



**SISTEMA DE ALIMENTACION CONTINUA DE BIOMASA POR
MEDIO DE SISTEMAS DE CANGILONES**

Presenta:

MARIO ALFONSO MILLÁN QUINTERO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Montería

2024



**SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CONTINUA DE BIOMASA POR
MEDIO DE SISTEMAS DE CANGILONES**

Presenta:

MARIO ALFONSO MILLÁN QUINTERO

Trabajo de grado para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico

Director de tesis

RAFAEL EDUARDO TUIRÁN VILLALBA

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Montería

2024

DEDICATORIAS

A mis padres, Arley Quintero y Ariel Millán, por su apoyo en todo momento.

A Eliecer Mejía Atencio por su apoyo incondicional en todo momento.

A Leidy Rodríguez Bohórquez y todos mis familiares por su apoyo incondicional en todo momento.

A Dios por iluminarme para alcanzar este propósito.

A Rafael Tuiran, Ingeniero Mecánico y asesor de la universidad, por su colaboración y orientación para lograr el desarrollo y diseño final de este trabajo de investigación.

A Katerin Sánchez, Ingeniera Mecánica y asesora de la universidad, por su colaboración y orientación.

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por permitirme la posibilidad y oportunidad de estudiar una carrera profesional.

Contenido

DEDICATORIAS.....	3
Contenido	4
Lista de figuras.....	6
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
1.MARCO TEÓRICO/ESTADO DEL ARTE	14
1 Antecedentes históricos e investigativos	14
2 Marco teórico.....	27
Sistema de transporte de cangilones	27
Principio de funcionamiento.....	28
Partes componentes de un sistema de elevadores.....	28
Estructura	29
Tamboras y catalinas.....	29
Órgano de tracción	29
Cangilones.....	30
Sistema pulsor.....	30
Sistema de atezado	31
Elevadores de cangilones de bandas	31
Ventajas	31
El análisis de los elementos finitos.....	32
1.3 Marco conceptual	33
1.4 Normas legales y éticas	36
2.METODOLOGÍA	39
2.1 Tipo y enfoque de investigación	39
2.2 Objeto de estudio:	40
Fuentes primarias.....	40

Fuentes secundarias	40
2.3 Tratamiento de información:.....	41
2.4 Técnicas e instrumentos de obtención de información:	41
2.5 Proceso de desarrollo y diseño de la investigación	42
3.RESULTADOS	43
DISEÑO DEL CANGILÓN:.....	56
ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS:	¡Error! Marcador no definido.
4. CONCLUSIONES	64
5.RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍAS	66
ANEXOS.....	68
Anexo 2 : Presupuesto	71

Lista de figuras

Ilustración 1, 2: carga por dragado y carga por gravedad	19
Ilustración 3 – 4: cangilón por cadenas y descarga continua	19
Ilustración 5: Dimensiones comerciales de fabricación	55
<i>Ilustración 6: Prototipo experimental del cangilón, realizado con ayuda del software de diseño SolidWorks.</i>	56
<i>Ilustración 7: Análisis de von-mises realizado con ayuda del software de diseño ANSYS:</i>	57
<i>Ilustración 8: Análisis de deformación.</i>	58
<i>Ilustración 9: Diseño de detalle global con ayuda de SolidWorks.</i>	60
<i>Ilustración 10: Diseño de detalle global con ayuda de SolidWorks.</i>	61
<i>Ilustración 11: Planos del diseño de detalle global con ayuda de SolidWorks.</i>	62

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado con el objetivo de diseñar un sistema de transporte continuo de biomasa por medio de elevadores de cangilones para optimizar el tiempo en el llenado de material en la planta piloto de generación eléctrica por gasificación que se encuentra en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería.

Como estrategias metodológicas, se emplearon las investigaciones de tipo descriptiva y explicativa, un enfoque cualitativo, fuentes de información primarias y secundarias, la encuesta estructurada y no estructurada como instrumentos de obtención de información, las cuales fueron aplicadas a través de la técnica de entrevista personal, y se tomó como elemento objeto de investigación la planta piloto de energía eléctrica por gasificación que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería.

Entre los principales resultados y conclusiones, se evidenciaron en el diseño actual de la planta piloto de generación de energía eléctrica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería, situaciones que exponen a los trabajadores a riesgos a la salud, a accidentes de trabajo, a la presencia de impurezas en el insumo, así como a tener que tardar demasiado tiempo en el llenado o suministros de la biomasa por tener que estar subiendo y bajando constantemente. Esto permitió establecer la necesidad e importancia de diseñar un sistema de transporte de cangilones por medio de bandas, el cual permitirá una funcionalidad de la planta de manera más eficiente y sin riesgos para los operarios.

Palabras claves: Sistema de transporte, Cangilones, Biomasa, Riesgo, Diseño.

INTRODUCCIÓN

La energía ha constituido una pieza clave para el desarrollo de la humanidad. El hombre, desde el principio de su existencia, ha necesitado la energía para sobrevivir y avanzar. En este sentido, la energía ha sido el elemento esencial para el desarrollo de gran parte de las actividades del hombre tanto la sociedad como las empresas.

Existen diferentes tipos de energía, sin embargo, para efectos del presente trabajo se hace referencia a la energía eléctrica, la cual puede definirse como aquella que se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados cuando se ponen en contacto mediante un transmisor eléctrico, contacto este que provoca una corriente eléctrica.

La corriente eléctrica puede generarse a partir de fuentes hidráulicas, térmicas, solares, eólicas, hidrocarburos y biomasa entre otras. Respecto a esta última forma de producción de energía, es que se centra el presente trabajo de investigación y sobre la cual se desarrolla el planteamiento del problema.

En este orden de ideas y al revisar un poco la historia sobre el origen de la energía eléctrica a partir de la biomasa encontramos que, en el inicio de la revolución industrial, la biomasa fue uno de los factores más importante para la fabricación de energía, y por eso, es una de las formas de generación de energía más importante para la sociedad.

La biomasa es un recurso generado por la naturaleza y el medio ambiente sin necesidad de ser manipulado por el hombre, la cual podemos encontrar en distintas formas como son: La cascarilla de arroz, la cascarilla de maíz y la tusa de maíz entre otras.

La energía en forma de calor que brinda el sol, es aprovechada por diferentes vegetales y también de algunas plantas de tratamiento de biomasa las cuales utilizan procesos químicos para la obtención de energía acumulada en forma de biomasa. En este sentido, las plantas de gasificación son creadas con el fin de generar energía por medio de la biomasa, en la cual se le realizan diferentes procesos térmicos para la generación de energía, la cual puede ser utilizada por el hombre para diferentes usos como son: la iluminación, el funcionamiento de equipos, maquinarias y electrodomésticos entre otros.

En los actuales momentos, la Universidad Pontificia Bolivariana con seccional en la ciudad de Montería – Córdoba, dispone de una planta piloto de generación de energía a partir de biomasa, la cual tiene un horno con una capacidad máxima de 50 kilogramos de biomasa por hora para la generación eficiente de energía. Sin embargo, el proceso de suministro de biomasa al generador, implica, que se debe subir por medio de escaleras hasta una altura de 4 metros generando riesgos laborales para los operarios de la planta de gasificación como caídas o fracturas graves, y así elevando costos de las aseguradoras contra accidentes por los altos índices de riesgo laboral. Para realizar dicho proceso, es decir, el depósito o suministro de la biomasa necesaria para el funcionamiento del generador de energía, cuya característica que hace parte del diseño inicial del mismo, a de tardar hasta 25 y 30 minutos en las subidas del material solo para 50kg/h, siendo ineficiente el tiempo de llenado, con el sistema de transporte por cangilones, se

estima que el tiempo de llenado aumente a 150kg/h cada 20min.

Es por lo anterior, que la planta generadora de energía, necesita de un sistema de transporte continuo de biomasa para mejorar el proceso de generación eléctrica con biomasa; la entrada de la planta por donde se adiciona el material, se encuentra a una altura de 4 metros sobre el suelo, dificultando la labor de llenado con el material utilizado. Con el sistema de transporte continuo por cangilones, se busca transportar biomasa, a alturas que no pueden ser superiores a 3 m de longitud, realizando a la vez, la limpieza y movimiento de material que necesita la planta, cuya capacidad de almacenamiento del depósito está entre 40 y 50 kilogramos de biomasa por hora.

Se pretende realizar en este proyecto, un sistema de transporte de biomasa para esta planta piloto de generación eléctrica de la Universidad Pontificia Bolivariana con sede en la ciudad de Montería-Córdoba, a través de una metodología sistemática de diseño, la cual parte de la consulta de especificaciones técnicas y funcionales, las cuales serán priorizadas de acuerdo con los criterios sugeridos por los usuarios finales y por el equipo de diseño. De esta priorización de criterios, se generarán alternativas de solución, de las cuales se escogerá una para realizar el diseño de detalle. Así como también, se realizó el estudio de elementos finitos los cuales estimaron los esfuerzos máximos de los materiales que se utilizan para la fabricación de sistema de limpieza y transporte.

Con el sistema de transporte por cangilones, se busca aumentar el rendimiento y la capacidad de generación de fluido eléctrico en la planta piloto. Este proyecto también se centra en la limpieza de impurezas que contiene la biomasa, ya que estas afectan el proceso térmico disminuyendo la producción de gases puros necesarios para realizar el proceso de generación. También se consideran las diferentes fallas que presentan estos equipos, como lo es el descarrilamiento de

cadenas en las bandas transportadoras, desgaste en diferentes piezas de rodamiento, atascamiento de correas entre otros, los cuales se presentan al momento de entrar en funcionamiento, creando y mostrando alternativas para evitar dichas fallas.

En concordancia con lo anterior, se plantea el siguiente interrogante:

¿Cómo diseñar un sistema de alimentación continua de biomasa para el generador, el cual limpie y transporte de manera eficiente los volúmenes constantes de biomasa y a su vez elimine parte del material innecesario que afectan a la producción de energía de la planta de la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Montería?

Si bien, el diseño inicial de generador de energía, constituye un gran aporte para la universidad por las soluciones de energía que brinda para la misma, se hace necesario también, desarrollar en esta planta, un proceso de mejoramiento técnico y funcional a fin de lograr un eficiente funcionamiento de la planta, introduciéndole mejoras que conlleven a realizar un aprovechamiento óptimo del insumo, como lo es la biomasa, lo cual se logra a través del proceso de limpieza de la misma, así como la realización de un proceso de transporte rápido y oportuno, sin que ello implique riesgo alguno para las personas que interviene en la manipulación y operación de la planta de energía.

Un sistema de alimentación continuo de biomasa para el generador, es la opción más viable para una mayor producción de fluido energético, ya que el sistema de transporte continuo por medio de cangilones, reduce los tiempos perdidos durante la adición de biomasa dentro del equipo y, por ende, disminuye los tiempos muertos

de no producción que se presentan en el transporte manual, se reduce el riesgo de accidente en la planta y el desgaste físico de los operarios. Por otra parte, el sistema de cangilones tiene una función de limpieza de material, que elimina impurezas que no se requieren en el proceso las cuales dificultan y afectan la planta generadora de gases al momento de entrar en funcionamiento.

En lo social, este proyecto de investigación, propone un diseño de mejoramiento que conduce a un eficiente suministro energético, el cual tiene por objeto, cubrir las distintas necesidades de energía que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Montería – Córdoba para el funcionamiento normal de su infraestructura operativa, con lo cual, se benefician estudiantes, docentes, directivos y demás personas que de alguna u otra manera hacen parte de la universidad, permitiéndole además, ahorro en los costos de energía, la disponibilidad de energía en momentos que existe racionamiento y la incentivación del sector agrícola en la realización de actividades productivas para la obtención de insumo básico de funcionamiento de la planta, como lo es la biomasa.

Desde el punto de vista académico, el presente trabajo de investigación deja una importante experiencia teórico – práctica y científica, al poner en práctica los distintos principios y fundamentos de la ingeniería mecánica; con este trabajo, se expone un claro precedente sobre las posibilidades del ser humano y de la investigación científica de poder transformar el mundo y los distintos inventos del hombre en su afán por mejorar sus condiciones de trabajo, así como su calidad de vida.

Si bien, este trabajo ha sido elaborado como requisito de grado para optar al título profesional de Ingeniero Mecánico, también contribuye con futuras generaciones de estudiantes y profesionales, bien sea como referente de consulta o como

investigación, la cual podría profundizarse con nuevas ideas o conocimientos. Pues se trata de una investigación que aporta conocimiento y experiencia y cuyo contenido y desarrollo implicó tiempo, esfuerzo, dedicación y el aporte de personas versadas en el tema.

De acuerdo con lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Diseñar un sistema de transporte continuo de biomasa por medio de elevadores de cangilones para optimizar el tiempo en el llenado de material en la planta piloto de generación eléctrica por gasificación que se encuentra en la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería.

Objetivos específicos

- Evaluar las características y deficiencias actuales que presenta la planta piloto de generación de energía eléctrica por gasificación que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería.
- Establecer los parámetros de diseño para el sistema de alimentación de biomasa por medio de elevadores de cangilones.

- Desarrollar el diseño conceptual del sistema de alimentación de cangilones teniendo en cuenta los parámetros de diseño establecidos y la bibliografía encontrada.
- Realizar el análisis de elementos finitos para los componentes más críticos del sistema de alimentación de cangilones, verificando que el esfuerzo máximo de Von Mises no supere los valores permisibles del material y sugiriendo posibles mejoras de acuerdo con los criterios de resistencia.

