

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS
SUR
Facultad de Ingeniería



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUA CON CENIZA PROVENIENTE
DEL SISTEMA DE LAVADO DE GASES DE
COMBUSTIÓN DE UNA CALDERA DE BIOMASA
UBICADA EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA**

Trabajo de graduación en modalidad de Informe de Graduación
presentado por
Lesly Maribel Díaz Vásquez
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Guatemala,
2019

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUA CON CENIZA PROVENIENTE DEL SISTEMA DE
LAVADO DE GASES DE COMBUSTIÓN DE UNA
CALDERA DE BIOMASA UBICADA EN LA COSTA SUR DE
GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS
SUR
Facultad de Ingeniería



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUA CON CENIZA PROVENIENTE
DEL SISTEMA DE LAVADO DE GASES DE
COMBUSTIÓN DE UNA CALDERA DE BIOMASA
UBICADA EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA**

Trabajo de graduación en modalidad de Informe de Graduación
presentado por
Lesly Maribel Díaz Vásquez
para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Guatemala,
2019


Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Juan Marco Godoy Rodríguez

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Juan Marco Godoy Rodríguez

(f) 
Ing. Héctor Alfonso Monzón

(f) 
Ing. Juan Alberto Vásquez Martínez

Fecha de aprobación: Guatemala, 27 de septiembre de 2019

AGRADECIMIENTO

A Dios

Ser maravilloso que me dio fuerza para creer lo que me parecía imposible terminar.

A mis padres

Maribel Vásquez Melgar de Díaz

Esaú Díaz

Por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanos

Brandon Estuardo y Karen Yesenia

A mi asesor

Juan Marco Godoy

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE ILUSTRACIONES	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
4.1 Caldera.....	4
4.2 Caldera de biomasa:	4
4.3 Clasificación de las calderas de vapor:.....	4
4.4 Sistemas de limpieza de gases de combustión:	6
4.5 Tipos de sistemas de limpieza de gases de combustión:.....	6
4.6 Equipos básicos de una planta de tratamiento de agua con ceniza.....	10
4.7 Sistema de decantación:	14
V. METODOLOGÍA.....	15
5.1 Diseño y fabricación de tolvas de decantación, tanques de floculante y tanques de neutralizadores de pH	16
5.1.1 Diseño y fabricación de las tolvas de decantación o de retención:	16
5.1.2 Diseño y fabricación de los tanques de floculante:	17
5.1.3 Diseño y fabricación de los tanques de neutralizadores de pH:	18
5.1.4 Selección de los equipos y materiales económicamente viables:	18
5.1.5 Selección de los químicos:.....	19
5.1.6 Presupuesto de montaje, operación y mantenimiento para presentarlo a la gerencia: 20	
5.1.7 Montaje de la planta de tratamiento de agua con ceniza, reutilizando equipo y con bajo recurso económico:	23
5.1.8 Puesta en marcha de la planta de tratamiento de agua con ceniza:	23

5.1.9	Implementar procesos de estandarización para garantizar el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de agua con ceniza:	24
VI.	RESULTADOS	25
VII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
VIII.	CONCLUSIONES.....	30
IX.	RECOMENDACIONES	31
X.	BIBLIOGRAFÍA	32
XI.	ANEXOS	33
XII.	GLOSARIO.....	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Presupuesto de montaje, materiales y equipos	20
Cuadro 2: Presupuesto de operación	22
Cuadro 3: Presupuesto mantenimiento	23
Cuadro 4: Resultados obtenidos de operación y puesta en marcha de la planta	27
Cuadro 5: Información técnica	33
Cuadro 6: Consumo de agua	33
Cuadro 7: Consumo de aire comprimido	33
Cuadro 8: Datos de proceso (filtro banda).....	34
Cuadro 9: Datos de proceso (filtro banda).....	34
Cuadro 10: Datos de proceso (filtro banda).....	35
Cuadro 11: Datos de proceso (filtro banda).....	35
Cuadro 12: Datos de proceso (filtro banda).....	36
Cuadro 13: Datos de proceso (filtro banda).....	36
Cuadro 14: Propiedades físicas y químicas.....	38
Cuadro 15: Propiedades típicas.....	39

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Caldera acuotubular	5
Ilustración 2: Caldera pirotubular	5
Ilustración 3: Lavador de gas húmedo	6
Ilustración 4: Torre empacada	7
Ilustración 5: Torre de aspersión.....	7
Ilustración 6: Venturi	8
Ilustración 7: Baghouse.....	9
Ilustración 8: Electrostático	9
Ilustración 9: Colector ciclónico.....	10
Ilustración 10: Bomba centrífuga	11
Ilustración 11: Bomba de desplazamiento positivo.....	11
Ilustración 12: Bomba de vacío.....	12
Ilustración 13: Filtro banda.....	12
Ilustración 14: Válvula rotativa	13
Ilustración 15: Válvula automática	13
Ilustración 16: Tolvas de decantación.....	17
Ilustración 17: Tanques de floculante	17
Ilustración 18: Tanques de neutralizadores de pH	18
Ilustración 19: Filtro banda.....	19
Ilustración 20: Diagrama tratamiento de agua con ceniza.....	26
Ilustración 21: Planta de tratamiento agua con ceniza	28

RESUMEN

Las calderas de biomasa ubicadas en una planta en la costa sur de Guatemala, que por confidencialidad no se nombrará, utilizan bagazo de caña de azúcar como fuente principal de combustible para generar vapor. Durante el proceso de combustión se genera gran cantidad de ceniza orgánica y para cumplir con la política integrada de gestión de la empresa, se implementó el sistema de tratamiento de agua con ceniza proveniente del sistema de lavado de gases de combustión de las calderas.

Actualmente se utilizan 3,000 gpm de agua de río para limpiar los gases de combustión de la caldera, causando problemas de escases del recurso hídrico, donde comunidades completas se quejaban que la industria usaba y contaminaba el agua del río. La finalidad de este proyecto fue reducir como mínimo un 60% del consumo de agua de la fuente externa empleada para la limpieza de los gases de combustión de las calderas. El agua con ceniza se transporta por medio de canales de conducción hacia una pileta de decantación natural que al rebalsar es utilizada para ferti-riego.

Este proyecto se desarrolló con tecnología limpia y eficiente, analizando el proceso, funcionamiento y operación de la planta de tratamiento de agua con ceniza. El sistema opera en circuito cerrado para que el agua sea recuperada y reutilizada en los lavadores de gases, siendo de proceso continuo. El sistema ayuda a conservar el agua, con el tratamiento del lavado de gases de combustión por medio de wet scrubber. La ceniza húmeda obtenida, se mezcló y aprovechó en el campo como abono orgánico.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente toda industria aprovecha los recursos naturales para su crecimiento y estabilidad en los mercados industriales. Estos sectores han llevado en aumento la contaminación del recurso hídrico, causando lixiviado en el agua subterránea.

Recientemente el Ingenio ha trabajado arduamente para obtener varias certificaciones internacionales, entre ellas HACCAP, ISO9001:2015, FSSC:22000, FSC-Rainforest Alliance, e-WASTE. Estas certificaciones no solo exigen estandarizar procedimientos y buenas prácticas de manufactura para mejorar la calidad e inocuidad del producto terminado, sino también cumplir al 100% con las leyes del país. Por estos motivos el ingenio, dentro de la política integrada de gestión que forma parte de la cultura organizacional, está comprometido con la conservación del medio ambiente, cumpliendo con el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, en el cual debe ocuparse del uso adecuado de los recursos naturales y del manejo adecuado de los desechos de los diferentes procesos.

La escasez del recurso hídrico, disminución de lluvias durante el invierno, contaminación de los ríos, lagos y mares ha tenido consecuencias, afectando las comunidades en la costa sur de Guatemala.

Por las razones mencionadas anteriormente, en el ingenio ubicado en la costa sur de Guatemala se implementará un sistema de tratamiento de agua con ceniza, donde se reducirá como mínimo un 60% del recurso hídrico proveniente de la fuente externa, para limpiar los gases que se generan a partir del proceso de combustión de bagazo en las calderas de biomasa.

