



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®



PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO

FORMULACIÓN DE UN SISTEMA MECÁNICO PARA DESPLAZAMIENTO DE UNA VAGONETA EN LA EMPRESA CALDERAS JCT

EDWIN ALFREDO MOSQUERA OCHOA

Asesor:

Jhon Fredy Hincapié Montoya

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

Facultad de Ingeniería

Departamento de Mecánica

Mecánica Industrial

20/11/2022



SC 7134-1



Institución Universitaria - Vigilada Mineducación
PBX (+57 4) 448 0520 / FAX: (+57 4) 493 6363
Calle 73 No. 73A - 226, Vía El Volador
Línea gratuita: 01 8000 510944
www.pascualbravo.edu.co



Alcaldía de Medellín

TABLA DE CONTENIDO

PAG.

1. Introducción.....	5
2. Identificación y descripción del problema.....	6
3. Justificación.....	7
4. Objetivos del trabajo de grado.....	8
4.1. Objetivo general.....	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
5. Metodología.....	8
6. Equipos para el tratamiento térmico de las carcasas.....	9
6.1. Horno de tratamientos térmicos.....	9
6.2. Vagoneta de carga.....	11
7. Cálculo de la potencia requerida para el desplazamiento de la vagoneta.....	12
8. Comparación de los sistemas mecánicos para el movimiento de la vagoneta.....	16
8.1. Piñón - cremallera.....	17
8.2. Sinfin - corona.....	18
8.3. Cadena dentada.....	19
8.4. Acoplamiento directo del motor al eje.....	20
9. Proyección financiera.....	21
9.1. Inversión.....	21
10. Conclusiones.....	23
11. Bibliografía.....	24

Lista de figuras

Figura 1. Horno de tratamiento térmico y vagoneta sobre los rieles.

Figura 2. Distribución de la planta de ensamble y producción en JCT calderas

Figura 3. Vagoneta para desplazamiento de las calderas hacia el horno

Figura 4. Pesos, diámetros y longitudes de las calderas que se fabrican en JCT

Figura 5. Gráfica de recorrido y velocidad de la vagoneta

Figura 6. Diagrama de cuerpo libre para el cálculo de las fuerzas sobre la vagoneta

Figura 7. Diagrama de cuerpo libre de la rueda de la vagoneta

Figura 8. Posicionamiento del motorreductor según el fabricante

Figura 9. Mecanismo piñón-cremallera

Figura 10. Mecanismo sinfín - corona

Figura 11. Mecanismo de cadena dentada

Figura 12. Mecanismo de acoplamiento directo entre motor y eje

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre con ejemplo su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

1. Introducción

Calderas JCT con 40 años en la industria metalmecánica ha venido ganando un reconocimiento a nivel nacional en el mercado de diseño, fabricación, montaje y mantenimiento de calderas y recipientes a presión. Con una posición de privilegio, ya que, sus equipos cuentan con la certificación bajo los estándares de American Society Of Mechanical Enginner (código ASME). Lo cual da un valor agregado a Calderas JCT S.A.S y que brinda confiabilidad a sus clientes a la hora de adquirir los equipos necesarios para sus diversos procesos productivos. Entre los productos de línea diseñados y fabricados por calderas JCT se encuentran; Calderas pirotubulares, utilizadas en el sector de servicios hospitalarios, hoteleros y lavanderías. Calderas acuapirotubulares, utilizadas en centrales térmicas. Calentadores de aceite térmico que utiliza un medio en fase líquida para transferir la energía térmica. Recuperadores de Calor que son diseñado y fabricado según las diferencias de temperatura requeridas por el cliente. Tanques de enfriamiento de purgas y de condensados, utilizados para el almacenamiento del condensado de vapor. Entre otros productos (Calderas JCT, 2022).

Para la fabricación y montajes de los productos que distribuye Calderas JCT S.A.S se cuentan con diferentes procesos de producción que transforman el material bruto en los diferentes productos de línea. Sin embargo, al interior de la compañía es sabido que, para ser aún más competitivos, se deben mejorar algunos de los procesos de producción, mejorando el acabado del producto, bajando los tiempos de fabricación, optimizando el proceso de ensamble de los productos, entre otros.

Esta propuesta de trabajo de grado pretende contribuir de manera directa en el proceso de producción, mediante la sugerencia de la implementación de un mecanismo para el desplazamiento de las carcasas de las calderas que se transportan sobre una vagoneta para ser llevadas al horno de tratamiento térmico en la zona de ensamble.

2. Identificación y descripción del problema

En el diseño y fabricación de calderas de la empresa Calderas JCT S.A.S es una empresa líder en el mercado, sus equipos cuentan con la certificación bajo código ASME. En la etapa de fabricación de las carcassas de las calderas se ha identificado que los costos finales sobre el producto terminado son altos, debido principalmente a que algunos procesos de producción son poco eficientes en cuanto a tiempo de ejecución.

