación.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C04
	Circuito de fuerza.	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C05

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.11.6. Codificación a nivel de elementos

Este es el último nivel taxonómico que comprende los elementos de los equipos en donde se puede tener reiterados, en tal caso se hace necesario el empleo de una codificación alfanumérica, es decir además de sus iniciales se deberá detallar un número acorde al orden de descripción de los sub-sistemas y equipos, la codificación tendrá un máximo de 4 dígitos y mínimo 2 dígitos, como se revela en la Tabla 17-3.

Tabla 17-3: Codificación a nivel 6

Equipos	Elementos	Código
Línea de conducción a ciclón	Codo 90° de 4in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC01_CD01
	Unión de 4in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC01_UN
	Tubería de 4in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC01_TB01
Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor	Codo 90° de 4 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC02_CD02
	Neplo con brida de 4 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC02_NB
Línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas	Codo de 2 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC03_CD03
	Codo de 2 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC03_CD04
	Tubería de 2 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC03_TB02
Línea de conducción a desembocadura final	Tubería de 2 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_TB03
	Codos a 90° de 2 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_CD05
	Válvula de globo de 2 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_VG
	Neplo de 2 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_NR
	Reducción de 2 in a 3 /4 in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_RD
	Codos a 90° de ¾ in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_CD06
	Tubería de ¾ in	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_TB04
Blower	Base de soporte Intercambiador de calor y blower	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_BL02_BS
Intercambiador de calor de flujo cruzado	Recipiente de condensado	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_HE01_RC
	Purga	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_HE01_PG01
Filtro ciclónico	Cuerpo ciclónico	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS01_CC
	Recipiente de recolección de partículas	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS01_RP
Filtro mangas	Cámara de filtrado	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS02_CF
	Mangas	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS02_MG
	Purga	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS02_PG02
Circuito de alimentación a tablero de control	Breaker	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C01_BR1
Circuito de alimentación a tableros de instrumentación	Breaker	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C02_BR2
Circuito de alimentación Blower's	Breaker	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C03_BR3
Circuito de iluminación	Breaker	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C04_BR4
	Luminarias	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C04_LM
Circuito de fuerza	Breaker	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C05_BR5
	Tomas de corriente	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C05_TC

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.12. Inventario sub-sistema de conducción

El inventario establece la cantidad de los elementos de cada uno de los equipos, para una mejor comprensión el formato se desarrolla para cada sub-sistema y dentro de ello para cada equipo, como se indica en la Tabla 18-3.

Tabla 18-3: Inventario sub-sistema de conducción

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Estado
Línea de conducción a ciclón				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC01_CD01	Codo 90° de 4in	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC01_UN	Unión de 4in	1	Funcional
3	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC01_TB01	Tubería de 4in	1	Funcional
Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC02_CD02	Codo 90° de 4 in	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC02_NB	Neplo con brida de 4 in	1	Funcional
Línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC03_CD03	Codo de 2 in	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC03_CD04	Codo de 2 in	1	Funcional
3	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC03_TB02	Tubería de 2 in	1	Funcional
Línea de condición a desembocadura final				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_TB03	Tubería de 2 in	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_CD05	Codos a 90° de 2 in	2	Funcional
3	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_VG	Válvula de globo de 2 in	1	Funcional
4	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_NR	Neplo de 2 in	1	Funcional
5	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_RD	Reducción de 2 in a 3/4 in	1	Funcional
6	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_CD06	Codos a 90° de ¾ in	2	Funcional
7	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04_TB04	Tubería de ¾ in	1	Funcional

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.13. Inventario subsistema de enfriamiento y condensado

Tabla 19-3:Inventario sub-sistema de enfriamiento y condensado

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Estado
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_BL02	Blower	1	Funcional
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_HE01	Intercambiador de calor	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_HE01_PG01	Purga	1	Funcional

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.14. Inventario subsistema de filtración

Tabla 20-3:Inventario sub-sistema de filtración

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Estado
Filtro ciclónico				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS01_CC	Cuerpo ciclónico	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS01_RP	Recipiente de recolección de partículas	1	Funcional
Filtro en configuración geométrica tipo mangas				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS02_CF	Cámara de filtrado	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS02_MG	Mangas	6	Funcional
3	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS02_PG02	Purga	1	Funcional

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

3.15. Inventario Sistema eléctrico

Tabla 21-3:Inventario sistema eléctrico

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Estado
Circuito de alimentación a tableros de control				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C01_BR1	Breaker	1	Funcional
Circuito de alimentación a tableros de instrumentación				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C02_BR2	Breaker	1	Funcional
Circuito de alimentación Blower				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C03_BR3	Breaker	1	Funcional
Circuito de iluminación				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C04_BR4	Breaker	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C04_LM	Luminarias	4	Funcional
Circuito de Fuerza				
1	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C05_BR5	Breaker	1	Funcional
2	ESPOCH01_FMAGB_SCF_TD_C05_TC	Tomas de corriente	2	Funcional

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

CAPÍTULO IV

4. HABILITACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y FILTRACIÓN

4.1. Sub-sistema de conducción

En este sub-sistema se planteó actividades básicas de limpieza interna y externa de tuberías y accesorios. Por otro lado, dentro de este sistema se implementó los componentes de la línea de conducción a desembocadura final. En cuanto al recubrimiento superficial se efectuó siguiendo las recomendaciones de la norma INEN 440 donde se especifica el color a emplear en función al tipo de fluido que transporta dicha tubería.

4.1.1. *Habilitación de la línea de conducción a ciclón*

Tabla 1-4:Habilitación de la línea de conducción a ciclón

Habilitación del subsistema de conducción			
Ítem:	Línea de conducción a ciclón	Código:	ESPOCH01_FMAGB_SCF _SCD_LC01
Actividades realizadas		Descripción de materiales utilizados	
1. Remoción de incrustaciones		<ul style="list-style-type: none">• Papel victoria• Silicon de alta temperatura Permatex• Tuercas• Arandelas• Grata• Aceite penetrante WD-40• Pintura color amarillo ocre	
2. Limpieza externa de tuberías			
3. Restauración del empaque de brida de conexión a ciclón			
4. Recubrimiento superficial INEN 440			

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

Esta línea de conducción fue restaurada mediante procesos de limpieza sobre todo interior removiendo incrustaciones que afectaban la correcta circulación del fluido gaseoso.



Figura 1-4: Habilitación de la línea de conducción a ciclón

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.1.2. *Habilitación de la línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor*

Tabla 2-4:Habilitación de la línea de conducción a intercambiador de calor

Habilitación del subsistema de conducción			
Ítem:	Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor.	Código:	ESPOCH01_FMAGB_SCF _SCD_LC02
Actividades realizadas		Descripción de materiales utilizados	
1. Remoción de incrustaciones		Papel victoria	
2. Limpieza externa de tuberías		Permatex	
3. Restauración del empaque de brida de conexión a ciclón		Tuercas Arandelas	
4. Recubrimiento superficial INEN 440		Grata Aceite penetrante WD-40 Pintura color amarillo ocre	

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

En este elemento fue necesario una restauración de empaques de la brida que conecta el Neplo con el intercambiador de calor ya que el papel victoria se hallaba obsoleto.



Figura 2-4: Habilitación de la línea de conducción de ciclónico a intercambiador de calor

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.1.3. *Habilitación de la línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas*

Tabla 3-4:Habilitación de línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas

Habilitación del subsistema de conducción			
Ítem:	Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor	Código:	ESPOCH01_FMAGB _SCF _SCD_LC03
Actividades realizadas		Descripción de materiales utilizados	
1. Remoción de incrustaciones		Papel victoria	
2. Limpieza externa de tuberías		Permatex	
3. Restauración del empaque de brida de conexión a ciclón		Tuercas Arandelas	
4. Recubrimiento superficial INEN 440		Grata Aceite penetrante WD-40 Pintura color amarillo ocre	

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

En la línea de conducción se realizó la remoción de incrustaciones de la parte interna de las tuberías, además de la restauración de empaques tanto a la salida del intercambiador de calor y la entrada del filtro de mangas.



Figura 3-4: Habilitación línea conducción intercambiador de calor-Mangas

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.1.4. *Implementación de los componentes de la línea de conducción a desembocadura final*

Tabla 4-4:Habilitación de la línea de conducción a desembocadura final

Habilitación del subsistema de conducción			
Ítem:	Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor	Código:	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCD_LC04
Actividades realizadas		Descripción de componentes implementados	Descripción de materiales empleados
1. Identificación de tuberías y accesorios faltantes		<ul style="list-style-type: none"> • Tubería de acero 2 in • Válvula de globo de 2in • 2 codos a 90 ° 2 in • Tubería de acero ¾ in • Reducción de 2in a ¾ in • Neplo de 2 in 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarraja • Cinta teflón • Sierra eléctrica • Goma silicón • Pintura amarillo ocre
2. Cotización y adquisición de materiales			
3. Instalación de tuberías y accesorios			

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

Se implementó todos los componentes de este elemento puesto que la existente no brindaba las prestaciones necesarias para la salida del gas, además varios elementos eran inexistentes.

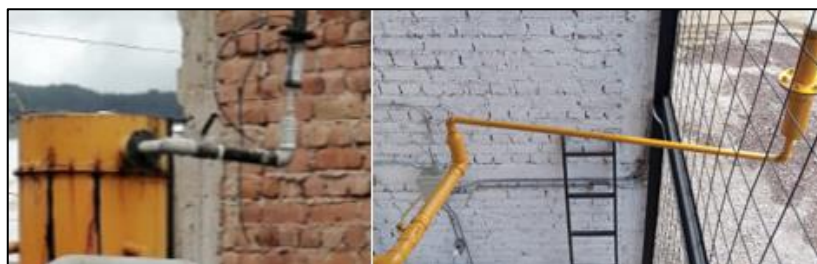


Figura 4-4: Habilitación de la línea de conducción a desembocadura final

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.2. Sub-sistema de enfriamiento y condensado

El sub-sistema de enfriamiento y condensado está compuesto por dos equipos que son el intercambiador de calor y el blower o soplador, para la habilitación de este sub-sistema se planteó actividades de implementación del blower y restauración del intercambiador de calor. En la Tabla 5-4 se evidencia las actividades, componentes implementados, entre otros.

4.2.1. Implementación de blower

Tabla 5-4:Habilitación de blower

Habilitación del subsistema de Enfriamiento y condensado			
Ítem:	Blower	Código:	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_BL02
Actividades realizadas	Descripción de componentes implementados	Descripción de materiales empleados	
1.Reajuste de la base de contención del blower	Especificaciones Técnicas del Blower: <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 572 W • Velocidad máxima de Aire: 74 Km/h • Peso: 2,5 Kg • Tensión de trabajo: 120V • Frecuencia de trabajo: 60HZ • Diámetro (Salida de aire): 4 in 	<ul style="list-style-type: none"> • Electrodo E6011 • Equipo de protección personal • Sierra eléctrica • Amoladora • Papel de ligar • Pernos • Tuercas • Arandelas 	
2.Reajuste de la boquilla de entrada de aire al intercambiador de calor			
3. Conexiones eléctricas			
4. Montaje del equipo			

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

El soplador eléctrico adquirido e implementado es de características similares al que se establece en el diseño original, además se efectuó el encaje adecuado entre la boquilla de salida de aire y la pared posterior del intercambiador.



Figura 5-4: Habilitación del Blower

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.2.2. *Habilitación del intercambiador de calor compacto*

Tabla 6-4: Habilitación del intercambiador de calor de flujo cruzado

Habilitación del subsistema de Enfriamiento y condensado			
Ítem:	Intercambiador de calor de flujo cruzado	Código:	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC_HE01
Actividades realizadas		Descripción de materiales y herramientas empleados	
1. Limpieza de las aletas y las tuberías de cobre de cobre		<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de soldadura Smaw • Electrodo E6011 • Equipo de protección personal • Penetrante WD-40 • Pintura color negro • Tiñer • Compresor • Material de ligar • Tornillos (5/16 plg x 1 ¼ plg) • Tuercas • Arandelas • Papel victoria • Silicon de alta temperatura Permatex 	
2. Restauración mediante procesos de soldadura de la base de soporte del intercambiador de calor			
3. Limpieza externa			
4. Conexión de la purga a la línea de desfogue principal de desechos del sistema de conducción y filtración			
5. Montaje del equipo			
6. Recubrimiento superficial			

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

El intercambiador de calor requirió actividades de implementación y restauración que se llevó a cabo mediante el desmontaje completo del equipo, se destaca el rediseño de la base de soporte a fin de evitar que interfiera en la apertura o cierre de la compuerta inferior del reactor.



Figura 6-4: Habilitación del intercambiador de calor compacto

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.3. Sub-sistema de filtración

El sub-sistema de filtración está compuesto por un filtro de tipo ciclón y otro en configuración geométrica tipo mangas, para su habilitación se planteó actividades de restauración mediante procesos de soldadura por arco eléctrico, además de limpieza y recubrimiento superficial, en la Tabla 7-4 se muestra los resultados, además de la descripción de los materiales empleados y las tareas efectuadas coincidentes con el plan de acción.

