

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA DE MANTENIMIENTO DE LA
PLANTA DE CO-GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA PTAR RÍO FRÍO
EMPAS S.A.**

PEDRO JULIO ORJUELA MACHUCA

DIEGO MAURICIO TORRA CALDERON



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE
MANTENIMIENTO BUCARAMANGA
BUCARAMANGA
2017**

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA DE MANTENIMIENTO DE LA
PLANTA DE CO-GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA PTAR RÍO FRÍO
EMPAS S.A.**

PEDRO JULIO ORJUELA MACHUCA

DIEGO MAURICIO TORRA CALDERON

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título
de Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: Ing. Ángel Alfonso Sepúlveda Hernández
Ingeniero Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE
MANTENIMIENTO BUCARAMANGA
BUCARAMANGA
2017**

AGRADECIMIENTOS

Los autores dedican este proyecto de monografía a Dios y a nuestros padres. A Dios porque ha estado con nosotros en cada paso de este proceso de especialización, dándonos fortaleza para continuar con nuestros estudios, a nuestros padres, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación siendo un apoyo incondicional en los momentos que los hemos necesitado, depositando su entera confianza en cada reto que se nos presentaba en el transcurso de la especialización sin duda alguna de nuestra inteligencia y capacidad para desarrollarla de la mejor manera. A los profesores que nos aportaron un poco del conocimiento necesario para afrontar nuestra vida profesional, sin ellos no hubiera sido posible este logro que estamos por culminar.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	13
1.1. OBJETIVOS.....	13
1.1.1. Objetivo general.....	13
1.1.2. Objetivos específicos.	13
1.2. MARCO CONTEXTUAL.....	14
1.2.1. EMPAS S.A. E.SP.....	14
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2. MARCO CONCEPTUAL.....	20
2.1. CONCEPTOS.....	20
2.2. COGENERACIÓN.....	22
2.2.1. Unidad de Cogeneración de Biogás.....	23
2.2.2. Unidad de pretratamiento de biogás.	25
2.2.3. Válvulas de regulación de presión y válvula de escape.....	26
2.2.4. Estación de Compresión y sistema de eliminación de H ₂ S.....	28
2.3. MANTENIMIENTO	33
2.3.1. Mantenimiento preventivo.....	33
2.3.2. Mantenimiento correctivo.....	33
2.3.3. Mantenimiento predictivo.....	33
2.3.4. Mantenimiento mejorativo.....	34

2.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	33
2.4.1. Pareto.	33
2.4.2. Abc.....	35
2.4.3. Matriz Ram.....	35
2.4.4. Criticidad por ASP.....	35
2.5. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	33
2.5.1. Definición.	34
2.5.2. Tarjetas de Mantenimiento.....	35
2.5.3. Metodología para la implementación del TPM.	35
3. CONDICIONES GENERALES.....	38
3.1. PRESUPUESTO.....	38
3.2. CAPACITACIÓN	38
3.3. PLANOS Y DOCUMENTACIÓN	39
3.4. INSPECCIÓN Y PRUEBA.....	39
3.5. PINTURA Y PLACA DE IDENTIFICACIÓN	40
3.6. REPUESTOS	40
3.7. TRANSPORTE, CARGA Y DESCARGA	40
3.8. EMBALAJE Y MARCACIÓN	40
3.9. GARANTÍA.....	41
4. CONCLUSIONES	42
5. RESULTADOS.....	43
5.1 FORMATO HOJA DE VIDA	43

5.2 FORMATO SOLICITUD DE TRABAJO	44
5.3 FORMATO ORDEN DE TRABAJO	45
5.4 HISTORIAL DE MANTENIMIENTO	46
5.5 CRONOGRAMA MANTENIMIENTO.....	47
5.6 STOCK DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS.....	47
5.7 TARJETA AZUL TPM	48
5.8 TARJETA ROJA TPM.....	49
5.9 TARJETA VERDE TPM	50
5.10 PROPUESTA IMPLEMENTACIÓN EMPAS S.A.....	51
BIBLIOGRAFIA.....	51

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1, LOGO DE EMPAS S.A. E.S.P. FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	13
ILUSTRACIÓN 2, DIAGRAMA DE PROCESO PTAR RIO FRIO. FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	14
ILUSTRACIÓN 3, DIAGRAMA DE PROCESO PTAR RIO FRIO DESPUES DE MODERNIZACIÓN. FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	15
ILUSTRACIÓN 4, TABLA CARACTERÍSTICAS BIOGÁS. FUENTE: MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.	19
ILUSTRACIÓN 5, GRÁFICA DE USOS DEL BIOGÁS. FUENTE: MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.	20
ILUSTRACIÓN 6, VISTA FRONTAL UNIDAD DE BIOGÁS FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	23
ILUSTRACIÓN 7, VISTA TRASERA UNIDAD DE BIOGÁS FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	24
ILUSTRACIÓN 8, UNIDAD DE PRETRATAMIENTO FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	25
ILUSTRACIÓN 9, VÁLVULA DE REGULACIÓN DE PRESIÓN FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	26
ILUSTRACIÓN 10, VÁLVULA DE ESCAPE FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	28
ILUSTRACIÓN 11, UNIDAD DE ELIMINACIÓN DE H ₂ S Y ESTACIÓN DE COMPRESIÓN FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	31
ILUSTRACIÓN 12, TABLA PRESUPUESTO GENERAL MODERNIZACIÓN PTAR RIO FRIO FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.	35

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE CO-GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA PTAR RÍO FRÍO EMPAS S.A E.S.P.*

AUTORES: PEDRO JULIO ORJUELA MACHUCA - DIEGO MAURICIO TORRA CALDERÓN**

PALABRAS CLAVE: BIOGÁS, ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO, CRITICIDAD, MODERNIZACIÓN, MANTENIMIENTO, ENERGÍAS RENOVABLES.

El objetivo de este trabajo es proponer una metodología de mantenimiento para los equipos a usar en la cogeneración de energía de la planta de tratamiento de aguas residuales Rio Frio, la cual tiene como fin lograr un ahorro significativo en el consumo de energía de toda la planta, además de esto hacer uso de recursos obtenidos de este proceso tal como el biogás el cual será el combustible usado para la generación de energía.

La necesidad de una metodología de mantenimiento surge debido a la modernización de la planta y a la instalación de nuevos equipos, modernización que se llevara a cabo en respuesta al incremento del caudal a tratar, ya que ha incrementado por el crecimiento poblacional, debido a esto el consumo de la planta aumenta ya que deben instalarse equipos con mayor capacidad lo que genera también un crecimiento en el consumo de energía proporcional al incremento del caudal a tratar. El objetivo de la cogeneración surge a partir de una necesidad de usar energías renovables mediante recursos a disposición, recursos como el biogás obtenido de este proceso de tratamiento de aguas y que anteriormente era quemado sin darle ningún uso en particular.

Durante el desarrollo de la modernización se tienen en cuenta varios aspectos tales como estudios técnicos previos a la instalación de estos equipos además de cotizaciones de equipos para cogeneración. El principal tema a tratar es la estrategia de mantenimiento para conservar la planta operativa el mayor tiempo posible, así como posibles análisis de criticidad de elementos indispensables del proceso.

* Monografía de Especializaciónn.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Director: Ángel Alfonso Sepúlveda Hernández, Ingeniero Ambiental.

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL FOR A METHODOLOGY OF MAINTENANCE FOR THE CO-GENERATION POWER PLANT OF THE RESIDUAL WATER TREATMENT PLANT RIO FRIO EMPAS S.A.E.S.P. *

AUTHORS: PEDRO JULIO ORJUELA MACHUCA – DIEGO MAURICIO TORRA CALDERÓN**

KEY WORDS: BIOGAS, MAINTENANCE STRATEGY, CRITICALITY, MODERNIZATION, MAINTENANCE, RENEWABLE ENERGIES.

The aim of this paper is to propose a methodology maintenance for equipment used in the cogeneration power plant wastewater Rio Frio, which aims to achieve significant savings in energy consumption of the whole plant besides this use of resources from this process as biogas which is the fuel used for power generation.

The need for maintenance methodology arises due to the modernization of the plant and the installation of new equipment, modernization was carried out in response to increased flow to be treated because it has increased by population growth, because of this the plant consumption increases as they have equipment with greater capacity which also generates growth in energy consumption proportional to increase the flow to try to settle. The aim of cogeneration arises from a need for renewable energy using available resources, resources such as biogas obtained from this process water treatment and was previously burned without giving any particular use.

During the development of modernization takes into account various aspects such as pre-installation of this equipment also quotes cogeneration equipment for technical studies. The main issue to be addressed is the maintenance strategy to keep the plant operational as long as possible, and possible criticality analysis of essential elements of the process.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Ángel Alfonso Sepúlveda Hernández, Environmental Engineer.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. OBJETIVOS

Los objetivos propuestos para esta monografía son:

1.1.1. Objetivo general.

Proponer una metodología para la inclusión de un Sistema de Gestión, con el fin de optimizar el funcionamiento de la planta de cogeneración de energía a base de biogás marca Capstone C1000 a través de la participación creativa de todos los trabajadores.

1.1.2. Objetivos específicos.

1. Elaborar un formato de hoja de vida de los equipos que componen el sistema, donde se especifiquen los diferentes subsistemas y las especificaciones técnicas de cada uno de ellos.
2. Elaborar un formato para stock de máximos y mínimos de repuestos referentes a las recomendaciones realizadas por el fabricante con el fin de optimizar los recursos de la empresa.
3. Elaborar un formato de órdenes de trabajo, historial de mantenimiento y formato de actividades programadas diarias.
4. Realizar un cronograma de mantenimiento con las actividades diarias, mensuales, semestrales y anuales de mantenimiento del equipo. Organizándolo de igual manera por niveles de mantenimiento y lo que comprende cada nivel.
5. Elaborar un formato referente a las fallas que deben ser corregidas por el personal de mantenimiento y otro formato para las fallas que puedan ser corregidas por el personal de operación según los lineamientos que me dé el Sistema de Gestión de Mantenimiento.