Entre los procesos de producción existe una etapa que consiste en ingresar las carcassas de las calderas a un horno de tratamiento térmico para que sean sometidas al proceso de recocido, que ayuda a eliminar las tensiones internas producidas al momento de ensamblar y soldar las partes que componen las carcassas. El ingreso de las carcassas de las calderas al horno de tratamiento térmico, como se realiza hoy en día, es un proceso que se hace de manera manual con ayuda de dispositivos mecánicos, tales como vagoneta, diferenciales y cadenas. Se montan las carcassas soldadas se montan a la vagoneta con ayuda de un polipasto, que se encuentra en toda la zona de ensamble. Es amarrado a la vagoneta para fijarlo a esta, luego se procede a amarrar cadenas y diferenciales en la parte delantera para trasladarlo hacia el horno de tratamientos térmicos. El tiempo de traslado es de aproximadamente 16 horas/hombre, ya que se monta y desmonta las cadenas y diferenciales varias veces en la trayectoria.

A raíz del largo tiempo en el traslado de las carcassas soldadas, en este trabajo se desea plantear una propuesta para mejorar el traslado de las carcassas soldadas al horno de tratamientos térmicos para el proceso de revenido, con el objetivo de disminuir los tiempos de ingreso y salida del horno de tratamientos térmicos, y por disminuir los costos del producto terminado.

3. Justificación

Las grandes empresas a nivel nacional recurren día a día a invertir en desarrollo de nuevos procesos, maquinaria e ideas que les permitan mejorar sus procesos de fabricación y ensamble en las líneas de producción, disminuyendo costos de fabricación y ensamble, aumentando sus ingresos manteniendo la calidad de sus productos (Pere Jurado, 2021).

Calderas JCT S.A.S es una empresa Antioqueña del sector metalmecánico líder en el diseño, fabricación y mantenimiento de calderas, calentadores de aceite térmico, equipos ambientales y complementarios (Calderas JCT, 2011). Sus inicios como empresa en el año 1982 dieron frutos a una empresa que a través de los años ha ido avanzando en la implementación de nuevos diseños que fortalezcan su reconocimiento a nivel nacional e incluso internacional (Henao et al., 2015). Sin embargo, algunos de sus procesos productivos de fabricación de calderas hoy en día son susceptibles de mejora, debido a que aún se conservan procesos y actividades sin modificaciones desde el inicio de la compañía.

Uno de esos procesos es el tratamiento térmico de las carcassas de las calderas, al que deben someter las carcassas de las calderas para eliminar esfuerzos residuales según el código ASME (Sección IX *Boiler and pressure vessel code*). Las carcassas de las calderas deben ser ingresadas a un horno para realizar el proceso de recocido. Para realizar el ingreso y la salida de las carcassas de las calderas al horno de tratamiento térmico, las carcassas de los hornos son posicionados sobre una vagoneta la cual es trasladada manualmente sobre unos rieles, empotrados en el piso. El ingreso o la salida de las carcassas de las calderas se realiza de manera manual, con un tiempo promedio de 16 horas/hombre. Este proceso se ha realizado de esta manera desde los inicios de la empresa y no se ha modificado hasta el día de hoy.

En esta propuesta de trabajo de grado se pretende proponer un sistema mecánico para la entrada y la salida de las carcassas de las calderas al horno de tratamientos térmicos, disminuyendo los tiempos de ingreso y salida que se emplean en este proceso en la actualidad. Dado que este proceso hace parte de la ruta crítica en la fabricación y ensamble de las diferentes referencias de calderas que se producen en la actualidad en Calderas JCT S.A.S. Para lograr la disminución de tiempos en el proceso de tratamiento térmico se requiere analizar, calcular y proponer un sistema mecánico para el traslado de las carcassas de las

calderas sobre la vagoneta hacia el horno de tratamientos térmicos, mejorando el tiempo empleado en la traslación de las carcasas de las calderas hoy en día.

4. Objetivos del trabajo de grado

4.1. Objetivo general

Proponer un sistema mecánico para desplazamiento de una vagoneta en la empresa Calderas JCT

4.2. Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos técnicos necesarios para el desplazamiento de la vagoneta del horno de tratamientos térmicos
- Seleccionar un sistema de transmisión de potencia mecánico, electromecánico, hidráulico o combinado que cumpla con los requerimientos técnicos
- Establecer un diseño que permita la adaptación del sistema de transmisión de potencia a la vagoneta del horno de tratamientos térmicos
- Realizar una proyección y evaluación financiera de la implementación del sistema de desplazamiento propuesto.

5. Metodología

En este trabajo se analizará y desarrollará una propuesta de un sistema mecánico para el traslado de las carcasas de los hornos sobre la vagoneta hacia los hornos de tratamientos térmicos en la empresa Calderas JCT. La cual, se realizará su análisis y desarrollo en cuatro etapas que comprenden 16 semanas de trabajo. El desarrollo de cada etapa son las siguientes:

La etapa 1, consiste en determinar los requerimientos técnicos necesarios para el desplazamiento de la vagoneta del horno de tratamientos térmicos, donde se abordará toda la

exploración técnica necesaria para llevar a cabo el levantamiento de la información en la planta de producción de Calderas JCT S.A.S con miras a consolidar lo necesario para establecer los parámetros esenciales de diseño y operación. En la etapa 2, se seleccionará un sistema de transmisión de potencia mecánico, electromecánico, hidráulico o combinado que cumpla con los requerimientos técnicos identificados en la etapa anterior, teniendo en cuenta el ambiente al que estará sometido en el interior del horno de tratamientos térmicos, aunque tiene aislamiento térmico que disminuye notablemente el calor, presente temperaturas altas.