El proceso de la planta de tratamiento de agua con ceniza consiste en separar la ceniza del agua proveniente del sistema de lavado de gases de combustión de la caldera de biomasa, el agua se recircula en el sistema de lavado de gases de combustión y la ceniza se aprovecha como abono orgánico.

II. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Implementar un sistema de tratamiento de agua con ceniza, ejecutando el proyecto en conjunto con el personal de la planta, para reducir el agua que actualmente se utiliza de una fuente externa en el sistema de limpieza de gases de combustión.

2.2 ESPECÍFICOS

- Establecer el diseño de tolvas de decantación, tanques de floculante y neutralizadores, que mejor cumplan con los requerimientos de la empresa, mediante la documentación de nuevas tecnologías y visitas técnicas a otras plantas que cuenten con sistemas similares.
- Determinar los equipos y materiales a utilizar en el sistema de tratamiento de agua con ceniza, conociendo los beneficios y posibles debilidades de los mismos, para cumplir con los requerimientos de la empresa.
- Seleccionar el químico a utilizar en la planta de tratamiento de agua con ceniza, identificando las aplicaciones para tener una buena operación en la separación de la ceniza y agua.
- Elaborar presupuesto del montaje de la planta de tratamiento de agua con ceniza, realizando un listado de materiales, equipos, operación y mantenimiento, para solicitar la aprobación del proyecto.

III. JUSTIFICACIÓN

La causa promotora de este proyecto fueron los problemas de escases del recurso hídrico del invierno del año 2017, donde comunidades completas responsabilizaron a la industria en general de hacer uso excesivo del agua del río.

Para cumplir con la ley y según lo indica el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, el ingenio adquiere el compromiso de velar por la conservación del medio ambiente, utilizando responsablemente los recursos naturales y velar que el manejo de los desechos de los diferentes procesos sean adecuados y cumplan la ley.

Por esta razón, el ingenio ubicado en la costa sur de Guatemala implementará un sistema de tratamiento de agua con ceniza reduciendo un 60% del recurso hídrico de la fuente externa, para limpiar los gases que son generados a partir del proceso de combustión de bagazo en las calderas de biomasa. Operando en circuito cerrado, facilitando la recuperación y recirculación del agua para el proceso, separando los sólidos de forma consistente y adecuada.

Con la implementación de éste sistema, se utilizará una menor cantidad de agua de los afluentes para el proceso industrial y evidentemente aumentará el caudal de los mismos para que las comunidades aledañas tengan mayor acceso al vital líquido.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Caldera

Es una máquina industrial, que está destinada a producir vapor por medio de calor a una temperatura superior a la del ambiente y a mayor presión que la atmosférica. El vapor se genera a través de la transferencia de calor a presión constante, el fluido es en estado líquido, luego se calienta y cambia de estado. El calor es procedente de cualquier fuente de energía y se transforma en energía utilizable, por medio de transporte en fase líquida o vapor. (Termodinámica FEEE, 2018)

Las partes fundamentales de la caldera de vapor son las siguientes:

- Hogar: cámara de combustión, lugar donde ocurre la combustión y se generan gases a altas temperaturas.
- Recalentador de vapor: calienta el vapor saturado obtenido hasta el estado de vapor sobrecalentado.
- Aislamiento: aísla térmicamente el hogar y el cuerpo del intercambiador. Para evitar pérdidas de energía en el proceso de generación de vapor.
- Economizador: se realiza el intercambio de temperatura y el calor que se ha generado en los gases de combustión transfiere al agua que alimenta la caldera.
- Precalentador de aire: realiza el intercambio de temperatura de los gases de combustión con el aire de combustión que se utilizan en el hogar de la caldera.

4.2 Caldera de biomasa:

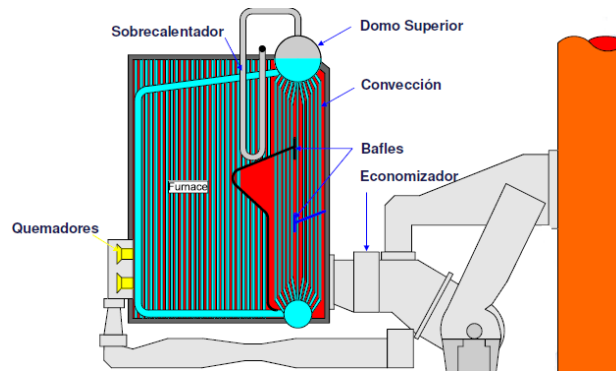
Utiliza como fuente de energía combustibles biodegradables. Al momento de quemarlo genera una llama que al hacer contacto con la tubería llena de agua se convierte en vapor, el cual es utilizado para procesos y/o mover turbinas de vapor. (HildebrandGruppe, 2018)

4.3 Clasificación de las calderas de vapor:

4.3.1 Caldera acuotubulares:

Son de pequeño volumen de agua, el cual va circulando por el interior de las tuberías que forman el intercambiador y están en el hogar. El calor que se genera y los gases de combustión calientan el agua que circula. Producen por lo general vapor sobrecalentado. (ABSORSISTEM, 2018)

Ilustración 1: Caldera acuotubular

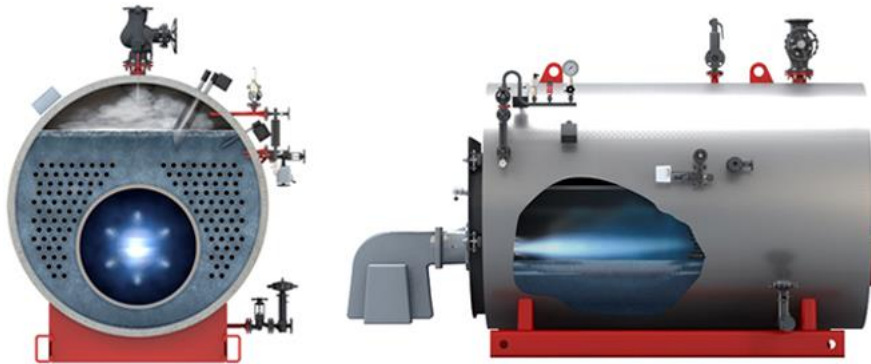


(SoloEjemplos , 2018)

4.3.2 Caldera Piro tubulares:

Tienen gran volumen de agua. Los gases calientes circulan por el interior de los tubos y el agua se encuentra en el exterior. Producen agua caliente o vapor saturado. (ABSORSISTEM, 2018)

Ilustración 2: Caldera piro tubular



(Bosch Industriekessel GmbH , 2019)

4.4 Sistemas de limpieza de gases de combustión:

Este método se creó con la necesidad de limpiar y eliminar las partículas, sustancias o gases que se generan debido al proceso de combustión. Los sistemas de limpieza de gases de combustión han sido de gran beneficio para la humanidad ya que disminuye considerablemente el impacto sobre el medio ambiente. Creando así ambientes de trabajo adecuados. (QUIMTIA industrial Medio Ambiente, 2018)

4.5 Tipos de sistemas de limpieza de gases de combustión:

4.5.1 Lavador de gas húmedo:

Sistema que limpia gases de combustión. La corriente de gas contaminada debe impactar a gran velocidad con el líquido de limpieza. (Calderas JCT, 2018)

Ilustración 3: Lavador de gas húmedo

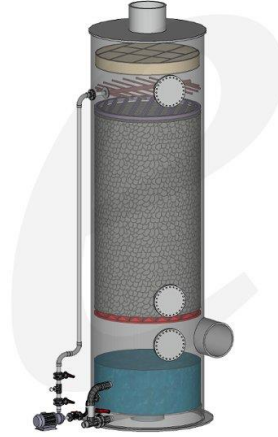


(Direct Industry)

4.5.2 Lavador de gas tipo torre empacada:

El aire contaminado fluye a través del medio de la torre, el solvente líquido con el que está rociada se usa para absorber los contaminantes del gas. (VERLEK Industria y Química, 2018)