1.2. MARCO CONTEXTUAL

1.2.1. EMPAS S.A. La Empresa Pública de Alcantarillado de Santander EMPAS S.A. es una Empresa de Servicios Públicos domiciliarios y sus actividades complementarias, creada el 19 de Octubre de 2006 en la Ciudad de Bucaramanga, como Sociedad Anónima, de carácter oficial, regida por la Ley 142 de 1994.

Se constituyó, debido a la Sentencia del Honorable Consejo de Estado, que dispuso, que la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, no tenía la competencia para seguir prestando el Servicio Público de Alcantarillado en los Municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón.

Es así como nace en Octubre de 2006, la Empresa Pública de Alcantarillado de Santander S.A. ESP - EMPAS S.A., Sociedad Anónima, de carácter oficial, regida por las leyes 142 y 143 de 1994 y por las disposiciones que las sustituyan, modifiquen o reglamenten; por los estatutos contenidos en su escritura de constitución y por las normas del Libro II del Código de Comercio, descentralizada por servicios del orden Nacional de conformidad con el Artículo 38 de la Ley 489 de 1998.

MISIÓN

Somos una empresa prestadora del servicio público domiciliario de alcantarillado con un equipo humano altamente calificado y criterios de excelencia, que garantiza la gestión integral de sus procesos en procura de una mejor calidad de vida y la protección del medio ambiente

VISIÓN

Ser la empresa líder en Santander, en la prestación de servicios públicos domiciliarios, con una cultura organizacional fundamentada en valores, orientada al servicio, el mejoramiento continuo y el desarrollo ambiental sostenible.



Ilustración 1, Logo de EMPAS S.A. E.S.P. Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

La empresa de alcantarillado de Santander (EMPAS S.A Esp) cumple con un papel muy importante en el desarrollo y crecimiento de los municipios de Bucaramanga, Girón y Floridablanca, ya que proyecta y diseña sistemas que permiten captar, transportar y tratar aguas residuales domésticas con el fin de devolverle a la naturaleza el agua que se toma de ella en condiciones permisibles para el sostenimiento del medio ambiente.

Bajo su jurisdicción tiene la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Río Frío, ésta es una de las obras de ingeniería más sobresalientes que se han realizado en marco del Plan Integral de Saneamiento Ambiental de Bucaramanga (PISAB) y es la primera de la tres previstas en el plan, que tiene por finalidad, “garantizar el completo tratamiento de las aguas residuales domésticas y el saneamiento de las corrientes superficiales del área metropolitana de Bucaramanga, significativamente afectadas por el acelerado crecimiento urbanístico de los municipios que la conforman (Bucaramanga, Floridablanca, Girón).

Dentro de esta misión, la PTAR Río Frío cumple un papel muy importante, ya que complementa el trabajo del sistema de colectores y e interceptores de alcantarillado del municipio de Floridablanca y Girón.

Desde ese entonces la planta ha pasado por varias transformaciones y actualmente cuenta con cuatro (4) reactores biológicos en funcionamiento, que le permiten una capacidad instalada dos veces superior a la inicial.

UNIDADES DE TRATAMIENTO

Considerando que la mayor contaminación de las aguas residuales domésticas es debida a materia orgánica, se ha adoptado un esquema de tratamiento en tres fases constituido por un Tratamiento Preliminar, Tratamiento Primario y Tratamiento Secundario, que permite principalmente la remoción de la carga orgánica en términos de DBO. El corazón de proceso es el tratamiento primario, el cual es de tipo biológico anaerobio.

Tratamiento Preliminar

En toda Planta hay dispositivos de pre-tratamiento, cuyo objetivo es eliminar elementos sólidos y partículas gruesas, capaces de interferir o causar daño a los equipos o unidades de tratamiento posterior. El tratamiento preliminar está constituido por tres sistemas: Cribado Grueso, Cribado fino y Desarenado. Tanto en el cribado grueso, cribado fino, y desarenado. Tanto en el cribado fino como grueso el agua residual pasar por rejillas con aberturas de 5cm, 6mm y 3 mm respectivamente, donde quedan retenidos los sólidos. Luego de una limpieza manual y mecánica de las rejillas, el material recolectado (residuos domésticos) es comprimido y deshidratado en un tornillo sin fin, y posteriormente empacado y enviado hacia el relleno sanitario municipal. El pretratamiento concluye en los desarenadores, cuyo diseño permite la decantación de las arenas presentes en las aguas residuales.

Tratamiento Primario

Luego del Tratamiento Preliminar, en el agua permanece la carga contaminante representada por material disuelto y material en suspensión, esencialmente de naturaleza orgánica. El objetivo del Tratamiento Primario es por consiguiente la remoción de esta carga. En la PTAR Río Frío se cuenta con un tratamiento biológico y se efectúa en estructuras conocidas como reactores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), que traducido al español significa “Reactor de flujo ascendente a través de un manto de lodos anaerobio”. El principal evento que ocurre en los reactores UASB, es la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno (proceso anaerobio), desarrollada por bacterias especializadas. La acción enzimática de las bacterias promueve varias reacciones de degradación, siendo la más importante la formación de metano (biogás) como subproducto del proceso. En su actividad, las bacterias crecen y se agrupan formando “flocs” que se depositan en el tercio inferior del reactor, dando lugar al llamado “manto de lodos”, responsable del proceso de biodegradación. Periódicamente el lodo en exceso es retirado y dispuesto en lechos de secado.

Tratamiento Secundario

En el Tratamiento Primario se logra una remoción aproximada del 70 % de carga orgánica contaminante. Con el fin de aumentar la remoción, el agua se conduce hacia la unidad de tratamiento secundario, denominada Laguna Facultativa, donde se complementa la descontaminación por la acción conjunta de microorganismos que se adaptan al medio aerobio a nivel de superficie y al medio anaerobio del fondo de los estanques. Con este

tratamiento se obtiene una remoción adicional del 10 al 15 %, para un total superior al 80 % límite establecido por la norma ambiental de vertimiento.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES RÍO FRÍO

Así funciona hoy la PTAR Río Frío

En la planta se logra la remoción total del 85% de los contaminantes orgánicos. Y tiene una capacidad para recibir un caudal de hasta 600 litros por segundo. Una vez implementado el proyecto se conseguirá una capacidad para recibir un caudal de hasta 2,000 litros por segundo.

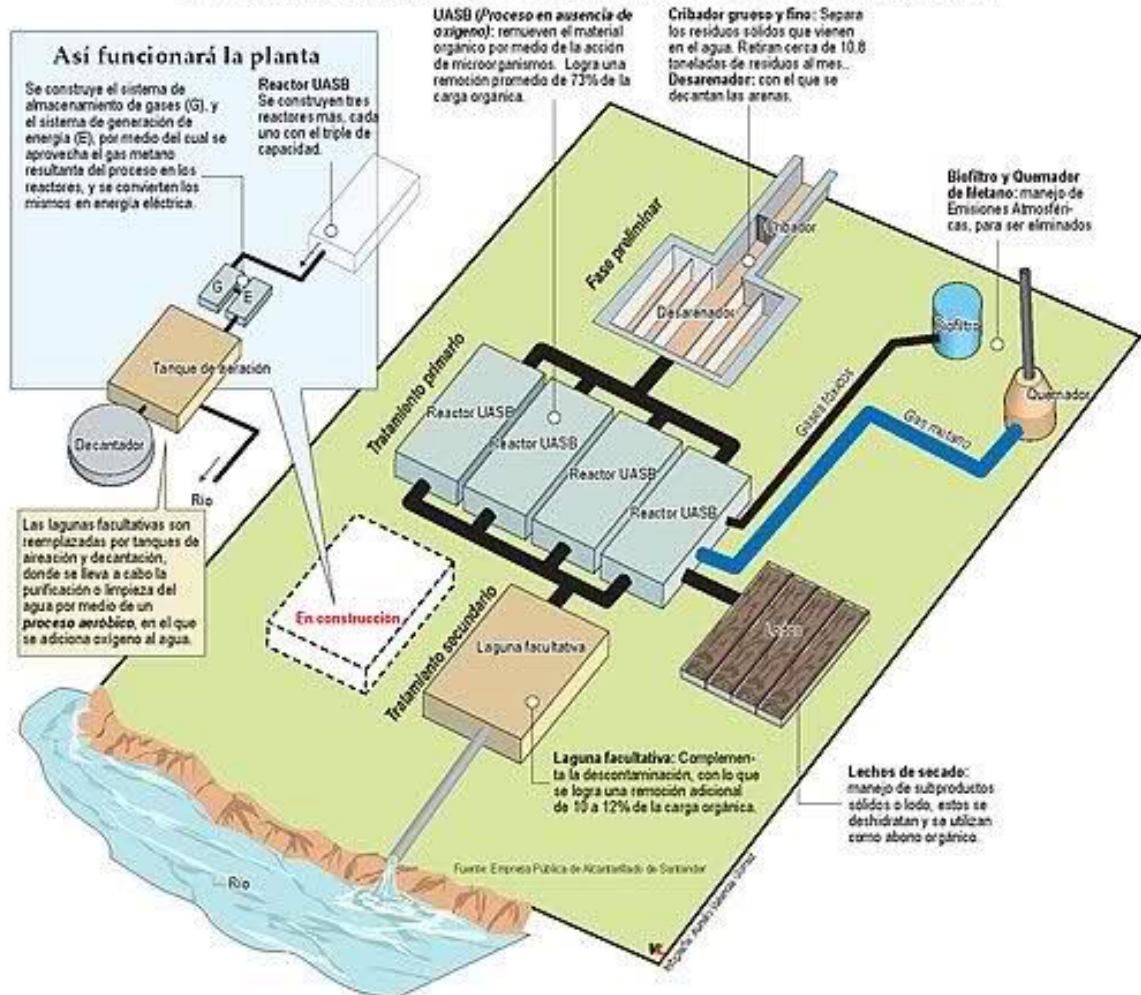


Ilustración 2, Diagrama de proceso PTAR Río Frío. Fuente: EMPAS S.A.