Una vez seleccionado y definido el sistema de transmisión, se procede con la etapa 3, que consiste en establecer un diseño que permita la adaptación del sistema de transmisión de potencia a la vagoneta del horno de tratamientos térmicos, esto con apoyo en alianza con el departamento de diseño de la compañía, donde se esbozaran las diferentes opciones propuestas para realizar la adaptación del sistema de transmisión, cumpliendo con criterios de soportabilidad y mantenibilidad. Finalmente en la etapa 4 se realizará una proyección y evaluación financiera de la implementación del sistema de desplazamiento propuesto, teniendo la recopilación de los valores comerciales de las diferentes propuestas comerciales recibidas y el costo de la mano de obra que se requiere para su instalación, se expondrá ante la gerencia de la compañía, buscando su aprobación, los atributos que ganará Calderas JCT con la implementación del sistema escogido para el desplazamiento de la vagoneta del horno de tratamientos térmicos.

6. Equipos para el tratamiento térmico de las carcasas

6.1. Horno de tratamientos térmicos

El horno de tratamiento térmico es una estructura rectangular que cuenta con una puerta frontal y una vagoneta movilizada manualmente sobre la cual se posicionan las carcasas de las calderas que se va a tratar térmicamente. El horno de tratamiento es un recinto en forma rectangular, con unas medidas interiores útiles de 6 m de largo, 4.9 m de ancho y 5.6 m de altura. Su estructura externa está conformada por láminas y perfiles de acero al carbono, con un recubrimiento térmico interno en las paredes, el techo y la puerta de una manta de fibra cerámica (espesor 2", densidad 96 kg/m³), la cual permite aislar térmicamente el horno del exterior, conservando la temperatura interna, reduciendo la radiación externa y minimizando el riesgo de incendio que se puede llegar a generar durante el revenido al que son sometidas

las carcasas de las calderas. La energía térmica necesaria para llevar a cabo el tratamiento térmico de las carcasas es aportada por cuatro quemadores a gas natural marca Baltur. Los cuales están ubicados lateralmente, dos a cada lado. La temperatura máxima en el interior del horno de tratamiento térmico para el proceso de revenido puede alcanzar $\pm 620^{\circ}\text{C}$. El horno de tratamientos térmicos cuenta con una abertura inferior con sellos laterales, los cuales permiten que el calor no pasa a la parte inferior de la vagoneta, manteniendo la vagoneta a una temperatura inferior. El horno de tratamiento térmico y la vagoneta se pueden ver en la figura 1.



Figura 1. Horno de tratamiento térmico y vagoneta sobre los rieles.

El horno de tratamiento térmico se encuentra en la planta de producción rodeada por los diferentes procesos de manufactura que ayudan a la fabricación y montaje de las carcasas de las calderas. En la zona del proceso de taladrado se perforan las láminas que conforman las placas de las calderas utilizando un taladro radial. En la zona del proceso de mecanizado se utilizan máquinas herramientas, tornos y fresadoras, donde se fabrican diferentes piezas mecánicas como soportes de tubería, ejes, acoples, entre otros. En la zona de corte y soldadura SMAW-FCAW se realiza el corte y la soldadura de los sub-ensamble que componen las carcasas de las calderas. Todas las piezas mecánicas, sub-ensambles y placas perforadas se llevan a la zona de ensamble donde se procede a montarlas en la carcasa de las

calderas. Luego las carcasas de las calderas es montada sujeta a la vagoneta, para realizar el tratamiento térmico de revenido. A su salida se deja enfriar y se le instala toda las partes eléctricas y electrónicas, proveniente de las estanterías y el almacén. Ver figura 2.