Ilustración 4: Torre empacada

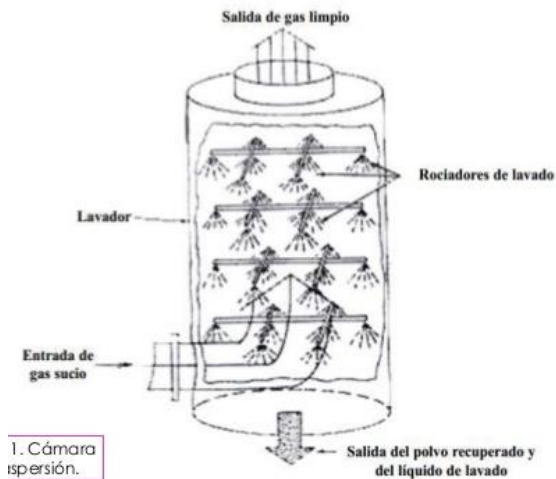


(ENQUIOL, 2018)

4.5.3 Lavador de gas tipo torre de aspersión:

Las corrientes de gas se introducen en una cámara y entran en contacto con el líquido de fregado producido por las boquillas de pulverización. Tienen bajo consumo de energía, sin embargo tienen eficiencia de recolección de partículas parcialmente baja. El agua recirculada en el sistema debe limpiarse a fondo para evitar que la boquilla se ensucie o se obstaculice. (QUIMTIA industrial Medio Ambiente, 2018)

Ilustración 5: Torre de aspersión

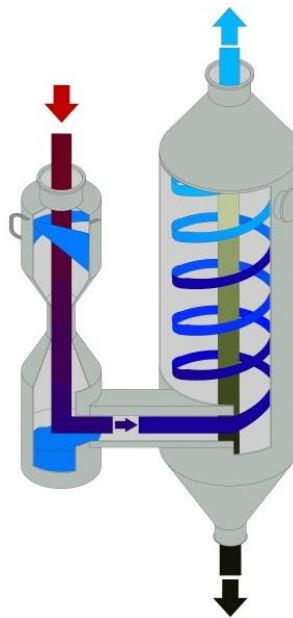


(Echavarría Guzmán, 2015)

4.5.4 Lavado de gas Venturi:

El agua se inyecta a baja presión en la garganta del Venturi a través del cual la corriente de gas pasa a una velocidad alta, la energía del gas atomiza el líquido, accediendo que partículas y contaminantes tengan impacto en la suspensión con la gotas y las cenizas ganan peso al momento de humedecerse, precipitándose con el agua al fondo del lavador. (VERLEK industria & química , 2018)

Ilustración 6: Venturi

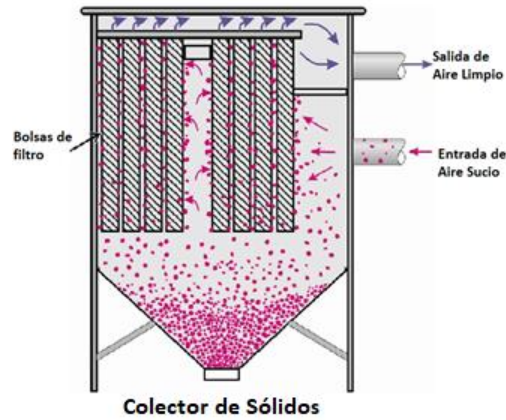


(LOPLAST s.r.l., 2018)

4.5.5 Baghouse o bagfilters:

Son filtros de limpieza continua, dispositivo para separar partículas sólidas. (Gulf Coast Environmental, 2018)

Ilustración 7: Baghouse

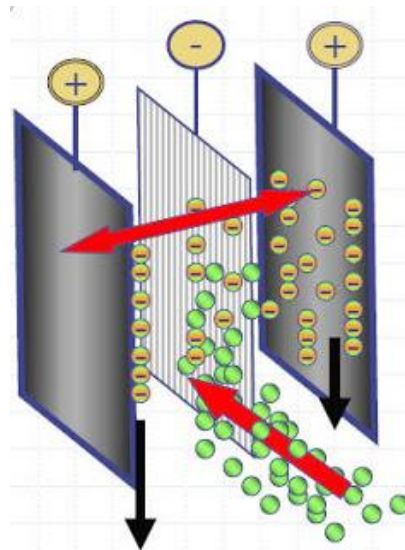


(ResearchGate, 2018)

4.5.6 Precipitador electrostático:

Dispositivo que atrapa partículas de gas contaminado, a través del proceso de carga electrostática inducida. (TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS A CARBÓN, 2018)

Ilustración 8: Electrostático

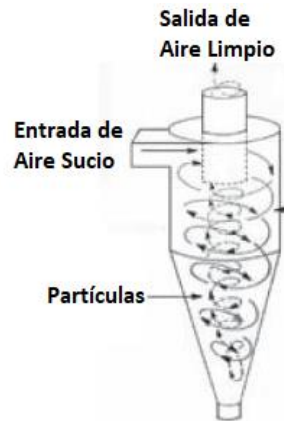


(Cecy, 2010)

4.5.7 Colectores ciclónicos:

Separador mecánico que utiliza la fuerza centrífuga para eliminar partículas de gran volumen. (VITIMSAC Ingeniería, Fabricación y Servicio, 2018)

Ilustración 9: Colector ciclónico



(Echeverri Londoño)

4.6 Equipos básicos de una planta de tratamiento de agua con ceniza

4.6.1 Bombas:

Estas transforman la energía mecánica en energía hidráulica. Se utilizan para desplazar el fluido de una zona de menor altitud o presión hacia otra de mayor altitud o presión y al aumentar la energía del fluido, va creciendo la presión, velocidad o altura. Los factores a considerar en la selección de una bomba hidráulica son: la capacidad requerida, condiciones del lado de descarga de la bomba y de succión, la altura o carga dinámica de la bomba, condiciones ambientales y tipo de fuente de potencia. (Marco Teórico, 2018)

4.6.2 Bombas centrífugas:

Son las que se encargan de transferir energía a la corriente del fluido impulsándolo desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión. Son bombas rotativas que sirven para transformar energía mecánica en energía cinética del fluido, aumentando la velocidad del fluido para transportarlo. (Marco Teórico, 2018)

Ilustración 10: Bomba centrífuga



(CONCENTRA Multiservicios y Equipos, S.A. De C.V. , 2018)

4.6.3 Bombas de desplazamiento positivo:

El rotor helicoidal tiene un movimiento excéntrico que al girar dentro del estator, comprime efectivamente el agua a través de la bomba en cada rotación. El agua se bombea con velocidades altas y bajas, puede crearse una presión que es capaz de bombear agua a alturas deseadas, según diseño de sistema. (BOMBAS, 2018)

Ilustración 11: Bomba de desplazamiento positivo



(le Carréfarago, 2018)

4.6.4 Bombas de vacío:

Son bombas que extraen gases no condensados en cualquier proceso que se requiera reducir la presión inferior a la atmósfera. (mundo compresor , 2018)

Ilustración 12: Bomba de vacío



(CORPORACIÓN ERAZON S.AC. BOMBAS DE VACIO, 2018)

4.6.5 Filtro banda:

Separan por medio de vacío los sedimentos sólidos a partir de suspensiones, siendo su funcionamiento continuo.

Ilustración 13: Filtro banda



(Filtro Esteira SCF VLC para Lodo do Caldo de Cana, 2010)

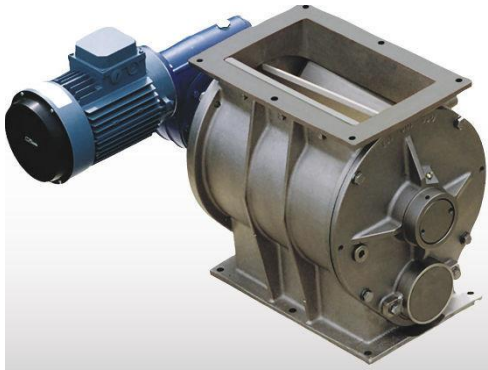
4.6.6 Válvulas:

Permiten la regulación y control de la circulación de líquidos o gases, que obstruyen conductos de forma parcial. (Definición.DE, 2018)

4.6.6.1 Rotativa:

Dispositivo mecánico utilizado para introducir o descargar con igualdad de caudal, desde un sistema de transporte neumático bloqueando transferencias o pérdidas diferenciales de presión. (Innova, 2018)

Ilustración 14: Válvula rotativa



(DirectINDUSTRY, 2018)

4.6.6.2 Automática:

Varía el caudal del fluido de control, en respuesta a una señal enviada por un controlador, cambiando el valor de la variable controlada. (QuimiNet, 2018)

Ilustración 15: Válvula automática



(MANUAL VALVULAS FISHER, 2018)

4.6.7 Pileta de decantación:

A ella se dirige el agua con ceniza que sale del lavador de gases de combustión, con la capacidad de separar las partículas sólidas durante el proceso de decantación.