1.MARCO TEÓRICO/ESTADO DEL ARTE

1 Antecedentes históricos e investigativos

En el marco del desarrollo de los antecedentes tanto históricos como investigativos de este trabajo, resulta importante realizar primero, un recuento histórico del origen de la energía eléctrica, su evolución e importancia a lo largo de la historia. En este sentido, autores como Raffino indican que: “La electricidad ha estado presente en el mundo desde siempre; pues, el hombre primitivo pudo percibirla mediante fenómenos visibles como los relámpagos o experimentarla a través de los peces eléctricos como los Tronadores del Rio Nilo, descritos por los antiguos egipcios” (2020, p. 2).

Los primeros experimentos serios con la electricidad tuvieron lugar alrededor del siglo XVII. Este campo creció con los estudios y aportes de Cavendish. Du Fray, Van Musschenbroek y Watson durante el siglo XVIII, y durante el siglo XIX se desarrolló una teoría unificadora de la electricidad y el magnetismo, así como las

ecuaciones de Maxwell en 1865 (Raffino et ál. ,2020). Esto demuestra, que la existencia de la energía y sus principios, son tan antiguos como el origen del hombre, y que su evolución y desarrollo han ido a la par con el desarrollo de la sociedad en favor del misma (Raffino et ál. ,2020).

Desde los inicios de la humanidad, ya el hombre conocía de la existencia de energía, sin embargo, la curiosidad despertó su interés por investigar sobre la misma y sus principios, logrando a través del tiempo, la creación y generación de energía a partir de diferentes fuentes generadoras de energía en beneficio del mismo hombre. En este sentido, se puede afirmar que, a través de la historia de la sociedad, la energía eléctrica se puede generar a partir de fuentes o centrales solares, hidroeléctricas, eólicas, térmicas y mediante la biomasa, la cual utiliza recursos de la naturaleza (Raffino et ál. ,2020).

En relación a esta última fuente de energía eléctrica como lo es la biomasa, la gasificación de biomasa es un método tecnológico muy antiguo utilizado hace más de cien años. En la actualidad, es vista como una alternativa para dejar a un lado a los combustibles fósiles convencionales. La gasificación es un proceso térmico en el que se utilizan diferentes residuos agrícolas y otros tipos de biomasa, seca, que luego son convertidos en especie de un gas combustible denominado “gas producido” el cual puede ser quemado de diferentes formas para producir energía para uso doméstico e industrial. La biomasa desde hace mucho tiempo se utiliza para la generación de energía, ayudando de manera oportuna problemáticas en la generación de fluido eléctrico de formas convencionales, la biomasa como residuo orgánico, es tratada y calcinada con procesos térmicos y químicos en las diferentes plantas de generación de energía (Raffino et ál. ,2020).

Según la Secretaría de Energía de Argentina, en su texto IEB sobre energía

biomasa, la biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la Revolución Industrial. Se utilizaba para cocinar, para calentar el hogar, para hacer la cerámica y, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo a mediados del siglo XVIII (Secretaría de Energía de Argentina).

Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas (con un mayor poder calorífico), y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con unos precios bajos de estos productos (Secretaría de Energía de Argentina).

A pesar de ello, la biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas (Secretaría de Energía de Argentina).

En el caso particular, la presente investigación hace referencia a la biomasa obtenida de recursos naturales o agrícolas, la cual surge de aquellas partes de plantas cultivadas con fines alimenticios y / o industriales que no son útiles para esos usos entre las que se encuentran: la paja de trigo, rastrojos de maíz, tallos de algodón y otros.

Desde el punto de vista técnico, los residuos agrícolas, dependiendo de sus características propias, pueden ser convertidos en energía útil a través de procesos termoquímicos o bioquímicos, dependiendo de su grado de humedad y su contenido de lignina. En este sentido, los residuos agrícolas, como el caso de la mazorca de maíz, constituye un insumo importante, la cual a través de un gasificador de

biomasa produce energía térmica y mecánica a partir de la biomasa residual seca de los procesos de descascarado y pelado de frutos, además de otros subproductos vegetales como semillas, cáscaras o madera, con el fin de aprovecharlas para mover maquinaria, bombas de agua, planta de energía y otras.

En este orden de ideas, un reactor de biomasa o dicho, en otros términos, una planta de generación de energía a partir de biomasa, puede considerarse como un elemento o una herramienta tecnológica ideada y utilizada por el hombre para producir energía eléctrica para diferentes propósitos, sin embargo, cada época representa para el hombre un momento determinado y tiene la característica también, de tener sus avances y momentos tecnológicos. Con esto se quiere decir que, si un generador de energía fue hecho en determinada época, es posible que su sistema actual requiera de modificaciones o de la realización de procesos de mejoramiento, que hagan de ella un funcionamiento más eficiente, tal como ocurre con la actual planta piloto de generación de energía eléctrica por gasificación que se encuentra en la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Montería, la cual presenta algunas debilidades o inconveniente en su diseño, en relación con el aprovisionamiento de la biomasa, cuya situación fue claramente descrita con anterioridad.

En la problemática descrita, se habla sobre la necesidad e importancia de realizar un diseño un sistema de transporte continuo de biomasa por medio de elevadores de cangilones para optimizar el tiempo en el llenado del material, haciéndolo más oportuno y eficiente.

El sistema de desplazamiento de elevadores por cangilones son unidades seguras y sencillas para el transporte de materiales de forma vertical. Se tiene un amplio repertorio de mecanismos y capacidades que funcionan totalmente en un ambiente

libre o cerrado. Los sistemas de elevación por cangilón pueden ser por uso de cadenas o bandas. Los dos sistemas pueden ser inclinados o vertical dependiendo de la necesidad y características del material que se va a transportar.

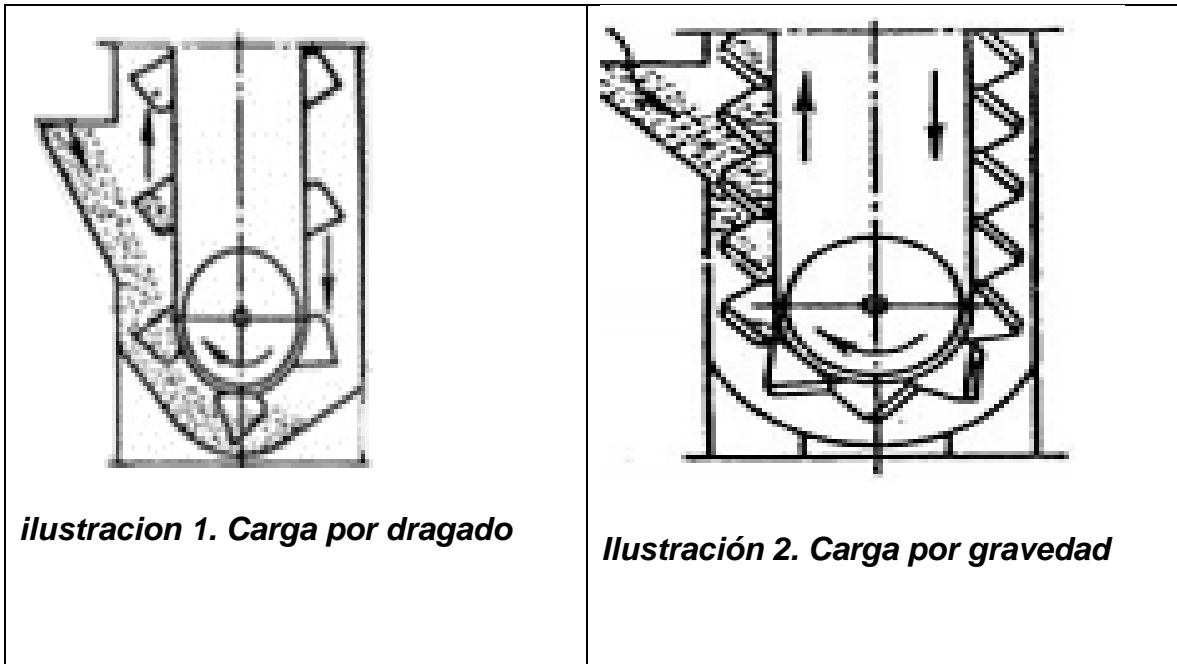
Por otro lado, en el mercado también se encuentran diferentes tipos de cangilones. Específicamente, hay diferentes modelos, dependiendo en que medio se va a desempeñar y que material se necesita transportar. Si el material es pesado y corrosivo, se diseñan cangilones en hierro o aceros altamente protegidos por sustancias químicas anticorrosivas, permitiendo que el material pueda ser transportado sin presentar fallas en los cangilones cuando entren en funcionamiento. También se encuentran cangilones de plástico, los cuales se utilizan para transporte de alimento o material poco pesado, ya que el cangilón hecho de plástico disminuye el consumo de energía, es resistente a la grasa y también evita algún incendio por chispa debido al roce de metal con metal al momento de entrar en funcionamiento el sistema de transporte (Klochko et al., 2015).

Así mismo, también hay tres tipos de descarga por cangilones, los cuales son los de descarga centrifuga, los de descarga continua y los de descarga positiva, las descargas se definen debido a las revoluciones en las que se trabaja para transportar el material, tomando cuenta la velocidad del motor y por ende el de las bandas transportadoras donde van adheridos los cangilones.

El sistema de descarga centrifuga trabaja a elevadas revoluciones, y por lo general el tipo de carga se realiza por dragado (figura 1), siempre y cuando el material sea granulación fina o polvoriento y que no tenga altos índices de tracción. Otro tipo de carga que se puede emplear en cualquier tipo de descarga, es donde el material se adiciona directamente desde la tolva, teniendo en cuenta que en este caso el material que se está transportando es de trozos grandes y abrasivos, también la

velocidad de tracción con la que se trabaja es baja (figura 2).

Ilustración 1- 2: carga por dragado y carga por gravedad



(Fuente: Klochko. Sistema de carga y descarga por cangilones, , 2015.)

También se utilizan otros tipos de descargas, como lo es la descarga continua o por gravedad, estos funcionan a muy bajas velocidades al igual que el de descarga positiva, con la diferencia, que los de descarga positiva los cangilones van sujeto en sus extremos por cadenas (figura 3). Mientras que los de descarga continua, los cangilones van adheridos a bandas transportadoras (figura 4).

Ilustración 3 – 4: cangilón por cadenas y descarga continua



Ilustración 3. Cangilón por cadenas

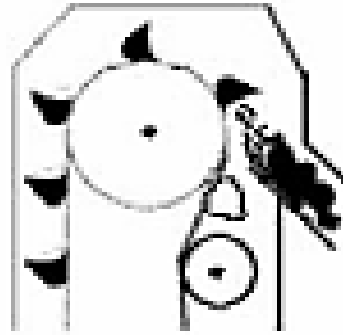


Ilustración 4. Descarga continua

(Fuente: Klochko. Sistema de carga y descarga por cangilones, , 2015.)

Al realizar una revisión de los trabajos investigativos realizados sobre el tema, se encontraron los siguientes:

La Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José De Sucre en Venezuela, realizó el trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el desempeño de los elevadores por cangilones en operación, en la recirculación de finos en la empresa Orinoco IRON SCS. Para poder realizar este trabajo, se estudió de manera previa la filosofía del diseño de los equipos mencionados a través de la documentación presentada en la bibliografía y los planos que son relacionados con los equipos antes mencionados. Después se hizo el respectivo análisis de las fallas empleando diferentes técnicas para llegar a la conclusión de cómo se desempeñan los sistemas de cangilones, las pruebas se realizaron en un campo operativo abierto para observar las condiciones de estos equipos en operación y justificar los resultados de los análisis obtenidos. Los resultados que se obtuvieron para realizar las diferentes mejoras, se tomaron de los análisis de criticidad que se realizó de acuerdo a las características que se deben que cumplir para los elevadores por cangilones (Elizabeth et ál., 2013).

La función de mover de un lugar a otro, calcina de zinc que vienen de los silos de tostación, funcionan por medio de una estructura y en conjunto con cadenas, transmisión y piñones, se debe realizar de manera eficiente para realizar un buen transporte sin presentar pérdidas, también se debe tener en cuenta, que no se presenten fugas de polvo que van directo al ambiente en el momento de entrar el equipo en los diferentes tipos de operaciones como lo es el transporte de calcina. Por otro lado, también se busca poder realizar la evacuación de calcina de zinc llevados hacia las diferentes tolvas de almacenamiento (Elizabeth et ál., 2013).

Al respecto, Zuzek indica que, Cuando el sistema de transporte continuo de cangilones entra en funcionamiento, se presentan diferentes tipos de fallas operacionales, como lo es el exceso de llenado en los cangilones, el derrame de calcina de zinc, también se presentan atascamiento del elevador y el descarrilamiento por el deterioro en los eslabones y pines, también presentan un aumento en la velocidad del elevador provocando derrames y vibraciones excesivas en condiciones de operación. Por tal motivo, se concluye que, en el análisis de modo, se evidencia el número de fallas que se presentaron al realizar el transporte de calcina de zinc, que provienen de silos de tostación hacia tolvas, las cuales realizan su respectiva distribución final, también para la regulación de la velocidad se recomienda el uso de un motor de 40 Amperios, con el cual es posible realizar tareas de mantenimiento sencillo y rápido, al igual para el resto de fallas identificadas (Zuzek et ál., 2019).