4.3.1. Habilidad del filtro ciclónico

Tabla 7-4:Habilitación del filtro ciclónico

Habilitación del subsistema de Filtración			
Ítem:	Filtro ciclónico	Código:	ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT_FS01
Actividades realizadas		Descripción de materiales empleados	
1.Desmontar el equipo.		<ul style="list-style-type: none">• Equipo de soldadura Smaw• Electrodo E6011• Equipo de protección personal• Pintura color negro• Tiñe• Compresor• Material de ligar• Martillo de goma	
2.Limpieza interna y externa del cuerpo ciclónico.			
3.Restauración del recipiente de recolección de partículas mediante proceso de soldadura.			
4.Recubrimiento superficial.			

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

La Figura 1-4 muestra el equipo antes y después de realizar las tareas de mantenimiento correctivo especialmente del recipiente de recolección de partículas que fue restaurado mediante procesos de soldadura por arco eléctrico.



Figura 7-4: Habilidad del filtro ciclónico

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.3.2. *Habilitación del filtro en configuración geométrica tipo mangas*

Este filtro está compuesto por varios componentes como son: la cámara de filtrado, las mangas y la purga, su restauración se desarrolló en función a tales componentes, como se detalla continuación.

4.3.2.1. *Restauración de las mangas*

La membrana que cubre las mangas es de tela de fibra de vidrio misma que realiza el proceso de filtrado como tal, esta tela puede soportar temperaturas del orden de los 280 °C, previo a su montaje se realiza el dimensionamiento de la tela conforme a las medidas de las mangas, la Tabla 8-4 detalla estos valores.

Tabla 8-4: Dimensionamiento de las mangas

Número de mangas	Diámetro (m)	Longitud (m)	Área unitaria de filtrado (m ²)
6	0,15	0,75	0,35

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

La Figura 1-4 muestra la geometría de las hileras, cada una de ellas está compuesta de una tuerca y varillas lisas de diámetro de 8 mm unidas mediante procesos de soldadura.



Figura 8-4: Recorte y Cosido de la tela de fibra de vidrio

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

La Tabla 9-4 indica a detalle las especificaciones técnicas del material utilizado para la sustitución de la membrana que cubre las hileras.

Tabla 9-4: Especificaciones técnicas de la tela de fibra de vidrio

Características	Denominación
Material	Fibra de vidrio
Tejido (hilos/cm)	13x11
Factor de resistencia del tejido “k” mm H2O (s/m)	147,1
Temperatura máxima	500°C
Nombre Técnico	Woven Roving 400GR/M2

Fuente: FIBRAglass, 2022

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

La Figura 2-4 evidencia el estado en que se encontraba las mangas y el resultado final obtenido luego de haber realizado la sustitución de la membrana (tela de fibra de vidrio) de las hileras o mangas.



Figura 9-4: Restauración de las mangas

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.3.2.2. *Habilitación de la cámara de filtrado*

La cámara de filtrado está compuesta de un recipiente con su respectivo aislamiento de lana de vidrio, para llevar a cabo su restauración fue necesario realizar una limpieza sobre todo interna puesto que el recipiente contenía grandes incrustaciones de alquitrán; además, se planteó actividades para la restauración de los soportes de las mangas mediante procesos de soldadura por arco eléctrico, la Tabla 10-4 indica el efecto obtenido posterior haber concluido las tareas expuestas en el plan de acción.

Tabla 10-4:Habilitación de la cámara de filtrado

Habilitación del subsistema de filtración			
Ítem:	Cámara de filtrado	Código:	ESPOCH01_FMAGB _SCF_SFT _FS02_CF
Actividades realizadas		Descripción de materiales, equipos y herramientas empleados	
1. Limpieza interna y externa de la cámara de filtrado		<ul style="list-style-type: none">• Equipo de soldadura Smaw• Electrodos E6011• Equipo de protección personal• Pintura color amarillo• Tiñer• Compresor• Material de ligar• Penetrante WD-40• Pernos• Tuercas• Arandelas• Papel victoria• Silicon de alta temperatura Permatex	
2. Restauración mediante procesos de soldadura de la base de contención de las mangas			
3. Implementación y conexionado de la purga a la línea de desfogue de desechos del sistema de conducción y filtración			
4. Restauración de empaques de la cubierta superior e inferior			
5. Recubrimiento superficial			

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

Para la habilitación de la cámara de filtrado donde se alojan las mangas fue necesario la remoción del alquitrán que afectaba notablemente la integridad de la superficie del equipo.



Figura 10-4: Habilitación de la cámara de filtrado - Mangas

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.4. Habilitación del Sistema eléctrico

El sistema implementado está compuesto por un tablero de distribución que a su vez cuenta con diversos circuitos de ramales, para cada uno de ellos se estableció una protección y un calibre de conductor de acuerdo con los cálculos realizados en el capítulo anterior. Además, se tomó en

cuenta las recomendaciones de la normativa local vigente para instalaciones eléctricas que establece el color de los conductores eléctricos, canalizaciones, entre otros aspectos

4.4.1. *Tablero de distribución*

El tablero de distribución se compone principalmente de las protecciones de los circuitos conforme a cálculos realizados y la normativa ecuatoriana INEN. La Tabla 11-4 establece el código de colores para los conductores eléctricos.

Tabla 11-4: Código de colores empleados en los circuitos eléctricos

Conductor	Color
Fase	Negro
Neutro	Blanco
Tierra	Verde

Fuente: (NEC-SB-IE:2018)

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

El material empleado para tuberías y cajetines es de material metálico, sin embargo, la norma establece que también se puede utilizar material de tipo PVC.



Figura 11-4: Tablero de distribución

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

Los 5 circuitos que comprende el sistema eléctrico se encuentran alojados en un gabinete metálico a una altura de 1,5 m de tal forma que facilita su manejo y realización de tareas de mantenimiento,

por otro lado, los conductores están canalizados a través de tubería metálica respetando la geometría de la estructura del área de generación de biogás.

4.5. Puesta en marcha del gasificador

La puesta en marcha del sistema de conducción y filtración está condicionada por el arranque previo del sistema gasificador que a su vez cuenta con varios sub-sistemas. A Continuación, se detalla la puesta en marcha tanto del sistema gasificador como del sistema de conducción y filtración.

4.5.1. Puesta en marcha del sistema gasificador

El sistema gasificador está compuesto por tres sub-sistemas que son: el reactor, de instrumentación y alimentación, para el arranque se debe calentar el fondo de la parrilla y controlar minuciosamente la temperatura mediante los controladores

4.5.1.1. Sub-sistema reactor

El sub-sistema reactor debe calentarse previo al ingreso de la biomasa, el precalentamiento se realiza mediante la utilización de carbón, madera seca y un combustible de fácil ignición. Cabe resaltar que durante este proceso las compuertas inferiores y superiores deben permanecer abiertas con el fin de favorecer el ingreso de oxígeno que ayude a la combustión, la Figura 12-4 evidencia este procedimiento.



Figura 12-4: Arranque del sub-sistema reactor

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.5.1.2. *Sub-sistema de instrumentación*

El sub-sistema de instrumentación está compuesto por termocuplas y RTD'S con sus respectivos controladores, estos elementos tienen como finalidad el poder controlar el proceso de gasificación de la biomasa, donde cada uno de ellos debe marcar una temperatura específica conforme al proceso de gasificación en cada una de sus 4 zonas que son: secado, pirólisis, oxidación y gasificación.



Figura 13-4: Control de temperatura-Tablero de instrumentación

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.5.1.3. *Sub-sistema de alimentación*

El alimentador está compuesto por una tolva, un tornillo sin fin y un motorreductor con sus respectivos componentes, este elemento entra en funcionamiento cuando el reactor alcanza una temperatura ideal para empezar la gasificación de la biomasa, el motor eléctrico se reguló mediante un variador de frecuencia a una velocidad máxima de 3 rpm que se acciona a través de un potenciómetro.



Figura 14-4: Encendido del motorreductor-Tablero de control

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.5.2. *Puesta en marcha del sistema de conducción y filtración*

El sistema de conducción y filtración tiene como propósito conducir el gas pobre producido en el reactor de tipo tiro descendente hasta una desembocadura final, además de realizar una limpieza del gas que contiene gran cantidad de impurezas.

4.5.2.1. *Líneas de conducción del syngas*

Se tienen 4 líneas de conducción de gas que trasladan el fluido gaseoso desde la salida del gasificador, iniciando por el filtro ciclónico, luego pasa al sub-sistema de enfriamiento compuesto por un intercambiador de calor y un soplador eléctrico, posterior a ello se traslada a las talegas o mangas y finalmente el gas limpio se conduce hacia la desembocadura final donde se quema.



Figura 15-4: Conducción del syngas

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.5.2.2. *Filtrado del syngas*

El proceso de filtrado del gas pobre se realiza mediante dos equipos, la primera limpieza tiene lugar en un cuerpo ciclónico que retiene partículas y cenizas en el orden de mm, después pasa a un filtro en configuración tipo mangas o también conocida como talegas que efectúa un acondicionamiento exterior ya que el gas de síntesis ingresa por la parte inferior de la cámara de filtrado y circula por la parte externa de las mangas donde se lleva a cabo la retención de material particulado.

Hay que mencionar que previo al ingreso a las mangas el fluido es enfriado mediante un intercambiador de calor compacto de flujo no mezclado con la finalidad de que la tela de fibra de vidrio pueda soportar la temperatura del syngas, por otro lado, este proceso también tiene por objeto retener hidrocarburos condensables.

La Figura 16-4 indica el filtro en configuración geométrica tipo mangas con un recubrimiento superficial amarillo y el filtro ciclónico de color negro.



Figura 16-4: Filtrado del syngas

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.5.2.3. *Enfriamiento y condensado del syngas*

El enfriamiento y condensado del gas de síntesis se da mediante un intercambiador de calor compacto de flujo no mezclado que funciona gracias a un proceso denominado convección forzada donde el aire es impulsado por un soplador o soplador eléctrico a través de las placas rectangulares o aletas que atraviesan las tuberías de cobre del equipo.

El proceso de enfriamiento del syngas es de suma importancia ya que de ello depende que la membrana (tela de fibra de vidrio) que cubre las hileras de las mangas no sufra ningún incidente por excesos de temperatura, además en este proceso se da el condensado de alquitrán, puesto que ciertos compuestos al bajar su temperatura cambian de estado.



Figura 17-4: Enfriamiento y condensado del syngas




Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.6. Proceso de encendido del gasificador de tiro descendente Downdraft

La secuencia de encendido comprende una serie de pasos que se debe seguir, en la Tabla 12-4 se detalla cada uno de ellos con una ilustración gráfica que facilita la identificación y realización de cada procedimiento

Tabla 12-4:Proceso de encendido del gasificador tipo Downdraft

N°	Descripción	Gráfico
1	Dotar de energía a los tableros de control e instrumentación accionando las protecciones contra corto circuitos del tablero de distribución.	
2	En el fondo del reactor poner carbón y encenderlo conservando las compuertas tanto superior e inferior abiertas hasta conseguir una temperatura media de entre 400°C a 500°C.	
3	Agregar en el cilindro reactor trozos de madera con un tamaño lo más pequeño posible (D= 15mm y L= 20 mm) y aserrín	
4	Tras lograr una temperatura promedio entre 400°C y 500°C sellar las compuertas inferior y superior de forma hermética precautelando que no existan fugas de gas y calor.	

5	<p>Posterior a ello, se debe poner en marcha el soplador eléctrico encargado de introducir el aire en la zona de pirólisis del reactor el cual hará las veces de agente gasificante.</p>	
6	<p>Llenar la tolva del sub-sistema de alimentación con biomasa y sellarla mediante sus tres seguros, consecuentemente accionar el motorreductor y configurarlo a una velocidad máxima de 3 rpm mediante el potenciómetro.</p>	
7	<p>A fin de impedir atascamientos de la biomasa en el tornillo sin fin del alimentador se debe mover la palanca manualmente hacia a la izquierda alrededor de 30° a intervalos de tiempo de entre 5 a 10 minutos y accionar el blower del subsistema de enfriamiento y condensado mediante la botonera ON-OFF ubicada en el tablero de instrumentación.</p>	
8	<p>El gas de síntesis que se obtiene del gasificador tiene temperaturas alrededor de los 900 °C. Este fluido sale por la parte inferior del reactor a través de una línea de conducción y se dirige hacia un filtro de tipo ciclónico donde se efectúa el primer acondicionamiento del gas reteniendo principalmente material particulado.</p>	

9	<p>Después del paso por el filtro ciclónico el gas es canalizado mediante una línea de conducción a un intercambiador de calor que lo enfría a una temperatura inferior a los 280°C, en este proceso también se elimina alquitrán mediante condensación.</p>	
10	<p>El fluido gaseoso previamente enfriado en el intercambiador de calor se conduce hacia un filtro de talegas o mangas que es el encargado de realizar la limpieza final del mismo.</p>	
11	<p>Vaciar el material contenido en el recipiente de condensado del intercambiador de calor y del filtro mangas con la ayuda de las purgas a intervalos de tiempo no mayores a 30 minutos durante todo el proceso de gasificación.</p>	
12	<p>El gas que se obtiene a la salida del filtro de mangas se canaliza mediante una línea de conducción a una desembocadura final donde se comprueba su eficacia mediante el encendido de la llama aplicando una chispa a la corriente de gas. La llama de fuego permanecerá encendida hasta agotar la Biomasa.</p>	

Realizado por: Rivera, R.; Romero, G. 2022

4.7. Proceso de apagado del gasificador de tiro descendente Downdraft

Mediante el tablero de instrumentación y sus controladores comprobar que la temperatura al interior del reactor comience a descender.