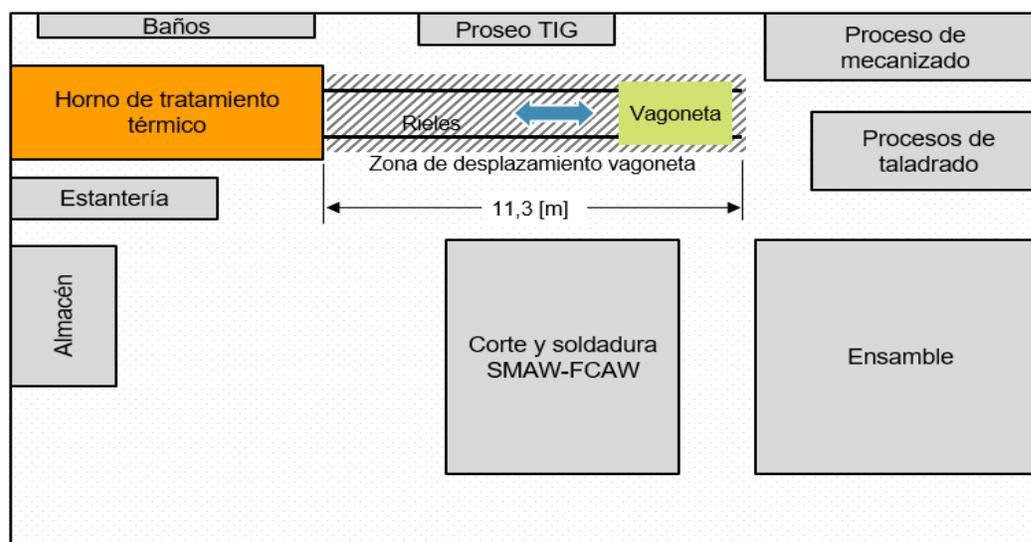


Figura 2. Distribución de la planta de ensamble y producción en JCT calderas

6.2. Vagoneta de carga

La vagoneta de transporte de las carcasas de las calderas es un carro que se desliza sobre dos rieles metálicos fijos y empotrados en el piso. Cuenta con 4 ruedas metálicas tipo tren y una estructura metálica que tiene unas dimensiones 4,8 [m] de ancho 5,9 [m] de largo y 0,9 [m] de alto, como se muestra en la figura 3. En la parte superior tiene un piso de cemento y ladrillos refractarios que protege la estructura metálica de la vagoneta de las altas temperaturas cuando se somete al proceso de revenido. También los ladrillos refractarios y los ellos laterales de horno de tratamientos térmicos permite aislar el sistema motriz, las ruedas de la vagoneta de la temperatura máxima que se genera en el interior del horno de tratamientos térmicos.

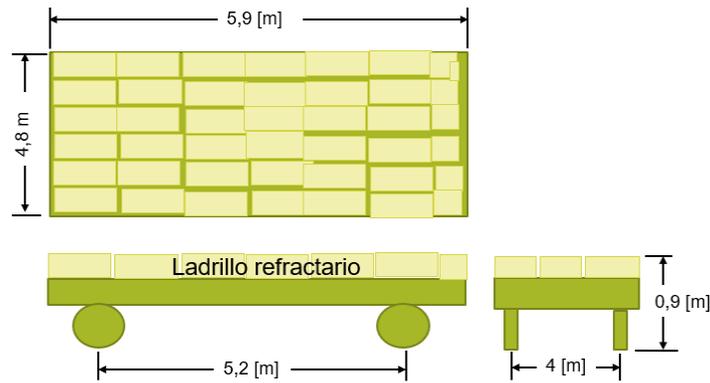


Figura 3. Vagoneta para desplazamiento de las calderas hacia el horno

Hoy en día la vagoneta cuenta con un movimiento accionado manual por medio de diferenciales y cadenas que son instaladas por los operarios al momento de ingresar las carcassas de las calderas al horno. La vagoneta tiene un peso aproximado de 5.2 toneladas sin carga, y está diseñada para soportar las carcassas de las calderas a carbón o a gas. Las medidas generales de las carcassas a carbón o a gas son mostradas en la figura 4. Para este informe se trabaja con la caldera a carbón de 1200 BHP, la cual tiene el peso más alto.

CALDERAS CARBON (BHP)	D (mm)	H (mm)	L (mm)	PESO (Kg)	CALDERAS GAS (BHP)	D (mm)	H (mm)	L (mm)	PESO (Kg)
400	3125	3788	5560	22000	50	1329	1676	3040	3000
500	3075	3677	5955	23000	70	1431	1836	3240	4000
600	3703	4366	6600	36000	100	1627	2067	3872	5000
700	4160	4959	6110	38000	150	1787	2032	3876	7000
800	4254	4712	5655	45000	300	2387	2859	4776	8000
1000	4241	4912	6699	45000	400	2588	3036	5254	11000
1200	4280	4922	6700	46000					

PESOS, DIÁMETROS Y LONGITUDES DE LAS CALDERAS

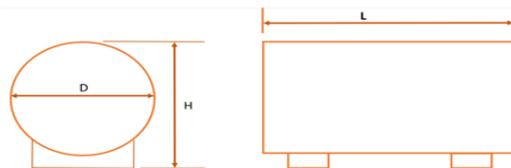


Figura 4. Pesos, diámetros y longitudes de las calderas que se fabrican en JCT

7. Cálculo de la potencia requerida para el desplazamiento de la vagoneta

La fuerza necesaria para mover la vagoneta es calculada a partir del desplazamiento, velocidad y peso a mover según las condiciones de diseño. Con estos datos se calcula la potencia, torque y revoluciones por minutos (RPM) que se necesita en el motor, para poder seleccionarlo de un catálogo comercial.