4.7 Sistema de decantación:

Proceso que se establece para la separación de sólidos o líquido denso. La mezcla debe reposar para que la ceniza que es la más densa, descienda con el objetivo de extraerla. (FIBRAS & NORMAS , 2018)

4.7.1 Tolvas de retención:

Son las que reciben y retendrá el caudal que proviene del tanque de agua con ceniza, logrando la precipitación de éstas por medio de la dosificación de floculante.

4.8 Floculación:

Es la acumulación de partículas desestabilizadas. El proceso se realiza mediante la adición de sustancias floculantes, se unen sustancias coloidales que se encuentran en el agua, esto facilita la decantación y filtrado. (LENNTECH, 2018)

4.8.1 Tipos de floculación:

4.8.1.1 Catiónicos:

Son moléculas que tienen carga positiva, coagulan las moléculas que tienen carga negativa. (SERVYECO, 2018)

4.8.1.2 Aniónicos:

Este tipo de floculación atrapa moléculas con carga positiva. (SERVYECO, 2018)

V. METODOLOGÍA

La empresa determinó la necesidad de utilizar responsablemente el agua de los afluentes para el proceso industrial, aumentando el caudal de los mismos, para que las comunidades aledañas obtengan mayor acceso al recurso hídrico. Se diseñaron y fabricaron tolvas de decantación, tanques de floculante, tanques de neutralizadores de pH y equipos necesarios para la realización del proyecto, enlistando cada uno de los materiales, insumos, equipos, mano de obra y mantenimiento, deduciendo un presupuesto viable para la ejecución del sistema de tratamiento de agua con ceniza.

Se documentó basado en diagramas de flujos de los distintos sistemas de tratamiento para poder separar el agua con ceniza, en el cual el agua con ceniza proveniente del scrubber la reciben los tanques y el agua con ceniza es dirigida a los decantadores, se mide pH y se neutraliza. Las tolvas retienen el agua por un tiempo para que el floculante precipite la ceniza, el agua que rebalsa es limpia y es enviada nuevamente a los scrubbers de la caldera.

Se realizaron visitas técnicas a plantas industriales en Guatemala que cuentan con un sistema de tratamiento agua con cenizas, para evaluar cada gestión del proceso.

Se elaboró un diagrama de flujo del sistema de tratamiento de agua con ceniza que se implementaría en el ingenio, para que la ejecución del proyecto sea eficiente. (Ver; Ilustración 20 Diagrama Tratamiento de Agua con Ceniza)

Se dimensionaron las tolvas de decantación para que cumpla con un proceso eficiente, diseñando 4 tolvas y puedan retener el fluido por un minuto, con una capacidad de 750 galones cada una. Los tanques de floculante para que operen durante dos horas seguidas sin la necesidad de preparación de floculante y los tanques neutralizadores para que operen durante tres horas seguidas sin necesidad de preparar mezcla para el proceso de neutralización.

Se creó un listado de materiales, equipos, operación, mano de obra y mantenimiento, para el montaje de la planta de tratamiento de agua con ceniza, para determinar un presupuesto viable.

Al ser aprobado el proyecto del sistema de tratamiento de agua con ceniza, se ejecuta el montaje de la planta, realizando el análisis y ubicación de la misma. Se realizaron pruebas de cada equipo durante la puesta en marcha, finalizando con la estandarización de los procesos para certificar el correcto funcionamiento del sistema.

Para implementar el sistema de tratamiento de agua con ceniza en el ingenio ubicado en la zona sur de Guatemala, se solicitó el apoyo al Gerente de fábrica, ingenieros de turno y operarios de calderas, planificando y evaluando la ubicación para la instalación del sistema,

determinando los beneficios y parámetros de estandarización, donde se obtuvo una reducción considerable en la utilización del agua de la fuente externa.

CARACTERÍSTICAS DE METALES

METAL	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Acero	Durabilidad y resistente	Es susceptible a la corrosión
	Permite una buena mecanización en máquinas herramientas antes de recibir un tratamiento térmico.	Su resistencia al fuego es relativamente débil, ya que una aleación de este metal podría abollarse a altas temperaturas.
Cobre	Evita la reproducción de bacterias nocivas	El material puede ser sometido a corrosión si el agua es muy ácida.
	Durabilidad a largo plazo	Alto costo de compra e instalación
Aluminio	Alta resistencia a la corrosión atmosférica	Baja resistencia mecánica
	No se oscurece en presencia de compuestos azufrados	Uso de espesores mayores que la hojalata incrementa su costo
Hierro	Resistente y fácil de trabajar	Tienden a oxidarse
	Resistencia a la fatiga que el concreto	Costo alto en mantenimiento
Acero Inoxidable	Alta resistencia a la corrosión	Posibles abolladuras
	Alta resistencia a altas y bajas temperaturas	Alto costo

5.1 Diseño y fabricación de tolvas de decantación, tanques de floculante y tanques de neutralizadores de pH para el sistema de tratamiento de agua con ceniza proveniente del sistema de lavado de gases de combustión de una caldera de biomasa.

5.1.1 Diseño y fabricación de las tolvas de decantación o de retención:

Las tolvas fueron diseñadas para retener por un tiempo determinado el caudal de agua proveniente del tanque de agua con ceniza, logrando la precipitación por medio de la dosificación de floculante. Para disminuir el consumo de floculante y lograr una precipitación eficiente, se diseñó tomando en cuenta la cantidad de flujo de agua con ceniza y la concentración de ceniza en el agua.

Ilustración 16: Tolvas de decantación



(Lesly M. Díaz)

5.1.2 Diseño y fabricación de los tanques de floculante:

Se construyeron tanques para que el floculante precipite la ceniza. En donde se prepara la solución del floculante y agua. También para la dosificación del floculante líquido y se inyecta la solución al caudal de agua con ceniza antes de que ingrese a las tolvas para que se precipite.

Ilustración 17: Tanques de floculante



(Lesly M. Díaz)

5.1.3 Diseño y fabricación de los tanques de neutralizadores de pH:

En estos tanques se prepara cal hidratada y agua, que ayuda a neutralizar el agua con ceniza.

Ilustración 18: Tanques de neutralizadores de pH



(Lesly M. Díaz)

5.1.4 Selección de los equipos y materiales económicamente viables:

Todos los equipos y materiales que se utilizaron en el proyecto cumplieron con los parámetros de operación, por tal motivo se obtuvo un alto rendimiento a un costo relativamente bajo, cumpliendo con las expectativas de los directores.

5.1.4.1 Selección bombas de ceniza (ITT SRL):

Diseñadas para conducir con alta resistencia a la abrasión y al ataque químico de los productos, equipadas con variador de frecuencia. El impulsor está diseñado para el manejo de lodos abrasivos con concentraciones altas de sólidos. Estas bombas envían el agua con ceniza desde el tanque de agua con ceniza hasta las tolvas de decantación.

5.1.4.2 Selección bombas de agua filtrada (ITT SRL):

Cuentan con las mismas características de las bombas de ceniza, estas bombas envían el agua a los lavadores de gases de las calderas para poder limpiar de nuevo los gases de combustión.

5.1.4.3 Selección bombas de floculante:

Con características de caudal proporcional a la velocidad angular con alta precisión en la dosificación en toda escala de velocidades, también es de bombeo continuo e independiente de las variaciones de presión y viscosidad del fluido que se dosifica. Estas bombas dosificaron los productos químicos de todos los rangos de pH.