También se encontraron diferentes investigaciones respecto al sistema de transporte continuo por cangilones, buscando los focos principales de fallas en condiciones de operación, en 2011, los investigadores Ledesma, Rosete y Pérez, presentaron el trabajo que se denominó como la aplicación del sistema RCM que

arroja las causas críticas que presentan las fallas en los elevadores por cangilones, en el cual se especifica la aplicación de un modelo para el mantenimiento, que se basa en la Seguridad RCM, para así, puntualizar la condición de falla que presenta un equipo elevador por cangilones que está operando en la planta que procesa placas de estuco, para no solo identificar las situaciones de falla de un equipo, sino que también establecer el nivel de impacto que presenta el mismo una vez que se produzca la falla cuando el equipo esté en funcionamiento, analizando aspectos como : seguridad, costos, calidad y medio ambiente, ya que no solo condujo en la reducción de costos por los paros que se presentan inesperadamente y la reparación de los componentes averiados, también, se aumentó el nivel de seguridad en el equipo, teniendo de manera oportuna un plan predictivo y viable para su respectivo mantenimiento (Ledesma y Otros et ál. ,2011).

En un principio, los sistemas de elevadores por cangilones se utilizaron exclusivamente para elevar cereales, pero el uso de esta herramienta se ha expandido a diferentes campos para el transporte de otros materiales como cemento, carbón, harina, etc.

Se hizo una investigación para la aplicación de sistemas de transporte continuo para recircular arena de moldeo por medio de cangilones, el diseño surgió debido a que se presentaban problemáticas respecto al transporte de la arena resultante en el proceso de fundición, que va hacia la tolva de alimentación de la máquina que prepara la arena de moldeo, la cual conllevaba a atascos constantes en la producción activa de una planta productora , que necesitaba el contrato de mano de obra adicional, realizando una producción cara y menos rentable.

Cuando se refiere a elevadores por cangilones, se habla de una variedad de aplicaciones que se usan para el transporte de material en diferentes áreas así que,

la manera de solucionar el problema que se presenta en la elevación de arena, es con el sistema de elevadores por cangilones, se hizo el análisis de los diversos sistemas de elevadores, lo cual fue necesario para ver cuál es el más apropiado para el transporte de la arena de sílice. Pues, los equipos de transporte de elevadores por cangilones, son elementos sencillos y seguros para elevar de manera vertical los materiales, los cuales son apropiados e ideales para tal propósito.

Así que, los sistemas de cangilones por banda se adaptan con facilidad a la manipulación de materiales que producen el desgaste de cadenas, siendo así uno de las posibles fallas que se pueden presentar en los sistemas de transporte por cangilones cuando este entra en funcionamiento.

Dependiendo como se ubiquen los cangilones, el diseño de estos mismos y la velocidad del sistema en funcionamiento, los sistemas de elevadores se clasifican de diferentes maneras a efecto del método de descarga que se utilice. Los más conocidos en la industria son como los que utilizan descarga centrífuga, los cuales funcionan por descarga y gravedad, y las que se dan por descarga continúa.

Los sistemas que se utilizan por descarga centrífuga, como su nombre lo indica, la descarga que realiza el cangilón se ejecuta debido a la fuerza centrífuga que se presenta al momento de poner a girar la correa sobre el tambor principal de mando. Cada cangilón va sujeto en una o varias hileras, dependiendo el diseño realizado. La carga se da normalmente por el dragado de material que es depositado al pie del elevador. La correa tiene una velocidad (entre 1,2 a 4 m/s) cuando entra en funcionamiento. El "paso" que hay entre cada cangilón es normalmente de 2 a 3 veces su proyección. Los elevadores se usan en materiales que se mueven libremente y son secos. También, existen elevadores de carga por gravedad. Este

prototipo de elevador por cangilón, a contradicción del de descarga centrífuga, tiene como característica llevar una polea inmediatamente a continuación de la descarga que manda al cangilón a voltearse de manera completa. Las velocidades que se utilizan son baja y preferiblemente se usa para materiales que poseen cierta adherencia como son los materiales frágiles, que presentan humedad o son de alta granulometría (café, arcilla, piensos), que utilizando el sistema de descarga centrífuga no se depositarían de manera eficientemente, debido a que funcionan a velocidades bajas, el cangilón debe tener mayor una mayor capacidad para transportar considerablemente grandes volúmenes de material.

Y, por último, como lo indica su nombre, este sistema de elevadores tiene los cangilones muy juntos, no se presentan separaciones considerables entre uno y otro cangilón. Su deposición se debe a la carga siempre; debido a que en este sistema nunca se van a presentar pérdidas de material en la parte baja del elevador. Su velocidad baja y la cualidad uniforme de descarga y carga, permiten utilizar este sistema de elevadores en materiales quebradizos. Estos elevadores presentan una gran capacidad de transporte y son bastante utilizados por los mineros, fábricas de cemento y otras (Bosnjaka et ál., 2020).

De esta manera, observamos los diferentes tipos y aplicaciones que hay en los diferentes diseños y sectores industriales que hacen uso de este equipo de transporte, la buena elección del sistema por medio de cangilones se verá reflejado en el funcionamiento eficaz de los elevadores, para tener en cuenta el tipo de elevador adecuado para realizar la actividad problema (Bosnjaka et ál., 2020).

El sistema de transporte es uno de los más importantes en las minas de lignito; las cintas transportadoras son las encargadas del transporte de carbón desde las excavadoras a la central eléctrica o a otro sistema de transporte. Por lo general, la

cinta de transporte es el elemento más probable para fallar en el sistema transportador. En este caso, se investigó el fallo de un eje de polea de una cinta transportadora, el cual ocurrió después de sólo 40 días al entrar en funcionamiento. Se hizo una investigación sobre el eje fracturado, con el fin de determinar la razón de tiempo de operación. Pues, el corto tiempo de trabajo es un signo de un grave error de ingeniería, ya que las demás poleas han sido diseñadas de igual manera y han estado operado durante mucho tiempo sin problemas, el motivo del fracaso muy probablemente que se encuentre en el material (Hernández et ál. ,2017).

Por lo tanto, la investigación se centró en las irregularidades metalúrgicas del material usado; los aceros son susceptibles a problemas causados por la producción y diferentes procesos operativos como la segregación severa, inclusiones macro, agrietamiento en caliente, tratamiento térmico, defectos de la superficie, corrosión y fragilidad de la temperatura (Hernández et ál. ,2017).

El eje escogido para ser investigado fue elaborado a partir de acero 42CrMo4, el cual pertenece al grupo de aceros para temple y templado que muestran altas propiedades mecánicas luego de un tratamiento térmico que sobrepasa los 1000 MPa de resistencia a la tracción. El grado de acero se utiliza ampliamente para componentes que con frecuencia se someten a varios tipos de cargas estáticas y cíclicas. Estas propiedades mecánicas del eje se especificaron al realizar pruebas de tracción según EN ISO 6892-1:2017 A y Dureza de Impacto Charpy según EN ISO 148-1:2017. Los especímenes para pruebas mecánicas (prueba de tracción y resistencia al impacto) fue tomado desde el borde y el centro del eje en dirección longitudinal y también la composición química del material que se investigó y se analizó mediante análisis de combustión de carbono y azufre (ELTRA CS800) y otros elementos por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Thermo Scientific

Niton XL3t GOLDD+).

Después de los ensayos realizados, se hizo una inspección visual que reveló grandes muestras de desgaste desigual del recubrimiento del tambor de la polea. El patrón de desgaste sugiere la presencia de cargas dinámicas alternas adicionales en un lado de la polea, ya que el desgaste por recubrimiento de tambor es una de las causas de fallas en la polea (Hernández et ál. ,2017).

La investigación en la microestructura del material arroja la presencia de MnS alargado y óxido a base de aluminio no metálico que es de esperarse. La microestructura muestra bandas de segregación y consiste en martensita (M), bainitas inferiores (LB) y bainitas superiores (UB), La diferencia que hay entre la bainita superior e inferior es con respecto a los precipitados de carburo. En la bainita superior, la bainita ferrita está libre de precipitación, los carburos están atrapados entre subunidades de ferrita. Por el contrario, la ferrita bainítica inferior contiene una dispersión de carburos dentro de las placas de ferrita bainítica. Por lo tanto, el fallo del eje es el resultado de la soldadura superficial, combinado con un tratamiento térmico inapropiado y cargas dinámicas, el origen de la soldadura es desconocido y fue inesperado y oculto para el usuario (Hernández et ál., 2017).

En conclusión, el eje fue producido a partir de acero 42CrMo4, sin embargo, había otro tipo de material soldado en el radio exterior del eje. El material soldado tenía una composición química diferente y propiedades mecánicas más bajas que el material base. El exterior soldado “capa” era de aproximadamente 5 mm de espesor. La razón de la soldadura era desconocida. El proceso de soldadura causó tensiones internas en la HAZ. Hubo grandes diferencias en la dureza de la sección transversal de soldadura, de 250 a 480 HV1. El haz de grano grueso es especialmente vulnerable al agrietamiento por estrés.

También se encontraron grietas cerradas cerca de la superficie de la fractura. El radio del eje fue mal mecanizado, esto causa concentración adicional de tensiones. La microestructura reveló un tratamiento térmico inapropiado del acero (presencia de bainita superior) sin recocido o insuficiente. La carga desigual de la polea de la cinta transportadora se revela por las pistas de desgaste en la capa de tambor causando fallo cuando esta entre en función, por eso siempre es recomendable utilizar la soldadura apropiada para no dañar los materiales utilizados con procesos térmicos inapropiados. (Hernández et ál., 2017).

2 Marco teórico

Sistema de transporte de cangilones

Al hablar de un sistema de transporte de cangilones, implica necesariamente referirnos al concepto de elevadores de cangilones, cuya definición fue claramente descrita en el marco conceptual de este trabajo, debido, a que es precisamente el elevador el medio o el elemento quien realiza el transporte de los cangilones. Por tal motivo, en este marco teórico, desglosaremos toda una literatura relacionada con los elevadores (Guerra et ál. ,1988).

El elevador de cangilones es una maquina fundamental en plantas donde se manipulan materiales a granel, como granos, pedazos pequeños de traza vertical o inclinada. Los transportadores o elevadores de cangilones están compuestos por un órgano de tracción que puede ser de banda o de cadenas, en el cual se fijan los

cangilones. Todo el conjunto se moverá alrededor de la tambora motriz y de atezado, colocados en el extremo superior e inferior respectivamente. En el caso de emplearse cadenas como el órgano de tracción, en lugar de tamboras se emplearán catalinas. Todo lo anterior va encerrado en una armadura metálica compuesta de tres partes: superior, intermedia e inferior (Guerra et ál. ,1988).

En la parte superior se coloca el sistema propulsor compuesto por reductor, el freno y el motor eléctrico; en la parte inferior se sitúa el sistema de atezado. Estos transportadores o elevadores se construyen estacionarios e inmóviles. En ocasiones, además de elevar la carga, garantizan un determinado proceso tecnológico, como es el caso, de la extracción de material sumergido en el fluido separándolo de él. Solamente pueden transportar la carga desde un punto inferior hasta el final del elevador sin entradas o salidas de este entre puntos intermedios (Guerra et ál. ,1988).

Principio de funcionamiento

Los transportadores de cangilones se ponen en funcionamiento a través del sistema propulsor, el cual, por mediación de la tambora motriz o catalina, en dependencia del órgano de tracción que se utilice, proporciona movimiento al mismo, en el que van a ir acoplado los cangilones que son los encargados de recoger la carga de la parte inferior y elevarla hasta el punto de descarga. El material se introduce al elevador por un conducto que se encuentra en la parte inferior y se descarga en la parte superior (Guerra et ál. ,1988).

Partes componentes de un sistema de elevadores

Los transportadores o elevadores de cangilones constan de diferentes partes componentes que permiten el funcionamiento de los mismos. Estas partes o componentes son:

Estructura

Es la encargada de encerrar y sostener todo el conjunto. Generalmente está hecha de planchas de acero de 2 a 4 mm, terminando su borde en angulares para poder unir sus diferentes partes entre sí. Las sesiones se hacen de 2 a 2.5 m. El mencionado de las diferentes partes del armazón, están en función del ancho y del largo, dando sesión transversal, y dependerán del tipo de carga y de cangilón para lo cual se va a diseñar (Guerra et ál. ,1988).

Taboras y catalinas

Son las encargadas de sostener el órgano de tracción y transmitir movimiento al mismo. El diámetro de la tambora motriz está en función del número de capas y generalmente en un rango de 400 a 150 mm. El diámetro de la tambora de atezado es el diámetro de la tambora motriz y suelen construirse de tablillas transversales con el objetivo de evitar que el material se deposite en la banda y la tambora, particularmente si el mismo está húmedo (Guerra et ál. ,1988).

Órgano de tracción

El órgano de tracción puede ser banda o cadena en dependencia de la capacidad, la altura del elevador y la naturaleza del material transportado. Una banda sostiene

los cangilones y soporta menos esfuerzo que la cadena. Sin embargo, la banda se comporta muy bien para altas velocidades y se desgasta menos que las cadenas cuando se manipula materiales abrasivos (Guerra et ál. ,1988).