El desplazamiento que tiene que recorrer la vagoneta en la parte exterior al horno de tratamientos térmicos es 11.3 [m] y en la parte interior al horno es de 6 [m], para un recorrido total de 17.3 [m]. La velocidad con que se debe mover la vagoneta cargada con la carcasa tiene que tener tres etapas; etapa de aceleración, etapa de movimiento constante y etapa de desaceleración, ver figura 5. Esto con el fin de no generar fuerzas inerciales que pueden sacar de desbalance las carcasas de las calderas, evitando accidentes en la planta de ensamblaje y producción en Calderas JCT S.A.S.

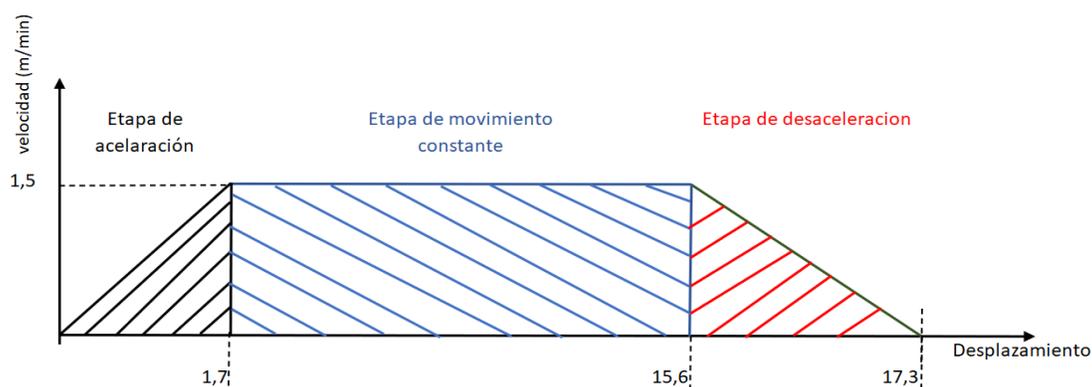


Figura 5. Gráfica de recorrido y velocidad de la vagoneta

Para la etapa de aceleración y desaceleración se recomienda que tiene que ser un 10% del recorrido total, cada una. La velocidad de movimiento constante se sugiere por parte del departamento de producción de la empresa Calderas JCT S.A.S de 1.5 [m/min]. Para un tiempo aproximado de ingreso o salida de la vagoneta hacia el horno de tratamientos térmicos de 0.25 horas/hombre.

Por último, el peso máximo la estructura de la vagoneta es de 5.2 toneladas más el peso de la carcasa de carbón de 1200 BHP es de 4.6 toneladas, para un total de 9.8 toneladas. Con estos datos se realiza el diagrama de cuerpo libre para calcular las fuerzas que están presentes en la vagoneta. El diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 6.

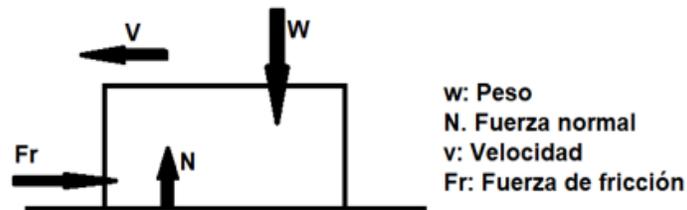


Figura 6. Diagrama de cuerpo libre para el cálculo de las fuerzas sobre la vagoneta

Los valores de la velocidad (V) y el peso (w) utilizados en este análisis son mostradas en las siguientes ecuaciones:

$$V = 1,5 \left(\frac{m}{min} \right) * \left(1 \frac{min}{60} s \right) = 0,025 \frac{m}{s} \quad (1)$$

$$w = 9,8 \text{ ton} * 1000 \frac{1000kg}{1 \text{ ton}} * 9,8 \frac{m}{s^2} = 96040 N \quad (2)$$

Donde, la fuerza normal (N) tiene el mismo valor que el peso porque se encuentra a cero grados con respecto a la pendiente. Entonces la fuerza de fricción según el coeficiente de fricción estático μ , entre acero – acero de 0.74, es igual a:

$$Fr = \mu N$$

$$Fr = 0.74 * 96040 N = 71069.6 N \quad (3)$$

Para el cálculo de la potencia (P), se obtiene al multiplicar la fuerza de fricción por la velocidad, según la siguiente ecuación:

$$P = 71069.6 \text{ N} * 0.025 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1776.74 \text{ W} \quad (4)$$

Donde la potencia es igual a 1.77 kW. Para un factor de seguridad de 2, la potencia del motor necesaria para mover la vagoneta es de 3.5 kW. La velocidad de rotación del motor es calculada con el diámetro de rueda de la vagoneta (D) y la velocidad lineal de esta (V), según el diagrama de cuerpo libre de la figura 7.

