

# Refrigeration system process improvement to increase the productivity of lamination cylinders in a steel company

Angélica María Horna Tamariz, Bachiller<sup>1</sup>, Patricia del Pilar Pinedo Palacios, Magister<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Universidad César Vallejo, Perú, hornatamariz@ucvvirtual.edu.pe, dpnedopa@ucvvirtual.edu.pe

**Abstract** - *The scientific and technological advancement resulting from globalization led industrial companies to seek greater quality, productivity, cost efficiency, and technological advancements in their processes, as well as in the delivery of their products and services, in order to meet international standards and become more competitive. Steel companies have been evolving, and steel manufacturing is a key part of the country's economic growth. Through a high-level technological process, steel mills play a central role in this steel renaissance. Following a hot mechanical deformation process, construction bars are obtained, which are used in the manufacturing of buildings, transportation bridges, infrastructure, among other things. Within the process, premature wear of the rolling mill cylinder channels was identified, causing daily stops for channel changes in the rolling mill box. Therefore, it is necessary to redesign the cooling system to prolong the lifespan of the rolling mill cylinders, improve productivity, reduce downtime, minimize unsafe conditions for employees, and reduce water resource wastage.*

**Keywords**-- bioadsorption, heavy metal, wastewater, environmental degradation

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# Mejora de procesos del sistema de refrigeración para incrementar la productividad de los cilindros de laminación en una empresa siderúrgica

Angélica María Horna Tamariz, Bachiller<sup>1</sup>, Patricia del Pilar Pinedo Palacios, Magister<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo, Perú, hornatamariz@ucvvirtual.edu.pe, dpnedopa@ucvvirtual.edu.pe

**Resumen:** El avance científico y tecnológico producto de la globalización hizo a las empresas industriales buscar obtener una mayor calidad, productividad, costos, tecnología en sus procesos y entrega de sus productos y servicios que ofrecían, cumpliendo con estándares internacionales que les permitían ser más competitivos. Las empresas siderúrgicas han ido evolucionando y la fabricación del acero es parte del crecimiento económico del país, a través de un proceso de alto nivel tecnológico, las acerías protagonizan este renacer del acero y seguidamente de un proceso de deformación mecánica en caliente se obtienen las barras de construcción que son empleadas para la fabricación de edificaciones, puentes de transporte, infraestructuras, entre otros. Dentro del proceso se identificó desgaste prematuro de canales del cilindro de laminación, ocasionando paradas diarias para realizar cambios de canales en la caja de laminación; es por ello, que se debe rediseñar el sistema de refrigeración para prolongar la vida útil de los cilindros de laminación, mejorando la productividad, reduciendo los tiempos de parada, minimizando condiciones inseguras para los colaboradores y reduciendo desperdicios en el recurso hídrico.

**Palabras clave - Proceso, Sistema de refrigeración, Productividad, Cilindros de laminación.**

## I. INTRODUCCIÓN

Worldsteel Castillo (2021, p.9) estima que en 2019 se producirán 1.870 millones de toneladas, un 3,4% más que en 2018. China ya alcanzó el récord de producción más alto en 2019, alcanzando los 993 millones de toneladas de acero, equivalentes al 54% de la producción mundial total. Asimismo, Estados Unidos también creció un 2%. América del Sur disminuyó un 8,4% respecto al año anterior debido a la menor producción en Argentina y Brasil.

Europa se enfrenta actualmente a una grave crisis energética, las grandes siderúrgicas creen que su sostenibilidad económica está amenazada, y otros costes que también afectan a la industria siderúrgica son el precio de los derechos de emisión de dióxido de carbono, que se ha elevado a 65 euros la tonelada. Dijo que no estaba de acuerdo con los esfuerzos de la UE para recuperar los derechos de mercado, inflar los precios y promover la especulación [14]. En Europa, la mayor parte de la producción de acero se obtiene a través de altos hornos, que son más contaminantes que los hornos eléctricos y se enfrentan a las elevadas facturas eléctricas antes