Una vez que se ha comprobado que la temperatura comienza su deceso paulatino se procede a apagar el motor eléctrico a través de sus controladores

Posterior a ello se debe apagar el soplador eléctrico que se encarga de inyectar el agente gasificante al interior del reactor.

Tomando como referencia un tiempo de entre 5 y 10 minutos aproximadamente se procede a apagar el blower del intercambiador de calor

Una vez que se apagado todos los elementos eléctricos involucrados en el proceso se debe desenergizar los tableros de control e instrumentación.

Tras finalizar el proceso de gasificación se debe dejar transcurrir un tiempo de 24 horas hasta que se enfríe por completo el reactor para poder llevar a cabo tareas de limpieza y mantenimiento.

4.8. Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento tiene como propósito desarrollar tareas preventivas conforme a las necesidades del sistema de conducción y filtración, las acciones de mantenimiento preventivo se realizaron en función a los equipos que componen el sistema.

Si bien es cierto para algunos equipos se plantean tareas genéricas enfocadas a la limpieza hay equipos como los filtros que requieren de tareas más exhaustivas y con procedimientos más elaborados puesto que son los más propensos a presentar fallas por la función misma que cumplen dentro del sistema.

Dentro del plan de mantenimiento preventivo se contempla una frecuencia para realizar las actividades en horas puesto que en la actualidad es difícil dictar el modo de funcionamiento por semanas o por meses, además de ello se establece los materiales, equipos, herramientas y personal necesario para desarrollar tales actividades. Cabe destacar que el plan de mantenimiento preventivo se encuentra detallado en el ANEXO A.

4.8.1. *Hoja de Tareas de mantenimiento*

La hoja de tareas de mantenimiento describe todas las tareas determinadas en el plan de mantenimiento preventivo, por otro lado, se establece la base de conocimientos necesarios, capacitaciones, entrenamiento, el tiempo que se demora en llevar a cabo las actividades y finalmente se especifica una hoja de instrucción de tareas conforme a la actividad prevista a realizarse tal como se muestra en el ANEXO B.

4.8.1.1. *Hoja de instrucción de tareas*

En la hoja de instrucción de tareas se menciona los pasos a seguir para cada actividad con los respectivos materiales, repuestos, herramientas o equipos necesarios, cada una de ellas es específicamente para un solo tipo de tarea, la manera de llegar a tales hojas es conforme a un código establecido en las hojas de tareas de mantenimiento, las hojas de instrucción de tareas se encuentran detalladas en el ANEXO B.

CONCLUSIONES

Se realizó un análisis técnico de situación inicial con la finalidad de conocer el principio de funcionamiento, el estado actual de los elementos existentes y los sub-sistemas que componen el sistema de conducción y filtración donde fue evidente la ausencia de ciertos componentes considerados en el diseño original, además la mayoría de ellos se encontraban en avería total.

Basado en el análisis técnico de situación inicial se desarrolló un plan de acción que comprenden las actividades de restauración o sustitución establecidas para cada sub-sistema en función a las necesidades detectadas. Se recalca la implementación de un sistema eléctrico con la finalidad de abastecer de energía a los tableros de control e instrumentación, además de brindar facilidades de funcionamiento del área de generación de biogás en ausencia de la luz natural.

Con base en la norma ISO 14224 se estableció un inventario y codificación hasta un nivel 6 que comprende los elementos de cada equipo con la cantidad de cada uno de ellos esto a fin de tener un mejor control de todos los componentes del sistema, además se estableció un código técnico en cada nivel a fin de facilitar la realización de toma de datos y establecer histórico de fallas.

Mediante el sistema de conducción y filtración se logró el acondicionamiento del gas de síntesis obtenido a partir del sistema gasificador de tal manera que en la desembocadura final se pudo evidenciar un gas más limpio libre de partículas sólidas, impurezas y alquitrán.

De igual forma se estableció un plan de mantenimiento preventivo a nivel de equipos y sub-sistemas donde se plantean diversas tareas con base en la experiencia adquirida durante la puesta en marcha y la ejecución de actividades del plan de acción dado que la composición misma del gas de síntesis expone al sistema a sufrir fallos, la frecuencia de las tareas preventivas se contempló en horas de funcionamiento.

RECOMENDACIONES

Realizar las tareas de mantenimiento preventivo conforme a la frecuencia establecidas y las instrucciones de cada una de ellas puesto que el sistema esta propenso a sufrir fallos sobre todos en los filtros por la composición misma del gas de síntesis.

Establecer un cronograma de funcionamiento del gasificador tipo tiro descendente a fin de conocer las horas de funcionamiento anual para que las tareas de mantenimiento se ejecuten con precisión conforme a las frecuencias establecidas.

Implementar un medidor de caudal en la salida del gas con el propósito de conocer la cantidad de gas que se obtiene a partir de una cierta cantidad de biomasa, además de poder realizar un dimensionamiento correcto de las tuberías y accesorios de las líneas de conducción del gas de síntesis.

Implementar medidores de temperatura en cada una de las 4 líneas de conducción con el objeto de conocer la temperatura a la que ingresa a los filtros y al intercambiador de calor datos que servirán de apoyo para estudios posteriores de aplicaciones energéticas y tener un mejor control del proceso de filtración del gas de síntesis.

Realizar un análisis del fluido gaseoso filtrado con el propósito de conocer su composición y temperatura a fin de poder determinar una aplicación de uso energético.

BIBLIOGRAFÍA

ABDOULMOUMINE, Nourredine; et al. “A review on biomass gasification syngas cleanup”. *Applied Energy* [en línea], 2015, (United State of America), Vol. 155, pp. 294-307. [Consulta: 17 mayo 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.095>

ARGONUL, Yakuts; et al. “Syngas cleaning for coal to methanol demo plant–H₂S and COS removal”. *Chemical Engineering Communications* [en línea], 2021, (Francia) vol. 208, pp. 3-16. [Consulta: 31 mayo 2022]. ISSN 1563-5201. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00986445.2020.1722653>

AUSAY OLEAS, Bryan Javier; et al. “Evaluación Exegética del Sistema de Gasificación Tipo Downdraft de 5 kW para su Aplicación en un Proceso de Cogeneración y el Efecto Producido en el Gas de Síntesis”. *Aporte Santiaguino* [en línea], 2021, (Chile), Vol. 15, pp. 174-189. [Consulta: 5 mayo 2022]. ISSN: 2070-836X. Disponible en: <https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n2.792>

CENGEL, Y. *Transferencia de calor y masa: Fundamentos y aplicaciones* [en línea]. Cuarta edición. Monterrey-México: McGraw-Hill, 2007. [Consulta: 11 julio 2022]. Disponible en: <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2019/06/Transferencia-de-calor-y-masa.-Fundamentos-y-aplicaciones-Cuarta-Edici%C3%B3n.pdf>

CIUFFI, Benedetta; et al. “A critical review of SCWG in the context of available gasification technologies for plastic waste”. *Applied sciences* [en línea], 2020, (Italia), pp. 2-35. [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/18/6307/htm>

CONEJO, A. *Instalaciones eléctricas* [en línea]. Madrid-España: McGraw-Hill, 2007. [Consulta: 1 julio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/espoch/titulos/5012>

ECHEVERRI, Carlos. “Diseño de filtros de talegas”. *In Crescendo* [en línea], 2008, (Colombia), vol. 9, pp.44-60. [Consulta: 15 junio 2022]. ISSN 2222-3061. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v7n12/v7n12a04.pdf>

HANCHATE, Naresh; et al. “Biomass gasification using dual fluidized bed gasification systems A review”. *Cleaner production* [en línea], 2021, (United State of America), vol. 280, pp. 20-133.

[Consulta: 26 mayo 2022]. ISSN 1090-7807. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620331930?via%3Dihub>

HOQUE, M; et al. “Gasification and power generation characteristics of rice husk, sawdust, and coconut shell using a fixed-bed downdraft gasifier”. *Sustainability (Switzerland)* [en línea], 2021, (Bangladesh), vol. 13, pp. 1–19. [Consulta: 23 junio 2022]. ISSN 20711050. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/2027/htm>

LIMA, J. *Diseño y cálculo de instalaciones eléctricas* [en línea], DF-México: Grupo Editorial Éxodo, 2009. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/128627>

MOLINO, Antonio; et al. “Biomass gasification technology the state-of-the-art overview”. *Journal of Energy Chemistry* [en línea], 2016, (Italia) vol. 25, pp. 11-25 [Consulta: 30 junio 2022]. ISSN 2095-4956. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jechem.2015.11.005>

MOLINO, Antonio; et al. “Biofuels production by biomass gasification A review”. *Energies* [en línea], 2018, (Italia) vol. 25, pp. 2-31. [Consulta: 9 julio 2022]. ISSN 329-04956. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/4/811/htm>

NTE INEN 440. *Colores de identificación de tuberías*

PAIVA, Mateus; et al. “Simulation of a downdraft gasifier for production of syngas from different biomass feedstocks”. *ChemEngineering* [en línea], 2021, (Brasil) vol. 5, pp. 2-24. [Consulta: 23 mayo 2022]. ISSN 2305-7084. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2305-7084/5/2/20/htm>

OROZCO, Lenin; et al. “Sistema de filtrado y enfriamiento de syngas como mejora al proceso de gasificación downdraft”. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* [en línea], 2018, (Ecuador), [Consulta: 9 mayo 2022]. ISSN 2254-7630. Disponible en: <https://www.eumed.net/2/rev/caribe/2018/03/filtrado-enfriamiento-syngas.html>

SHARMA, Prashant; et al. “Downdraft biomass gasification: A review on concepts, designs analysis, modelling, and recent advances”. *Materials Today Proceedings* [en línea], 2020, (India) vol. 46, pp. 333-341. [Consulta: 5 mayo 2022]. ISSN 1988-320X. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.matpr.2020.08.789>

SIKARWAR, V; et al. “Progress in biofuel production from gasification”. *Progress in Energy and Combustion Science* [en línea], 2017, (United State of America) vol. 61, pp. 189-248. [Consulta: 20 mayo 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2017.04.001>

SOLOVEVA, O; et al. “Numerical simulation of the aerosol particle motion in granular filters with solid and porous granules”. *Processes* [en línea], 2021, (Rusia) vol. 9, pp. 2-16. [Consulta: 29 junio 2022]. ISSN 22279717. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/2/268/htm>

UNE EN 13306. *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*

UNE EN ISO 14224. *Industrias del petróleo, petroquímicas y del gas natural. Recogida e intercambio de datos de mantenimiento y fiabilidad de los equipos*

VERDEZOTO, L; et al. “Energía renovable a partir de la biomasa de la caña de azúcar”. *Revista de Investigación Talentos* [en línea], 2021, (Ecuador) vol. 8, pp. 9–26. [Consulta: 14 junio 2022]. ISSN 1390-8197. Disponible en: <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.140>

WOOLCOCK, Patrick; & BROWN, Robert. “A review of cleaning technologies for biomass-derived syngas”. *Biomass and Bioenergy* [en línea], 2013, (United State of America) vol. 52, pp. 54–84. [Consulta: 13 julio 2022]. ISSN 0961-9534. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.biombioe.2013.02.036>


ZACHL, A; et al. “Shifting of the flame front in a small-scale commercial downdraft gasifier by water injection and exhaust gas recirculation”. *Fuel* [en línea], 2021, (Austria) vol. 303, pp. 4-18. [Consulta: 6 mayo 2022]. ISSN 0016-2361. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.fuel.2021.121297>

ZUBIAURRE, F. *Instalaciones eléctricas interiores* [en línea]. México- Monterrey: Cano Pina, 2014. [Consulta: 4 julio 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/43055>