Las bandas se utilizan para elevadores de alta velocidad y de baja y media capacidad. Las cadenas se emplean preferiblemente, en elevadores de alta capacidad, donde se manipulan materiales muy pesados y que se elevan a gran altura. También suelen emplearse para manipular materiales muy calientes u otros que afecten la banda al entrar en contacto con ella. Las velocidades de las cadenas oscilan entre 0.4 y 1.25 m/s mientras, que las velocidades de la banda están en un rango de 0.8 a 2.5 m/s (Guerra et ál. ,1988).

Cangilones

Estos son los encargados de transportar el material, pueden construirse estampados o soldados, de hierro fundido o maleable. Suelen tener en su borde delantero, un refuerzo metálico para protegerlos del rápido desgaste. Existen cuatro tipos de cangilones como son: redondeado profundo, redondeado llano, ángulo en forma de V y redondeado con rebordes (Guerra et ál. ,1988).

Sistema pulsor

Es el encargado de dar movimiento a la tambora o catalina motriz dependiendo del sistema de transmisión que se utilice. Suele ocupar muy poco espacio y se sitúa en la parte superior del equipo. Para prevenir accidentes, siempre se coloca un freno que evita la reversión del movimiento de las partes móviles y la caída de la carga nuevamente en el fondo del equipo (Guerra et ál. ,1988) ; cuando el freno es de

trinquete se coloca en el eje de la tambora o catalina, y cuando es de tipo centrífugo se sitúa entre el motor y el reductor.

Sistema de atezado

El sistema de atezado que se utiliza en los elevadores de cangilones es de tornillo o muelle. El sistema se sitúa sobre las chumaceras de la tambora o catalina y fijo a las paredes laterales de la sesión inferior del armazón metálico. La regulación del atezado se halla en un rango de 200 a 500 mm (Guerra et ál. ,1988).

Existen diferentes tipos de elevadores de cangilones, sin embargo, para efectos del presente trabajo de investigación, se hará referencia a los elevadores por sistema de banda, el cual constituye el modelo a aplicar en el diseño propuesto por el autor.

Elevadores de cangilones de bandas

Los elevadores de cangilones de banda son diseñados especialmente para el transporte de materiales de grano fino; también para alturas superiores a los 50 metros. Sus cualidades más importantes son:

Ventajas

- Bajo costo de mantenimiento
- Más capacidad de transporte
- Ancho de los cangilones
- Operación continua con bajo requerimiento de mantenimiento
- Soportan temperaturas de operación hasta 130° C
- Las bandas son de alta resistencia a la tracción.

El análisis de los elementos finitos

El análisis de los elementos finitos (Su sigla en inglés FEA: Finite Element Analysis) es una técnica de simulación por computador usada en ingeniería, la cual usa una técnica numérica llamada método de los elementos finitos (FEM). El desarrollo de elementos finitos en estructuras, suele basarse en análisis energéticos como el principio de los trabajos virtuales. Es un método computarizado que utiliza softwares para predecir como reaccionara un producto ante la fuerza, la resistencia, el calor, la vibración, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. El análisis de elementos finitos muestra si un producto se romperá, desgastará o funciona como se esperaba. Se denomina análisis, pero en el proceso de desarrollo de productos, se utiliza para predecir qué ocurrirá cuando se utilice un producto (Felippa et ál., 2001).

El análisis de elementos finitos FEA descompone un objeto real en un gran número (entre miles y cientos de miles) de elementos finitos, como pequeños cubos. Las ecuaciones matemáticas permiten predecir el comportamiento de cada elemento. Luego, una computadora suma todos los comportamientos individuales para predecir el comportamiento real del objeto. En este sentido, el análisis de los elementos finitos permite predecir el comportamiento de los productos afectados por una variedad de efectos físicos entre los que se incluyen: Esfuerzo mecánico, vibración mecánica, fatiga, movimiento, transferencia de calor, flujo de fluidos y electroestática entre otros (Felippa et ál. ,2001).

1.3 Marco conceptual

Alimentación continua: Cuando se habla de un sistema de alimentación continua en ingeniería mecánica o eléctrica, se hace referencia a un sistema que proporciona corriente o energía eléctricas de manera interrumpida, con el propósito de alimentar y poner en funcionamiento cualquier sistema que requiera de ella para poder operar (Rela et ál. ,2010).

Biomasa: Es la masa de materia orgánica, en este caso vegetal, o procedente de organismos vivos que se puede encontrar en un lugar y momento determinado, la cual puede ser utiliza como insumo básico para la generación de energía. La biomasa por lo tanto es materia orgánica utilizada como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracterizan por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza (Martínez et al., 2009).

En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, y otros residuos derivados de la industria. Así mismo, la valoración de la biomasa puede hacerse a través de cuatro básicos mediante los que puede transformarse en calor y electricidad: combustión, digestión anaerobia, gasificación y pirolisis (Martínez et ál., 2009).

En el caso particular de la presente investigación, al hablar de biomasa se hace

referencia a la tusa de maíz como biomasa para producir energía eléctrica a través de un proceso de gasificación.

Cangilones: Un cangilón es una canastilla donde se introduce o almacena el material que se va a transportar en el elevador. Es una caja o vasija (Romero et ál. ,2016).

Elevadores: Un elevador de cangilones es un mecanismo que se emplea para el acarreo, manejo o transporte de pequeñas o grandes cantidades de material de material en forma vertical. Existen diferentes tipos de elevadores como son: Elevadores de cangilones con cadena ovalada, elevadores de cangilones con cadena de platina, elevadores de cangilones de banda (Romero et ál. ,2016).

De otro lado, dependiendo de la forma como el elevador transporte los cangilones, pueden ser de los siguientes tipos: Centrifuga, que es el tipo de elevador más utilizado, los cuales se aplican a grandes velocidades de desplazamiento. Existen también, los elevadores por gravedad, que se utilizan en bajas velocidades de desplazamiento, y los elevadores positiva, que es el elevador parecido al tipo de centrifugado (Romero et ál. ,2016).

Aunque, los elevadores también se clasifican según el tipo de carga, los cuales son de dos tipos: Elevadores directamente desde tolva, los cuales se usan para el transporte de materiales grande y abrasivos, siendo este un tipo de elevador que solo necesita de altas velocidades, y los elevadores por dragado, que se usan para transporte de materiales que no ofrecen ningún tipo de resistencia (Romero et ál. ,2016).

Energía eléctrica: Es una forma de energía que se deriva de la existencia en la materia de cargas positivas y negativas que se neutralizan. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energías, tales como la energía luminosa o luz, la energía mecánica y la energía térmica (Raffino et ál. ,2008).

La energía puede generarse a partir de fuentes o centrales térmicas, solares, hidráulicas y energía a partir de la biomasa entre otras (Raffino et ál. ,2008).

Fallas: En este concepto, se hace referencia a las deficiencias o falencias presentadas en un sistema o proceso. De manera concreta, se hace referencia a las deficiencias que presenta una planta generadora de energía. En este sentido, una falla o una falencia se define como la existencia de defectos, problemas o falencias que afectan el normal o buen funcionamiento de una planta generadora de energía, lo cual puede tener causa que explican el motivo de las mismas (Ucha et ál. ,2013).

Gasificación: Es la conversión de un material sólido como el carbón vegetal, el petróleo o la biomasa en gas para utilizarlo como combustible. Este proceso se lleva a cabo a temperaturas altas con una cantidad de oxígeno controlada. Se trata de un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (carbón, biomasa, plástico) es transformado en un gas combustible mediante una serie de reacciones que ocurren en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno) (Pérez et al., 2010).

Generador de energía: Es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía

mecánica, térmica o solar en energía eléctrica para diferentes usos o aplicaciones (Pahuanquiza et ál. ,2015).

Limpieza de impurezas: Es el proceso por el cual se somete a depuración una sustancias o material para eliminar las impurezas y no perder las cualidades. En el contexto de la temática que se está trabajando en esta investigación, en el proceso de gasificación de la biomasa se obtiene un gas susceptible de utilización en calderas, motores, turbinas de gas y turbina de vapor (ciclo combinado), pilas de combustible y síntesis química. No obstante, es necesaria de una etapa previa de depuración y acondicionamiento del mismo con el objeto de eliminar contaminantes a niveles suficientemente bajos para cumplir con la normativa medioambiental y la tolerancia de los sistemas de conversión del gas, ajustar la relación CO/H₂ y mejorar la calidad del gas previo a su aprovechamiento energético o a su conversión en combustibles limpios (Arteaga y Otros et ál. ,2014).

1.4 Normas legales y éticas

En concordancia con los objetivos de este trabajo de investigación, se referencian las siguientes normas y principio éticos relacionados con la profesión y ejercicio de la ingeniería mecánica:

La Ley 51 de 1986, la cual es expedida por el Congreso de la Republica para el ejercicio de la profesión de Ingeniería Mecánica en Colombia, de cuyo contenido se resaltan los siguientes apartes para efectos del marco contextual del presente trabajo de investigación:

Artículo 1°: Para todos los efectos de esta ley, se entiende por ejercicio de la

profesión de Ingeniería Mecánica, todo lo relacionado con la investigación, estudio, planeación, asesoría, ejecución, reparación, construcción, instalación, funcionamiento, mantenimiento y fabricación, referidas a tareas, obras o actividades específicas (Ley 51, 1986).

Artículo 3º: Nadie podrá ejercer la Ingeniería Mecánica, en cualquiera de sus ramas, sin la correspondiente matrícula expedida por el Consejo Profesional Seccional de Ingeniería Mecánica (Ley 51, 1986).

Artículo 11º: Todo trabajo relacionado con el ejercicio de la Ingeniería Mecánica y afines, debe ser dirigido por un Ingeniero, cuya matrícula lo acredite como tal.

Artículo 24º: El objetivo de esta ley, es la defensa de los intereses de la Nación y de los colombianos, en particular en lo relativo a la moralidad, la seguridad y salubridad pública (Ley 51, 1986).

Asociación Colombiana de Ingenieros, en su revista ACIEM, indicó sobre la importancia y necesidad de la conformación de una Comisión de Ética, con el propósito de promover el comportamiento ético a nivel personal y ciudadano, a nivel profesional y a nivel empresarial en nuestra sociedad, con énfasis en los ingenieros (Noguera et ál., 2018).

Según la Asociación Colombiana de Ingenieros, hacer ingeniería no es lo mismo que ser Ingeniero, y ser buenos Ingenieros o Ingenieros buenos, no consiste solamente en hacer buenos diseños, buenas construcciones, buenos programas o mejorar la eficiencia de una maquina o un sistema, sino que implica entender la

función de la Ingeniería en la sociedad, en el mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de las personas y en el desarrollo sostenible, y ejercer la profesión en ese contexto (Noguera et ál. ,2018).

En este sentido, la Asociación Colombiana de Ingenieros, hace la declaración de los siguientes principios éticos:

Veracidad: Actuar de conformidad con la verdad, con la honestidad y transparencia en la ejecución de nuestros trabajos, en la expresión pública de nuestros conceptos, y siendo agentes dignos de confianza para los usuarios, clientes, colegas, compañeros, empleados y/o empleadores.

Integridad: Enarbolar y fortalecer el honor y la dignidad de la Ingeniería, ejerciéndola con integridad profesional, promoviendo las buenas prácticas y el respeto a los demás.

Responsabilidad: Ejercer la actividad atendiendo a las consecuencias de nuestras acciones, dando prioridad a la protección de la vida, la seguridad, salubridad, el medio ambiente y el cuidado del bien público y fomentando el desarrollo personal y la actualización de los conocimientos, tanto propios como de colegas y terceros.

Precisión: Desarrollar nuestras actividades con precisión y rigurosidad, exclusivamente dentro de los umbrales de nuestra competencia, soportando nuestro desarrollo profesional en el mérito y la calidad de nuestros servicios. En este contexto, la ingeniería mecánica es un campo muy amplio que implica el uso de los principios de la física para el análisis, diseño y fabricación de sistemas

electromecánicos. Tradicionalmente, ha sido la rama de la ingeniería que, mediante la aplicación de los principios físicos, ha permitido la aplicación de principios útiles, como utensilios y maquinas. La ingeniería mecánica usa principios como el calor, la fuerza, la conservación de la masa y de la energía para analizar sistemas físicos estáticos y dinámicos, contribuyendo a diseñar objetos.

Para cumplir con su labor, la ingeniería mecánica analiza las necesidades, formula y soluciona problemas técnicos mediante un trabajo multidisciplinario y se apoya en los desarrollos científicos, traduciéndolos en elementos, maquinas, equipos e instalaciones que presten un servicio adecuado, mediante el uso racional y eficiente de los recursos disponibles.

2.METODOLOGÍA

2.1 Tipo y enfoque de investigación

El presente trabajo utiliza en forma complementaria las investigaciones de tipo descriptiva y explicativa; descriptiva ante la necesidad analizar y de conocer las características de la situación o problemática objeto de investigación para entender las causas y los aspectos que rodean la misma. En este sentido, como investigador tuve la necesidad de conocer el funcionamiento de la planta piloto de energía eléctrica por gasificación de la universidad, para entender e identificar su problema; y la investigación explicativa, para poder explicar las causas y motivos de su problema, así como para explicar las razones o argumentos de proponer un diseño de mejoramiento de la planta.

Estas estrategias metodológicas plantadas, permitieron seguir un enfoque cualitativo por cuanto la presente investigación se centró en el estudio y análisis de variables no numéricas, pues la problemática o situación de la planta piloto de generación de energía se caracteriza por tener elementos o aspectos de tipo cualitativos.