5.1.4.4 Selección Filtro banda (Marca VLC, con bomba de lavado de malla marca ITT, bomba de vacío marca Nash y con variador de frecuencia):

El diseño es de alto rendimiento, opera durante un tiempo indefinido sin necesidad de cuidado. La ventaja de este filtro es que tiene un alto grado de eficiencia, es de operación fácil, es de bajo costo de mantenimiento y bajo consumo de energía. El filtro banda que se utilizó es eficiente para separar sólidos y líquidos, se alimentó de agua con ceniza proveniente de las tolvas decantadoras, las separó aplicando vacío en la superficie interior de la banda y redujo la humedad que contienen las cenizas.

Ilustración 19: Filtro banda



(Lesly M. Díaz)

5.1.5 Selección de los químicos:

Para lograr que el químico logre precipitar los sólidos en las tolvas de decantación y proteja el metal de la planta de tratamiento de agua con ceniza, se controla la acidez del agua.

5.1.5.1 Neutralizador de pH:

La ceniza por lo general acidifica el agua del sistema de limpieza de gases de combustión, neutralizó el agua que recircula y de esa manera evitó la agresión química en tubería y equipos,

además neutralizando el fluido nos ayuda para el proceso de floculación, utilizando agua con cal a 8 Baumé y policloruro de aluminio. Teniendo como rango de operación de ph de 6 a 8.

5.1.5.2 Floculante:

Separa sólido-líquido en un rango amplio de condiciones. Es altamente efectivo de alto peso molecular y se determinó experimentalmente que la ceniza de bagazo se flocula con mayor eficiencia utilizando un floculante catiónico porque son moléculas que tienen carga positiva, coagulan las moléculas que tienen carga negativa y separó con eficacia los sólidos en las operaciones de deshidratación y durante los procesos ayudó en la clarificación del agua.

5.1.5.2.1 Dosificación del floculante:

Para decantar la ceniza en las tolvas, fue preciso aplicar floculante, para que atrapara todos los sólidos y los precipitara. La dosificación se controla por el transmisor de flujo de agua con ceniza, que se bombea del tanque de agua sucia con una preparación de 7lbs de floculante, equivalente a 0.15%.

5.1.6 Presupuesto de montaje, operación y mantenimiento para presentarlo a la gerencia:

Para el montaje del sistema de tratamiento de agua con ceniza, se elaboró un listado de materiales, equipos, operación y mantenimiento, determinando un presupuesto accesible para la empresa. Solicitando aprobación de gerencia.

Cuadro 1: Presupuesto de montaje, materiales y equipos

CANTIDAD	MONTAJE, MATERIALES, EQUIPOS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
4	Construcción de tanques para agua con partículas, mezclador, filtrada y clarificada	Q30,000.00	Q120,000.00
2	Bombas con motores eléctricos para agua sucia	Q60,000.00	Q120,000.00
2	Bombas con motores para agua clarificada	Q70,000.00	Q140,000.00
3	Construcción de tanque para floculante	Q20,000.00	Q60,000.00
1	Construcción de agitador de floculante	Q15,000.00	Q15,000.00
1	Moto-reductor de agitador de floculante	Q25,000.00	Q25,000.00

CANTIDAD	MONTAJE, MATERIALES, EQUIPOS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Bombas con motores eléctricos para floculante	Q15,000.00	Q30,000.00
2	Construcción de tanques para lechada de cal	Q20,000.00	Q40,000.00
2	Construcción de agitadores de lechada de cal	Q12,500.00	Q25,000.00
2	Moto-reductor de agitador de lechada de cal	Q25,000.00	Q50,000.00
1	Filtro banda	Q1,850,500.60	Q1,850,500.60
4	Tolvas decantadora de lodos	Q60,000.00	Q240,000.00
4	Construcción de válvulas rotativas para la extracción de lodos de las tolvas	Q20,000.00	Q80,000.00
4	Motores y reductores de las válvulas rotativas para la extracción de los lodos de las tolvas	Q20,000.00	Q80,000.00
2	Variadores de frecuencia para motores de agua sucia	Q148,500.00	Q297,000.00
2	Arrancadores suaves para motores de agua clarificada	Q63,500.00	Q127,000.00
6	Variadores de frecuencia para motores de floculante y válvulas rotativas	Q10,000.00	Q60,000.00
1	Tablero de potencia I-Line para flipones	Q20,000.00	Q20,000.00
1	Tablero para luminarios	Q12,000.00	Q12,000.00
1	Gabinete para arrancadores	Q18,000.00	Q18,000.00
1	Transformador de servicio	Q15,000.00	Q15,000.00
1	Cuarto para control de equipos eléctricos	Q20,000.00	Q20,000.00
2	Válvulas automáticas para control de nivel para dosificación de cal	Q33,500.00	Q67,000.00
-	Materiales eléctricos (cables, tubería lámparas, flipones)	-	Q263,000.00
-	Equipos para automatización (válvulas automáticas, medidores de flujo, transmisores de nivel, caja remota, tuberías para aire comprimido)	-	Q360,000.00
-	Aire acondicionado	-	Q12,000.00
-	Perfiles (vigas H, vigas C, angulares, láminas para piso)	-	Q197,000.00

CANTIDAD	MONTAJE, MATERIALES, EQUIPOS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
-	Materiales de obra civil (cemento, arena, pedrín, piedras, varias corrugadas y lisas)	-	Q225,000.00
-	Tuberías y accesorios (válvulas, codos, t's reducidos)	-	Q600,000.00
-	Insumos y herramientas (electrodos, amoladoras, discos para pulir, para cortar, oxígeno, acetileno, estopas, máquinas de soldar, equipos de oxicorte, porta electrodos)	-	Q150,000.00
	Renta de maquinaria (montaje y traslado de materiales)	-	Q150,000.00
	Costo de montaje	-	Q420,000.00
TOTAL			Q5,888,500.60

(Lesly M. Díaz)

Cuadro 2: Presupuesto de operación

Cantidad	Consumo semanal de químicos	Unidad de Medida	Precio Unitario	Costo total/semana
315	Floculante SUPERFLOC C-492 HMW	Kilogramo	Q 43.50	Q 13,702.50
400	GNS PLC (COAGULANTE)	Kilogramo	Q 8.50	Q 3,400.00
20	Cal hidratada HORCALSA (bolsa 55lbs)	Bolsa	Q 33.50	Q 670.00
-	CONSUMO ENERGIA SEMANAL (7 DIAS)	KW	-	Q 1,562.29
TOTAL				Q 89,334.79

(Lesly M. Díaz)

Cuadro 3: Presupuesto mantenimiento

Detalle de mantenimiento	Costo	
Técnicos de mantenimiento	Q	138,000.00
Mantenimiento de equipos (bombas, motores, válvulas, reductores)	Q	225,000.00
Mantenimiento de camiones	Q	50,000.00
TOTAL	Q	413,000.00

(Lesly M. Díaz)

5.1.7 Montaje de la planta de tratamiento de agua con ceniza, reutilizando equipo y con bajo recurso económico:

Se contó con equipos nuevos y otros diseñados por el personal del ingenio con materiales y equipos reutilizados. La mayoría de los equipos fueron reutilizados con el objetivo de reducir costos.

5.1.7.1 Análisis del montaje de la planta de tratamiento de agua:

El sistema lo forman diversos elementos y como el principal objetivo es reutilizar el agua que proviene de los lavadores de gases de combustión de las calderas, se redujo el uso del recurso hídrico de la fuente externa.

5.1.7.2 Ubicación de la planta de tratamiento de agua con ceniza:

Se realizó la instalación cerca de la planta de tratamiento de agua que es utilizada para la generación de vapor en las calderas. Se redujo el costo de material, por la conducción del agua que proviene de los lavadores de gases hacia la planta para el tratamiento y viceversa.

5.1.8 Puesta en marcha de la planta de tratamiento de agua con ceniza:

La operación del equipo del sistema de tratamiento de agua con ceniza demostró la eficiencia de cada uno de los equipos seleccionados y de la lógica de control, conforme a las especificaciones puntualizadas. Se inspeccionó el buen funcionamiento de los equipos, realizando pruebas de operación.