Ilustración 3, Diagrama de proceso PTAR Río Frio después de modernización.
Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La PTAR Río Frío lleva alrededor de 30 años en funcionamiento y debido al incremento del caudal afluente y a la emisión de olores ofensivos a la población aledaña se hace necesario la modernización de la planta, proyecto el cual se está llevando a cabo mediante la consecución de recursos para la terminación de la Fase II, Etapa II con el Ministerio de Vivienda y el fondo de Regalías, de esta manera se puedan tratar las aguas residuales domésticas que llegan a la Planta, además de esto existen otros factores que hacen necesarios estos cambios, estos son:

- La planta se encuentra operando con una sola laguna facultativa, la cual está por encima de su máxima capacidad de remoción de carga orgánica, quedando totalmente colmatada e impidiendo el cumplimiento de la normatividad vigente (Resolución 631 de 2015).

- Como consecuencia de la modernización de la planta, se pondrán en operación nuevos equipos de gran capacidad como lo son; cuatro (04) sopladores KAESER de 250 HP, siete (07) homogenizadores de flujo de 7 HP y 5439 difusores de burbuja fina de 9" de diámetro, los cuales demandan un alto consumo energético para la implementación del nuevo sistema aerobio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Río Frío.
- Como uno de los subproductos derivados de la descontaminación de las aguas residuales por digestión anaeróbica es la generación de biogás, cuyos componentes principales son el gas metano, dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico, el cual en la actualidad es incinerado en cinco quemadores abiertos a la atmosfera. Teniendo en cuenta la necesidad ambiental por implementar nuevas fuentes de energía amigables con el planeta se toma la decisión de montar una planta generadora que use como combustible el biogás subproducto de la planta de tratamiento, logrando así una disminución en los gastos energéticos de la planta y logrando también el auto sostenimiento de esta.

Además, se plantea esta propuesta de mantenimiento para todos los equipos de la Planta en general y de esta manera garantizar el correcto funcionamiento de la planta de cogeneración de energía, logrando unos altos indicadores de disponibilidad del equipo durante los tiempos de operación.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. CONCEPTOS

BIOGAS: Se llama biogás a la mezcla constituida por metano CH₄ en una proporción que oscila entre un 50% a un 70% y dióxido de carbono conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. Sus características han sido resumidas en el siguiente cuadro.

CARACTERÍSTICAS	CH ₄	CO ₂	H ₂ -H ₂ S	OTROS	BIOGÁS 60/40
Proporciones % Volumen	55-70	27-44	1	3	100
Valor Calórico MJ/m ³	35.8	---	10.8	22	21.5
kCal/m ³	8600	---	2581	5258	5140
Ignición % en aire	5-15	---	---	---	6-12
Temp. ignición en °C	650-750	---	---	---	650-750
Presión crítica en Mpa	4.7	7.5	1.2	8.9	7.5-8.9
Densidad nominal en g/l	0.7	1.9	0.08	---	1.2
Densidad Relativa	0.55	2.5	0.07	1.2	0.83
Inflamabilidad Vol. en % aire	5-15	---	---	---	6-12

Ilustración 4, Tabla características Biogás. Fuente: Manual para la producción de Biogás.

Usos: En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier tipo de equipo comercial para uso de gas natural, el cuadro se resumen las posibles aplicaciones.

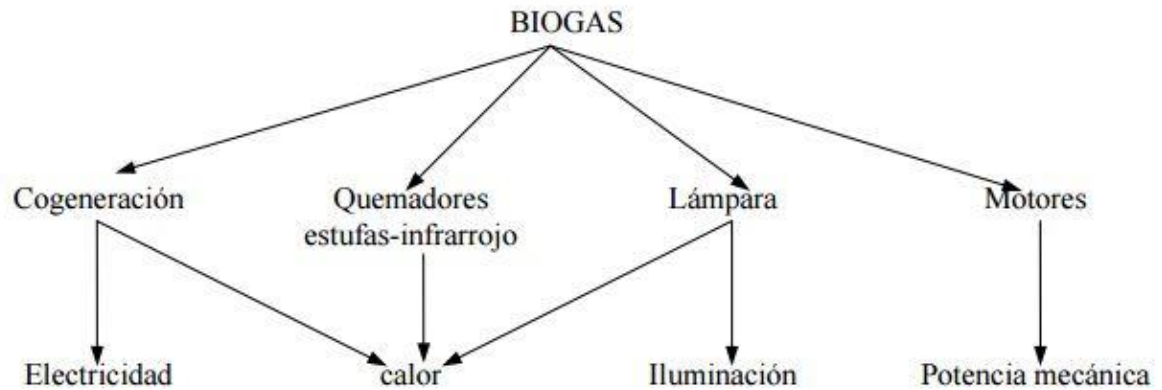


Ilustración 5, Gráfica de usos del Biogás. Fuente: Manual para la producción de Biogás.

PMO: optimización del mantenimiento planeado, es la revisión de la estrategia de mantenimiento que se tiene y el ajuste de tiempos, recursos y tareas de acuerdo a las necesidades del negocio, el histórico de fallas y documentación técnica disponible.

Falla: pérdida de la capacidad de una entidad para realizar su función específica.

Función requerida: acción cuyo cumplimiento se considera necesario para proporcionar un servicio dado.

Mantenimiento: conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar, o restituir un elemento a las condiciones que le permitan desarrollar su función. Equivale al término conservación.

Parada: situación de una entidad cuando no está en operación porque no se necesita o porque no se encuentra en condiciones de utilización. Se refiere también a la acción de parar.

Parada general: situación de un conjunto de entidades al que se efectúan periódicamente revisiones y reparaciones concentradas y planificadas en un determinado período de tiempo. Equivale al término reparación general cuando este se refiere a una instalación o planta y tiene carácter periódico.

Parada no programada: parada debida a una interrupción no prevista de una operación de una entidad.

Parada programada: parada debida a una interrupción prevista de operación de una entidad.

Mantenimiento correctivo: mantenimiento efectuado a una entidad cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole a condición admisible de utilización. El mantenimiento correctivo puede, o no, estar planificado.

Mantenimiento de emergencia: mantenimiento correctivo que es necesario efectuar inmediatamente para evitar graves consecuencias.

Mantenimiento predictivo: mantenimiento preventivo basado en el conocimiento del estado de una entidad por medición periódica o continua de algún parámetro significativo. La intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de la avería.

Mantenimiento preventivo: mantenimiento que consiste en realizar ciertas reparaciones, o cambios de componentes o piezas según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una entidad. Siempre se debe planificar.

Mantenimiento proactivo: es una filosofía del mantenimiento que persigue el conocimiento de la causa raíz de un problema para eliminar por completo la aparición de fallas y averías. Se trata de aplicar acciones de anticipación antes que de reacción.

2.2. COGENERACIÓN

Por su alta eficiencia, el uso de cogeneración es una oportunidad única de mejorar la intensidad energética de nuestra economía. La cogeneración es la producción simultánea de calor útil y electricidad cerca de los puntos de consumo. Es por

tanto un sistema que aprovecha la energía del combustible primario de un modo sustancialmente más eficiente que las tecnologías de producción separadas, como son las centrales de producción eléctrica del régimen ordinario o las calderas para producción de calor. Así, las centrales eléctricas convencionales tienen eficiencias del 40% al 55% disipando al ambiente entre el 45% y el 60% de la energía del combustible, mientras la cogeneración de alta eficiencia puede alcanzar rendimientos globales el 75% y 80%, disipando entre el 20% y 30% con rendimientos eléctricos equivalentes directamente comparables con la central convencional del orden del 75%.

2.2.1. Unidad de Cogeneración de Biogás. El sub-sistema de cogeneración deberá tener una unidad de acondicionamiento de biogás (compresión, filtrado y secado) para garantizar las características mínimas necesarias exigidas por las micro turbinas para su combustión. Las especificaciones y el diseño de esta unidad se encuentran definidas en el ítem anterior.

El módulo de cogeneración estará conformado por cinco (5) micro-turbinas de 200 kW cada una, asegurando así la posibilidad de operación escalonada, en vista de la variación de la producción de biogás, sin que el equipo demande fuera de sus rangos de operación ideales, afectando la durabilidad y eficiencia del sistema.

Los módulos de cogeneración deben tener sistema de supervisión y operación remota a través de la red de Ethernet, lo que permitirá el monitoreo remoto de parámetros de funcionamiento y de diagnóstico.

CABINA MICROTURBINAS DE 250 KW

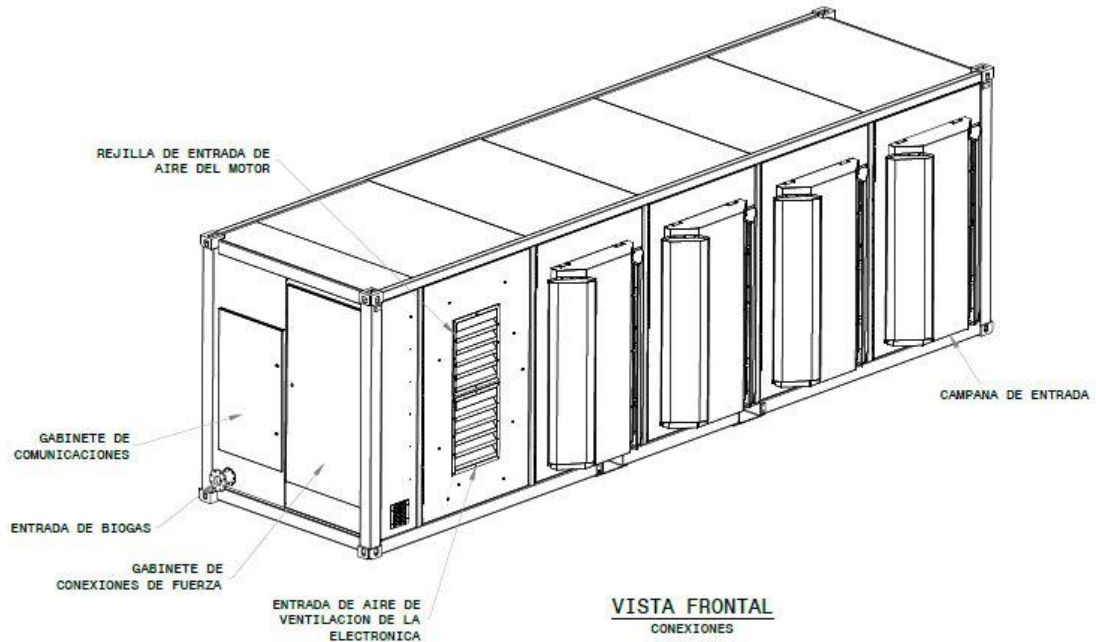


Ilustración 6, Vista Frontal Unidad de Biogás Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