ANEXOS

ANEXO A: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

SUB- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Versión: 001		
			Fecha de elaboración: 27/06/2022		
			Fecha de revisión: 04/07/2022		
			Fecha de aprobación: 11/07/2022		
Realizado por: Rivera R, Romero G		Revisa: Ing. Ángel Jacome	Aprueba: Ing. Félix García		
Área: Generación de Biogás de la Facultad de Mecánica (AGBFM)					
Nombre del subsistema: Enfriamiento			Código: ESPOCH01_FMAGB_SCF_SEC		
Equipo	Tarea	Frecuencia (Horas)	Herramientas /Materiales	Nº Personas	
Intercambiador de calor	Limpieza del recipiente de condensado y la chimenea del intercambiador de calor	200	Rache con juego de copas hexagonales, Cepillo de acero, Espátula, Escalera, Tijera, Compas, Regla, Papel victoria, Silicon de alta temperatura Permatex	2	
Intercambiador de calor	Limpieza interna y externa de tuberías de cobre	200	Rache con juego de copas hexagonales, Cepillo de acero, Espátula, Escalera, Papel victoria, Silicon de alta temperatura Permatex.	2	
Intercambiador de calor	Limpieza de las paredes laterales y las aletas del intercambiador de calor	80	Guaipe, tarro de aire comprimido	1	
Blower	Limpieza de la carcasa externa e interna y alavés del blower	200	Rache con juego de copas hexagonales, Papel de lijar, Espátula, Tarro de aire comprimido	1	
Blower	Revisión y ajuste de pernos de sujeción del equipo	200	Rache con juego de copas hexagonales	1	

SUB- SISTEMA DE FILTRADO

	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Versión: 001	
			Fecha de elaboración: 27/06/2022	
			Fecha de revisión: 04/07/2022	
			Fecha de aprobación: 11/07/2022	
Realizado por: Rivera R, Romero G		Revisa: Ing. Ángel Jacome	Aprueba: Ing. Félix García	
Área: Generación de Biogás de la Facultad de Mecánica				
Nombre del subsistema: Filtración			Código: ESPOCH01_FMAGB_SCF_SFT	
Equipo	Tarea	Frecuencia (Horas)	Herramientas /Materiales	Nº Personas
Filtro Mangas	Limpieza de la cámara de filtrado	100	Martillo de goma, 2 llaves de tubo N° 18, Rache con juego de llaves hexagonales, Lubricante WD-40, Cepillo de acero, Papel victoria, Silicon de alta temperatura Permatex	2
Filtro Mangas	Cambio de la tela de fibra de vidrio	300	Martillo de goma, 2 llaves de tubo N° 18, Rache con juego de llaves hexagonales, Papel victoria, Silicon de alta temperatura Permatex, tela de fibra de vidrio (VER ANEXO E)	2
Filtro Mangas	Limpieza de las Mangas	100	Martillo de goma, escaleras, Compresor (Presión de 6 Bar), Rache con juego de llaves hexagonales, Compas, tijeras y flexómetro	2
Filtro ciclónico	Limpieza interna y externa del cuerpo ciclónico	100	Martillo de Goma, Guipe, Caja de herramientas	1
Filtro Ciclónico	Limpieza interna y externa del recipiente de recolección de material particulado	50	llaves de tubo N° 22, Martillo de goma, Cinta teflón, Silicon de alta temperatura, Lubricante WD-40	2

SUB-SISTEMA DE CONDUCCIÓN


	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Versión: 001	
			Fecha de elaboración: 27/06/2022	
			Fecha de revisión: 04/07/2022	
			Fecha de aprobación: 11/07/2022	
Realizado por: Rivera R, Romero G		Revisa: Ing. Ángel Jacome	Aprueba: Ing. Félix García	
Área: Generación de Biogás de la Facultad de Mecánica				
Nombre del subsistema: Conducción			Código: ESPOCH01_FMAGB_SCF_SCC	
Equipo	Tarea	Frecuencia (Horas)	Herramientas /Materiales	Nº Personas
Líneas de conducción de syngas	Limpieza externa y restauración del recubrimiento superficial	500	Compresor, Escalera, Equipo de protección personal, Cepillo de acero, Waipe, Papel de lijar, Tiñer Pintura amarillo Ocre INEN 440	2
Líneas de conducción de syngas	Limpieza interna y restauración de empaques de las líneas de conducción del syngas	100	Rache con juego de copas hexagonales, Cepillo de acero, Espátula, Escalera, Tijeras, Compas, Waipe, Papel victoria, Silicon de alta temperatura Permatex	2










SISTEMA ELÉCTRICO

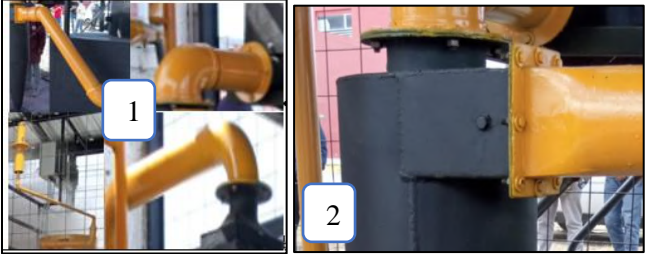
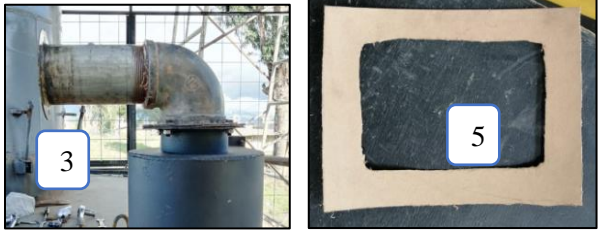
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		Versión: 001	
			Fecha de elaboración: 27/06/2022	
			Fecha de revisión: 04/07/2022	
			Fecha de aprobación: 11/07/2022	
Realizado por: Rivera R, Romero G		Revisa: Ing. Ángel Jacome	Aprueba: Ing. Félix García	
Área: Generación de Biogás de la Facultad de Mecánica				
Nombre del sistema: Eléctrico			Código: ESPOCH01_FMAGB_SE	
Sub-sistema	Tarea	Frecuencia (Horas)	Herramientas /Materiales	Nº Personas
Tablero de distribución	Inspección por termografía infrarroja de los puntos de conexión y aparatos de protección	300	Alicate, Destornillador plano y estrella, Multímetro, Cámara termográfica, Computador portátil	2
Tablero de distribución	Inspección de los puntos de conexión de los circuitos de ramales	300	Alicate, Destornillador plano y estrella, Multímetro	2



ANEXO B: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

SUB-SISTEMA DE CONDUCCIÓN


 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)														
Departamento/ Área	Tiempo disponible de operación	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo											
Generación de biogás	300,00 min	Fecha:	2022-07-20											
Nombre de la operación	Equipo/sub-sistema	Página:	1 de 1											
Ruta de mantenimiento preventivo	Conducción													
MTS Base de conocimientos/formación (entrenamiento)														
Base de conocimientos				Capacitación /entrenamiento										
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td>Electricidad</td></tr> </table>				Mantenimiento industrial	Seguridad industrial	Manejo de herramientas	Electricidad	<table border="1"> <tr><td>Proceso de pintado</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				Proceso de pintado		
Mantenimiento industrial														
Seguridad industrial														
Manejo de herramientas														
Electricidad														
Proceso de pintado														
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A=Año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (min)						
	1	Limpieza externa y restauración del recubrimiento superficial	LC01	Según TIS	60,00	A	1	60,00						
<input type="checkbox"/>	2	Limpieza interna de tuberías y Restauración de empaques	LC02	Según TIS	120,00	A	2	240,00						
Total, de tiempo (min)								300,00						
Bloque de firma				Historial de cambios en el trabajo										
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio									
03/08/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García												





Página 1 de 1	TIS_LC01		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás				
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpieza externa y restauración del recubrimiento superficial			Fecha de Realización 15/7/2022		Realizada por: Romero Galo, Rivera Rómulo				
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo							Tiempo Estándar (min)
	Conducción		Generación de Biogás			Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	60
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Ubicar el equipo/sub-sistema									
		2	Limpiar externamente tuberías y accesorios		Se debe limpiar y remover suciedades de las tuberías de las cuatro líneas de conducción como son: Línea de conducción a ciclón, Línea de conducción de ciclón a intercambiador de calor, Línea de conducción de intercambiador de calor a filtro mangas, Línea de conducción a desembocadura final			 				
		3	Preparar la pintura		El color de la pintura debe ser de acuerdo con la norma INEN 440 para gases combustibles							
		4	Llenar la pintura en el recipiente de contención del compresor		Se debe tener en cuenta de usar implementos de seguridad personal para el proceso de pitado.							
		5	Aplicar la pintura sobre la superficie		Se debe aplicar 3 capas de pintura sobre la superficie de las 4 líneas de conducción							
Bloque de Firmas					Fecha		Nombre		Descripción del cambio			
Turno			Revisa		Aprueba							
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García							
	Fecha		18/7/2022		19/7/2022							





Página 1 de 2		TIS_LC02		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás				
		Tarea: 2		Descripción de la tarea: Limpieza interna de tuberías y Restauración de empaques			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo			
		Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	+	▽	○	◇	◻	🌐	Tiempo Estándar (min)	
		Conducción		Generación de Biogás		Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	240	
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Ubicar el equipo/Sistema										
		2	Identificar los puntos de conexión con bridas		En primer lugar, se debe identificar las bridas del sub-sistema de conducción ya que son los puntos que están sellados con empaques, los puntos de conexión son: entrada y salida del filtro ciclónico, entrada y salida del intercambiador de calor y entrada y salida del filtro mangas.								
		3	Desmontar los puntos de conexión con bridas		Para desmontar tales puntos se debe utilizar un rache con una copa hexagonal N° 14, además se debe considerar que el desmontaje se debe realizar en el orden de circulación del syngas y una línea de conducción a la vez, no se puede desmontar dos líneas de conducción al mismo tiempo.								
		4	Realizar la limpieza interna de las tuberías		Con la ayuda de una espátula remover los sedimentos de las tuberías en las partes más cercanas, para partes más lejanas ayudarse con una varilla metálica y papel de lijar								
Bloque de Firmas								Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno		Revisa		Aprueba									
1	Nombre	Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García									
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022									






Página 2 de 2	TIS_LC02		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Limpieza interna de tuberías y Restauración de empaques			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	+	▽	○	◇	◻	🌐	Tiempo Estándar (min)
	Conducción		Generación de Biogás		Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	240
p	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		5	Cortar el papel victoria conforme a la geometría de las bridas		La mayoría de los empaques tienen geometría redonda, sin embargo, hay un empaque que tiene geometría rectangular, que está ubicado a la entrada y salida del cuerpo ciclónico. (Ver tabla			 			
		6	Restaurar los empaques		Los empaques se deben restaurar conforme al orden de circulación del syngas. Por otro lado, para el sellado se deberá aplicar silicón de alta temperatura Permatex.						
		7	Montaje de los puntos de conexión con bridas		El montaje se debe realizar tras haber realizado la limpieza de esta y así sucesivamente se debe seguir con las demás considerando el orden de circulación del syngas.						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Nombre	Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García							
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022							









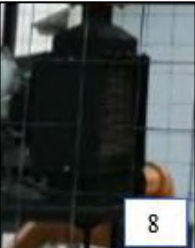
INTERCAMBIADOR DE CALOR DE FLUJO CRUZADO








Departamento/ Área		Tiempo disponible de operación	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo									
Generación de biogás		350 min	Fecha:	2022-07-20									
Nombre de la operación		Equipo/sub-sistema	Pagina:	1 de 1									
Ruta de mantenimiento preventivo		Intercambiador de calor de flujo cruzado											
<p>MTS Base de conocimientos/formación (entrenamiento)</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Base de conocimientos</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Capacitación /entrenamiento</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table> </td> </tr> </table>					<p>Base de conocimientos</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <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		<p>Capacitación /entrenamiento</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	Capacitación en riesgos		
<p>Base de conocimientos</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <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		<p>Capacitación /entrenamiento</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>	Capacitación en riesgos							
Mantenimiento industrial													
Seguridad industrial													
Manejo de herramientas													
Capacitación en riesgos													
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A=Año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (min)					
	1	Limpieza del recipiente de condensado	IT01	Según TIS	80,00	A	1	160,00					
	2	Limpieza interna y Externa de las tuberías de cobre	IT02	Según TIS	75,00	A	1	150,00					
	3	Limpieza de las paredes laterales y las aletas del intercambiador de calor	IT03	Según TIS	20	A	2	40,00					
Total, de tiempo (min)								350,00					
Bloque de firma				Historial de cambios en el trabajo									
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio								
03/08/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García											