5.1.8.1 Prueba del funcionamiento de los equipos:

Esta prueba nos ayudó a corregir fallos que se presentaron en algunos de los equipos y otros demostraron su correcto funcionamiento.

5.1.8.2 Puesta en marcha del sistema:

La puesta en marcha se coordinó y se supervisó con el personal involucrado quienes operan la planta.

5.1.9 Implementar procesos de estandarización para garantizar el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de agua con ceniza:

- Llenar el tanque de agua con ceniza.
- Preparar lechada de cal hidratada en el tanque de agua con ceniza y mantiene el punto establecido del pH.
- Llenar el tanque de agua limpia a través de las bombas make-up.
- Dar inicio al bombeo de agua con ceniza hacia las tolvas de decantación.
- Iniciar la dosificación del floculante líquido al flujo de agua con ceniza, esto antes de que ingrese a las tolvas de decantación.
- Arranque de filtro rotativo.
- Inicia la descarga de lodos de las tolvas, con el arranque de las válvulas rotativas y regulares las válvulas manuales.
- Inicio de bombeo de agua limpia para la recirculación hacia el lavador de gas de combustión de calderas.
- Balancear el proceso con el flujo óptimo para el lavador de gas, manteniendo el nivel de agua en el tanque de agua sucia y el tanque de agua limpia.

VI. RESULTADOS

El agua con ceniza que proviene del scrubber la reciben los tanques, las bombas de agua sucia envían el agua con ceniza a los decantadores y mantienen el nivel del tanque, en él se mide pH y se neutraliza con cal. Para lograr que el floculante logre precipitar los sólidos en las tolvas de decantación y proteger el metal de la planta de tratamiento de agua con ceniza, es necesario controlar la acidez o neutralizar el agua. Las tolvas son las encargadas de retener el agua por un tiempo determinado para que el floculante precipite la ceniza. El agua que rebalsa es limpia y se envía nuevamente a los scrubbers de la caldera. Las válvulas rotativas descargan la ceniza acumulada y precipitada por los decantadores sobre el tanque mezclador de agua con ceniza.

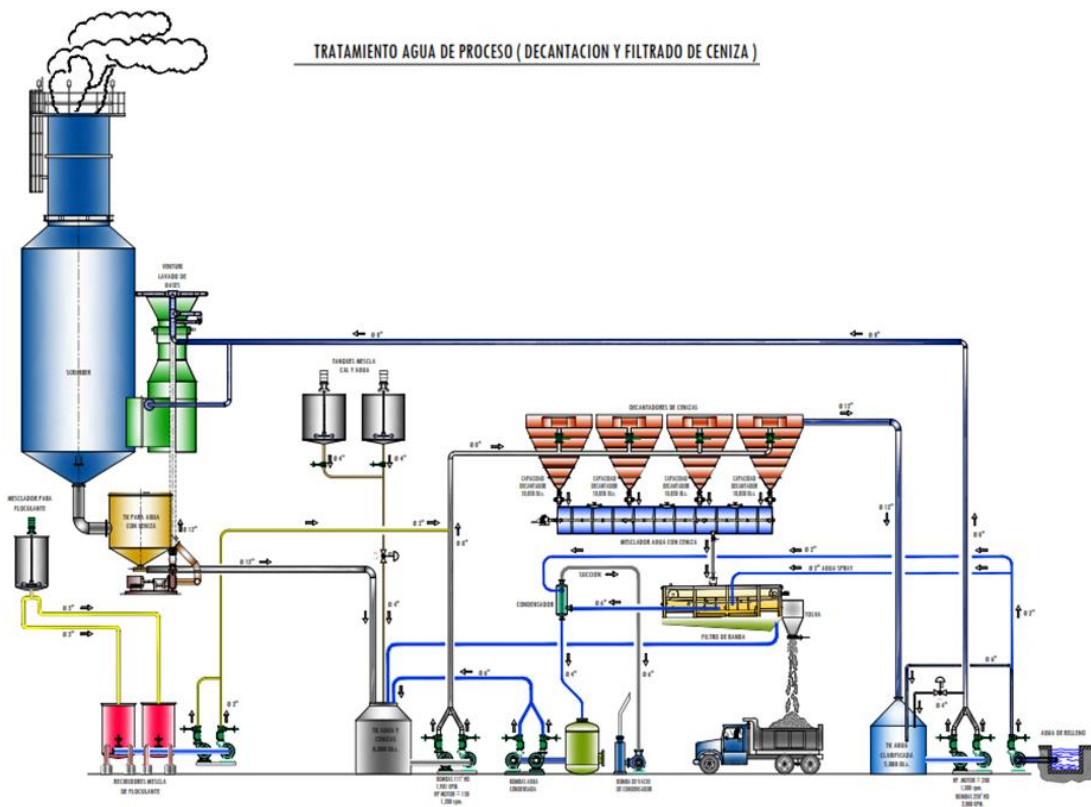
El tanque mezclador sirve como tanque pulmón, mantiene la alimentación continua de agua con ceniza al filtro banda para evitar que pierda vacío. El filtro banda es alimentado de agua con ceniza proveniente de los decantadores, el líquido filtrado ingresa a la caja de vacío, donde luego se almacena en el tanque de agua filtrada que se reutilizará en el proceso. En la banda filtrante, el aire comprimido es vital para aumentar la vida útil de la banda. La válvula alimentación filtro banda, controla el nivel de tanque mezclador de ceniza. Agua de sello filtro banda, es aplicada en el filtro para crear sello en cualquier momento y mantener el vacío. La válvula de guillotina es neumática encargada de retener durante determinado tiempo la ceniza seca saliendo de la planta de tratamiento de agua con ceniza, mientras que el transporte de volteo lleva la ceniza al campo.

El diseño de las tolvas de decantación cumplió con el requerimiento del fabricante del floculante obteniendo un proceso eficiente que requiere como mínimo retener el fluido un minuto por lo que se diseñaron 4 tolvas con una capacidad de 750 galones cada una. Y el diseño de los tanques de floculante se diseñó para operar durante dos horas seguidas sin necesidad de preparar mezcla de floculante para el sistema de decantación. Y los tanques neutralizadores se diseñaron para operar durante tres horas seguidas sin necesidad de preparar mezcla para el proceso de neutralización.

El sistema se implementó con una baja inversión, aumentó el agua que recircula, clarificó el agua y eliminó los sólidos y ceniza, la cual se utilizó como abono orgánico. Las características principales que se obtuvieron del proceso del sistema fueron: agua limpia, libre de sólidos en suspensión, se recirculó la mayor cantidad de agua disponible, el montaje fue realizado teniendo en consideración todas las necesidades de los operadores y de la empresa como tal. Por esta

razón fue necesaria la instalación del sistema de tratamiento de agua con ceniza proveniente del sistema de lavado de gases de combustión de una caldera de biomasa.

Ilustración 20: Diagrama tratamiento de agua con ceniza



(Lesly M. Díaz)

Antes del proyecto del sistema de tratamiento de agua con ceniza se trabaja con 3,000gpm del recurso hídrico externo, estos galones eran utilizados para el lavado de gases de combustión e iban directamente a las piletas de decantación, por lo cual el agua no era aprovechada.