2.2 Objeto de estudio:

El objeto de estudio de parte de la presente investigación, lo constituyó la planta piloto de generación de energía por gasificación que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería.

De acuerdo con este objeto de estudio, se tomaron en referencia las siguientes fuentes de información:

Fuentes primarias

Como fuentes primarias, se tomó en cuenta: la información directa suministrada por los operarios de la planta piloto, con el propósito de conocer el funcionamiento de la planta y su problemática; y la información consultada y obtenida de expertos e ingenieros, para proponer un diseño de mejoramiento.

Fuentes secundarias

Estas fuentes estuvieron constituidas por información obtenida de textos, internet y

otras, que fueron de gran importancia para el desarrollo de este trabajo de investigación.

2.3 Tratamiento de información:

La información obtenida fue analizada y organizada en tablas y gráficos a fin de facilitar su interpretación, la cual fue procesada inicialmente en forma manual y posteriormente a través de medios tecnológicos como computador.

2.4 Técnicas e instrumentos de obtención de información:

Los instrumentos de obtención de información fueron:

Operarios: la encuesta no estructurada, es decir, sin formato, en la cual, se hicieron preguntas concretas, de manera abiertas y cerradas, relacionadas con el funcionamiento y características de la planta.

Expertos e ingenieros: se aplicó la encuesta estructurada o mediante formato, en la cual, también se hicieron preguntas concretas, de manera abiertas y cerradas, relacionadas con los principios y parámetros de funcionamiento de la planta e información necesaria para plantear el diseño de mejoramiento propuesto en la investigación. Este instrumento aplicado, como lo fue, la encuesta estructurada, se diseñó en forma planeada y organiza, con un contenido de preguntas, de acuerdo con las necesidades de información de la investigación. Todos estos instrumentos, aplicados tanto a operarios como expertos, fueron aplicados a través de la técnica de entrevista personal, en la cual, el investigador actúa como encuestador y hace

preguntas a otras personas a las cuales se les denomina encuestado.

Así mismo, se aplicó como instrumento y técnica de obtención de información, la observación, debido a la necesidad de observar el funcionamiento de la planta de energía y conocer sus características físicas y operacionales.

2.5 Proceso de desarrollo y diseño de la investigación

Durante el desarrollo y diseño de la presente investigación se llevó a cabo el siguiente proceso de manera general:

- La realización de una revisión bibliográfica sobre el tema, para conocer la viabilidad en la disponibilidad de la información.
- La realización de una visita en las instalaciones donde se ubica la planta piloto de generación de energía a fin de conocer e identificar la problemática de la mismas y sus características.
- El análisis inicial de la situación de la planta, proceso de este y necesidades
- la realización de algunas pruebas diagnósticas en la planta de energía.
- Con base en lo anterior, se desarrollaron las etapas iniciales del proyecto como fueron: Planteamiento de problema, justificación, el marco teórico o estado de arte, objetivos y metodología.
- Posteriormente, se procedió a recopilar información de ingenieros y expertos, para conocer su opinión y tener una clara idea de la propuesta de diseño.

- La información recopilada durante el trabajo de campo, se organizó en tablas y gráficos con su respectivo análisis e interpretación.
- Con todo el proceso anterior, se procedió a realizar el desarrollo y diseño final del proyecto con su respectiva propuesta.

De otra parte, en el proceso de desarrollo y diseño de investigación, hay que resaltar la metodología utilizada para el análisis de los elementos finitos, dado que se trata de un proyecto de investigación que tiene como propósito un diseño de ingeniería mecánica, como lo es el diseño de un sistema de transporte de biomasa a través de cangilones, cuyo objetivo implicó la necesidad de realizar el respectivo análisis de los elementos finitos. En este sentido, las normas tecno mecánicas de la ingeniería mecánica, obligan al cumplimiento de realizar pruebas de resistencia, análisis de estructuras, rigidez, comportamiento de estructuras ante vibraciones y otras, con el fin de garantizar el cumplimiento de normas técnicas. Se trata de un estudio y análisis que se hace de manera computarizado, mediante el cual se hacen simulaciones de cualquier diseño mecánico.

3.RESULTADOS

Se desglosan en este aparte los resultados obtenidos de la investigación realizada, los cuales se detallan de la siguiente manera:

Los datos obtenidos de la información en la encuesta no estructurada, aplicada a

los operarios de la planta piloto de generación de energía eléctrica por gasificación que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Resultados de encuesta no estructurada realizada a operarios

Fortalezas	Debilidades
<ol style="list-style-type: none"> 1. Buen funcionamiento de la planta. 2. Es una planta que utiliza recurso o insumos naturales como lo es la biomasa para la producción de energía eléctrica. 3. Es una planta que tiene la capacidad de generar la energía suficiente para el consumo, usos y necesidades operativas de la universidad. 4. La biomasa utilizada no tiene costo y es fácil de conseguir. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demasiado tiempo en el proceso de llenado o aprovisionamiento del insumo, debido a que el operario tiene que estar subiendo y bajando a una altura de 4 metros. 2. El proceso de llenado es manual, lo cual expone al operario a posibles problemas de salud. 3. La superficie y el hecho de que el operario esté bajando y subiendo el material, expone al operario a posibles caídas o resbaladas. 4. De otro lado, el procedimiento manual de llenado lleva a que el reactor reciba el insumo con impurezas, lo cual incide en el funcionamiento eficiente del mismo. 5. Lo anterior, evidencia claras deficiencias en el diseño inicial del reactor de energía.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida de los operarios de

la planta piloto de generación de energía por gasificación de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería, Año 2020.

La información resumida en la tabla anterior indica, que si bien, la planta piloto de generación de energía eléctrica por gasificación que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería, tiene un buen funcionamiento, su diseño inicial tiene algunas falencias que causan ciertos inconvenientes o riesgos para quienes la operan tales como: El tener que subir hasta una altura de 4 metros para el suministro o aprovisionamiento de la biomasa, exponiendo al trabajador a riesgos laborales por posibles resbaladas o caídas, implicando además, demoras en la llenada del tanque de aprovisionamiento de la biomasa, riesgos a la salud por la manipulación directa y manual del insumo y otras situaciones incómodas para el trabajador. Estas situaciones, hacen necesario un proceso de mejoramiento en el diseño inicial de la planta, a fin de lograr una mayor eficiencia de la misma, sin que ello implique riesgos o problemas para las personas que la operan.

Los datos obtenidos de la encuesta estructurada aplicada para la consulta de expertos, se detalla así, teniendo en cuenta que, la encuesta se aplicó a 3 personas a los cuales se le hicieron 8 preguntas básicas, cuyas preguntas están relacionadas con aspectos a tener en cuenta en el diseño de un modelo de transporte por cangilones que se adecue y funcione eficientemente para la planta de energía en referencia.

Tabla 2. Resultados de encuesta a ingenieros expertos en el tema

Preguntas	Encuestado 1	Encuestado 2	Encuestado 3
------------------	---------------------	---------------------	---------------------

1. ¿Está usted de acuerdo, con que el diseño inicial de la planta piloto de generación de energía eléctrica por gasificación de la UPB tiene falencias?	Si	Si	Si
2. ¿Cree usted, que ese diseño actual podría mejorarse para ser más eficiente?	Si	Si	Si
3. ¿Qué aspectos cree usted que podrían mejorarse?	El sistema de transporte de la biomasa.	El sistema de transporte de la biomasa.	El sistema de transporte de la biomasa.
4. De manera específica, ¿Qué plantea usted?	Diseñar e implementar un sistema de transporte de cangilones.	Diseñar e implementar un sistema de transporte de cangilones.	Diseñar e implementar un sistema de transporte de cangilones.
5. ¿Qué ventajas tendría su propuesta de mejora del diseño?	-Rapidez. -Una mayor eficiencia.	- Disminución de riesgos y una mayor eficacia. - Un proceso continuo.	- Una mayor rapidez en el suministro de la biomasa. - Eliminación de impurezas.

			- Menos riesgos para los operarios.
6. ¿Qué condiciones o características debe tener la biomasa transportar?	<p>Humedad 20%</p> <p>Densidad 120 Kg por metro cubico</p> <p>Diámetro promedio 4cm.</p>	<p>Humedad 20%</p> <p>Densidad 120 Kg por metro cubico</p> <p>Diámetro promedio 4cm.</p>	<p>- Humedad 20%</p> <p>- Densidad 120 Kg por metro cubico.</p> <p>- Diámetro promedio 4cm.</p>
7. ¿Qué proyecciones se tiene para la planta, para así saber con claridad, espacios y funcionalidad a futuro del sistema de cangilones a utilizar?	Una capacidad de transporte de 30 kg/h por 6 horas al día.	Una capacidad de transporte de 45 kg/h por 8 horas al día.	Una capacidad de transporte de 40 kg/h por 6 horas al día.
8. ¿Qué otra información o requerimiento puede aportar usted, para realizar un plan de acción y mejorar las condiciones de operación en la planta?	Si bien el sistema de cangilones es una buena idea, se deben considerar la existencia de algunos inconvenientes de este tipo de sistema, como lo	La realización de un diseño que satisfaga las necesidades y expectativas de los operarios.	Debe diseñarse un sistema optimo y eficiente que permita resolver los problemas de operacion

	es el empaquetamiento.		ad de la planta.
--	------------------------	--	------------------

Fuente: *Elaboración propia con base en información suministrada en la encuesta estructurada aplicada a ingenieros expertos en el tema, Año 2021.*

Los resultados anteriores dejan evidenciar la existencia de un criterio unificado de los ingenieros expertos, en el sentido, de estar todos de acuerdo con que la planta piloto de generación de energía por gasificación que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería, presenta falencias en su diseño, lo cual indica la necesidad y posibilidad de poder mejorar su diseño actual tal como lo indican los expertos (véase respuestas a preguntas 1 y 2).

En el resultado de las preguntas 3 y 4, puede evidenciarse, la existencia de coincidencias en los criterios de los expertos, en relación con el tipo de mejoras que se le pueden hacer al diseño inicial de la planta de energía. Frente a este punto, los expertos sostienen, sobre la posibilidad y necesidad de diseñar e incorporarle a la planta generadora de energía, un sistema de elevadores de cangilones por banda, el cual permitiría transportar la biomasa hasta la altura del depósito de la planta, lo cual evitaría riesgos laborales a los operarios de la misma (véase respuestas a preguntas 3 y 4).

Frente a la propuesta y diseño planteado por los expertos, estos afirman, que el sistema de transporte de cangilones por banda, presenta muchas ventajas como son: Una mayor rapidez del llenado de la biomasa, la existencia de un proceso continuo, una mayor eficiencia, la eliminación de las impurezas que presenta el insumo, así como el evitar riesgos a la salud y accidentes de trabajo ante posibles caídas o resbaladas entre otras ventajas (véase resultados pregunta 5).

En relación con las características y condiciones que debe presentar el tipo de biomasa a transportar, como lo es el caso de la tuza, como insumo principal de la planta para la generación de energía, los expertos fueron coincidentes en las respuestas, cuyos datos suministrados son semejantes a los estándares o criterios técnicos establecidos. En este sentido, se tomaron como referentes la Humedad, la Densidad y el Diámetro, siendo las respuestas de los tres expertos: Humedad del 20%, una Densidad de 120 kg por metro cubico y un Diámetro de 4 cm (véase resultados pregunta 6).

En cuanto a la proyección informada por los expertos, sobre las características del diseño a realizar, para tener en cuenta los espacios y funcionalidad a futuro del sistema de cangilones a utilizar, éstos manifestaron diferencias en su opinión, en relación a la capacidad de transportes de los cangilones. Sin embargo, se observa una tendencia en sus respuestas frente a valores casi que promedios. En este sentido, El primer experto consultado, manifestó la realización de un diseño para una capacidad de 30 kg/h por 6 horas al día; el segundo experto consultado, expresó una capacidad de transporte de 45 kg/h por 8 horas al día; y el tercer y último experto consultado, 40 kg/h por 6 horas al día. Al observar estos datos, se evidencia que los valores tanto de cantidad de kilogramos como de horas, tienden a estar dentro de la misma escala de valores. En complemento con esto, al promediar dichos valores se deduce, que, en resumen, los cangilones deben estar diseñados para una capacidad promedia de 38.33 kg/h por 6.6 horas al día. Aspectos estos que deben ser tenidos en cuenta, al realizar el diseño del sistema de transporte de cangilones (Véase resultados de la pregunta 7).

Finalmente, al interrogarse a los expertos, sobre la información que ellos podrían aportar, para realizar un plan de acción y mejorar las condiciones de operación de la planta, se observa en ellos, una tendencia a considerar sobre la necesidad e

importancia de realizar un diseño de un sistema de transporte de cangilones de biomasa por sistema de bandas para mejorar la funcionalidad de la planta, pero que debe tenerse en cuenta, la existencia de algunos inconvenientes como el caso del empaquetamiento en el sistema (véase resultados de la pregunta 8).

MEDIDA DE LOS CANGILONES Y SUS PARÁMETROS PARA HALLARLO:

Por otra parte, los parámetros establecidos en este trabajo de investigación se basaron en cálculos utilizados en otros proyectos similares, los cuales se usaron como referentes para hallar los parámetros de este diseño. (Universidad Carlos III de Madrid).