Página 1 de 2	TIS_IT01		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpieza del recipiente de condensado			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	+	▽	○	◇	◻	🌐	Tiempo Estándar (min)
	Intercambiador de calor		Generación de Biogás		Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	160
p	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ubicar el equipo/Sistema					   			
		2	Realizar el drenaje de impurezas contenida en el recipiente de condensado		El drenaje se realizará ubicando un recipiente bajo la tubería y abriendo la válvula de globo que controla el drenaje tanto del intercambiador de calor y del filtro mangas						
		3	Desmontar la cubierta Superior o chimenea		La cubierta superior conecta este equipo con la línea de conducción a filtro mangas						
		4	Desmontar la cubierta inferior		La cubierta inferior conecta el equipo con el recipiente de condensado.						
		5	Desmontar las cubiertas laterales y la cubierta posterior		Las cubiertas laterales están ubicadas a la izquierda y derecha, mientras que la cubierta posterior conecta con la salida de aire del soplador eléctrico o Blower						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre		Descripción del cambio		
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Nombre	Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García							
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022							


Página 2 de 2	TIS_IT01		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpieza del recipiente de condensado			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	+	▽	○	◇	◻	🌐	Tiempo Estándar (min)
	Intercambiador de calor		Generación de Biogás		Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio de pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	160
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		6	Retirar momentáneamente de su sitio el intercambiador de calor		Este paso se realiza para facilitar la tarea de mantenimiento, y llegar a puntos inaccesibles			   			
	🌐	7	Realizar la limpieza del recipiente de condensado		Aplicar Aceite penetrante WD-40 y remover los restos de alquitrán y suciedades contenidas en el recipiente y la chimenea con una espátula, o cepillo de acero, tratar de no afectar la integridad de la superficie,						
		8	Remover los restos de empaque del contorne superior e inferior de los puntos de apriete del intercambiador de calor		Retirar los restos de empaque con la ayuda de una espátula del contorno.						
		9	Realizar el montaje del intercambiador de calor		Para realizar el montaje se debe tener en cuenta que el empaque nuevo quede ubicado en su lugar, además se comienza por asegurar la cubierta superior e inferior, para después pasar asegurar las cubiertas laterales y finalmente la cubierta posterior.						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre	Fecha	Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
			18/7/2022	19/7/2022							










Página 1 de 2	TIS_IT02		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás				
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Limpieza interna y Externa de las tuberías de cobre			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo			
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo	+	▽	○	◇	◻	🌐	Tiempo Estándar (min)
	Intercambiador de calor		Generación de Biogás			Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio de pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Ubicar el equipo/Sistema					    				
		2	Realizar el drenaje de impurezas contenida en el recipiente de condensado		El drenaje se realizará ubicando un recipiente bajo la tubería y abriendo la válvula de globo que controla el drenaje tanto del intercambiador de calor y del filtro mangas							
		3	Desmontar el intercambiador de calor de flujo cruzado de la base		Para realizar el desmontaje del intercambiador de calor, se empieza por desapretar los puntos de apriete de la parte superior e inferior de la cubierta, posterior a ello se retira las cubiertas laterales y finalmente la cubierta posterior							
		4	Realizar una limpieza externa de las tuberías		La limpieza externa de tuberías se realiza, mediante la aplicación de aceite penetrante WD-40, sobre la superficie y removiendo las impurezas con Waipe.							
Bloque de Firmas								Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno			Revisa	Aprueba								
1	Firma		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García								
	Fecha		18/7/2022	19/7/2022								

Página 2 de 2	TIS_IT02		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Limpieza interna y Externa de las tuberías de cobre			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)		150		
	Intercambiador de calor		Generación de Biogás								
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		5	Realizar limpieza interna de tuberías		Para la limpieza interna se aplica aire comprimido en la interna de las tuberías			  			
		6	Remover los restos de empaque del contorne superior e inferior de los puntos de apriete		Para remover los restos de empaque se debe emplear una espátula y hacer fricción sobre el contorno de las superficies de apriete						
		7	Restaurar los empaques de la cubierta superior y la cubierta inferior		Se debe utilizar papel victoria y silicón de alta temperatura Permatex.						
		8	Realizar el montaje del intercambiador de calor en la base		Para realizar el montaje se debe tener en cuenta que el empaque nuevo quede ubicado en su lugar, además se comienza por asegurar la cubierta superior e inferior, para después pasar asegurar las cubiertas laterales y finalmente la cubierta posterior.						
Bloque de Firmas								Fecha	Nombre	Descripción del cambio	
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
	Fecha		18/06/2022	19/06/2022							

Página 1 de 1	TIS_IT02		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás				
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Limpieza de las paredes laterales y las aletas del intercambiador de calor			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo			
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo							Tiempo Estándar (min)
	Intercambiador de calor		Generación de Biogás			Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	40
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Ubicar el equipo/Sub-sistema					 				
		2	Limpiar las paredes laterales y posterior del intercambiador de calor		Con la ayuda de guaípe remover las impurezas y suciedades de la superficie de las paredes laterales (internas y externas) y posterior (Interna y externa) del intercambiador de calor							
		3	Limpiar las aletas del intercambiador de calor		Ingresar guaípe por cada uno de los espacios entre ellas y remover polvo y suciedades.							
					para asegurar una mejor limpieza ingresar airea presión en las aletas inferiores del intercambiador de calor.							
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno			Revisa	Aprueba								
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García								
	Fecha		18/06/2022	19/06/2022								


BLOWER




 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)														
Departamento/ Área		Tiempo disponible de operación		Realizada por:		Romero Galo, Rivera Rómulo								
Generación de biogás		130 min		Fecha:		2022-07-20								
Nombre de la operación		Equipo/sub-sistema		Página:		1 de 1								
Ruta de mantenimiento preventivo		Blower												
MTS Base de conocimientos/formación (entrenamiento)														
Base de conocimientos				Capacitación /entrenamiento										
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento industrial</td></tr> <tr><td>Seguridad industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> <tr><td>Electricidad</td></tr> </table>				Mantenimiento industrial	Seguridad industrial	Manejo de herramientas	Electricidad	<table border="1"> <tr><td>Equipos eléctricos</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				Equipos eléctricos		
Mantenimiento industrial														
Seguridad industrial														
Manejo de herramientas														
Electricidad														
Equipos eléctricos														
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A=Año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (min)						
	1	Limpieza de la carcasa externa e interna y alavés del blower	BL01	Según TIS	90,00	A	1	90						
	2	Revisión y ajuste de pernos de sujeción del equipo	BL02	Según TIS	30	A	2	60						
Total, de tiempo (min)								130						
Bloque de firma				Historial de cambios en el trabajo										
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio									
03/08/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García												










Página 1 de 1	TIS_BL01		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpieza de la carcasa externa e interna y alavés del blower			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatorio en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatorio de pasos	 Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)
	Blower		Generación de Biogás								90
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ubicar el equipo/Sistema					  			
		2	Desmontar el equipo de la base		Para el desmontaje del blower se debe retirar los pernos de sujeción de la base, y la cubierta posterior del intercambiador de calor.						
		3	Desmontar la cubierta posterior del intercambiador de calor de flujo cruzado		Para realizar desmontar la cubierta posterior del intercambiador de calor, se empieza por desapretar los puntos de apriete de la parte superior e inferior de la cubierta, posterior a ello se retira las cubiertas laterales y finalmente la cubierta posterior.						
		4	Realizar la limpieza interna y externa de la carcasa		Para la limpieza se debe utilizar aire comprimido y aplicarlo a la salida de aire, además con la ayuda de un aceite WD -40 y aplicarlo a Toda la superficie exterior del mismo y remover el exceso con Waipe. Para la limpieza del alavés del blower se debe retirar la cubierta lateral derecha e izquierda Limpiar los alavés con guaípe removiendo las suciedades						
		5	Montaje del Blower sobre la base		En primer lugar, se sujeta los pernos de la base y luego se sujeta la cubierta posterior del blower						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre	Fecha	Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
			18/7/2022	19/7/2022							

Página 1 de 1	TIS_BL02		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 del equipo			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	+	○	◇	◻	🌐	Tiempo Estándar (min)	
	Blower		Generación de Biogás		Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	60
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ubicar el equipo/Sistema								
		2	Revisar condiciones inseguras del equipo		Verificar que el área de trabajo no tenga condiciones inseguras						
		2	Desenergizar el Blower		Previo a intervenir el equipo se debe apagarlo desde la botonera On- Off del tablero de distribución						
		3	Revisar y Ajustar los pernos de sujeción		El Blower este sujeto con 4 pernos, comprobar cada uno de ellos que estén bien ajustados caso contrario ajustarlos correctamente con fuerza moderada						
Bloque de Firmas					Fecha		Nombre		Descripción del cambio		
Turno		Revisa	Aprueba								
1	Firma	Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García								
	Fecha	18/7/2022	19/7/2022								


FILTRO CICLÓNICO












 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)														
Departamento/ Área		Tiempo disponible de operación		Realizada por:		Romero Galo, Rivera Rómulo								
Generación de biogás		90 min		Fecha:		2022-07-20								
Nombre de la operación		Equipo/sub-sistema		Página:		1 de 1								
Ruta de mantenimiento preventivo		Filtro ciclónico												
MTS Base de conocimientos/formación (entrenamiento)														
Base de conocimientos				Capacitación /entrenamiento										
<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>Filtros</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				Filtros		
Mantenimiento industrial														
Seguridad industrial														
Manejo de herramientas														
Filtros														
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A=Año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (min)						
<input type="checkbox"/>	1	Limpieza interna y externa del cuerpo ciclónico	FC1	Según TIS	30,00	A	2	60,00						
<input type="checkbox"/>	2	Limpieza interna y externa del recipiente de recolección de material particulado	FC2	Según TIS	30,00	O		30,00						
Total, de tiempo (min)								90,00						
Bloque de firma				Historial de cambios en el trabajo										
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio									
03/08/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García												








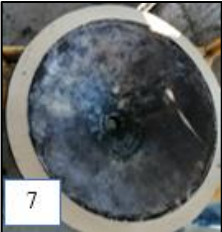



Página 1 de 1	TIS_FC1		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpieza interna y externa del cuerpo ciclónico			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatorio en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatorio de pasos	 Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)
	Filtro ciclónico		Generación de Biogás								60
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ubicar el equipo/Sistema					   			
		2	Agitar mecánicamente el cuerpo ciclónico		Con la utilización de un martillo de goma se procede a golpear la superficie del ciclón, las partículas pegadas internamente al cuerpo ciclónico irán cayendo paulatinamente al recipiente de recolección de partículas						
		3	Desmontar el recipiente de recolección de recolección de partículas		Se procede a retirar el recipiente con la ayuda de unas llaves de tubo N° 22						
		4	Soltar todas las partículas contenidas en el recipiente		El recipiente se debe colocar de con la boquilla hacia el suelo						
		5	Limpiar externamente el ciclón		Limpiar la superficie externa del ciclón con guaipe removiendo polvo e impurezas.						
		6	Realizar el montaje del recipiente de recolección de material particulado		Con la ayuda de un de las llaves de tubo N° 22 colocar el recipiente en su sitio						
Bloque de Firmas								Fecha	Nombre	Descripción del cambio	
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
	Fecha		18/7/2022	19/7/2022							










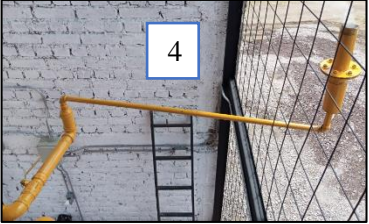
Página 1 de 1	TIS_FC1		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Limpieza interna y externa del recipiente de recolección de material particulado			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)					
	Filtro ciclónico		Generación de Biogás				30				
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ubicar el equipo/Sistema					  			
		2	Agitar mecánicamente el cuerpo ciclónico		Con la ayuda de un martillo de goma se procede a golpear la superficie del ciclón, las partículas pegadas internamente al cuerpo ciclónico irán cayendo paulatinamente al recipiente de recolección de partículas						
		3	Desmontar el recipiente de recolección de recolección de partículas		Se procede a retirar el recipiente con la ayuda de unas llaves de tubo N° 22						
		4	Limpiar internamente el recipiente de recolección de material particulado		<p>El recipiente se debe colocar de con la boquilla hacia el suelo Y agitarlo mecánicamente con un martillo de goma</p> <p>Limpiar el recipiente internamente introduciendo una varilla lisa de 8 mm de diámetro cubierta con papel de lijar suave y remover impurezas y suciedades adheridas en las paredes internas.</p>						
		5	Montar el recipiente de recolección de partículas al ciclón		Con la ayuda de una llave de tubo N° 22 se vuelve a montar el recipiente en su lugar						
Bloque de Firmas								Fecha	Nombre	Descripción del cambio	
Turno			Revisa		Aprueba						
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García						
	Fecha		18/7/2022		19/7/2022						