Durante el proceso de limpieza de los gases de combustión, parte del agua empleada para dicho proceso se evapora debido al contacto directo que tiene con los gases de combustión que salen a una temperatura de 350°F aproximadamente. Los resultados obtenidos durante una semana de operación y puesta en marcha de la planta se detallarán a continuación:

Cuadro 4: Resultados obtenidos de operación y puesta en marcha de la planta

Utilización inicial del recurso hídrico para lavado de gases de combustión	3,000 GPM
Pérdidas de agua por evaporación durante el proceso de lavado de gases de combustión	400 GPM
Utilización final del recurso hídrico para lavado de gases de combustión	400 GPM
Reducción de agua empleada para limpiar los gases de combustión	$\frac{((\text{Flujo inicial} - \text{Flujo final}) / \text{Flujo inicial}) * 100}{((3,000\text{gpm} - 400\text{gpm}) / 3,000\text{gpm}) * 100}$ 86.67%
Ceniza Extraída del sistema de lavado de gases de combustión	100 Toneladas de ceniza diarias
Humedad de la ceniza al final del proceso	30 %

(Lesly M. Díaz)

Ilustración 21: Planta de tratamiento agua con ceniza



(Lesly M. Díaz)

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ✓ En la planificación y ejecución del proyecto de la planta de tratamiento de ceniza, se acompañó al personal de operación durante la prueba del funcionamiento de los equipos, puesta en marcha y la estandarización del proceso de arranque, paro y operación continúa.
- ✓ La medición de caudal de agua con ceniza se logra colocando un medidor de flujo de agua limpia y un medidor de agua sucia y por la diferencia se determina que la cantidad de agua necesaria para reposición del sistema debido al proceso de evaporación es de 400gpm.
- ✓ En la ejecución del proyecto se determina por la evaporación de agua una utilización de 400gpm, reduciendo un total de 2,600gpm de la fuente externa equivalente a un 86.67%.
- ✓ La empresa rectifica su compromiso con la Política Integrada de Calidad, con el bienestar del medio ambiente y la población guatemalteca.

VIII. CONCLUSIONES

- Se desarrolló el sistema de tratamiento de agua con ceniza, midiendo el agua sucia y agua limpia se obtuvo una utilización de agua de los ríos de 400gpm, adquiriendo un ahorro equivalente a 86.87% superando el objetivo que era como mínimo un 60%.
- Se diseñaron las tolvas de decantación, floculante y neutralizadoras. Obteniendo un tiempo de retención del fluido de 1 minuto para las tolvas de decantación, 2 horas de operación para el tanque de floculante y 3 horas de operación con la capacidad de los tanques de neutralización.
- Se seleccionaron e instalaron los equipos y materiales que se utilizaron en la implementación del proyecto para transportar y resistir el tanque abrasivo y químico de los fluidos que se manejan en la planta de tratamiento de agua con ceniza.
- El químico floculante que se utiliza es el catiónico porque es efectivo de alto peso molecular, ayudará a que las cenizas se precipiten al fondo de las tolvas. Beneficia en cuanto a la flotación por el medio de aire disuelto, deshidratación por medio de filtro banda, filtración espesado y la clarificación del agua.
- Se elaboró y se aprobó el presupuesto para la realización del proyecto de tratamiento de agua con ceniza, por un total de Q 6,390,835.39, incluyendo los materiales, equipos, operación y mantenimiento.

IX. RECOMENDACIONES

- La ceniza húmeda que se obtiene al final de proceso se puede aprovechar como abono orgánico en el campo.
- Para evitar la corrosión y degradación del floculante, no se deben utilizar equipos de aluminio, cobre o hierro.
- Se recomienda verificar que el filtro banda no tenga orificios.
- Se recomienda verificar que todos los rodillos del filtro banda se muevan libremente, comprobando que no haya ninguna masa de ceniza, porque la banda se desnivela.
- Se recomienda mantener lubricados los rodamientos del filtro banda.
- Cuando el filtro banda no está en funcionamiento se debe cubrir con plástico negro para evitar contaminación con elementos abrasivos.
- Disminuir la tensión en la correa y en el tejido filtrante, cuando el filtro banda no esté operando por un largo tiempo
- Cumplir con el uso del equipo de protección personal.

X. BIBLIOGRAFÍA

- VLC SISTEMAS DE FILTRACIÓN Y SEDIMENTACIÓN. MANUAL TÉCNICO FILTRO ESTEIRA ASF-4 VLC. Cliente|MAGEN EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA. Pedido de Compra|17017-PO-001-R02. OF|8702/17
- ITT ENGINEERED FOR LIFE. GOULDS PUMPS, Guía de selección de bombas. https://www.gouldspumps.com/ittgp/medialibrary/goulds/website/Literature/Pump%20Selection%20Guide/PumpSelectionGuide_LA_ES.pdf?ext=.pdf [15 de enero de 2019].
- Lezana Chajón, Luis Alberto. 2006. *Análisis de operación y funcionamiento de un clarificador de agua, oriunda de lavado de gases en calderas de ingenio La Unión, S.A.* Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 133 págs.
- M. Vaz, Cláudio; Stamile Soares, Sérgio M. y da Silva, José Oswaldo. *SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA DE CENIZA DE LAVADO DE GASES DE CALDERAS.* 9 págs.
- Kemira. *Información Técnica.* Superfloc Serie C-490 HMW PAMs catiónica seca. 2 págs.
- KEMIRA. *Ficha de datos de seguridad.* Superfloc C-492HMW Flocculant. 7 págs.
- Engenho novo. Productos y servicios Azúcar y alcohol. *Tratamiento de agua de ceniza.* http://www.engenovo.com.br/es/produtos_servicos/acucar_alcool/taf.php [08 de diciembre de 2018]
- Khoon Lim, Kho. *Specialized Systems for Gas Cleaning and other Advances in Cogeneration.* Vol. 34 No. Especial, Tomo II, 2013. 9 págs.

XI. ANEXOS

ANEXO 1: Información técnica (filtro banda)

Cuadro 5: Información técnica

Modelo de filtro	ASF-4
Potencia del motor de filtro	3 CV
Total de filtro en vacío	4.700 kg

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 6: Consumo de agua

Utilidades	Consumo de Agua
Agua de sellado de vacío	1.5m ³ /h con 10 a 15 MCA (agua limpia a 25°C)
Agua de lavado de tejido	9.2m ³ /h con 75 MCA (agua limpia sin sólidos)
Agua de lavado de la malla	2.9m ³ /h con 75 MCA (agua limpia clarificada)
Agua del condensador	1.5m ³ /h con 10 a 15 MCA (agua limpia)

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 7: Consumo de aire comprimido

Utilidades	Consumo de Aire comprimido
Aire del sistema de alineación	7m ³ /h a 4 kgf/cm ²
Aire del depósito	13m ³ /h

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 8: Datos de proceso (filtro banda)

IDENTIFICACIÓN DEL FLUIDO	ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA	ALIMENTACIÓN DEL AGUA LIMPIA	DOSIFICACIÓN DEL POLÍMERO	AGUA PARA CONDENSADOR	RECIRCULACIÓN AGUA CON PARTICULADOS
DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5
TEMPERATURA (°C)	55/65	AMB	AMB	AMB	55/65
CAUDAL (m3/h)	700	17.9	0.7	1.5	70
PRESIÓN (mca)	20	10/15	10/15	10/15	20
Φ de Tuberías (POL)	14	2	1/2	3/4	4
CONC. DE SÓLIDOS MAX. (G/L)	10	-	-	-	-
CADAL SÓLIDOS MAX (TON/H)	7	-	-	-	-
SCHEDULE/ESP. PARED (mm)	10/6.35	40/3.91	40/2.77	40/2.87	40/6.02

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 9: Datos de proceso (filtro banda)

IDENTIFICACIÓN DEL FLUIDO	AGUA PARA SELLO DEL FILTRO/BOMBA DE VACÍO	AGUA PARA SELLO DE BOMBA DE VACÍO	AGUA PARA SELLO FILTRO	COLECTOR	ENTRADA CLARIFICADORES ESTÁTICO
DESCRIPCIÓN	6	7	8	9	10
TEMPERATURA (°C)	AMB	AMB	AMB	50/60	50/60
CAUDAL (m3/h)	3.5	1.5	2	773.5	774.2
PRESIÓN (mca)	10/15	10/15	10/15	ATM	ATM
Φ de Tuberías (POL)	1	3/4	3/4	16	16
CONC. DE SÓLIDOS MAX. (G/L)	-	-	-	9	9
CADAL SÓLIDOS MAX (TON/H)	-	-	-	6.3	6.3
SCHEDULE/ESP. PARED (mm)	40/3.38	40.2.87	40/2.87	10/6.35	10/6.35

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 10: Datos de proceso (filtro banda)