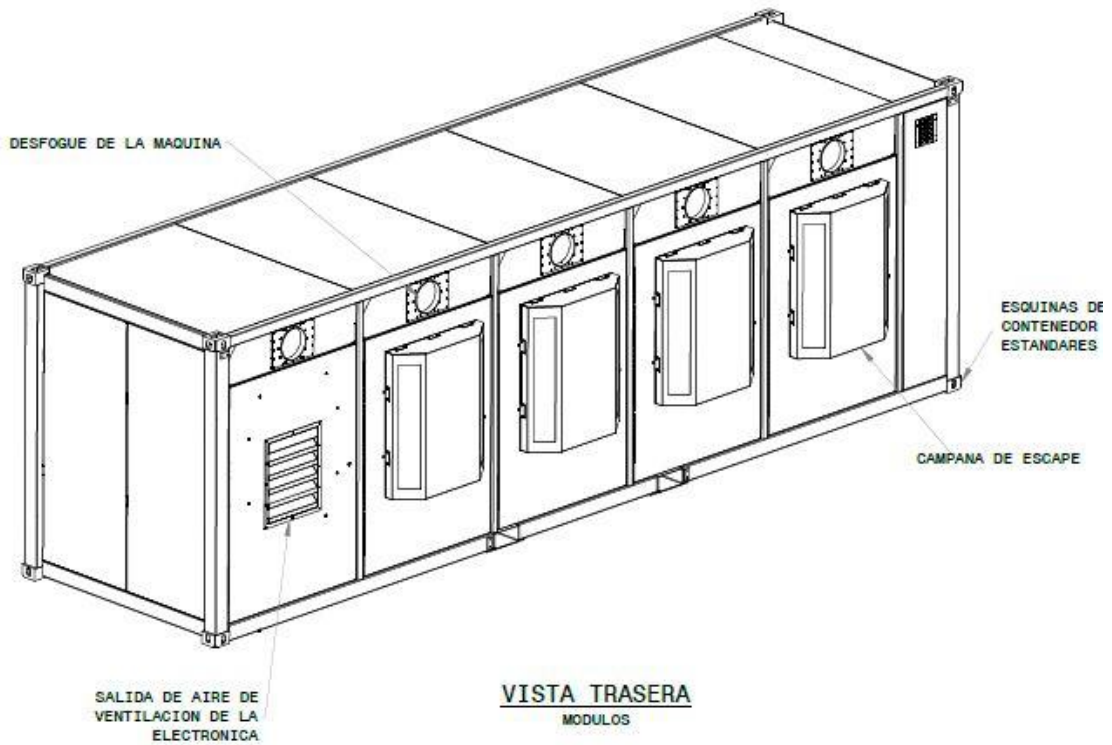


Ilustración 7, Vista Trasera Unidad de Biogás Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

2.2.2. Unidad de pretratamiento de biogás. Los sistemas de pre-tratamiento de biogás se usan para eliminar partículas, obteniéndose un biogás de calidad superior para su uso como fuente de energía.

Dicho sistema debe incluir todos los elementos necesarios para la remoción de humedad, material particulado, sulfuro de hidrógeno y siloxanos, a niveles determinados.

El equipo suministrado para el sistema de limpieza del gas de los digestores, debe incluir: reactores con esponja de hierro como medio filtrante para la remoción de sulfuro de hidrógeno, intercambiador de calor, enfriador (chiller), sopladores, sistema de aire comprimido, toda clase de tuberías y válvulas necesarias para la conexión del sistema, así como la instrumentación y controles requeridos para proveer un sistema completo y en operación.

SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO PARA EL BIOGAS

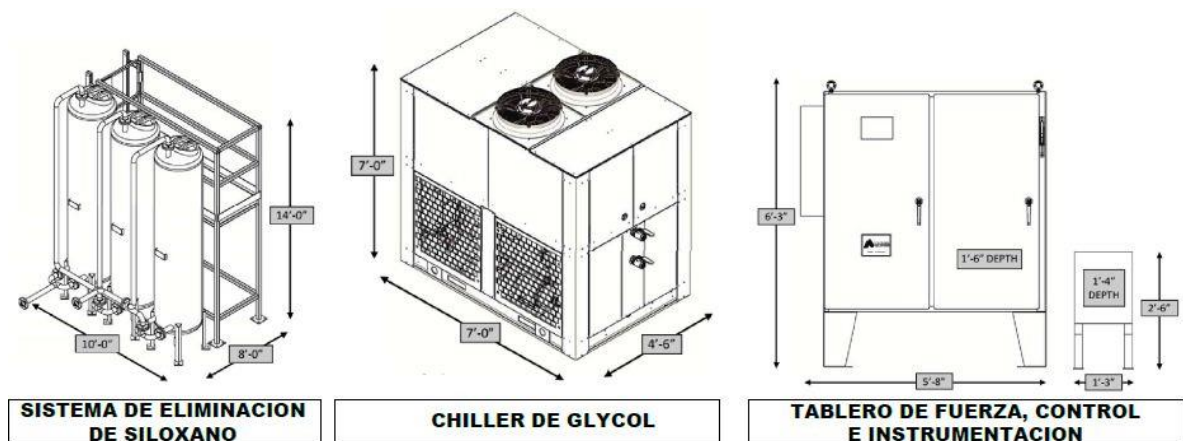


Ilustración 8, Unidad de Pretratamiento Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

2.2.3. Válvulas de regulación de presión y válvula de escape. Los reguladores de presión son reguladores operados directamente y utilizan la fuerza del resorte para regular la presión de salida. La presión hacia abajo se registra internamente mediante el cuerpo, o externamente mediante una línea de control hacia la parte inferior del diafragma.

Cuando la presión hacia abajo está en el valor de presión de ajuste o por encima

de este, el disco se mantiene contra el orificio, impidiendo el caudal a través del regulador. Cuando se incrementa la demanda, la presión hacia abajo cae ligeramente permitiendo que el resorte se extienda, ocasionando que el vástago descienda y el disco se aleje del orificio. Esto permite que exista caudal del fluido a través del cuerpo hacia el sistema aguas abajo.

VALVULA DE REGULACIÓN

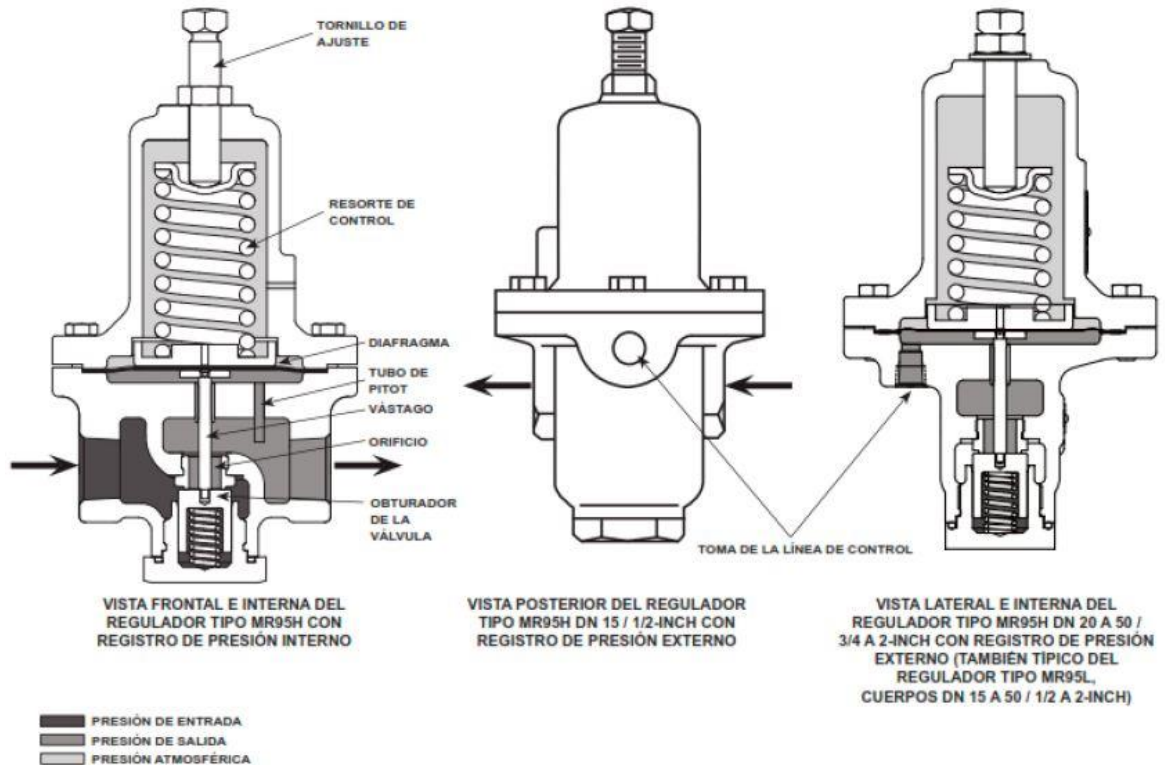


Ilustración 9, Válvula de Regulación de Presión Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

El mercado ofrece numerosas soluciones en válvulas industriales, sin embargo, una de los más notables y de reciente desarrollo es la válvula de triple excentricidad, seleccionada para controlar las emisiones de aire caliente de la sub unidad de micro turbinas.