Paso:

Se partió de la necesidad de transportar biomasa hacia una tolva de almacenamiento que se encuentra a una altura máxima de 6 metros respecto al suelo. Por lo tanto, las ecuaciones utilizadas como referentes, estipulan que, por el mecanismo de transporte por cangilones normales, se empieza a determinar el “paso” el cual indica la distancia que se debe utilizar para diseñar el sistema de transportes vertical. Este estipula que la distancia entre cangilón y cangilón es 3 veces la altura ($P=3h$), el cuál será en nuestro caso de investigación es de $h=134\text{mm}$, cuyo dato de h , se halla con la medida del cangilón que determina a su vez la profundidad de cangilón (tabla 2), donde “ h ” se sustituye por el valor de la profundidad escogida para los cangilones, y se representa con la fórmula $h=\text{altura del cangilón}$, dando como resultado 402mm . Partiendo de esas suposiciones se empiezan a calcular los procedimientos matemáticos y se establece también la cantidad de cangilones a utilizar.

Peso por cangilón:

Una vez sabiendo de donde partir, se comienza por establecer la tasa promedio de material que se desea transportar, en este caso, el valor que se utiliza en esta investigación es de 150 kg/h.

La siguiente ecuación indica que:

$$\text{Peso de la carga} = \frac{2}{3} * \text{volumen del cangilon} * \text{densidad}$$

Donde el volumen del cangilón se determina en litros de carga y se obtiene de las medidas establecidas para cada cangilón en diferentes industrias como lo evidencia la (tabla 2), y la densidad, se determina con la densidad de material que se desea transportar, el cual en nuestro trabajo de investigación es de $d= 120 \text{ kg/m}^3$ de densidad por bulto. Una vez reemplazados los valores, se tiene que (peso de la carga = $2/3*1.99*120$) da como resultado por cada cangilón, es de 200g por cangilón.

Cabe resaltar, que los procedimientos matemáticos se realizaron en el software de soluciones Excel, el cual se muestra en la figura (tabla 1), donde se arrojaron los resultados concretos de cada fórmula establecida en la bibliografía. (Romero et ál. ,2016).

Número de cangilones:

Ahora bien, la ecuacion que determina el número de cangilones se halla de la siguiente manera:

El número de cangilones se halla con la fórmula:

$$\left(\frac{2 * altura\ máxima}{paso} \right)$$

Remplazando eso nos indica, que el número total de cangilones es de 30 cangilones. Con todos estos datos estipulados, y solucionados matemáticamente con la ayuda de excel, se pudo hallar el número total de cangilones y distancia entre cangilon en cangilon, procedimiento que se denomina PASO.

Con la ayuda de las ecuaciones, se logró establecer las iteraciones para lograr los resultados obtenidos, los cuales fueron necesarios para realizar el diseño inicial del mecanismo de transporte.

Descripcion de la tabla de datos y cálculos de las iteraciones:

Según las iteraciones establecidas en el software matemático, obtuvimos diferentes resultados necesarios para la realización de un diseño básico para el sistema de alimentación continuo de biomasa por medio de cangilones, las iteraciones que se establecieron fueron las siguientes:

- **Volumen bruto por cangilón en litros:** el volumen bruto, hace referencia a la capacidad de carga que tiene cada cangilón cuando se toman las medidas establecidas por las industrias manufactureras (tabla 2) el cual nos indica que un cangilón con medidas de 134 mm de alto por 232mm de ancho, tiene una capacidad de carga de 1, 99 litros por cangilón.

- **Densidad promedio:** esta iteración hace referencia a la densidad promedio del material que se va a transportar con el sistema de cangilones, esta varía dependiendo las condiciones del material, en el caso de la biomasa utilizada en esta investigación, su densidad promedio es de 120 kg/m³ por bulto.
- **Peso que transporta cada cangilón (WC):** el peso de carga que tendrá cada cangilón, se estableció por medio de la ecuación, (peso de la carga= $\frac{2}{3}$ *volumen del cangilón* densidad) da como resultado 200g de biomasa promedio por cada cangilón, dando un resultado bajo debido a la cantidad total de biomasa que se transporta la cual es de 150kg/h.
- **Tasa:** la tasa de llenado en la tolva de descarga se basa en la cantidad total de material que se quiera transportar, la investigación preliminar que se realizó en las instalaciones de la planta de producción, se concretó que la tasa de producción adecuada y funcional para el sistema producción es de 150 kg/h.
- **Distancia (paso):** la distancia entre cangilón y cangilón, se halló con la ecuación encontrada en la bibliografía la cual indica que ($P=3h$), teniendo en cuenta que “h” hace referencia a la altura del cangilón, dando como resultado 402 mm entre cangilón y cangilón.
- **Velocidad por cangilón:** según la bibliografía encontrada, se determinó que la velocidad por cangilón se halla primero, dividiendo el (WC / tasa) el cual da como resultado 942,2 cangilones/h (tabla 1), una vez obtenido ese dato, se divide (942,2/paso) dando como resultado 105,2 mm/s la cual nos indica

la velocidad de los cangilones.

- **Número de cangilones:** el número de cangilones se determina mediante la ecuación $\left(\frac{2*altura\ maxima}{paso}\right)$, el cual dio como resultado en la (tabla 1), 29.85 cangilones, la cual se iguala a 30 cangilones.

Tabla 3. Datos y cálculos de las iteraciones, en software Excel.

Datos	Volume n bruto	Densida d	WC	Tas a	Pas o	Velocida d	Numero de cangilone s	Altur a
	1,99	120	159.2	150	402	105,213	30	6
Unidade s	litros	Kg/m3	g/can g	Kg/ h	mm	mm/s	cang	m

- **Dimensiones de los cangilones:** las dimensiones estipuladas para este diseño de investigación, se encuentran en la (tabla 2), la cual estipula las siguientes medidas.

Altura del cangilón: h = 134mm

Longitud del cangilón: largo = 232mm

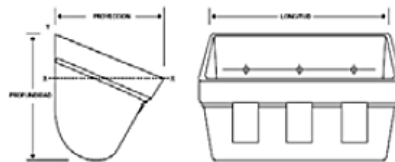
Proyección: ancho del cangilón = 131mm

Una vez obtenidos los resultados en las iteraciones establecidas, se realiza un prototipo básico en el software de diseño SolidWorks, acorde con las medidas encontradas (*Figura 5*), mostrando como resultado un diseño básico

del sistema de transporte de biomasa por cangilones.

- **Dimensiones para los cangilones**

Para seleccionar las medidas ideales, se hicieron diferentes cálculos en Excel y se determinó por costos, funcionalidad y tamaño, las dimensiones de cada cangilón. debido a el número de cangilones y su peso total en el sistema el cual es 31,5kg, se estipulo que 30 cangilones eran suficientes para cumplir con el trabajo necesario para realizar el transporte de manera eficiente, y a su vez teniendo en cuenta el precio de manufactura al momento de realizar su fabricación final.



CANGILONES ELEVADORES DE PLASTICO MAX-LIFT® USO AA INDUSTRIAL

Tamaño del cangilón	Longitud (mm)	Proyección (mm)	Profundidad (mm)	Peso (Kg)	100% Capacidad bruta (litros) X—Y
4x3	100	80	80	0.12	0.25
5x4	134	105	105	0.24	0.74
6x4	150	105	105	0.27	0.88
7x4	185	105	105	0.30	1.07
7x5	181	131	134	0.44	1.55
8x5	207	131	134	0.50	1.83
9x5	232	131	134	0.54	1.99
9x6	239	156	156	0.68	2.80
10x6	264	156	156	0.74	3.14
11x6	289	156	156	0.78	3.43
12x6	315	156	156	0.98	4.06
12x7	315	181	181	1.14	5.25
14x7	366	181	181	1.37	6.30
14x8	366	207	207	1.93	7.60
16x8	416	207	207	2.16	8.85
18x8	461	207	207	2.32	10.15
18x10	470	258	258	3.68	15.00

Ilustración 5: Dimensiones comerciales de fabricación

DISEÑO DEL CANGILÓN:

Con ayuda del software de diseño, se diseña con los parámetros establecidos en la figura anterior con un volumen bruto de carga de 1.99 litros, y medidas de 134mm de altura, 232mm de ancho y una proyección de 121 mm, el diseño básico del cangilón muestra que el peso por cada cangilón es de 1.05kg, utilizando el tipo de acero comercial ASTM A36 Calibre 11. (Felipe et ál., 2001).

El peso total de todos los cangilones es de 31,5 kg el cual sale de la multiplicación del peso del cangilón por número de cangilones. El área total de la superficie asumiendo que no hay pérdidas de material es de 175997.76 mm². Así mismo, para la elaboración de todos los cangilones, se utiliza un tipo de soldadura SMAW.

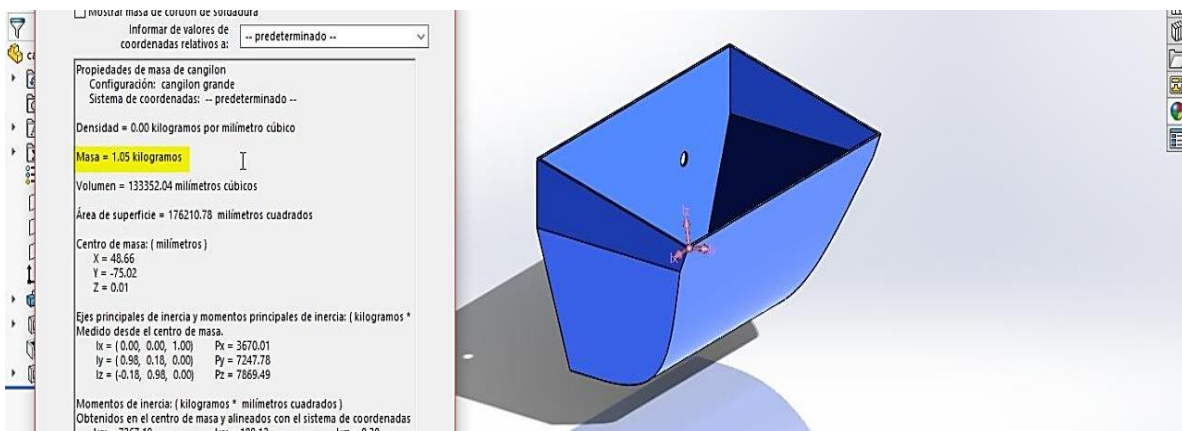


Ilustración 6: Prototipo experimental del cangilón, realizado con ayuda del software de diseño SolidWorks.

Análisis de elementos finitos:

Se realiza el análisis estructural con métodos de elementos finitos (Figura 7). Para evaluar la integridad y seguridad del diseño para una estructura, con las medidas del perfil cuadrado de 40x40x2mm. Obteniendo como resultados el esfuerzo Von Mises, análisis de deformación y factor de seguridad. A continuación, se observa el comportamiento de la estructura cuando es sometida a la carga de 1962N (200kg).

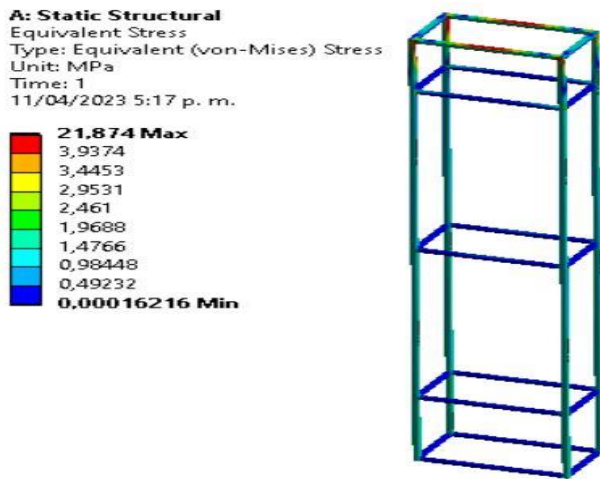


Ilustración 7: Análisis de von-mises realizado con ayuda del software de diseño ANSYS:

Para visualizar el comportamiento de la estructura cuando es sometida a esfuerzos causados en este caso por el peso total de cangilones que es de 31.5kg, más el peso total de la tasa de llenado el cual es de 150kg, se evidencia en el resultado del análisis de este material no supera su esfuerzo máximo para el acero ASTM A36 el cual da un esfuerzo máximo de 21,87 MPa (imagen7). También, se realizó un esfuerzo de deformación que su valor máximo fue de 0.11982mm, como se evidencia en la *Figura 8*.

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
11/04/2023 5:19 p. m.

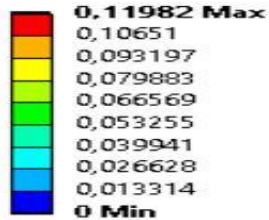


Ilustración 8: Análisis de deformación.

Como conclusión del análisis se logra evidenciar que la estructura después de ser sometida a cargas, el material no supera sus límites de elasticidad siendo una estructura rígida y confiable para soportar el peso total del conjunto de elementos tales como cangilones cargados bandas transportadora y tolvas.

Diseño del motor: El proceso de transporte de biomasa por cangilones necesita ser impulsado por un motor eléctrico capaz de mover la carga necesaria para abastecer de material la planta de gasificación, para realizar la selección adecuada del motor, se hace uso de los diferentes datos obtenidos de la investigación anteriormente realizada en este proyecto.