FILTRO MANGAS

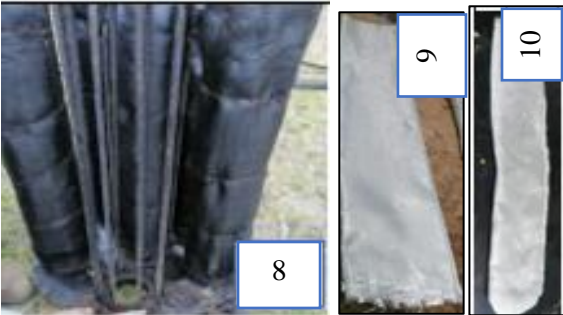
 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)															
Departamento/ Área		Tiempo disponible de operación		Realizada por:		Romero Galo, Rivera Rómulo									
Generación de biogás		260 min		Fecha:		2022-07-20									
Nombre de la operación		Equipo/sub-sistema		Página:		1 de 1									
Ruta de mantenimiento preventivo		Filtro Mangas													
MTS Base de conocimientos/formación (entrenamiento)															
Base de conocimientos				Capacitación /entrenamiento											
<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>Filtros</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>					Filtros		
Mantenimiento industrial															
Seguridad industrial															
Manejo de herramientas															
Filtros															
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A=Año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (min)							
	1	Limpieza de la cámara de filtrado	FM1	Según TIS	80,00	A	1	80							
<input type="checkbox"/>	2	Cambio de la tela de fibra de vidrio	FM2	Según TIS	100,00	O	----	100							
<input type="checkbox"/>	3	Limpieza de las mangas	FM3	Según TIS	40,00	A	2	80							
Total, de tiempo (min)								260							
Bloque de firma				Historial de cambios en el trabajo											
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio										
03/08/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García													












Página 1 de 2	TIS_FM1		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpieza de la cámara de filtrado			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)					
	Filtro Mangas		Generación de Biogás						80		
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ubicar el equipo/Sistema					    			
		2	Drenar las impurezas por medio de la purga		Las impurezas se deben drenar en su totalidad previo a la apertura de la cámara de filtrado. Esto se realiza abriendo la válvula de globo de la línea de desfogue de desechos.						
		3	Desmontar la línea de conducción a desembocadura final		En primera instancia se retira la tubería de ¾ in, posterior a ello se retira la brida de conexión a la tubería de 2 in						
		4	Desmontar la Cubierta superior e inferior		La cubierta superior se debe desmontar con la ayuda de un rache con un juego de llaves hexagonales.						
		5	Limpiar la cubierta superior e inferior y las bases de soporte de las mangas		En este punto se debe remover los restos del empaque del contorno de los puntos de apriete y realizar la limpieza de las cubiertas tanto superior e inferior además del base de soporte de las mangas a fin de remover el alquitrán se de emplear aceite penetrante WD-40 y cepillo de acero						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
	Fecha		18/7/2022	19/7/2022							

Página 2 de 2	TIS_FM1		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpieza de la cámara de filtrado			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo	
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)				
Filtro Mangas		Generación de Biogás	80							
P	Sim.	No	Descripción de pasos	Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)				
		6	Limpieza externa de la cámara de filtrado	Limpiar restos de cenizas y alquitrán de la superficie exterior de la cámara de filtrado.		    				
		7	Restaurar los empaques	Para tal efecto se debe utilizar papel victoria y silicón de alta temperatura Permatex conforme a las medidas del contorno de los puntos apriete						
		8	Colocar la cubierta superior e inferior de la cámara de filtrado	En este punto de be primero colocar la cubierta superior, y posterior a ello la cubierta inferior.						
		9	Colocar la línea de conducción a desembocadura final	Previo al montaje se debe limpiar los restos de empaque de la brida de conexión a la tubería de 2 in, posterior a ello se debe restaurar el empaque. Y finalmente se debe colocar primero la brida de conexión a tubería de 2 in, y finalmente se coloca la tubería de ¾ in						
		10	Colocar la línea de purga	Posterior al montaje de la cubierta inferior se debe volver a colocar la línea de purga.						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno			Revisa	Aprueba						
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García						
	Fecha		18/7/2022	19/7/2022						

Página 1 de 3	TIS_FM2		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Cambio de la tela de fibra de vidrio			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)		100		
Filtro Mangas		Generación de Biogás		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)							
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)						
		1	Ubicar el equipo/Sistema				   				
		2	Drenar las impurezas por medio de la purga		Las impurezas se deben drenar en su totalidad previo a la apertura de la cámara de filtrado. Esto se realiza abriendo la válvula de globo de la línea de desfogue de desechos.						
		3	Desmontar la línea de purga		Con la ayuda de las llaves de tubo N° 18 retirar la tubería de color negro que conecta la purga del filtro mangas con la purga del del recipiente de condensado del intercambiador de calor, esta línea de purga está ubicada en la parte inferior del filtro de mangas.						
		4	Desmontar la línea de conducción a desembocadura final		En primera instancia se retira la tubería de ¾ in, posterior a ello se retira la brida de conexión a la tubería de 2 in						
		5	Desmontar la Cubierta superior		La cubierta superior se debe desmontar con la ayuda de un rache con un juego de llaves hexagonales.						
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Nombre	Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García							
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022							


Página 2 de 3	TIS_FM2		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Cambio de la tela de fibra de vidrio			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)		100			
Filtro Mangas		Generación de Biogás									
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		6	Desmontar la Cubierta inferior		Para desmontar la Cubierta inferior se debe retirar momentáneamente la línea de purga interconectada			 			
		7	Limpiar la cubierta superior e inferior y las bases de soporte de las mangas		En este punto se debe remover los restos del empaque del contorno de los puntos de apriete y realizar la limpieza de las cubiertas tanto superior e inferior además del base de soporte de las mangas a fin de remover el alquitrán se de emplear aceite penetrante WD-40 y cepillo de acero						
		8	Desmontar las hileras o mangas de los soportes		En este punto las hileras se las retira de la base, con la ayuda de llaves de tubo, y se las extrae por la parte superior de la cámara de filtrado.						
		9	Recortar la tela de fibra de vidrio conforme a las medidas de las hileras		Las medidas se encuentran especificadas en el capítulo 4 en la tabla (VER ANEXO E) (VER TABLA 8-4)						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
	Fecha		18/7/2022	19/7/2022							

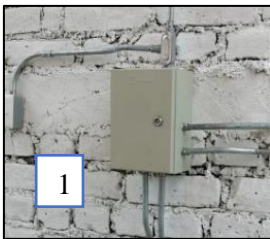


Página 3 de 3	TIS_FM2		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Cambio de la tela de fibra de vidrio			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación	Símbolo	+	▽	○	◇	◻	🌐	Tiempo Estándar (min)
	Filtro Mangas		Generación de Biogás		Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	100
p	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		10	Cosar las mangas conforme a la geometría de las hileras		Las hileras tienen una geometría circular, para coserlas es necesario un hilo de fibra de vidrio.						
		11	Cubrir las hileras con la tela nueva		Las hileras se deben sujetar a las mangas con la ayuda de abrazaderas						
		12	Montar las hileras o mangas sobre la base		Se debe ingresar las mangas por la parte superior de la mamara de filtrada y fijarlas a la base con la ayuda de llaves de tubo.						
		13	Cellar la cámara de filtrado		Para cellar la cámara se debe restaurar los empaques de los puntos de apriete de la cubierta superior e inferior, además se debe volver a conectar la línea de purga en la parte inferior.						
		14	Conectar la línea de conducción a desembocadura final		Previo al montaje se debe limpiar los restos de empaque de la brida de conexión a la tubería de 2 in, posterior a ello se debe restaurar el empaque. Y finalmente se debe colocar primero la brida de conexión a tubería de 2 in, y por último se coloca la tubería de ¾ in						
Bloque de Firmas						Fecha	Nombre		Descripción del cambio		
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre	Fecha	Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
			18/7/2022	19/7/2022							



Página 1 de 2	TIS_FM3		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Limpieza de las mangas				Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo	
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)				
	Filtro Mangas		Generación de Biogás				80				
p	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Ubicar el equipo/Sistema				   				
		2	Drenar las impurezas por medio de la purga		Las impurezas se deben drenar en su totalidad previo a la agitación de las mangas						
		3	Desmontar la línea de conducción a desembocadura final		Con la ayuda de un rache y la copa hexagonal número 14 desapretar los tornillos de la brida que conecta la tubería de conducción a desembocadura final y la cubierta superior del filtro de mangas						
		4	Desmontar la cubierta Superior e inferior del filtro de mangas		Con la ayuda de un rache y la copa hexagonal número 14 desapretar todos los tornillos dispuestos alrededor de la cubierta y bajarla a la superficie del piso						
		5	Limpiar las mangas		Ingresar aire a presión por cada una de 6 las boquillas de las hileras de las mangas, las boquillas están ubicadas en la superficie superior del filtro de mangas y es por donde sale el gas filtrado con dirección a la línea de conducción a desembocadura final. Presión de 6 Bar						
Bloque de Firmas							Fecha	Nombre	Descripción del cambio		
Turno			Revisa	Aprueba							
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome	Ing. Félix García							
	Fecha		18/7/2022	19/7/2022							

Página 2 de 2	TIS_FM3		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás			
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Limpieza de las mangas			Fecha de Realización	15/12/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo		
	Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio de pasos  Medio ambiente	Tiempo Estándar (min)				
	Filtro Mangas		Generación de Biogás							80	
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)			
		6	Vaciar los sedimentos desprendidos de las mangas		Los sedimentos caerán a la parte inferior de la cámara de filtrado			  			
		7	Restaurar empaques		Previo a la restauración de empaques se debe eliminar los restantes del contorno de la cubierta y de la brida. Se debe restaurar empaques de la cubierta superior de la cámara de filtrado y la brida de la línea de conducción a desembocadura final.						
		8	Colocar la cubierta superior e inferior		Una vez restaurado los empaques se debe montar la cubierta superior e inferior asegurándola con los tornillos de ajuste en todo el contorno.						
		9	Colocar la línea de conducción de la desembocadura final		Tras restaurar los empaques, se debe realizar el montaje de la línea asegurándola mediante los tornillos de la brida en todo el contorno.						
		10	Colocar la línea de purga		Posterior al montaje de la cubierta inferior se debe volver a colocar la línea de purga.						
Bloque de Firmas								Fecha	Nombre	Descripción del cambio	
Turno			Revisa		Aprueba						
1	Nombre		Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García						
	Fecha		18/7/2022		19/7/2022						

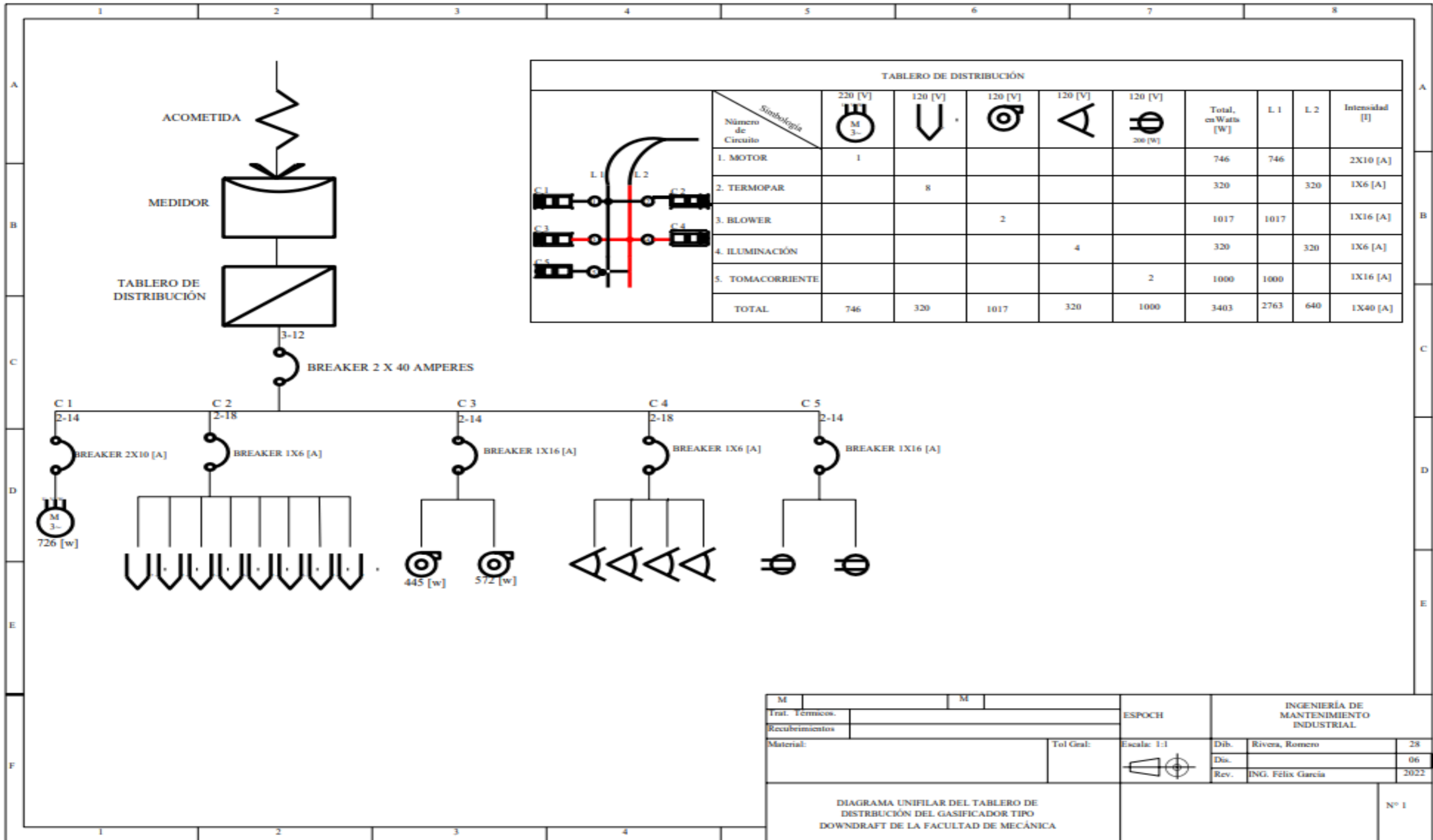
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)														
Departamento/ Área		Tiempo disponible de operación		Realizada por:		Romero Galo, Rivera Rómulo								
Generación de biogás		70 min		Fecha:		2022-07-20								
Nombre de la operación		Equipo/sub-sistema		Pagina:		1 de 1								
Ruta de mantenimiento preventivo		Tablero de distribución												
MTS Base de conocimientos/formación (entrenamiento)														
Base de conocimientos				Capacitación /entrenamiento										
<table border="1" style="width: 100%;"> <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" style="width: 100%;"> <tr><td>Termografía Infrarroja</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> </table>				Termografía Infrarroja		
Mantenimiento industrial														
Seguridad industrial														
Manejo de herramientas														
Termografía Infrarroja														
<input checked="" type="checkbox"/>	#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A=Año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (min)						
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Inspección por termografía infrarroja del tablero de distribución	TB1	Según TIS	30,00	O	-----	30,00						
	2	Inspección de los puntos de conexión de los circuitos de ramales	TB2	Según TIS	40,00	O	----	40,00						
Total, de tiempo (min)								70,00						
Bloque de firma				Historial de cambios en el trabajo										
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Nombre	Cambio									
03/08/2022	Ing. Ángel Jácome	Ing. Félix García												