Como su propio nombre indica, existen tres “excentricidades” separadas en este tipo de válvulas de mariposa. Dos de ellas se refieren a la ubicación del eje con respecto a línea central de paso y de sellado de las superficies del disco y el asiento. La tercera excentricidad viene dada por el diseño del eje del ángulo del cono del asiento, inclinado con respecto a la línea central de paso de la válvula para minimizar el rozamiento en las superficies de contacto del asiento y la junta durante su funcionamiento y para garantizar el sellado a lo largo de la vida útil de

la válvula. El ángulo del asiento elimina el acuña miento y curvado del disco.

Gracias, por una parte, al diseño de la unión disco/eje y la extremada precisión en la mecanización de los componentes de sellado y, por otra, al diseño de su geometría, se consigue una mayor vida útil, un bajo par de maniobra y un rendimiento extraordinario trabajando a temperaturas extremas.

- Diseño Triple Offset: Elimina el desgaste asociado a la superficie de contacto del sellado y mantiene la integridad del mismo, junto a una larga vida útil
- Diseño de asiento gran angular: Elimina el acuña miento y curvado del conjunto disco / asiento
- Anillo de cierre Metal/metal: Proporciona un cierre bi-direccional seguro (Fuga cero) en el rango comprendido entre -195° y $+537^{\circ}$ C
- Cierre estanco: Asegura la eficiencia del proceso con un coste de mantenimiento reducido
- Diseño del disco con centrado automático: Se adapta a los cambios de temperatura sin deformarse ni curvarse
- Eje robusto de una sola pieza: Con ello se minimiza la desviación del eje, mejorando el sellado
- Asiento de estrellita opcional: Ofrece una gran resistencia a la erosión por abrasión en aplicaciones en las que el fluido viaja a altas velocidades
- No contiene plásticos ni elastómeros: Diseño Fire-Safe estándar
- Anillos protectores de los cojinetes: Sirven para evitar que se dañe la superficie de los cojinetes
- Eje no eyectable: Cumple la norma API 609 (seguridad del personal de mantenimiento)
- Diseño de un cuarto de vuelta: Reduce las emisiones, siendo fácilmente operable
- Bajo par de maniobra: Simplifica y reduce los costos asociados a la automatización
- A prueba de Fuego: De acuerdo con API 607 Rev. 4

VALVULA DE REGULACIÓN

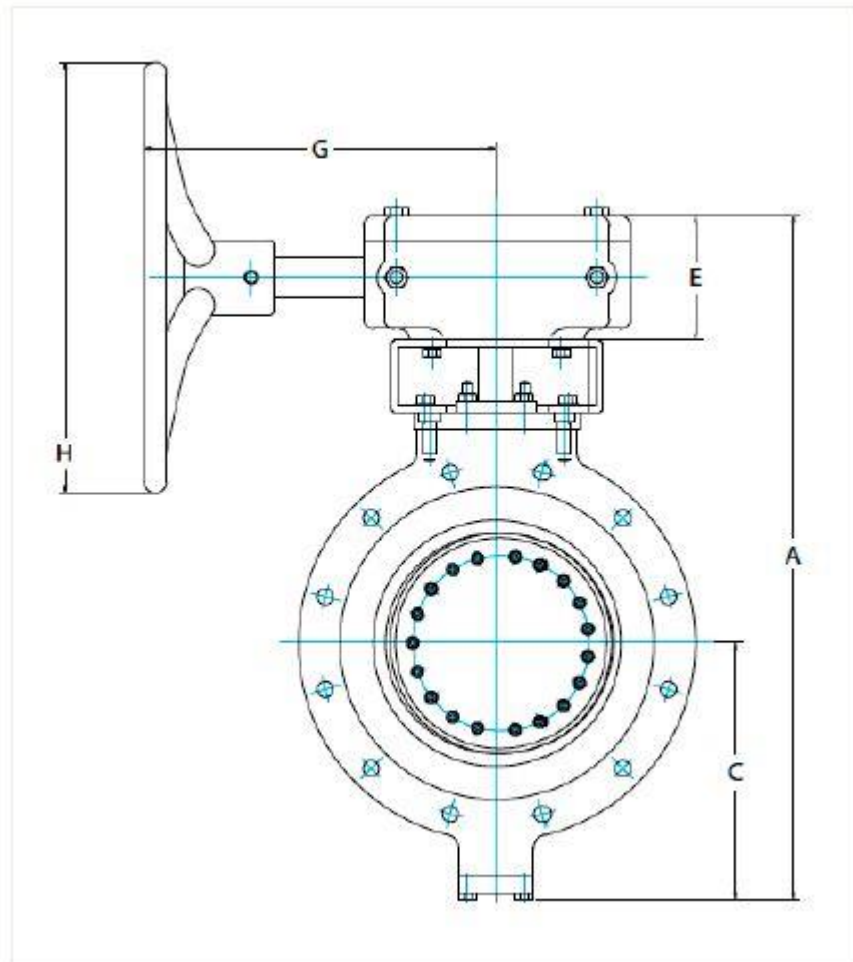


Ilustración 10, Válvula de Escape Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

2.2.4. Estación de Compresión y sistema de eliminación de H₂S. El sistema de tratamiento para el sulfuro de hidrógeno debe incluir reactores con esponja de hierro como medio filtrante, para la remoción de dicho gas. De esta manera, el sistema debe incluir los tanques de reacción, el medio filtrante a base de esponja de hierro, bastidores para soporte de reactores, así como tuberías de interconexión, válvulas y controles.

El tanque de reacción y los soporte s deben estar provistos de fondos/ terminaciones cóncavas, y deben ser construidos en acero inoxidable Tipo AISI 304 o AISI 316L, recomendando este último por su alto contenido de molibdeno. Asimismo, el tanque de reacción debe contar con cuatro patas de soporte.

Todos los equipos y componentes deben cumplir con los requerimientos de la norma NFPA 820. En caso de encontrarse dentro de una cobertura de 10 pies alrededor de los tanques o cualquier válvula, tales equipos y componentes deben estar clasificados para un ambiente correspondiente a la Clase 1, Grupo D, División 1. Así mismo, los equipos y componentes fuera de dicha cobertura deben corresponder a un ambiente No-clasificado.

Deben proveerse escaleras, pasamanos y plataformas que cumplan con los estándares de la OSHA, con el fin de permitir el acceso a la parte superior de los tanques de tratamiento de sulfuro de hidrógeno. Las plataformas de acceso deben construirse en acero inoxidable Tipo 304, con rejillas de piso galvanizadas y escaleras de acero al carbón galvanizado. Las dimensiones útiles mínimas de la plataforma de acceso deben ser de 3 pies por 4 pies.

Accesorios

Se debe suministrar un manómetro de presión diferencial Tipo Magnehelic (o similar) en cada tanque, para monitorear la caída de presión de gas. Dicho manómetro debe localizarse de manera que pueda ser fácilmente visto desde el nivel de piso, y debe estar calibrado para presiones diferenciales de entre 0 y 10 pulgadas (0,25 metros) de columna de agua. Se deberá instalar una válvula de cierre en acero inoxidable AISI 316L entre el tanque en cuestión y el manómetro de presión diferencial, con el fin de facilitar el mantenimiento o cambio del manómetro y así evitar posibles fugas o escapes de Biogás.

Se deben suministrar válvulas bridadas de acero inoxidable según AISI 316L, tanto en la entrada como en la salida de cada tanque.

La tubería que conduce el gas debe incluir puertos de muestreo con válvulas de cierre, construidas en acero inoxidable AISI 316L, tanto antes como después del sistema de remoción de sulfuro de hidrógeno.

Se debe suministrar un sistema empacado de aire comprimido para la regeneración del medio filtrante a base de esponja de hierro. El compresor debe

cumplir con las siguientes características:

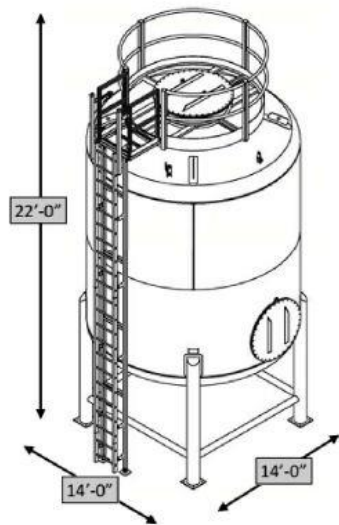
- Un compresor de doble tornillo de aceite inundado, clasificado para 210scfm
- Impulsión directa 60HP, 480V / motor eléctrico 3Ph / 60Hz
- La velocidad del motor será controlada por un variador de frecuencia
- Todos los componentes del gas y del aceite que no sean la cabeza del compresor estarán construidos en acero inoxidable y / o aluminio.
- Toma y descargue del gas, con conectores flexibles
- Válvula de retención de entrada para el gas
- Válvula de seguridad para presión de descarga
- El sistema de manejo de aceite incluirá un depósito, un filtro coalescente, válvula de presión de seguridad, enfriador de aceite, válvula de tres vías de derivación térmica y un filtro de partículas de aceite.
- El compresor de Gas tendrá una tolerancia de sulfuro de hidrógeno de 40.000 ppmv.

El sistema de aire comprimido debe incluir un compresor, un receptor, tubería, válvulas, un panel de control de fábrica, y la instrumentación necesaria para proveer un sistema completo montado sobre bastidores (patines).

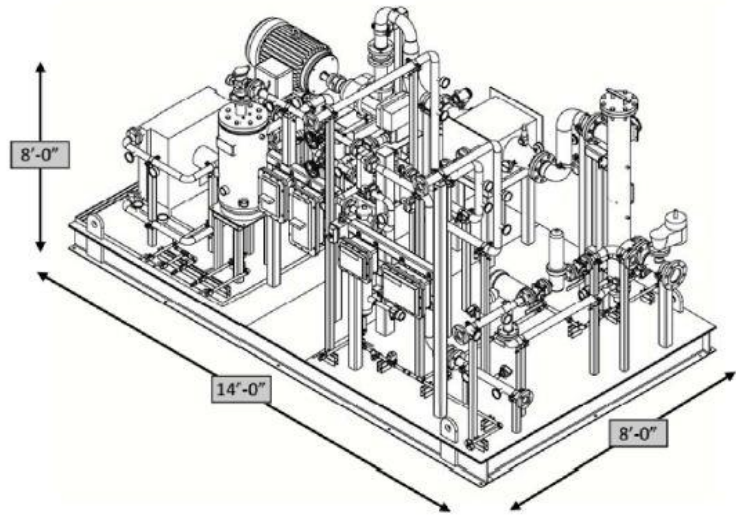
El sistema de manejo de aceite incluirá un depósito protegido contra la corrosión, indicador de nivel de aceite, bomba de recirculación de aceite, un filtro coalescente, válvula de presión de seguridad, válvula de drenaje, sistema de venteo, enfriador de aceite, válvula de tres vías de derivación térmica, un filtro de partículas de aceite y rotulo metálico para identificación del tipo de aceite.