Por otro lado, partiendo de las fuerzas que se encuentran en el sistema de alimentación de biomasa son iguales ($W_{1sub} = W_{2baj}$) para los cangilones tanto en subida como en bajada, se asume que ($W_{total} = \text{cantidad de cangilones}$

Wmasa g) para así establecer la fuerza resultante de los cangilones cargados de biomasa. Reemplazando los valores de la ecuación establecida se obtiene que $W_{total} = (15 \cdot 0,75 \cdot 9.81) = 110,25N$, donde W masa es igual a peso de cada cangilón cargado de biomasa y (g) haciendo referencia de la gravedad. Luego de obtener el resultado, se utiliza la ecuación de trabajo (Tr), la cual nos indica que $(Tr = W_{total} \cdot dy)$ siendo W total 110,25N y (dy) la distancia que recorrerán los cangilones la cual es de 6m, siendo este la altura máxima de descarga. Reemplazando los valores de la ecuación general (Tr) se obtiene que $(Tr = 110.24N \cdot 6m)$ dando como resultado 661,44Nm o expresando en unidades de energía 0.661kj.

Luego de obtener los datos en unidades de energía, se procede a realizar la conversión de kJ a hp para determinar la potencia necesaria del motor (Pot) para mover el sistema de cangilones, el cual se establece por medio de la ecuación de potencia la cual es $(Pot = Tr/t)$ siendo Tr el trabajo calculado anteriormente, y (t) el tiempo el cual demora en subir el cangilón, reemplazando los valores se obtiene que $(Pot = 0,661kj/4s)$ dando como resultado 0,1652kw. Con este resultado podemos determinar los caballos de fuerza para el motor (Hp), el cual sería $Hp = 0,1654kw \cdot 0,746$, obteniendo como resultado 1,232hp. Luego de saber la potencia para mover el sistema de cangilones, se puede deducir que el motor necesario debe tener la capacidad de 1,5 hp El cual será controlado por un variador de frecuencia.

Diseño de detalle del sistema de elevadores por cangilones

Para la realización del diseño de detalles para la estructura general del sistema de elevadores por cangilones, se utiliza el software de diseño solidworks el cual permite describir, enumerar y visualizar de manera ordenada los componentes necesarios para la realización del diseño por otro lado, se describe la cantidad de componentes y equipos utilizados que componen la estructura como se evidencia en las

siguientes ilustraciones (9,10,11).

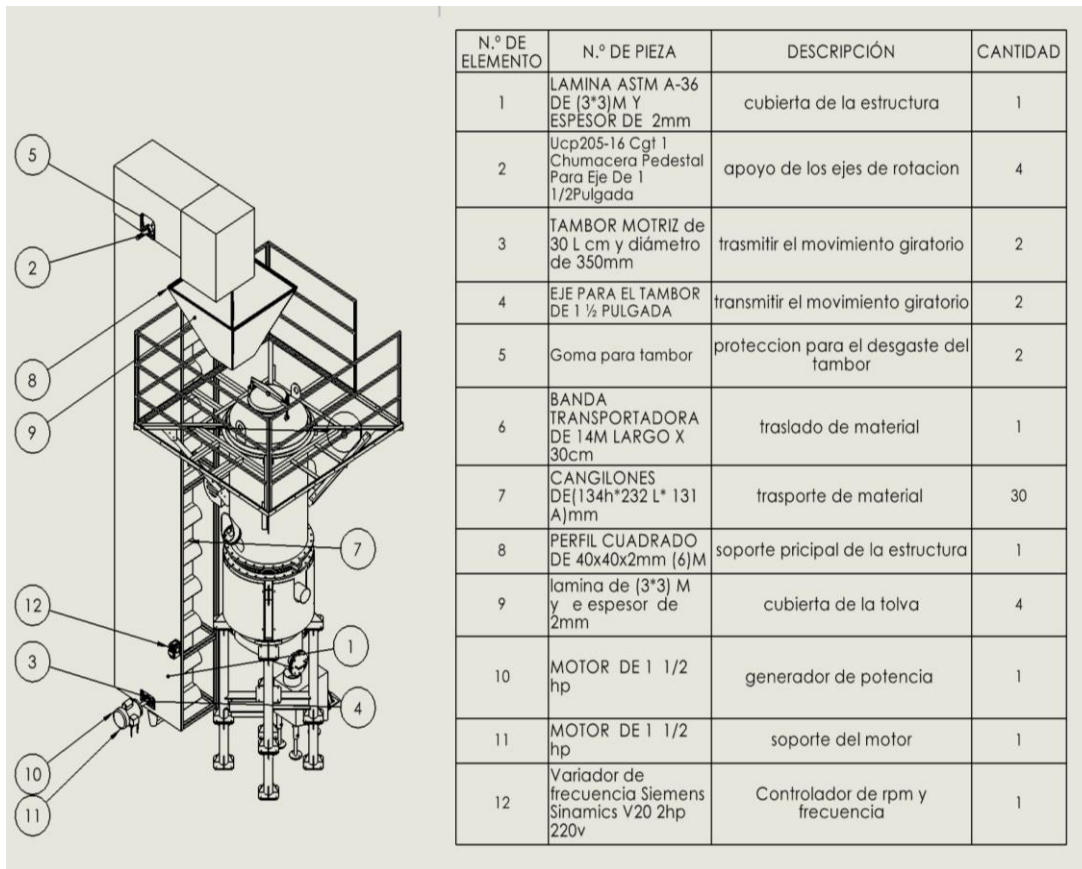


Ilustración 9: Diseño de detalle global con ayuda de SolidWorks.

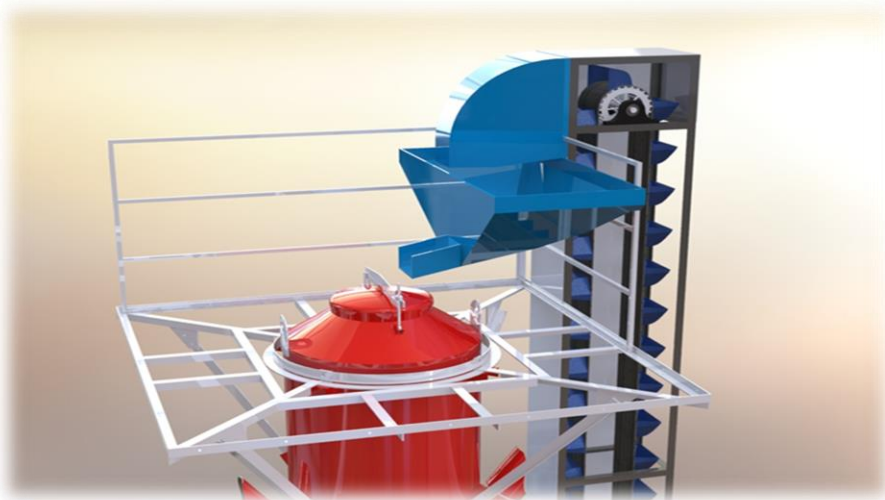


Ilustración 10: Diseño de detalle global con ayuda de SolidWorks.

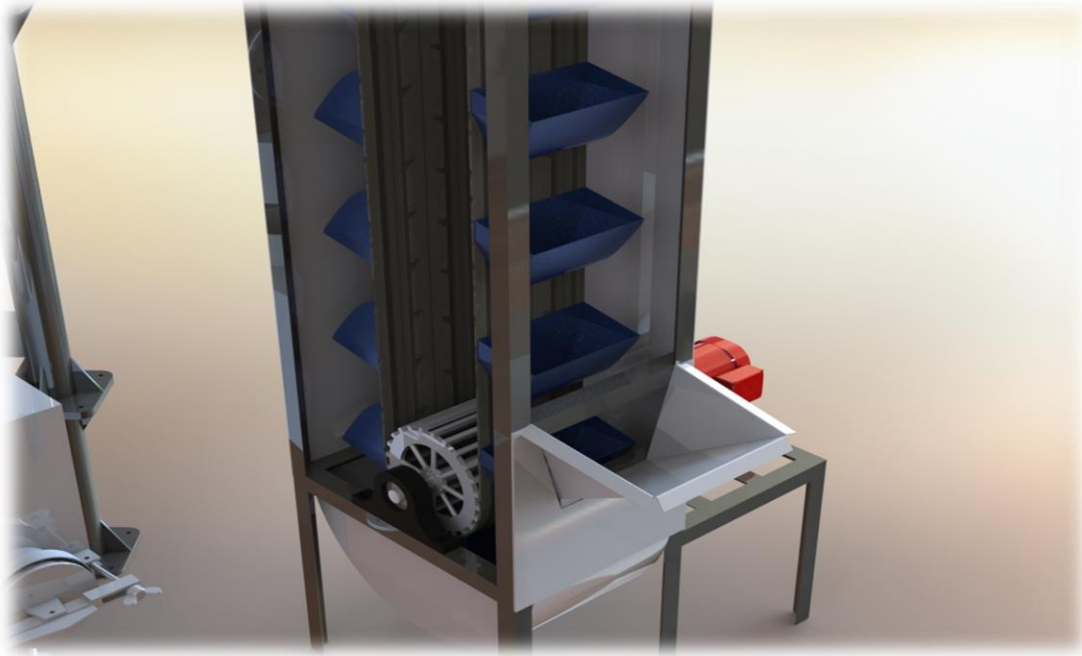
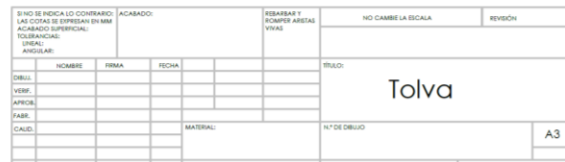
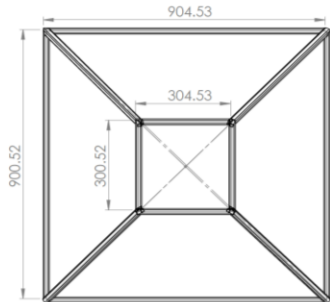
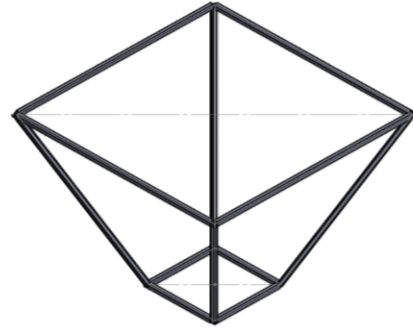
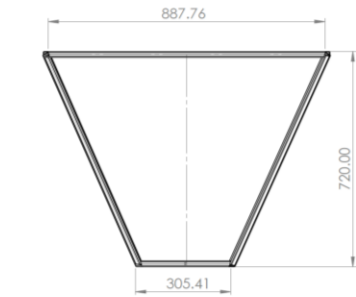
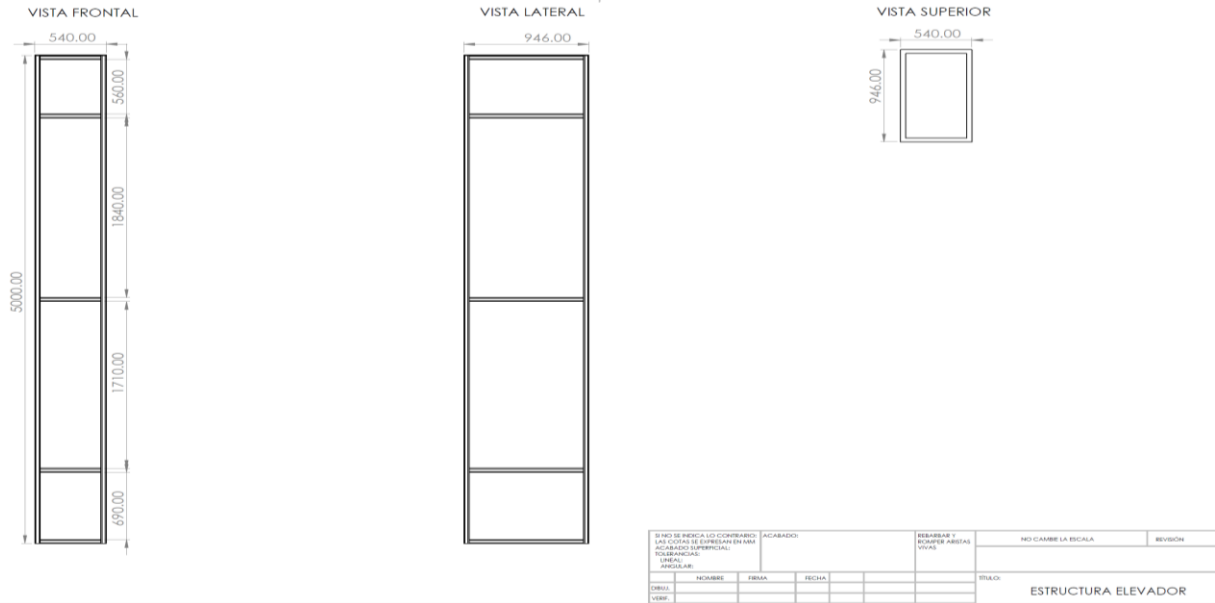
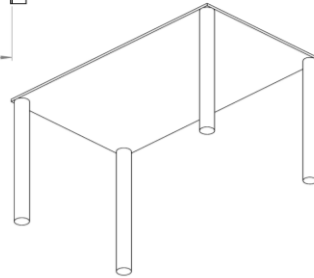
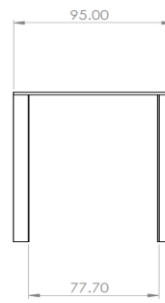
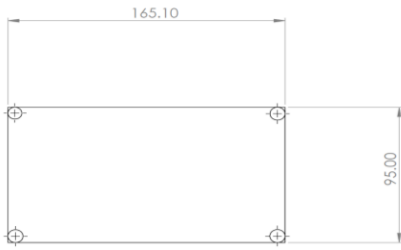


Ilustración 11: Planos del diseño de detalle global con ayuda de SolidWorks.