Página 1 de 1		TIS_TB1		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás		
		Tarea: 1		Descripción de la tarea: Inspección por termografía infrarroja del tablero de distribución			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo	
Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo	+	▽	○	◇	□	🌐	Tiempo Estándar (min)
Tablero de Distribución		Generación de Biogás			Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	30
P	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)				Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)		
		1	Ubicar el equipo/Sistema						  		
	+	2	Abrir el tablero de distribución		Para abrir el tablero de distribución se debe contar con la llave de este						
		3	Identificar los puntos de conexión y el elemento de protección del circuito		Se deben identificar extrita ente los puntos de conexión del circuito en cuestión						
		4	Apuntar con la cámara termográfica al aparato de protección y los puntos de conexión		La cámara termográfica debe estar correctamente dirigida de forma perpendicular a los puntos a inspeccionar						
		5	Identificar puntos calientes		De ser el caso realizar el análisis respectivo y efectuar las correcciones correspondientes						
Bloque de Firmas									Fecha	Nombre	Descripción del cambio
Turno		Revisa		Aprueba							
1		Nombre Fecha		Ing. Ángel Jacome 18/7/2022		Ing. Félix García 19/7/2022					

Página 1 de 1		TIS_TB2		TASK INSTRUCTION SHEET (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		Generación de Biogás		
		Tarea: 2		Descripción de la tarea: Inspección de los puntos de conexión de los circuitos de ramales			Fecha de Realización	15/7/2022	Realizada por:	Romero Galo, Rivera Rómulo	
Descripción del Equipo/ sub-sistema		Ubicación		Símbolo	+	▽	○	◇	□	🌐	Tiempo Estándar (min)
Tablero de Distribución		Generación de Biogás			Seguridad	Critico	Secuencia mandatorio en los pasos	Calidad	Secuencia mandatorio de pasos	Medio ambiente	40
p	Sim.	No	Descripción de pasos		Detalle del paso (Que, Como, Puntos Clave)				Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, Layouts, etc.)		
		1	Ubicar el equipo/Sistema						 		
		2	Identificar si hay deterioro del aislante de los empalmes o del conductor		En caso de existir deterioro de aislantes sustituir el Taípe o el conductor eléctrico						
		3	Limpiar los cajetines		Con la ayuda de una Brocha remover polvo y suciedades de los cajetines						
		4	Medir magnitudes eléctricas de tensión e intensidad en las tomas de corriente		En caso de un sistema monofásico debe medir 120 V entre fase y neutro y sistema trifasico 220 entre fase y fase, los colores de identificación de conductores son de acuerdo con el código eléctrico nacional, especificado en la tabla del capítulo 4.						
Bloque de Firmas									Fecha	Nombre	Descripción del cambio
Turno		Revisa		Aprueba							
1	Nombre	Ing. Ángel Jacome		Ing. Félix García							
	Fecha	18/7/2022		19/7/2022							

ANEXO C: Diagrama de conexiones eléctricas del Tablero de Distribución



M	M	ESPOCH	INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL		
Trat. Térmicos.			Dib.	Rivera, Romero	28
Recubrimientos			Dis.		06
Material:		Tol Geal:	Rev.	ING. Félix García	2022
DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DEL GASIFICADOR TIPO DOWNDRAFT DE LA FACULTAD DE MECÁNICA				N° 1	

ANEXO D: COSTOS DEL PROYECTO

Costos de Materiales Sub-sistema de instrumentación					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Amarras de 10 cm	u	1,00	\$ 0,97	\$ 0,97
2	Bornera riel 4 mm	u	30,00	\$ 0,36	\$ 10,80
3	Botonera de fuerza MET Trifásica	u	2,00	\$ 5,02	\$ 10,03
4	Breaker riel 10 A		1,00	\$ 3,66	\$ 3,66
5	Breaker riel 4 A		2,00	\$ 2,99	\$ 5,98
6	Cable flexible # 18 AWG	m	40,00	\$ 0,18	\$ 7,20
7	Cable C1/05/6/7	m	15,00	\$ 2,63	\$ 39,45
8	Cable para termocupla PT 100	m	25,00	\$ 2,14	\$ 53,50
9	Cable termocupla	m	25,00	\$ 3,32	\$ 83,00
10	Canaleta ranurada 25x40mm	u	1,00	\$ 4,22	\$ 4,22
11	Control de temperatura Digital 72x72mm	u	8,00	\$ 37,55	\$ 300,40
12	Gabinete metálico liviano 40x40x20 cm	u	1,00	\$ 60,22	\$ 60,22
13	Luz piloto verde con voltímetro	u	2,00	\$ 1,94	\$ 3,88
14	Prensa estopa pg21	u	2,00	\$ 0,98	\$ 1,96
15	Riel Din 35 MM	m	1,00	\$ 1,76	\$ 1,76
16	Selector de 22mm	u	1,00	\$ 5,90	\$ 5,90
17	Sensor de temperatura pt 100 roscable	u	1,00	\$ 42,59	\$ 42,59
18	Sensor PT100 bulbo 20cm	u	3,00	\$ 16,90	\$ 50,70
19	Terminal puntera amarillo	u	1,00	\$ 1,75	\$ 1,75
20	SENSOR PT 100bULBO 20 cm	u	2,00	17,48	\$ 34,96
21	Codificador	u	1,00	\$ 18,53	\$ 18,53
Total					741,46

Costos de materiales extras Sub-sistema de instrumentación					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Electrodo E6011	u	1,00	\$ 0,40	\$ 0,40
2	Cortadora de cable	u	1,00	\$ 7,50	\$ 7,50
3	Juego de destornilladores plano y estrella	u	1,00	\$ 12,50	\$ 12,50
4	Alicate	u	1,00	\$ 4,50	\$ 4,50
5	Cinta aislante de 3m	u	2,00	\$ 1,12	\$ 2,24
Total					\$ 27,14

Costo totales sub-sistema de instrumentación	
Denominación	Sub-Total
Costos de Materiales de tablero de instrumentación	\$ 741,46
Costos de materiales Extras	\$ 27,14
Costo total	\$ 768,60

Costos sistema eléctrico					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Abrazaderas 3/4 in	u	6	\$ 0,98	\$ 5,88
2	Abrazadera EMT 1/2 in	u	40,00	\$ 0,20	\$ 8,00
3	Barra de tierra de 12 orificios	u	1,00	\$ 2,48	\$ 2,48
4	Breaker 10 A	u	1,00	\$ 2,66	\$ 2,66
5	Breaker 16 A	u	1,00	\$ 2,66	\$ 2,66
6	Breaker 16 A	u	1,00	\$ 5,32	\$ 5,32
7	Breaker 6 A	u	1,00	\$ 2,66	\$ 2,66
8	Breaker de 40A	u	1,00	\$ 5,97	\$ 5,97
9	Broca de concreto de 1/4	u	3,00	\$ 0,99	\$ 2,97
10	Cable flexible 18 AWG	m	60,00	\$ 0,17	\$ 10,20
11	Cable flexible 14 AWG	m	30,00	\$ 0,37	\$ 11,10
12	Caja conduit de 1/2 in	u	2,00	\$ 2,69	\$ 5,38
13	Caja conduit de 3/4	u	5,00	\$ 3,88	\$ 19,40
14	Caja conduit LR	u	5,00	\$ 4,88	\$ 24,40
15	Cajetín rectangular	u	4,00	\$ 3,04	\$ 12,16
16	Cinta aislante de 3m	u	2,00	\$ 1,12	\$ 2,24
17	Codo EMT 1/2 in	u	15,00	\$ 0,46	\$ 6,90
18	Conector Bx 1/2	u	1,00	\$ 0,42	\$ 0,42
19	Conector EMT 1/2	u	8,00	\$ 0,24	\$ 1,92
20	Conector EMT 1/2 in	u	16,00	\$ 0,24	\$ 3,84
21	Conector EMT 3/4	u	20,00	\$ 0,60	\$ 12,00
22	Conmutador simple	u	2,00	\$ 2,13	\$ 4,26
23	Gabinete metálico Liviano 30x20x15 cm	u	1,00	\$ 25,58	\$ 25,58
24	Manguera BX 3/4	u	1,00	\$ 1,35	\$ 1,35
25	Placa cajetín	u	2,00	\$ 1,79	\$ 3,58
26	Reflector LED 80w	u	4,00	\$ 23,68	\$ 94,72
27	Taco Fisher # 6 *20	u	30,00	\$ 0,80	\$ 24,00
28	Toma doble polarizada 125v	u	2,00	\$ 0,76	\$ 1,52
29	Tornillo # 6 1/4	u	25,00	\$ 0,04	\$ 1,00
30	Tornillo autopercutor c/100	u	50,00	\$ 0,22	\$ 11,00
31	Tubería EMT reforzada 1/2 in IMP	u	11,00	\$ 10,15	\$ 111,65
32	Unión EMT 3/ 4 in	u	10,00	\$ 0,18	\$ 1,80
33	Unión EMT 1/2 in	u	23,00	\$ 0,38	\$ 8,74
Total					\$ 437,76

Costos de materiales extras Sub-sistema Eléctrico					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Electrodo E6011	u	1,00	\$ 0,40	\$ 0,40
2	Cortadora de cable	u	1,00	\$ 7,50	\$ 7,50
3	Juego de destornilladores plano y estrella	u	1,00	\$ 12,50	\$ 12,50
4	Alicate	u	1,00	\$ 4,50	\$ 4,50
5	Cinta aislante de 3m	u	2,00	\$ 1,12	\$ 2,24
4	Broca de Hierro de 1/4	u	1,00	\$ 4,25	\$ 4,25
5	Disco de Diamante 14" x 2,8 mm	u	1,00	\$ 7,50	\$ 7,50
Total					\$ 38,89

Costo totales sub-sistema Eléctrico	
Denominación	Sub-Total (USD)
Costos de Materiales	\$ 437,76
Costos de materiales Extras	\$ 38,89
Costo total	\$ 476,65

Costos de sub-sistema alimentador					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Amarras 10 cm	u	10,00	\$ 0,97	\$ 9,70
2	Cable flexible #12	m	40,00	\$ 0,57	\$ 22,80
3	Caucho plano	u	3,00	\$ 9,75	\$ 29,25
4	Gabinete metálico 30x30x20 cm	u	1,00	\$ 36,85	\$ 36,85
5	Luz piloto con amperímetro verde 22mm	u		\$ 5,62	\$ -
6	Luz piloto con voltímetro roja 22mm	u	1,00	\$ 2,77	\$ 2,77
7	Placa amarilla paro de emergencia	u	1,00	\$ 0,95	\$ 0,95
8	Pulsador tipo hongo rojo 22mm	u	1,00	\$ 2,76	\$ 2,76
9	Selector de 22 mm 2 Pos lats negro	u	1,00	\$ 3,60	\$ 3,60
10	Silicón negro	u	1,00	\$ 2,57	\$ 2,57
Total					\$ 111,25