El sistema de aire comprimido debe estar clasificado para servicio Clase 1, Grupo D, División 1, en caso de encontrarse localizado dentro de una cobertura de 10 pies con respecto a los equipos o válvulas de manejo del gas de los digestores, en concordancia con los requerimientos de la norma NFPA 820.

SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO PARA EL BIOGAS



SISTEMA DE ELIMINACION DE H₂S



ESTACION DE COMPRESION

Ilustración 11, Unidad de Eliminación de H₂S y Estación de Compresión Fuente: EMPAS S.A. E.S.P.

2.3. MANTENIMIENTO

Las siguientes son actividades de mantenimiento que se pueden ejecutar a la planta de cogeneración para garantizar su integridad y buen funcionamiento, estas varían de acuerdo al tipo de válvulas y micro turbinas usadas, una dificultad que se presenta para este numeral es la manera como EMPAS S.A. E.S.P. decida ejecutar el mantenimiento, ya que el negocio de EMPAS S.A. E.S.P. en ningún momento es mantener estos equipos, por tal motivo sin la existencia de un departamento de mantenimiento y la cantidad de equipos nuevos de hace necesario realizar especificaciones detalladas y claras en los contratos a terceros que se lleven a cabo para efectuar las actividades requeridas para mantener la totalidad de los activos.

2.3.1. Mantenimiento preventivo. Las válvulas que tienen instrumentación asociada requiere que está sea revisada periódicamente, se hacen pruebas funcionales, pruebas de lazos de control, revisión de los diferentes instrumentos.

A las microturbinas se les realiza el mantenimiento especificado por el fabricante o en caso tal el fabricante se encarga de este para efecto de garantía y calidad del producto.

2.3.2. Mantenimiento correctivo. Son las diferentes actividades que surgen inesperadamente estas pueden ser planeadas o no, generalmente se requieren porque los elementos no operan correctamente afectando seriamente el proceso y la integridad del proceso.

2.3.3. Mantenimiento predictivo. Existen numerosas tecnologías como rayos X para evaluar el estado de los internos, termografías, pruebas de ultrasonido incluso medición de vibraciones a los elementos.

2.3.4. Mantenimiento mejorativo. Son las actividades que se definen para re diseñar y/o cambiar los elementos. Se da comúnmente en plantas donde los requerimientos de producción han cambiado de acuerdo a los inicialmente establecidos.

2.4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

En la planta es mayor el número de necesidades que la posibilidad de atenderlas esto debido al alto costo de cada equipo, los tiempos de entrega y la logística necesaria para realizar las intervenciones como por ejemplo paradas de planta.

Por esa razón se requiere identificar los equipos más susceptibles para la operación es decir cuya falla ocasionaría mayor impacto en la producción, al medio ambiente, a las personas y las pérdidas económicas.

Algunas herramientas que pueden ayudar a establecer la criticidad son:

2.4.1. Pareto. Los problemas de calidad se presentan como pérdidas (productos defectuosos y su costo). Es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales, podremos eliminar casi todas las pérdidas, concentrándonos en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros muchos defectos triviales. El uso del diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problemas con eficiencia.

2.4.2. Abc. Se usa para clasificar los repuestos de acuerdo a su grado de importancia. Derivada del principio de Wilfredo Pareto, un renacentista del siglo XIX, quien documenta por primera vez el principio de la administración de materiales, que es la base del análisis ABC y cuyo principio manifiesta que pocos factores son la causa de muchos de los efectos.

El principio ABC jerarquiza los repuestos o los insumos, de acuerdo con la cantidad de unidades usadas y con el precio de ellas. El concepto del monto económico que representa el consumo durante un periodo de tiempo es el más importante para definir la categoría de los repuestos e insumos. Se parte de la base del esfuerzo logístico que se le debe prestar a una cantidad pequeña de referencias que mueven un gran volumen y buen porcentaje de los artículos de los inventarios debe ser alto.

2.4.3. Matriz RAM. Herramienta que estandariza la evaluación de riesgos cualitativa y cuantitativa de los riesgos, facilitando su valoración y clasificación.

Teniendo en cuenta la valoración del riesgo basada la probabilidad de ocurrencia y la consecuencia (impacto a personas, económica, ambiente, imagen de la empresa, clientes).

2.4.4. Criticidad por ASP. Valoración que se asigna a los equipos se acuerdo así es necesaria o no la Administración de Seguridad de Procesos.

Estos equipos tienen prioridad y mayor rigurosidad en la ejecución de la estrategia de mantenimiento pues tienen impacto catastrófico dentro del proceso por liberación de energías contenidas.

2.5 Mantenimiento Productivo Total o (TPM)

2.5.1 Definición El Mantenimiento Productivo Total o (TPM), es un Sistema de Gestión para Optimizar el funcionamiento de las maquinas, equipos e instalaciones a través de la participación creativa de todos los trabajadores.

Donde todo el personal de la empresa lleve a cabo el mantenimiento básico de su equipo, maquinaria e instalaciones para la reducción de fallas y optimización de recursos, en un área de trabajo limpia, segura y ordenada.

Este Sistema de Gestión es el que se va a implementar en este proyecto, iniciando desde cero, dando referencia la recopilación de información y levantamiento de los datos técnicos de los equipos o subsistemas de la planta de cogeneración, como lo son la implementación de los formatos previstos dentro de los objetivos específicos y mediante la realización de unas tarjetas de operación con los colores respectivos según las especificaciones dadas a continuación:

2.5.2 Tipos de Tarjetas TPM

- Tarjeta Azul: Identifica a las anomalías que deben ser solucionadas por el área de Operaciones. Son colocadas solo por personal de Operaciones o Mantenimiento Industrial en zonas operativas como unidades las unidades Generadoras, Parque Carbones, Plantas de Agua, Casas de Bombas, etc.
- Tarjeta Roja: Identifica las anomalías que deben ser solucionadas por el área de Mantenimiento Industrial, o Terceros. Estas tarjetas solo pueden ser colocadas por personal de Operaciones, MI, Ingeniería o Terceros en zonas operativas como: unidades Generadoras, parque carbones, Plantas de Agua, Casas de Bombas, etc. Para las áreas NO operativas, tales como

Casa de cambios, Bodegas, Talleres, Maestranzas, Laboratorios, edificios administrativos, etc. Podrán ser colocadas por cualquier colaborador.

- Tarjeta Verde: Identifica a las anomalías que afectan a la seguridad de las personas o al medio ambiente. Pueden ser instaladas por cualquier trabajador de planta o contratista operacional, y en cualquier zona. Esta tarjeta debe ser gestionada por la Oficina de Prevención de Riesgos,

2.5.3 Metodología para la implementación del TPM

1. Anuncio de la alta dirección de la decisión de introducir el TPM

El primer paso en el desarrollo TPM es hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM. La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión e infundir entusiasmo por el proyecto.

2. Lanzamiento de campaña educacional

El segundo paso en el programa de desarrollo TPM es el entrenamiento y promoción en el mismo, lo que debe empezar tan pronto como sea posible después de introducir el programa.

El objetivo de la educación es, no solamente explicar el TPM, sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio -en este caso, el cambio al TPM.

3. Crear organizaciones para promover el TPM

Una vez que se ha completado la educación introductoria al nivel de personal de dirección (de jefes de sección hacia arriba), puede empezar la creación de un sistema promocional del TPM.

La estructura promocional TPM se basa en una matriz organizacional, conformada por grupos horizontales tales como comités y grupos de proyecto en cada nivel de la organización vertical de dirección.

4. Establecer políticas y metas para el TPM

Las oficinas centrales promocionales del TPM deben empezar estableciendo políticas y metas básicas. Como toma como mínimo tres años moverse hacia la eliminación de defectos y averías a través del TPM, una política de dirección básica debe ser comprometerse con el TPM e incorporar procedimientos concretos de desarrollo del TPM en el plan de dirección general a medio y largo plazo.

5. Formular un plan maestro para el desarrollo del TPM

La siguiente responsabilidad de la oficina central del TPM es establecer un plan maestro para el desarrollo TPM.

6. El “disparo de salida” del TPM

El “disparo de salida” es el primer paso para la implantación, el comienzo de la batalla contra las seis grandes pérdidas. Durante la fase de preparación (pasos 1-5) la dirección y el staff profesional juegan el rol dominante. Sin embargo, a partir de este punto, los trabajadores individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el TPM.

7. Mejorar la efectividad del equipo

El TPM se implementa a través de las cinco actividades de desarrollo básicas del TPM, la primera de las cuales es mejorar la efectividad de cada pieza del equipo que experimenta una pérdida.

8. Establecer un programa de mantenimiento autónomo para los operarios

La segunda de las cinco actividades de desarrollo del TPM, el mantenimiento autónomo, es el paso octavo del programa de desarrollo. Debe atacarse justo después del —disparo de salida.

El mantenimiento autónomo por los operarios es una característica única del TPM; su organización es central para la promoción del TPM dentro de la compañía.

9. Establecer un programa de mantenimiento para el departamento de mantenimiento

El noveno paso en el programa de desarrollo es también una de las cinco actividades básicas TPM -un programa de mantenimiento periódico para el departamento de mantenimiento.

10. Conducir entrenamiento para mejorar capacidades de operación y mantenimiento

La mejora de las capacidades de operación y mantenimiento es la cuarta actividad de desarrollo del TPM y el décimo paso del programa de desarrollo del TPM.