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: UNIDADES: ANGULOS:			ACABADO:	REBARBAR Y REDONDEAR VIVAS:	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN:
				TÍTULO:		
NOMBRE	FIRMA	FECHA				
DESUJ.						
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CAUD.				MATERIAL:	Nº DE DESENHO	
					A3	

Base para el motor

4. CONCLUSIONES

Los resultados anteriores, permiten establecer, que, si bien la planta piloto de generación de energía eléctrica por gasificación que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería, tiene un buen funcionamiento, los estudios y análisis realizados en la misma, demuestran, la existencia de situaciones o condiciones de riesgos para los operarios, a cuyo diseño actual puede incorporarse mejoras sustanciales a fin de hacer más eficiente su funcionalidad y manejo de parte de los operarios. Es decir, hacer un diseño de mejoraras, que apunten hacia una mayor rapidez en el llenado de la biomasa, a la limpieza de impurezas del material y a evitar riesgos laborales para los mismos, ya que todo el proceso actual se realiza en forma manual.

En este sentido, se estableció la necesidad e importancia de diseñar un sistema de transporte de cangilones para el aprovisionamiento de la biomasa, con características claramente determinadas y descritas en el contenido es este trabajo, teniendo en cuenta, que, de acuerdo con los estudios y análisis realizados, se opta por un sistema de transporte de cangilones por bandas, siendo este tipo un sistema de una alta resistencia y calidad para el diseño que se propone realizar.

En concordancia con lo anterior, se realizaron todos los cálculos y mediciones necesarias, así como el estudio y análisis de la calidad del material a utilizar, así como de la capacidad, calidad, resistencia y funcionalidad. Pues, el diseño planteado, contribuye sin duda alguna, con las necesidades y condiciones funcionales de la planta de energía eléctrica por gasificación de la Universidad Pontificia Bolivariana sede Montería

5.RECOMENDACIONES

En concordancia con los resultados y conclusiones de este trabajo, se procedió a realizar las siguientes recomendaciones:

- Realizar el diseño de un sistema de cangilones para el transporte de la biomasa del reactor, ya que el modelo actual así lo amerita, teniendo en cuenta las dificultades y riesgos que presenta este prototipo.
- El modelo propuesto es el ideal, ya que representa múltiples ventajas, en relación con la eficiencia, la rapidez, menos riesgos, menos costos, menos tiempo de llenado al tiempo que ayuda a limpiar las impurezas del material. Por tal motivo, y muchas otras razones, se recomienda su diseño e implementación.
- En cuanto al sistema de cangilones, es muy recomendable la aplicabilidad de un sistema de transporte de elevadores de banda, ya que este presenta muchas ventajas, en comparación con otros.

BIBLIOGRAFÍAS

Arteaga y Otros. (2014). Gasificación de la biomasa para la producción sostenible de Energía. Cuba: Artículo.

Congreso de la República. (1986). Ley 51. Colombia.

Felippa, C. (2001). Concepto y teoría sobre el análisis de los elementos finitos.

Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Análisis_de_elementos_finitos

González, J. (2017). La historia de la Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Pontificia_Bolivarina

Guerra, O. (1988). Máquinas de transporte. Cuba: Pueblo y educación.

Londoño, M. (2018). Los generadores de energía a partir de biomasa. Colombia.

Disponible en: eafit.edu.co/innovación/

Martínez, S. (2009). Concepto de biomasa. España: Universidad de Girona.

Méndez, C. (1995). Metodología: Guía para la elaboración de proyectos de investigación. Santafé de Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.

Noguera, G. (2018). Principios éticos de ingeniería. Colombia: Asociación Colombiana de Ingenieros. Revista CIEM Vol. 1.

Pahuanquiza, J. (2015). Concepto de generación de energía eléctrica. Ecuador:

Universidad Politécnica Salesiana de Quito.

Pérez, J. (2010). Concepto y proceso de gasificación. Colombia: Universidad de Antioquia.

Raffino, M. (2020). Concepto e historia de la electricidad. Argentina. Disponible en: <https://concepto.de/electricidad/>.

Rela, A. (2010). Concepto de alimentación continua. Argentina: Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Romero. (2016). Concepto de elevador de cangilones. Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú.

Secretaria de Energía. (2008). Energía biomasa. Argentina: No registra editorial.

Ucha, F. (2013). Concepto de falla. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/falla.php>

ANEXOS

Anexo 1: Diseño de modelo propuesto

En concordancia con el objetivo general de este trabajo de investigación como lo es, el de diseñar un sistema de transporte continuo de biomasa por medio de elevadores de cangilones para optimizar el tiempo en el llenado de material en la planta piloto de generación eléctrica por gasificación que se encuentra en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería, se procedió a diseñar con la ayuda de software y estudios previos un prototipo experimental para los cangilones, que cumpla con los requisitos necesarios como son sus dimensiones y materiales que serán utilizados para la elaborar el sistema de transporte y limpieza ideal de material de la planta piloto. En este sentido, el diseño final quedó de la siguiente manera, siendo este el producto final del presente trabajo de investigación:

Ilustración12. *Estado actual de la Planta de generación de energía eléctrica por gasificación de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería*



Así es, como se encuentra actualmente el reactor de biomasa que tiene la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería; el único acceso que se tiene para depositar los desechos de biomasa son escaleras que impiden un funcionamiento constante para generar energía. El operario de esta planta, tiene que subir por medio de las escaleras hasta una altura de 4 metros para poder hacer el aprovisionamiento de la biomasa, proceso que implica, subir y bajar las escaleras tardando un tiempo promedio de 30 minutos y hasta más.

Así mismo, el desarrollo de este proceso expone al operario a riesgos a su salud debido a su contacto directo con la biomasa, a riesgos laborales, ya que las subidas y bajadas de las escaleras, puede ocasionar resbaladas o caídas del operario. Además de esto, la biomasa como tal, en su estado natural lleva impurezas que podrían afectar el buen desempeño o funcionamiento del reactor. Así como la falta de material continuo hace que el proceso de gasificación no sea cíclico.



Descripción del sistema propuesto

El diseño básico de transporte continuo de biomasa, surge con la necesidad de subir constantemente a la parte alta del reactor para el depósito o aprovisionamiento de la biomasa. Básicamente consiste en una cantidad determinada de canastillas o cangilones, los cuales van sujetos a una cinta transportadora, la cual gira sobre rodillos o rodamientos, haciendo que el proceso de transporte se haga de manera vertical. La banda transportadora en la cual van sujetos los cangilones, se mueve sobre rodillos y también debido a la fuerza que genera un motor eléctrico, el cual se acopla por medio de ejes, rodamiento y engranes, que en conjunto forman un mecanismo de movimiento cíclico que luego es utilizado como sistema de transporte.

Materiales

- Los materiales que se utilizaron para la realización del diseño básico de transporte, fueron herramientas digitales como el programa de diseño SOLIDWORKS, el cual es necesario para realizar el diseño básico y también hacer las simulaciones para hallar los esfuerzos máximos de permisibilidad.
- Planos reales del reactor, para así diseñar de manera exacta el sistema de transporte.
- Los cangilones o canastillas se fabrican de polímeros de plásticos, los cuales se encuentran en el mercado industrial ya prediseñados.
- Motor eléctrico como fuente principal de fuerza para generar movimiento.

Anexo 2 : Presupuesto

Tabla 4. Presupuesto global de la propuesta por Fuentes de Financiación

RUBROS	FUENTES DE FINANCIACIÓN			TOTAL
	Estudiantes	U.P. B	Otra	
PERSONAL		9.950.000		\$13.930.000
EQUIPO		391.000		391.000
MATERIALES		16.900.000		17.900.000
VIAJES	250.000			250.000
BIBLIOGRAFÍA *				
SOFTWARE		20.000.000		20.000.000
PUBLICACIONES*				
SERVICIOS TÉCNICOS				
CONSTRUCCIONES				
OTROS*	236.000			236.000
TOTAL				52.307.000

Nota: Este presupuesto global, resume y totaliza tanto los costos y gastos de la investigación, así como los costos del diseño y los costos de fabricación y montaje del sistema de transporte de cangilones.

Tabla 5. Descripción de los gastos de personal

Nombre	Formación	Función	Dedicación		Recursos			Total
			Horas semana	Meses	Estudiantes	U.P . B	Otra	
Martin Aleman	Técnico operacional	Técnico operacional	40	6		Si		\$5.970.000
Mario Millán	Estudiante	Director de obra	40	8	Si			\$7.960.000
TOTAL								\$13.930.000

Nota: Estos costos de personal, equivalen al costo de la mano de obra de elaboración y montaje del sistema de transporte de cangilones. A este técnico operacional, se le paga la suma mensual de \$995.000 para un total anual de \$9.950.000. Esto teniendo en cuenta que la obra de fabricación y montaje tiene una duración total de 10 meses.

Tabla 6. Descripción de los equipos que planea utilizar

Equipo	Justificación	Unidad a la cual pertenece el equipo	Horas de uso en el proyecto	Valor hora	Valor total
Equipo de soldadura smaw	La utilización de este equipo es fundamental para la unión de piezas para la estructura	UPB	48	\$1.500	\$72.000
Pulidora eléctrica	Herramienta necesaria para cortar y pulir materiales como hierro o acero utilizados en la fabricación de la estructura.	UPB	24	\$1.000	\$24.000
Fresador	Equipo necesario	UPB	15	\$2.200	\$33.000

a	para la elaboración de piezas no encontradas en el mercado.				
Torno	Ayuda con la fabricación de piezas necesarias en la fabricación de la estructura.	UPB	15	\$1.750	\$26.300
Taladro manual	Herramienta para realizar perforaciones en áreas de difícil de trabajo	UPB	14	\$1.000	\$14.000
Taladro pedestal	Equipo necesario para la perforación de diferentes materiales, para la elaboración	UPB	24	\$1.200	\$28.800

	del diseño establecido				
Durómetro	Herramienta utilizada para medir la resistencia de los materiales utilizados	UPB	10	\$5.500	\$55.000
Cierra cinta	Herramienta necesaria para realizar cortes precisos en los materiales que componen la estructura	UPB	15	\$1.400	\$21.000
Solidwork	Herramienta digital necesaria para la elaboración del diseño para el sistema de elevación	UPB	indeterminado	\$20.000.000	\$20.000.000

	por cangilones				
TOTAL					\$20.391.00 0

Nota: Los valores y conceptos aquí descritos, equivalen al costo total del número de horas empleadas por cada equipo durante todo el tiempo que dura el proceso de elaboración y montaje del sistema de transporte de cangilones.

Tabla 7. Materiales e insumos

Material o insumo	Justificación	Recursos			Total
		Estudian tes	U.P. B	Otra	
					17.900.00 0
LAMINA ASTM A-36 DE (3*3) M Y ESPESOR DE 2mm	cubierta de la estructura		X		4.500.00 0
Ucp205-16 Cgt 1 Chumacera Pedestal Para Eje De 1 1/2Pulgada	apoyo de los ejes de rotación		X		300.000

TAMBOR MOTRIZ de 30 L cm y diámetro de 350mm	transmitir el movimiento giratorio		X		1.600.000
EJE PARA EL TAMBOR DE 1 ½ PULGADA	transmitir el movimiento giratorio		X		200.000
Goma para tambor	protección para el desgaste del tambor		X		Incluidos en el tambor motriz
BANDA TRANSPORTAD ORA DE 14M LARGO X 30cm	traslado de material		X		1.200.00 0
CANGILONES DE (134h*232 L* 131 A) mm	transporte de material		X		3.400.000
PERFIL CUADRADO DE 40x40x2mm (6) M	soporte principal de la estructura		X		3.400.000

lamina de (3*3) M y el espesor de 2mm	cubierta de la tolva		X		1.800.000
MOTOR DE 1 1/2 hp	generador de potencia		X		1.500.000
BASE PARA MOTOR	soporte del motor		X		200.000
VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS V20 2HP 220V	Controlador de rpm y frecuencia		X		1.300.000

Tabla 8. Descripción de viajes

Nombre participante	Lugar del viaje	Justificación	Recursos			Total
			Estudiantes	U.P. B	Otra	
Mario Millán	Monteria		\$250.000			\$250.000
TOTAL						\$

						250.000
--	--	--	--	--	--	----------------

Nota: Los valores y conceptos descritos en esta tabla, equivalen a los costos o gastos de transportes asumidos por el investigador, cuyos viáticos fueron necesarios para viajar a la ciudad de Montería todo el tiempo que duro la investigación, con el objeto de estudiar y analizar la situación de la planta de energía eléctrica de la Universidad Pontificia Bolivariana de la Ciudad de Montería.

Tabla 9. Descripción de otros rubros

Descripción de rubros	Justificación	Recursos			Total
		Estudiantes	U.P. B	Otra	
Transcripción		100.000			\$100.000
Consultas a internet		80.000			\$80.000
Papel Block		4.000			\$4.000
Lapiceros		2.000			2.000
Diseño grafico		50.000			\$50.000
Total		236.000			\$236.000

Nota: Los valores y conceptos discriminados en esta tabla, equivalen a los costos y gastos de elaboración de la investigación.