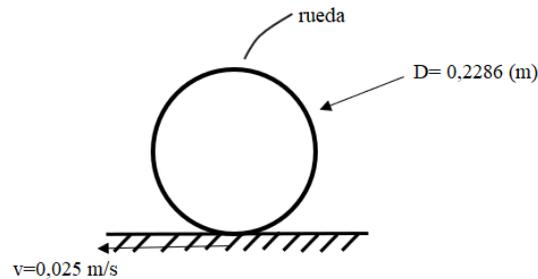


Figura 7. Diagrama de cuerpo libre de la rueda de la vagoneta

Según el catálogo de la compañía MOTORREDUCTORES (BROCHURE STM), las revoluciones por minuto del motor (N) son calculadas de la siguiente forma:

$$N = 60 \tilde{v} / \pi D \quad (5)$$

Donde, las RPM (N) es función de la velocidad lineal de la vagoneta (V) y el diámetro de la rueda (D). Con estos valores se calculan las revoluciones del motor, las cuales son iguales a:

$$N = \frac{\left(60 * 0,025 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\pi * 0,2286 \text{ m}} = 2.0886 \text{ RPM} \quad (6)$$

De acuerdo a la potencia (P) y las RPM (N) calculadas anteriormente, el sistema de transmisión de potencia mecánico seleccionado es Motorreductor Planetario Motor NORD IE3 seleccionado del catálogo. Donde sus características técnicas son las siguientes:

- Tamaño 200 [mm]
- Velocidad entrada 1750 [rpm]
- Velocidad eje salida 2.5 [rpm]
- Relación de transmisión 673.08 [Numeric]
- Factor de servicio 1.6
- TN Par Salida Nominal 13.446 [Nm]
- Horas de duración cojinetes 5000 [h]
- Posición ortogonal M1 (según figura 8)
- Eje hueco 100mm

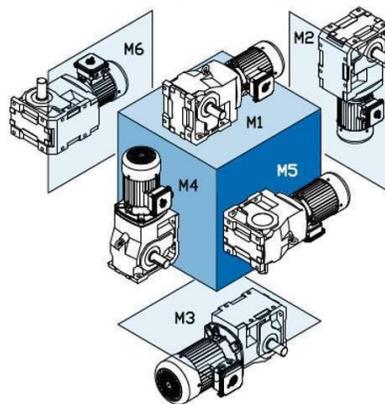


Figura 8. Posicionamiento del motorreductor según el fabricante

8. Comparación de los sistemas mecánicos para el movimiento de la vagoneta

Entre los distintos sistemas de transmisión de potencia más utilizados y de fácil adaptación se encuentran el piñón-cremallera, sin fin corona, cadenas dentadas y acoplamiento directo del motor al eje. Cada uno de estos sistemas será analizado según las condiciones que se tiene en el horno de tratamientos térmicos y la facilidad de mantenimiento.

8.1. Piñón - cremallera

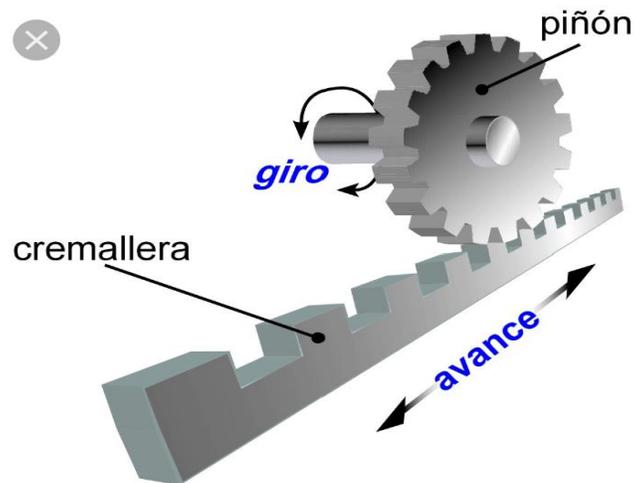


Figura 9. Mecanismo piñón-cremallera

Es un dispositivo mecanismo está compuesto por dos elementos, un piñón o rueda dentada de dientes rectos, barra dentada denominada cremallera de forma, que engrana cuando el piñón gira sobre la cremallera. Este sistema permite convertir un movimiento rotario en lineal. La barra dentada se encuentra fija en el piso y deberá tener una longitud igual al desplazamiento que se desea recorrer. Para que el engrane sea posible y el piñón pueda deslizarse sobre la cremallera es preciso que tanto piñón como cremallera posean el mismo módulo, la misma altura de los dientes. Este tipo de sistemas mecánicos se utiliza en taladros de columna, sacacorchos, en la apertura y cierre de puertas sobre guías, y en las direcciones de los automóviles, donde su principal utilidad es en distancias cortas. Entre sus desventajas para ser implementado en el movimiento de la vagoneta se encuentra que la posición donde ubicaría la cremallera es zona de tránsito del personal operativo de producción, el material producido en los procesos de desbaste de las maquinas herramientas ocasiona que pequeñas piezas puedan caer entre los dientes del piñón o la cremallera, produciendo paradas no programadas. En la figura 9 se muestra mecanismos piñón-cremallera.