11. Desarrollo temprano de un programa de gestión de equipos

La última categoría de las actividades de desarrollo del TPM es la gestión

temprana (o anticipada) del equipo.

Cuando se instala el nuevo equipo, a menudo aparecen problemas durante las operaciones de test, y arranque, aunque durante el diseño, la fabricación, y la instalación toda parece marchar normalmente. Puede que los ingenieros de mantenimiento e ingeniería tengan que hacer muchas mejoras antes de que comience la operación normal.

12. Implantación plena del TPM y contemplar metas más elevadas

El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aún más elevadas. Durante este período de estabilización cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados TPM, de forma que puede esperarse que dure algún tiempo.

3. CONDICIONES GENERALES

3.1. PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL	
3	UNIDAD DE BIOGAS					
3.01	Unidad de pretratamiento del biogas para microturbinas	global	1	\$ 1.293.139.000	\$ 1.293.139.000	
3.02	Microturbina 1000 kW - 480 VAC - 60 Hz gnd-connect para funcionamiento con biogas. Incluye base de montaje, cerramiento, accesorios.	Und	1	\$ 7.796.675.000	\$ 7.796.675.000	
3.03	Válvula de regulación de presión y filtro. Incluye accesorios.	Und	1	\$ 25.504.000	\$ 25.504.000	
3.04	Válvula de escape. Incluye tubería y accesorios.	Und	5	\$ 19.796.560	\$ 98.982.800	
3.05	Caseta para alojamiento de microturbinas. Incluye excavaciones, cimentación, estructura metálica, techo y acabados.	global	1	\$ 90.357.000	\$ 90.357.000	
3.06	Sistema de válvulas mariposa y tuberías en PRFV de 6" para el reparto del biogas.	global	1	\$ 9.398.000	\$ 9.398.000	
3.07	Localización, replanteo, ajustes de diseño y planos as-built	global	1	\$ 3.350.000	\$ 3.350.000	
				SUBTOTAL UNIDAD DE BIOGAS	\$ 9.317.405.800	
				VALOR TOTAL: \$	\$ 9.317.405.800	
				A	24,00%	2.236.177.392
				I	1,00%	93.174.058
				U	5,00%	465.870.290
				IVA sobre U	16,00%	74.539.246
				VALOR CON IVA: \$	\$ 12.187.166.786	

NOTA 1: LOS VALORES QUE CORRESPONDEN A EQUIPOS IMPORTADOS DE CONSIDERABLE VALOR FUERON CALCULADOS CON UNA TRM DE \$2350, PESOS COLOMBIANOS. ITEM SEÑALADOS EN ROJO CORRESPONDEN A EQUIPOS IMPORTADOS SENSIBLES A LA VARIACION DE LA TRM.

NOTA 2: EL PRESUPUESTO INCLUYE EN EL CAPITULO 1 (INTERCONEXION Y COMPLEMENTARIAS UASB 5) ALGUNOS ITEM QUE TOTALIZAN CERCA DE 2.500 MILLONES LOS CUALES ESTA POR DEFINIR SI SE DESARROLLAN CON RECURSOS DE LA NACION O POR PARTE DE EMPAS.

NOTA 3: LOS ITEM EN COLOR ROJO DE USO Y ELECTRICO NO REQUIEREN SER EJECUTADOS SI NO SE REALIZA LA ETAPA II (1000U6)

Ilustración 12, Tabla de Presupuesto General Modernización PTAR Rio Frio

FUENTE: EMPAS S.A. E.S.P.

3.2. CAPACITACIÓN

Este ítem hacer referencia al alcance del servicio de montaje en campo, de todas las obras de infraestructura necesaria para el correcto funcionamiento del sistema de Cogeneración.

Deberá considerarse un periodo de dos (2) semanas de entrenamiento dirigido a tres (3) grupos de profesionales con diferente formación, en horarios e intensidades a determinar:

- Formación del personal operativo, centrándose en las habilidades necesarias para el día a día
- La formación en mantenimiento, centrándose en el análisis de los problemas potenciales
- Formación Ingeniería para el equipo del proyecto, centrándose en las tecnologías aplicadas.

3.3. PLANOS Y DOCUMENTACIÓN

Se entregará junto con los equipos, los planos, diagramas y la información relacionada con estos, tales como:

- Dibujos acotados con cortes y pesos
- Diagramas unifilares de funciones de comando y control
- Lista de materiales de los componentes eléctricos con la identificación del fabricante
- Catálogos de equipos
- Lista de piezas de repuesto
- Certificados de materiales
- Diseño de bloques de terminales con la identificación de los componentes.
- Manual de mantenimiento con los métodos y recomendaciones para la ejecución del servicio de rutina y de emergencia
- Manual de operación con todas las instrucciones
- Informes de pruebas de calidad y certificado de eficiencia

Se requieren catálogos y documentación que soporten y precisen las características técnicas de los bienes ofrecidos.

3.4. INSPECCIÓN Y PRUEBA

Se deberá presentar un plan de inspección y pruebas de aceptación en fábrica, y pruebas de aceptación en campo.

Los instrumentos de medida a utilizar en las pruebas, habrán sido inspeccionados previamente por las autoridades competentes y tendrán certificados de calibración vigentes.

Antes del despacho de los equipos el fabricante deberá presentar certificados e informes de las pruebas realizadas, que incluirán al menos:

- Identificación de los equipos
- Compra Número de pedido
- Producción Número de pedido
- Identificación y cantidad de unidades de prueba
- Descripción de las pruebas realizadas con las indicaciones de las normas adoptadas, el equipo utilizado, las condiciones ambientales, y resultados obtenidos.
- Descripción detallada de todas las inspecciones realizadas.

3.5. PINTURA Y PLACA DE IDENTIFICACIÓN

El equipo será pintado adecuadamente por el fabricante, y deberá indicar el tipo de material y proceso utilizado. El correcto acabado se debe mantener después del montaje definitivo de los equipos.

Cada equipo debe contar con una placa de identificación elaborada con material durable, la cual deberá contener el nombre del fabricante, características, numeración y/o equipo de codificación.

Conviene prever también una placa con el diagrama de conexión del motor. Los terminales deben ser identificados de forma indeleble para permitir un uso correcto del diagrama de cableado.

3.6. REPUESTOS

Se deberá presentar una lista de repuestos recomendados (obligatorios y opcionales) para todo el sistema durante al menos dos años de funcionamiento, con sus precios, indicando si estos valores se incluyen en la propuesta.

El fabricante deberá anexar una certificación de compromiso de existencia de los repuestos de los equipos ofrecidos donde se garantice un stock de repuestos originales durante ocho (8) años.

3.7. TRANSPORTE, CARGA Y DESCARGA

La manipulación y transporte de los materiales y equipos deberán ser realizadas con métodos y equipos que garanticen:

- a) Condiciones de seguridad de trabajo
- b) Integridad del material
- c) Conservación de los materiales con sus características originales.

3.8. EMBALAJE Y MARCACIÓN

Los equipos y elementos deberán estar correctamente embalados para transporte por vía marítima, terrestre o aérea y para su posterior almacenamiento. El empaque debe soportar las maniobras habituales de envío y manipulación sin que se dañe el contenido.

Las unidades deberán, tener en un lugar visible y con caracteres fáciles de leer la siguiente información:

- PTAR RIO FRIO, Bucaramanga - Colombia
- Identificación del contenido
- Número de la orden de compra
- Contenido del número de la factura de transporte;

- Nombre del fabricante
- Indicación de la posición y el lado (s) del volumen de abertura;
- Peso bruto del paquete
- Peso neto del contenido
- Cualquier otra información requerida por la orden de compra
- Cualquier otra información que considere necesaria el Proveedor.

Los bienes que integran el presente proceso deben entregarse debidamente instalados, configurados y funcionando en la Sede de LA PTAR RIO FRIO situada en el municipio de Girón Santander.

3.9. GARANTÍA

Se deberá presentar con su propuesta un "Acuerdo de Garantía", que debería cubrir los defectos en la fabricación, la falta de material y mano de obra, para los equipos del sistema de Cogeneración.

El fabricante de los equipos y el encargado del suministro e instalación deberán ofrecer una Garantía de todos los equipos y trabajos de mano de obra, de 18 meses contados a partir del momento en que el equipo sale de fábrica o 12 meses a partir de la fecha de la puesta en funcionamiento, lo que ocurra primero.


El fabricante debe certificar la garantía de sus productos, validar las líneas o canales de soporte y garantizar la producción y stock de repuestos originales durante (8) años, como respaldo una vez instalados los productos vendidos.

4. CONCLUSIONES


- La Empresa dentro de sus planes estratégicos debe estar preparada para cubrir el aumento de demanda energética que se va presentar con la inclusión de nuevas tecnologías en los trenes de tratamiento de aguas residuales en la PTAR Río Frío, por ser una empresa prestadora de servicios públicos de alcantarillado, debe cumplir con normatividad ambiental como lo es la Resolución 631 de 2015, donde se dan una lineamientos de remoción de carga orgánica permisibles de vertimiento a fuentes hídricas aledañas.
- Ante el avance tecnológico y la globalización se hace necesario promover el aprovechamiento de los recursos, en este caso la principal fuente de producción será el biogás, compuesto en su mayor proporción por gas, fluido de entrada que será usado para la cogeneración de energía apoyando no solo al costo de consumo de energía, sino también un auto sostenimiento de la planta en un alto porcentaje.
- Mediante esta estrategia de mantenimiento se logrará evitar o mitigar posibles fallas generadas por una inadecuada manipulación u operación de los equipos, con la aplicación de estos formatos se tendrá un registro detallado de cada elemento del sistema, teniendo a la mano y con fácil acceso las especificaciones técnicas de cada uno de los componentes con el fin que en caso de presentarse fallas, las cuales generen acciones correctivas, se tenga un listado con todos los repuestos y sus referencias para la renovación de ellos.
- Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo el cual incluye acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. Se contará con una lista de actividades diarias, mensuales y anuales para el personal encargado de la operación y mantenimiento del equipo, con el fin de tener un adecuado funcionamiento y seguimiento de los mismos, equipos ubicados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Río Frío.