Costos de materiales extras Sub-sistema alimentador					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
4	Alicate	u	1,00	\$ 4,50	\$ 4,50
6	Broca de Hierro de 1/4	u	1,00	\$ 4,25	\$ 4,25
5	Cinta aislante de 3m	u	2,00	\$ 1,12	\$ 2,24
2	Cortadora de cable	u	1,00	\$ 7,50	\$ 7,50
1	Electrodo E6011	u	1,00	\$ 0,40	\$ 0,40
3	Juego de destornilladores plano y estrella	u	1,00	\$ 12,50	\$ 12,50
7	Tiñer	Ltr	1,00	\$ 0,95	\$ 0,95
8	Pintulax Max Naranja	Ltr	1,00	\$ 4,80	\$ 4,80
Total					\$ 37,14

Costo totales sub-sistema alimentador	
Denominación	Sub-Total (USD)
Costos de Materiales	\$ 111,25
Costos de materiales Extras	\$ 37,14
Costo total	\$ 148,39

Costo de sub-sistema de conducción					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Bushing HG de 2 IN a 1/2 in	u	1,00	\$ 2,10	\$ 2,10
2	Cinta Teflón	u	2,00	\$ 2,50	\$ 5,00
3	Codo HG de 1 in 90°	u	1,00	\$ 2,50	\$ 2,50
4	Codo HG DE 1/ 2 in 90°	u	2,00	\$ 2,90	\$ 5,80
5	KIT de pernos de 1/2 in	u	3,00	\$ 22,50	\$ 67,50
6	Papel victoria 1/32	u	3,00	\$ 10,71	\$ 32,13
8	Pernos de 1/4	u	10,00	\$ 1,10	\$ 11,00
9	Sellador Permatex 1B3.0 85 GR	u	3,00	\$ 2,11	\$ 6,33
10	Silicon negro Permatex	u	3,00	\$ 3,57	\$ 10,71
12	Tubo GALV ISO II 1/2 in	m	6,00	\$ 5,40	\$ 32,40
13	Tubo galvanizado ISO II 2 in	u	1,50	\$ 10,17	\$ 15,26
14	Universal HG 2 in	u	1,00	\$ 9,80	\$ 9,80
15	Válvula de retención NPT 1/2 in	u	1,00	\$ 5,46	\$ 5,46
16	Válvula de retención NPT 2 in	u	1,00	\$ 29,94	\$ 29,94
Total					\$ 235,93

Costos de materiales extras Sub-sistema Conducción					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Cepillo de acero	u	1,00	\$ 7,50	\$ 7,50
5	Disco de pulir 14"	u	1,00	\$ 8,50	\$ 8,50
2	Lubricante WD-40	u	3,00	\$ 9,50	\$ 28,50
4	Pintulax Max Amarillo	Ltr	1,00	\$ 4,80	\$ 4,80
	Tiñer	Ltr	1,00	\$ 0,95	\$ 0,95
Total					\$ 50,25

Costo totales sub-sistema Conducción	
Denominación	Sub-Total (USD)
Costos de Materiales	\$ 235,93
Costos de materiales Extras	\$ 50,25
Costo total	\$ 286,18

Costos Sub-sistema de Filtración y enfriamiento					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Bushing de 2 in a 1/2 in	u	1,00	\$ 2,10	\$ 2,10
2	Codo HG de 2 in 45°	u	1,00	\$ 4,60	\$ 4,60
3	Codo HG DE 1/2 in 45°	u	1,00	\$ 1,95	\$ 1,95
4	Hilo de fibra de vidrio	m	50,00	\$ 0,75	\$ 37,50
5	Neplo HG de 2 in	u	2,00	\$ 1,71	\$ 3,42
6	Plancha metálica de 3 mm de espesor	u	1,00	\$ 52,05	\$ 52,05
7	Sellador Permatex	u	1,00	\$ 2,11	\$ 2,11
8	Soplador Eléctrico 300 W	u	1,00	\$ 81,00	\$ 81,00
9	TEE HG 2 in	u	1,00	\$ 7,60	\$ 7,60
10	Tela de fibra de vidrio women Roving 400 GRM2	m	6,00	\$ 15,20	\$ 91,20
11	Tubo GALV ISO 200mm 1/2 in x6m	u	1,00	\$ 14,50	\$ 14,50
12	Tubo GALV ISO II 2 in 265 mm	m	1,50	\$ 10,17	\$ 15,26
13	Universal HG 2 in	u	1,00	\$ 9,80	\$ 9,80
14	Universal HG DE 1/ 2 in	u	1,00	\$ 2,77	\$ 2,77
15	Válvula de retención NPT 2 in	u	1,00	\$ 34,94	\$ 34,94
Total					\$ 360,80

Costos de materiales extras Sub-sistema Conducción y enfriamiento					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Cepillo de acero	u	1,00	\$ 7,50	\$ 7,50
2	Disco de pulir 14"	u	1,00	\$ 8,50	\$ 8,50
3	Disco Norton de corte	u	1,00	\$ 3,64	\$ 3,64
4	Disco Norton de pulir	u		\$ 2,56	\$ -
5	Electrodos E6011	u	5,00	\$ 0,40	\$ 2,00
6	Penetrante WD-40	u	2,00	\$ 9,50	\$ 19,00
7	Pintulax Max Amarillo	Ltr	1,00	\$ 4,80	\$ 4,80
8	Pintulax Max negro	u	1,00	\$ 4,80	\$ 4,80
9	Tiñer	Ltr	2,00	\$ 0,95	\$ 1,90
Total					\$ 52,14

Costos de mano de Obra	
Denominación	Subtotal (USD)
Costura de mangas	\$ 30,00
Total	\$ 30,00

Costo totales sub-sistema filtración y enfriamiento	
Denominación	Sub-Total (USD)
Costos de Materiales	\$ 360,80
Costos de materiales Extras	\$ 52,14
Costo de mano de obra	\$ 30,00
Total	\$ 442,94

Costos de restauración del reactor					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Buje largo PVC presión 90x60mm	u	1,00	\$ 4,96	\$ 4,96
2	Codo HG 1X45 °	u	1,00	\$ 1,12	\$ 1,12
3	Codo PV C de presión 63 mm 90°	u	1,00	\$ 2,52	\$ 2,52
4	Pernos con tuerca de 1/4	u	10,00	\$ 0,95	\$ 9,50
5	Plancha de TOOL de 3 mm	u	1,00	\$ 62,42	\$ 62,42
6	Soplador eléctrico de 250 W	u	1,00	\$ 83,39	\$ 83,39
7	Tubo GALV ISO II 250 mm	u	1,00	\$ 33,30	\$ 33,30
8	Tubo PVC de 63 mm	u	1,00	\$ 11,75	\$ 11,75
9	Universal PVC 63 mm	u	2,00	\$ 8,50	\$ 17,00
10	Válvula ESF PVC E/C 63 mm	u	1,00	\$ 19,47	\$ 19,47
Total					245,43

Costos de materiales extras Sub-sistema Reactor					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Cepillo de acero	u	1,00	\$ 7,50	\$ 7,50
2	Electrodos E6011	u	10,00	\$ 0,40	\$ 4,00
3	Fijador rojo Permatex	u	4,00	\$ 3,57	\$ 14,28
4	Guaípe	Lbr	2,00	\$ 1,00	\$ 2,00
5	Penetrante WD-40	u	2,00	\$ 9,50	\$ 19,00
6	Pintulax Max Gris	Ltr	1,00	\$ 4,80	\$ 4,80
7	Tiñer	Ltr	2,00	\$ 0,95	\$ 1,90
Total					\$ 53,48

Costo totales sub-sistema Reactor	
Denominación	Sub-Total (USD)
Costos de Materiales	\$ 245,43
Costos de materiales Extras	\$ 53,48
Total	\$ 298,91



Costos de materiales Pruebas de funcionamiento					
Item	Descripción	Unidad	cantidad	P. unitario (USD)	Sub-Total (USD)
1	Aserrín	Lbr	8	\$ 1,75	\$ 14,00
2	Carbón vegetal	Lbr	24	\$ 0,75	\$ 18,00
3	Madera de eucalipto	Lbr	70	\$ 0,40	\$ 28,00
Total					\$ 60,00

Costos Totales Directos	
Denominación	Sub-Total (USD)
Costo totales sub-sistema de instrumentación	\$ 768,60
Costo totales Sistema Eléctrico	\$ 476,65
Costo totales sub-sistema alimentador	\$ 148,39
Costo totales sub-sistema Conducción	\$ 286,18
Costo totales sub-sistema filtración y enfriamiento	\$ 442,94
Costos de materiales extras Sub-sistema Reactor	\$ 298,91
Costos de Pruebas de funcionamiento	\$ 60,00
Total	\$ 2.481,66

Costos Totales Indirectos	
Denominación	Subtotal (USD)
Imprevistos	\$ 105,50
Costos de transporte materiales g	\$ 84,00
Costos de envío de materiales	\$ 35,00
Total	\$ 224,50

Costos Totales	
Denominación	Sub-Total (USD)
Costos Totales directos	\$ 2.481,66
Costos totales indirectos	\$ 224,50
Total	\$ 2.706,16

ANEXO E: ESPECIFICACIONES DE LA TELA DE FIBRA DE VIDRIO DE LAS MANAGAS

 <p>Creatividad en fibra de vidrio</p>		R.U.C.: 1716972383001 FACTURA No. 001-100-000000067 NÚMERO DE AUTORIZACIÓN 100520220117169723830012001100000000671234567811 FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN 2022-05-10T07:49:52-05:00 AMBIENTE: PRODUCCION EMISIÓN: NORMAL CLAVE DE ACCESO  100520220117169723830012001100000000671234567811																									
HERRERA DIAZ GABRIELA DE LOS ANGELES HERRERA DIAZ GABRIELA DE LOS ANGELES Dirección Matriz: Pichincha, Quito, Puenbo, Chiche, Calle C s/n y Av. Interceánica Dirección Sucursal: Pichincha, Quito, Puenbo, Chiche, Calle C s/n y Av. Interceánica Contribuyente Especial Nro 0000 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD NO																											
Razón Social / Nombres y Apellidos: LOMBEIDA ROJAS NELSON NAPOLEON Fecha Emisión: 10/05/2022 Dirección SUCUMBIOS / CASCALES / EL DORADO DE CASCALES / VIA QUITO S/N		Identificación: 0201170453001																									
Tipo	Cant	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total																						
BIEN	6.00	WOVEN ROVING 400GR/M2	15.18	0.00	91.08																						
Información Adicional Telefono 0994088134 Correo electronico meramosp2@gmail.com Direccion SUCUMBIOS / CASCALES / EL DORADO DE CASCALES / VIA QUITO S/N Observaciones CONTRIBUYENTE RÉGIMEN			<table border="1"> <tr><td>SUBTOTAL IVA 12.0%</td><td>91.08</td></tr> <tr><td>SUBTOTAL IVA 0%</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>SUBTOTAL NO OBJETO IVA</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>SUBTOTAL EXENTO IVA</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>SUBTOTAL SIN IMPUESTOS</td><td>91.08</td></tr> <tr><td>TOTAL DESCUENTO</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>ICE</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>IVA 12.0%</td><td>10.92</td></tr> <tr><td>IRSEPR</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>PROPRNA</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>VALOR TOTAL</td><td>102.00</td></tr> </table>			SUBTOTAL IVA 12.0%	91.08	SUBTOTAL IVA 0%	0.00	SUBTOTAL NO OBJETO IVA	0.00	SUBTOTAL EXENTO IVA	0.00	SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	91.08	TOTAL DESCUENTO	0.00	ICE	0.00	IVA 12.0%	10.92	IRSEPR	0.00	PROPRNA	0.00	VALOR TOTAL	102.00
SUBTOTAL IVA 12.0%	91.08																										
SUBTOTAL IVA 0%	0.00																										
SUBTOTAL NO OBJETO IVA	0.00																										
SUBTOTAL EXENTO IVA	0.00																										
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	91.08																										
TOTAL DESCUENTO	0.00																										
ICE	0.00																										
IVA 12.0%	10.92																										
IRSEPR	0.00																										
PROPRNA	0.00																										
VALOR TOTAL	102.00																										
<table border="1"> <tr><th>Forma de Pago</th><th>Valor</th></tr> <tr><td>OTROS CON UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO</td><td>102.00</td></tr> </table>		Forma de Pago	Valor	OTROS CON UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	102.00	<table border="1"> <tr><td>VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO</td><td>0</td></tr> <tr><td>AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando</td><td>0</td></tr> </table>		VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0	AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando	0																
Forma de Pago	Valor																										
OTROS CON UTILIZACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO	102.00																										
VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0																										
AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando	0																										
Fecha del documento: 5/10/22 7:50 AM																											