8.2. *Sinfín - corona*



Figura 10. *Mecanismo sinfín - corona*

Conocido también como tornillo sin fin es un mecanismo transmite movimiento giratorio entre ejes no paralelos, ejes a 90° . Cada vez que el tornillo sin fin da una vuelta completa, la corona que tiene unida avanza un número de dientes igual al número de entradas del sinfín, ocasionando que este mecanismo genera una relación de velocidades entre el eje de entrada y el eje de salida. El tornillo sinfín generalmente va montado en el eje de salida del motor y hace girar la corona que estaría montada en el eje de las ruedas de la vagoneta. La principal desventaja de tiene este mecanismo es que no puede funcionar en sentido contrario, es decir, es irreversible, y la translación de la vagoneta al horno de tratamientos térmicos debe trasladarse en las dos direcciones. Si el sinfín es de una sola entrada, por cada vuelta que gira el tornillo, la corona avanza un diente. O lo que es igual para que la corona de una vuelta completa el tornillo sinfín ha debido girar tantas vueltas como los dientes que tiene la corona. Este sistema de transmisión de movimiento para este caso, presenta desventajas como mayores costos de inversión, la disponibilidad reducida para su instalación, no permite reversibilidad lo cual se requiere para el ingreso y salida de la vagoneta al horno de tratamientos térmicos y presenta un gran desgaste de sus piezas por rozamiento entre ellas. En la figura 10 se muestra mecanismos sinfín-corona.

8.3. Cadena dentada



Figura 11. Mecanismo de cadena dentada

Este mecanismo se utiliza para transmitir movimiento giratorio entre ejes paralelos e irán en el mismo sentido de rotación los dos ejes de salida y entrada de la potencia. Este sistema consta de una cadena con eslabones (cerrada), que se engranan a dos ruedas dentadas (piñones), que están unidas a los ejes de salida y entrada. Los ejes tienen que mantenerse en posición fija uno respecto a otro, por lo que suelen sujetarse a la estructura de la vagoneta mediante soportes, armaduras u horquillas que incrementarían los costos. El mecanismo cadena dentada presenta la ventaja de poder transmitir grandes potencias con un buen rendimiento mecánico, pero es muy ruidoso y necesita un sistema de lubricación muy eficiente. Entre sus desventajas para la implementación en la vagoneta del horno de tratamientos térmicos, se encuentra una menor capacidad de carga debido a los alargamientos que se presentan en la cadena por el uso frecuente. Esto ocasiona que se tenga que implementar un sistema de tensado a las cadenas para que funcione correctamente. Además, el montaje y mantenimiento son más complejos debido al sistema de tenado y la lubricación periódica. En la figura 11 se muestra mecanismos cadena dentada.

8.4. Acoplamiento directo del motor al eje



Figura 12. Mecanismo de acoplamiento directo entre motor y eje

El mecanismo de acoplamiento directo entre eje – motor se instala de forma directa sin elementos mecánicos adicionales. Se debe realizar la fabricación de un nuevo eje para la rueda delantera derecha de la vagoneta del horno de tratamientos térmicos, el cual debe sobresalir de un lado para poder instalar el motoreductor. Este sistema de acoplamiento brinda las siguientes ventajas para el objetivo que se quiere lograr:

- Relación de transmisión constante
- Menos espacio requerido y mayor rigidez en el montaje
- Control de velocidad
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Se necesita fabricar un elemento adicional llamado soporte, el cual brinda rigidizar el motoreductor para que no gire libremente mientras este transmitiendo la potencia al eje de la vagoneta. El soporte deberá diseñarse de platina SA-36, con dimensiones 0.4 x 0.5 [m] y de espesor de 0.012 [m] para que este no se doble al momento de ejercer torque el motoreductor. Su instalación consistirá en soldarla en la estructura metálica de la vagoneta a un lado.

El soporte del motoreductor se pretende realizar soldando una base tipo ménsula en platina SA-36 de dimensiones 400 x 500 mm de espesor $\frac{1}{2}$ " , la cual será soldada a la estructura de la vagoneta y perforada con agujero de $\frac{3}{8}$ " de acuerdo a las distancias entre centros de la base de motor.

La posición en la cual se ubicará el motorreductor no se verá afectada por la temperatura que produce el horno de tratamientos térmicos ya que la zona bajo la vagoneta donde se pretende realizar la adaptación, se encuentra aislada térmicamente con ladrillo refractario y los sellos térmicos que tiene el horno de tratamientos térmicos. Por último, se analizaron otros sistemas de transmisión de potencia que cumplen con las condiciones de funcionamiento de la vagoneta del horno de tratamiento térmicos que no se mencionaron debido a que no cumplieron con el espacio que se tenía ni los costos de inversión, por lo tanto, no fueron tenidos en cuenta. En la figura 12 se muestra mecanismos de acoplamiento directo entre motor y eje.

9. Proyección financiera

El financiamiento de este proyecto va a estar representado por el aporte de capital de Calderas JCT S.A.S, por lo cual no se requerirá de financiamiento externo como un préstamo bancario. La inversión que se tiene que realizar esta detallada en la parte de abajo.

9.1. Inversión

Esta comprende la adquisición del motoreductor de acuerdo a la cotización #TLB-081122-244 del proveedor Motorreductores y Equipos S.A.S. por un valor de €5.526 EUR + I.V.A.