5. RESULTADOS

5.1 FORMATO HOJA DE VIDA DE EQUIPOS

	Planta de Tratamiento PTAR "Río Frío"		
HOJA DE VIDA			
1. DATOS TÉCNICOS			
Descripción			
N° Activo			
En Servicio			
Tipo de Equipo			
Tratamiento			
Localización			
N° Serial			
N° Modelo	Fig. 1		
Proveedor		Teléfono	
Dirección		Email	
Voltaje		RPM salida	
Fases		Frecuencia	
2. FALLAS COMUNES		CAUSA	
3. REPUESTOS Y LUBRICANTES			
Referencia	Descripción	Marca/Material	Sistema/Cantidad
LUBRICANTES			
REPUESTOS			

5.4 FORMATO HISTORIAL DE MANTENIMIENTO

 PLANTA DE TRATAMIENTO PTAR "Río Frío"					
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO					
FECHA	ACCIÓN REALIZADA	ENCARGADO	FRMA	INFORME	TIPO DE
				[S/NO]	MANTENIMIENTO

5.5 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

EMPAS		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PTAR "Rio Frio"																				
SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO						ELABORADO POR: ING. DIEGO TORRA																
EQUIPO	MITO	ACTIVIDADES	Frec en mes	Primer Semestre 2017						Segundo Semestre 2017												
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC							
CAPSTONE C1000	MITO NIVEL 1	EVALUACION Y/O CAMBIO	CAMBIO DE CUÑAS REDUCTOR Y MOTOR	12																		
			CAMBIO DE RESORTES RRI RPLU	12																		
			CAMBIO DE BARRAS GUIA	12																		
			CAMBIO DE GUIA EN NYLON DEL SOPORTE SELLADOR EXTERIOR	12																		
			CAMBIO SEPARADOR PLASTICO DEL SELLADOR Y PISADO	12																		
			CAMBIO DE TORNILLO DE SUECION DE BIELA Y BARRAS INTERNAS	12																		
			REVISIÓN Y CAMBIO DE TORNILLERIA	4																		
	MITO NIVEL 2	INSPECCION Y CONTROL	CAMBIO BUJE GUIA FONDO PLANO	6																		
			REALIZAR CAMBIO DE CUCHILLAS DE CORTE Y TROQUELES	6																		
			APRETAR TORNILLERIA Y BORNES	6																		
			CAMBIO TAPON BOQUILLA	6																		
	MITO NIVEL 3	CONTROL Y LIMPIEZA	AJUSTE DE TERMINALES ELÉCTRICOS	1																		
			PRESIÓN EN TODOS LOS PUNTOS	1																		
			REVISAR LOS BUJES DE LOS TUBOS RODANTES	1																		
			REVISAR RODAMIENTOS DE LOS TUBOS QUE SOPORTAN LA BOBINA	1																		
	MITO NIVEL 4	MITO GENERAL	MITO PROGRAMADO FABRICANTE	60																		

5.6 STOCK DE MÁXIMOS Y MÍNIMOS

EMPAS		STOCK MÁX. Y MÍN CAPSTONE C1000						
REPUESTO	STOCK ACTUAL	STOCK MÍNIMO	STOCK MÁXIMO	PRECIO COMPRA	PEDIDO MÁXIMO	MÁXIMO VALORIZADO	PEDIDO A REALIZAR	VALOR PEDIDO
REP 1	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 2	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 3	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 4	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 5	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 6	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 7	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 8	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 9	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 10	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 11	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 12	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -
REP 13	0	0	0	\$ -	0	0	0	\$ -

5.7 TARJETA AZUL TPM

OPERACIÓN	
T-PM^{+5S}	N° 3.000.000
Fecha: / / 201	
INSTALE ESTA TARJETA EN EL EQUIPO	
EL RETIRO NO AUTORIZADO DE ESTA TARJETA ES CONSIDERADA UNA FALTA GRAVE	
OPERACIÓN	Fecha: / / 201
T-PM^{+5S}	N° 3.000.000
Unidad:	
Sector:	
Equipo:	
Referencia:	
Encontrada por:	
ANOMALÍA DETECTADA	
Prioridad: 1 2 3	
<input type="checkbox"/> Fallos Ínfimos	<input type="checkbox"/> Fuente de Suciedad
<input type="checkbox"/> Condiciones Básicas	<input type="checkbox"/> Fuente Problema Calidad
<input type="checkbox"/> Lugar Díficil Acceso	<input type="checkbox"/> Códigos Innecesarios
ENTREGUE ESTE TALÓN EN SALA CONTROL	

5.8 TARJETA ROJA TPM

MANTENCIÓN	
T-PM^{+5S}	N° 5.000.000
Fecha: / / 201	
INSTALE ESTA TARJETA EN EL EQUIPO	
EL RETIRO NO AUTORIZADO DE ESTA TARJETA ES CONSIDERADA UNA FALTA GRAVE	
MANTENCIÓN	Fecha: / / 201
T-PM^{+5S}	N° 5.000.000
Unidad:	
Sector:	
Equipo:	
Referencia:	
Encontrada por:	
ANOMALÍA DETECTADA	
Prioridad: 1 2 3	
<input type="checkbox"/> Fallos Ínfimos	<input type="checkbox"/> Fuente de Suciedad
<input type="checkbox"/> Condiciones Básicas	<input type="checkbox"/> Fuente Problema Calidad
<input type="checkbox"/> Lugar Difícil Acceso	<input type="checkbox"/> Códigos Innecesarios
ENTREGUE ESTE TALÓN EN SALA CONTROL	

5.9 TARJETA VERDE TPM

SEGURIDAD	
T-PM^{+5S}	N° 1.000.000
Fecha: / / 201	
INSTALE ESTA TARJETA EN EL EQUIPO	
EL RETIRO NO AUTORIZADO DE ESTA TARJETA ES CONSIDERADA UNA FALTA GRAVE	
SEGURIDAD	Fecha: / / 201
T-PM^{+5S}	N° 1.000.000
Unidad:	
Sector:	
Equipo:	
Referencia:	
Encontrada por:	
ANOMALÍA DETECTADA	
Prioridad: 1 2 3	
<input type="checkbox"/> Condición Insegura	
<input type="checkbox"/> Lugar Inseguro	
ENTREGUE ESTE TALÓN EN SALA CONTROL	

5.10. Propuesta de Implementación EMPAS S.A.

1. Anuncio a la alta dirección

La Empresa Pública de Alcantarillado de Santander S.A. ESP - EMPAS S.A dentro de su organigrama tiene a la Gerente General como líder del proceso, como apoyo tiene diferentes Subgerencias determinadas para cada área de acción de la Empresa.

El proyecto está enmarcado dentro de la Subgerencia para el Tratamiento Integral de Aguas y Residuos, área encargada del manejo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Río Frío, para ello, se requiere realizar una presentación a la jefe de este proceso sobre el tema del Mantenimiento Productivo Total – TPM, en vista de que no se tiene ningún Sistema de Gestión de Mantenimiento en la Planta, esta metodología sería una alternativa viable para garantizar una alta disponibilidad de los equipos y un costo de mantenibilidad de los mismos relativamente bajo. De esta manera se crea una necesidad para la Empresa teniendo como meta garantizar que la Planta sea totalmente auto sostenible reduciendo en un 90 % los costos de energía eléctrica.

Una vez realizada esta presentación, la subgerente encargada llevará este proyecto ante la gerencia en una Asamblea General donde evaluarán y aprobarán dicha metodología.

2. Lanzamiento de campaña educacional

Una vez sea aprobado dicho proyecto, se iniciarán jornadas de entrenamiento al personal de mantenimiento encargado, actualmente la operación de la Planta se encuentra bajo el mando de un Contrato de Operación, dentro de la nómina de dicho contrato se encuentran unos auxiliar y técnicos de mantenimiento. Sin embargo dicho personal no realiza actualmente labores relevantes de mantenimiento que permitan en un futuro aplicar esta metodología, por ende se requiere seguir con los siguientes pasos de socialización y entrenamiento:

- a. Presentación de la importancia de un mantenimiento: En este punto se deben empezar a realizar presentaciones de qué es el Mantenimiento en los equipos, de cómo se debe llevar a cabo un Plan de Mantenimiento Preventivo y la presentación de los diferentes formatos de hoja de vida, Stock de máximos y mínimos y otros incluidos dentro de este documento.
- b. Trabajo en campo: Recorridos de campo con los técnicos encargados de llevar a cabo dicho Plan, con el fin que conozcan todo el sistema y qué papel cumple cada equipo dentro del tren de tratamiento.
- c. Roles: Asignar roles y responsabilidades al equipo de trabajo, designación de las áreas de intervención.

BIBLIOGRAFIA

Consultoría De Actualización Y Ajuste De Los Diseños De La Modernización De La PTAR Rio Frio II Etapa Unidades Mecánicas Y Obras Complementarias. EMPAS S.A. E.S.P. 2016.

Especificaciones Unidad de Biogás y Presupuesto Sección 3. Especificaciones Técnicas. EMPAS S.A. E.S.P. 2014.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. España: Ediciones Díaz de Santos, 2004. Pág. 24 – 26.

Guía de la cogeneración. Disponible en Internet. <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-la-Cogeneracion-fenercom-2010.pdf>. 2016.

ICONTEC. Guía Técnica Colombiana: Seguridad de Funcionamiento y Calidad de Servicio. Mantenimiento. Terminología. GTC 62 – 1999-03-17. Bogotá, 1999. Pág. 12.

KUME, Hitoshi. Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. Bogotá: Editorial Norma, 2002. Pág. 19 y 20.

Manual para la producción de Biogás. Disponible en Internet. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_para_la_produccion_de_biogs_del_iir.pdf

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control. México: Alfa omega, 2009. Pág. 362.

Portal EMPAS S.A. E.S.P. [ONLINE]. Nuestra Empresa. Disponible en Internet: <http://www.empas.gov.co/mision.php#empresa>. 2016.