mencionadas. Con lo cual se prevé para el año 2022 un cierre de una gran cantidad de empresas del sector, quienes al margen de ser tecnológicamente eficientes no pueden competir con el acero importado desde China e India que ingresan a la UE libre de aranceles y de pagos por derecho de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En América latina según la Asociación internacional del acero (2021, p.1), en el mes de julio del 2021, la producción de acero creció en 23.5%, promoviendo empleos y desarrollo. En el Perú, contamos con dos empresas Siderúrgicas que han sido golpeadas por el efecto económico de la pandemia, pero la reactivación de estas, son parte del desarrollo y crecimiento económico del país. En el sector de construcción, según el informe técnico del INE (2021, pp.9 – 16), el índice de producción registro un aumento de 15,25 como resultado del consumo interno del cemento y una contribución a la producción nacional de 0.78% en materia de construcción, manteniéndose como el principal suministrador de acero del mercado.

La crisis sanitaria provocada por el COVID-19, ha afectado a la industria del acero, la cual ha tratado de mantener el ritmo de la productividad y el desarrollo en plena contracción económica, enfrentando las consecuencias de una falta de apoyo estatal y de la actuación oportuna de políticas públicas para afrontar problemas económicos en América Latina. Como señala Francisco J. Leal, gerente de la Asociación Latinoamericana del Acero, a fines de 2019 el desempeño del sector siderúrgico entro a un empeoramiento del proceso de desindustrialización, que se presentaba en las 2 últimas décadas en la región, con un nuevo año que presenta desafíos para la economía regional.

Leal (2021) afirma que el consumo regional de acero, que ha venido decreciendo progresivamente desde el año 2014, tuvo una caída el año 2020 como resultado de la contracción económica de las principales economías latinoamericanas, la declaración de precios más bajos de los productos básicos y rivalidad comercial entre empresas.

El proceso de laminación es un proceso industrial por medio del cual se realiza deformaciones mecánicas de una barra en caliente, con una temperatura superior a 910°C. Es un proceso continuo que no permite tiempos muertos o interrupciones por fallas o imprevistos como ocurre actualmente en los trenes de laminación 1 y 2. Los trenes de laminación en caliente son unidades productivas que elaboran

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

diferentes productos y diversos diámetros según la necesidad del mercado. Un tren de laminación tiene la capacidad de producción para diferentes diámetros de productos largos o planos de diversas geometrías, debido a ello, las actividades de cambios de los formatos son una problemática inherente a las plantas de laminación en caliente (Pacheco, 2019, p.50).

La laminación se lleva a cabo mediante cilindros que deforman el material mediante una fuerza de compresión, reduciendo el área y aumentando la longitud del material. Los pases tallados en los cilindros, además del esfuerzo constante producto de la fricción entre el cilindro y el metal genera un incremento de la temperatura de los cilindros, el cual puede provocar grietas y pérdidas de propiedades mecánicas en los cilindros, para lo cual es necesario una adecuada refrigeración. Los cilindros de laminación son de elevado costo de inversión, por lo tanto, en la industria se utiliza para la producción de grandes cantidades de productos estándar por lo tanto deben estar en excelentes condiciones de funcionalidad (Mata, 2019, p.10).

El presente informe da cuenta de la investigación aplicada llevada a cabo en la planta siderúrgica de la ciudad de Chimbote en Perú, donde la producción de acero se lleva a cabo a más 1600°C en el Horno Eléctrico. Posteriormente se obtienen las palanquillas que serán trasladadas a la planta de Laminación para realizar deformación mecánica en caliente de productos largos. La planta de laminación realiza un proceso de conformación plástica, donde la barra se lamina en un proceso continuo y en una sola dirección, sometida a fuerzas de compresión para la fabricación de barras de construcción, con una capacidad de tonelaje anual de 286,000 TN, para cumplir con ese objetivo de producción cuenta con áreas de soporte como: equipo operacional, gestión de mantenimiento, taller de cilindros guiados y camino de barra. (Figura 02).