La mano de obra para la instalación y adecuación del motoreductor a la estructura de la vagoneta, se realizar con personal de planta por lo que no es necesario contratar mano de obra tercerizada, reduciendo los costos de instalación. Se presupuestan 72 horas para la instalación y puesta a punto del mecanismo de acoplamiento directo entre motor y eje, las cuales se desglosan de la siguiente manera:

<p>12 horas de maquinado de eje 48 horas de adaptación del nuevo eje a la vagoneta y montaje del motorreductor 36 horas de conexiones cableado y conexiones eléctricas 8 horas de puesta en marcha Para un total de 104 horas con mano obra propia de Calderas JCT S.A.s</p>	
<p>A continuación, se resumen en pesos colombianos, el valor de la intervención</p>	
CONCEPTO	VALOR
Motorreductor Planetario	\$ 26.557.956
Accesorios mecánicos y eléctricos	\$ 450.000
Mano de obra (maquinados e instalación)	\$ 1.465.256
Eje redondo 1-1/2" - AISI 4140	\$ 220.000
INVERSIÓN TOTAL	\$ 28.693.212

Tabla 1. Inversión financiera

10. Conclusiones

En el siguiente trabajo se planteó una propuesta para la adaptación de un sistema motriz de traslación a la estructura de la vagoneta del horno de tratamientos térmicos de Calderas JCT S.A.S. En esta propuesta se logran abordar los principales aspectos de la empresa tales como son el área operativa de la planta de ensamble, donde se fábrica y ensamblan los diferentes productos que ellos distribuyen. Cuáles son las características de estos productos, como es el peso y dimensiones generales de las calderas que se fabrican. Además, de cómo es el horno de tratamiento térmicos donde se hacen el proceso de revenido a las carcasas de las calderas y la forma actual de como traslada sobre la estructura de la vagoneta. Se plantearon las diferentes alternativas de sistemas mecánicos, identificando las ventajas y desventajas que presentan cada uno para trasladar la estructura de la vagoneta al horno de tratamientos térmicos. Este planteamiento llevó a tomar la decisión por el sistema mecánico más adecuado a través de un análisis en cuanto a facilidad de adaptación y espacio disponible.

El sistema de adaptación propuesto, el cual partido de la estructura que hoy conforman la vagoneta, permite utilizar el espacio disponible entre el sistema motriz de la vagoneta y las paredes del horno de tratamientos térmicos ya que su tamaño físico permite acomodarse el espacio limitado con que se cuenta ya que se puede tomar como soporte, la misma estructura metálica de la vagoneta.

Para llevar a cabo esta propuesta de adaptación, fue de suma importancia los conocimientos adquiridos a lo largo de las diferentes materias vistas en la tecnología mecánica industrial ya que fue necesario utilizar temas vistos en diseño, dibujo técnico, tratamientos térmicos, lubricación, física mecánica, entre otros.

Otra posibilidad de mejora para el desplazamiento de la vagoneta, podría ser buscar una reforma estructural a la vagoneta de manera tal que alguno de los sistemas mecánicos de desplazamiento analizados, pudiera ser implementado analizado desde los puntos de vista técnico, de mantenimiento y de inversión financiera.

11. Bibliografía

- CalderasJCT. (2011, November 11). *Video Institucional Calderas JCT S.A.*
<https://www.youtube.com/watch?v=0WK-10svJqM>
- CalderasJCT. (2022, May 23). *Nuestra empresa Calderas JCT.* <https://calderasjct.co/nuestra-empresa/#historia>
<https://saditransmisiones.com/pinon-cadena/>
<https://www.tecnopower.es/not%C3%ADcias/ventajas-del-sistema-pi%C3%B1%C3%B3n-y-cremallera>
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>
https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/52_tornillo_sinfncorona.html
- Henao, A. M., Patricia, G., & Durango, Z. (2015). *Valoración económica de calderas JCT.*
- Pere Jurado. (2021, February 24). *La reducción de costes en la industria del metal.*
<https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/326615-La-reduccion-de-costes-en-la-industria-del-metal.html>
<https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/19316909.pdf>
<http://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/LinkClick.aspx?fileticket=mDJZOiInTjE%3D&tabid=678&mid=1743>
<https://www.valvulashidraulicas.com/blog/articulos/optimizacion-de-la-eficiencia-para-la-transmision-de-energia>
<https://hvhindustrial.com/es/blog/ventajas-desventajas-transmisiones-por-cadena>
<https://www.kisho-nano-coating.com/info/pros-and-cons-of-worm-gear-reducer-29639534.html>
<http://www.automotriz.mobi/coches/Reparaciones/general-auto-repair/72732.html>
http://contenidos.educarex.es/mci/2009/43/TEMA5/mecanismos_transmision.html
<https://es.slideshare.net/motorreductorssas/nord-manual-b1000-en-espaol>
<https://pdf4pro.com/view/cadenas-trenes-de-engranajes-tornillos-de-21a189.html>