IDENTIFICACIÓN DEL FLUIDO	AGUA DE LAVADO DE LAS MALLAS	ENTRADA DEL LODO EN EL FILTRO	OVERFLOW CLARIFICADOR	AGUA CLARIFICADA	DRENO DEL FILTRO
DESCRIPCIÓN	11	13	15	16	17
TEMPERATURA (°C)	AMB	45/55	45/50	45/50	AMB
CAUDAL (m3/h)	9.2	70	704.2	700	8.7
PRESIÓN (mca)	75	8	ATM	50	ATM
Φ de Tuberías (POL)	1.1/4	4	16	12	6
CONC. DE SÓLIDOS MAX. (G/L)	-	100	<0.1	<0.1	-
CADAL SÓLIDOS MAX (TON/H)	-	6.3	-	-	-
SCHEDULE/ESP. PARED (mm)	40/3.56	40/6.02	10/6.35	20/6.35	STD/6.35

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 11: Datos de proceso (filtro banda)

IDENTIFICACIÓN DEL FLUIDO	FILTADO	SALIDA DEL RECEPTOR FILTRADO	VACÍO	AGUA PERDIDA CON LA MASA (ceniza)	MASA (ceniza)
DESCRIPCIÓN	18	19	20	21	22
TEMPERATURA (°C)	40/50	40/50	AMB	35/45	35/45
CAUDAL (m3/h)	63.3	63.3	646	8.75	15.8
PRESIÓN (mca)	8	8	8	ATM	ATM
Φ de Tuberías (POL)	6	6	6	-	-
CONC. DE SÓLIDOS MAX. (G/L)	-	-	-	-	450
CADAL SÓLIDOS MAX (TON/H)	-	-	-	-	7
SCHEDULE/ESP. PARED (mm)	STD/6.35	STD/6.35	STD/6.35	-	-

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 12: Datos de proceso (filtro banda)

IDENTIFICACIÓN DEL FLUIDO	OVERFLOW TANQUE DE LODO	LAVADO DE LA BANDA DEL FILTRO	MANGUERA DE LAVADO PARA LA CAL DEL FILTRO	SELLO DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS	RECIRCULACIÓN FILTRADO
DESCRIPCIÓN	23	25	27	28	29
TEMPERATURA (°C)	45/55	AMB	AMB	AMB	40/50
CAUDAL (m3/h)	-	2.9	0/3	0.5	-
PRESIÓN (mca)	-	75	10/15	75	20
Φ de Tuberías (POL)	6	-	3/4	1/2	2
CONC. DE SÓLIDOS MAX. (G/L)	100	-	-	-	-
CADAL SÓLIDOS MAX (TON/H)	6.3	-	-	-	-
SCHEDULE/ESP. PARED (mm)	STD/6.35	MANGUERA	40/2.87	40/2.77	40/3.91

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Cuadro 13: Datos de proceso (filtro banda)

IDENTIFICACIÓN DEL FLUIDO	AGUA LIMPIEZA PARA TUBO PULMÓN	LAVADO DE LA MALLA DEL FILTRO	SALIDA DEL CONDENSADOR	AIRE COMPRIMIDO (EXTERNO)	OVERFLOW TANQUE DE AGUA CLARIFICADA
DESCRIPCIÓN	30	31	32	33	34
TEMPERATURA (°C)	AMB	AMB	AMB	AMB	45/50
CAUDAL (m3/h)	9.2	5.8	1.5	23	-
PRESIÓN (mca)	10/15	75	8	70	2.5
Φ de Tuberías (POL)	1.1/2	-	6	3/4	6
CONC. DE SÓLIDOS MAX. (G/L)	-	-	-	-	>0.1
CADAL SÓLIDOS MAX (TON/H)	-	-	-	-	-
SCHEDULE/ESP. PARED (mm)	40/3.68	MANGUERA	STD/6.35	40/2.87	STD/6.35

(Manual Técnico Filtro Esteira ASF-4 VLC)

Información técnica de floculante

1. Aplicaciones: es de beneficio en cualquier proceso de separación de sólido-líquido. Son recomendados para:
 - a. Flotación por medio de aire disuelto.
 - b. Filtración.
 - c. Deshidratación por medio de filtros banda.
 - d. Espesado.
 - e. Clarificación del agua.

2. Beneficios:
 - a. Uso económico, eficaces a bajas dosis.
 - b. Remoción de sólidos altamente eficaz.
 - c. El producto seco minimiza las necesidades de espacio de almacenamiento.
 - d. Efectivos en un amplio rango de pH.
 - e. Mejora los resultados y la formación de sólidos.

3. Seguridad e higiene:
 - a. Protección respiratoria: donde las exposiciones exceden el límite de lo establecido, utilizar la protección respiratoria recomendada para el material y al nivel de exposición.
 - b. Protección de los ojos: usar protección ocular y/o facial, gafas para productos químicos y máscara.
 - c. Protección de la piel: evitar contacto con la piel. Usar guantes impermeables y ropa protectora adecuada.
 - d. Adicional: antes de comer, beber; lavarse la cara y las manos cuidadosamente con jabón y agua.

4. Manipulación y almacenamiento: se debe mantener buena limpieza para controlar las acumulaciones de polvo. Para evitar la degradación del producto y corrosión del equipo, no se debe utilizar contenedores ni equipos de hierro, cobre o aluminio. La vida útil de estos productos es de 24 meses cuando se almacenan en empaques, a una temperatura no superior a los 40 °C.

5. Dosificación del producto: las soluciones madre se pueden preparar a una concentración de hasta un 0.5% a través de una unidad de preparación automatizada o por lotes. Las soluciones se deben dejar añejar de 30 a 60 minutos para lograr la máxima eficacia. Para la transferencia de polímeros se debe evitar utilizar bombas centrífugas.

1. Propiedades físicas y químicas:

Cuadro 14: Propiedades físicas y químicas

Color	Blancuzco
Aspecto	Polvo cristalino
Olor	Ninguno
Temperatura de ebullición/rango	No aplicable
Temperatura de fusión	No disponible
Presión de vapor	No aplicable
Gravedad específicas	0.75 (Densidad de volumen, g/ml)
Densidad de vapor:	No aplicable
% VOLATIL (Por peso)	7 – 8
pH	3 -5 como solución
Saturación en Aire (% en Vol.)	No aplicable
Índice de evaporación	No aplicable
SOLUBILIDAD EN EL AGUA	Limitado por la viscosidad
Contenido orgánico volátil	No disponible
Punto de inflamación	No aplicable
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD (% Por Vol)	No aplicable
Temperatura de autoignición	>150°C
Temperatura de descomposición	>150°C
Coeficiente de reparto (n-octanol/agua)	No aplicable

(Lesly M. Díaz)

Propiedades típicas:

Cuadro 15: Propiedades típicas

Productos SUPERFLOC	C-490 K	C-491 K	C-491HMW	C-492HMW	C-493HMW
Carácter químico	Poliacrilamida Catiónica				
Apariencia	Polvo granular blanco				
Carga relativa	Muy baja	Muy Baja	Baja	Baja	Mediana
Peso molecular	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Densidad a granel (kg/L)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
pH solución al 0.5% (25°C)	3.0–5.0	3.0–5.0	3.0– 5.0	3.0-5.0	3.0-5.0
Viscosidad a 25°C (cp / mPa.s)					
0.10%	25	40	90	120	130
0.25%	75	100	210	300	330
0.50%	250	300	500	600	650
1.00%	750	1000	1200	1500	1700

(Lesly M. Díaz)

XII. GLOSARIO

Combustible biodegradable:	Es fabricado a partir de materias primas agrícolas como aceites vegetales o grasas animales de frituras usados.
Intercambiador:	Es un dispositivo cuya función es transferir el calor de un fluido a otro de menor temperatura. La transferencia de calor se produce a través de una placa metálica o tubo que favorezca el intercambio entre fluidos sin que estos se mezclen.
Pulverización:	Reduce las partículas pequeñas de los elementos sólidos.
Caudal:	La cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto.
Dosificar:	Determinar o regular cierta cantidad de unidades.
Precipitación:	Cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra.
MCA:	Metro de columna de agua (densidad 1000kg/m ³)
GPM:	Galones por minuto.
Scrubber o lavador de gas:	Sistemas de depuración para emisiones atmosféricas que se usan principalmente para eliminar tanto partículas como gases que se generan durante procesos industriales.