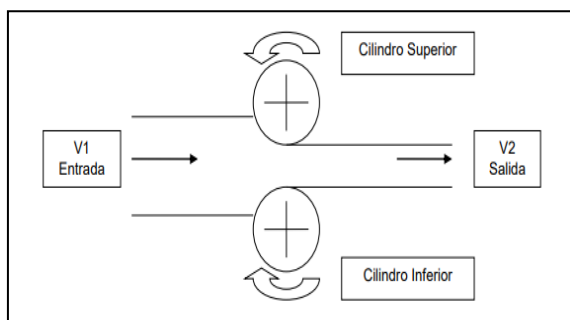


Figura 2. Proceso de laminación.

Las investigadoras tienen el propósito de mejorar la productividad de los cilindros de laminación en estudio, mejorando la producción de 26,712 Tn a 27,258 Tn, habiéndose identificado que las modificaciones técnicas del sistema de enfriamiento brindará soluciones al desgaste prematuro de los canales mejorando la vida útil de los mismos, de 60 días a 120 días de productividad, generando un mayor beneficio económico y competitivo a la empresa, además de

satisfacer a sus clientes entregando sus pedidos de producción a tiempo.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Planteamiento del problema

Las empresas siderúrgicas se enfrentan constantemente a nuevos retos con el afán de aumentar su producción y reducir sus costos, esto conlleva a que los procesos sean más eficientes y constantes en la búsqueda de nuevas alternativas que ofrece la tecnología moderna, las empresas deben alcanzar los niveles más óptimos de producción, con nuevos retos competitivos, lo que nos obliga a los líderes o facilitadores de las empresas a buscar mejoras en el proceso, estrategias y nuevas técnicas que giren en torno de cómo alcanzar el siguiente nivel de productividad, ahorrando costos, mejorando los procesos y calidad del productos terminado; buscando ampliar los tiempos de producción, eliminando las paradas no programadas y reduciendo la intervención operacional para los equipos; esto implica mejorar los equipos y tratar en lo posible que estos no sufran más daño del que ya implica el proceso, ya que estos daños se producen por agentes externo y que en su mayoría se pueden controlar.

### B. Justificación

La justificación de la investigación respecto a la contribución metodológica es que se seguirá una serie de pasos relacionados a la mejora del sistema de refrigeración de la Laminador 1 - Caja 2 para incrementar la productividad de los cilindros de laminación (figura 1), la cual servirá para replicar en todo el sistema de refrigeración de la empresa Siderúrgica y relacionarlas con las variables del sistema de refrigeración. La canal de los cilindros de laminación del Laminador 1- caja 2 está durando en el proceso 24 horas y se tiene que realizar paradas para cambio de canal; esta demanda de tiempo que se emplea es de una hora diaria reduciendo así el tiempo de vida útil del cilindro; no se tiene control del caudal y presión por falta de equipo de medición, existe una pérdida del flujo de agua que no llega a refrigerar la canal por el diseño complejo de las duchas de refrigeración; los aspersores no realizan una óptima refrigeración en los canales causando que el flujo del agua choque en la superficie del cilindro, se disperse y no refrigere adecuadamente el canal.

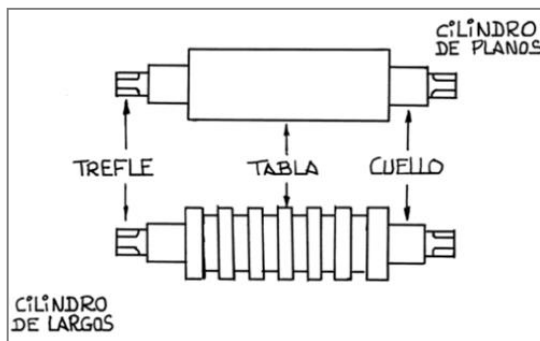


Fig. 1 Cilindro de laminación – Caja 2

La justificación de la investigación respecto a la contribución social, las modificaciones en el sistema de refrigeración permiten al colaborador de planta trabajar en un ambiente de trabajo en buenas condiciones de operación, reducir frecuencia de cambios de canal en el proceso, los cuales están relacionadas con la baja productividad de los cilindros de laminación que presenta, así mismo se obtendrá una mayor satisfacción de los clientes ya que obtendrán su producto en el tiempo y con buena calidad.

Se justifica de forma ambiental, puesto que la mejora del sistema de refrigeración aplicados en el control del caudal y presión del agua utilizada nos va a permitir tener un mejor control de este recurso en los trenes de laminación y evitar el desperdicio de esta.

Se justifica de forma económica, puesto que la mejora del sistema de refrigeración minimizara los costos en adquisición de cilindros, debido a que se incrementara la vida útil de los cilindros de laminación en el proceso y maximizara horas de producción.

### C. Objetivos

1) *Objetivo general:* La investigación tuvo el objetivo general de determinar como el rediseño del sistema de refrigeración incrementa la productividad de los cilindros de laminación de una empresa siderúrgica.

2) *Objetivos específicos:* Realizar un diagnóstico a los procesos y productividad de la empresa (capitulo 1). Implementar el rediseño del sistema de refrigeración (capitulo 2)

Evaluar el impacto sobre la productividad luego de las modificaciones al sistema de refrigeración de los cilindros de laminación de una empresa siderúrgica.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de investigación fue pre experimental, con una pre prueba y pos prueba y un solo grado de control mínimo, a un grupo se le aplicó una experimentación previa al tratamiento (O1), luego de esto se le administrará el tratamiento (X) y por último se realizará la experimentación posterior al tratamiento (O2) (Farooq, 2016, p.156).

Variable independiente: Procesos.

Secuencia de tareas dirigidas a crear un valor agregado sobre una entrada con el objetivo de conseguir un producto, y una salida para que de esta forma se pueda cumplir con lo demandado por el consumidor definitivo (Acevedo y Torres, 2021).

Variable dependiente: Productividad.

La productividad es conocida como la relación existente entre el volumen total de producción y los recursos utilizados para alcanzar dicho nivel de producción, es decir la razón entre las salidas y las entradas [7].

La población estuvo formada por los trenes de laminación 1 y 2 de la planta de laminación en la empresa siderúrgica.

El método de análisis empleado en la investigación fue el análisis descriptivo e inferencial. El descriptivo se empleó para describir todos los resultados hallados en la investigación y en el análisis inferencial ayudó a validar la

hipótesis de investigación mediante la herramienta estadística t student – software estadístico SPSS 22

## III. RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos específicos planteados, se presenta a continuación el resultado de cada uno de los mismos.

### A. Diagnostico a los procesos

En la planta de Laminación Largos inicia el proceso con la verificación de los equipos y tableros de control del horno de recalentamiento, en esa verificación se controla la longitud de palanquilla, siempre con una previa coordinación con el operador del parque y grúa. Luego, la palanquilla es transferida por un camino de rodillos para la actividad deformación mecánica en el tren 450 caja # 1 y 2, en este proceso se tiene que realizar cambio de canales, guías, reemplazar cilindros, verificar sistema refrigeración y verificar e inspeccionar que el producto esté conforme a los estándares de calidad. Para la actividad tren 300 se tiene que cambiar los canales, guías, reemplaza cilindros, verificar e inspeccionar los alineamientos de los cilindros para el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración, seguido a ello, se tiene que verificar el sistema de lubricación para que las máquinas funcionen correctamente, finalmente, se tiene que controlar el bucle de laminación. Para la actividad de mesa de enfriamiento 1, se tiene que cortar las barras a longitud de mesa, revisar el despunte en cizalla, cambiar cuchillas cizalla y verificar el peso métrico de la barra. Finalmente, para la actividad acabado, se tiene que preparar etiquetas, pesar los paquetes y cumplir con los estándares de calidad.

Una vez identificado los procesos que se realizan, la actividad del sistema de refrigeración para cilindros de laminación se procedió a realizar una guía de entrevista a un focus group.

TABLE I  
GUÍA DE FOCUS GROUP

Preguntas	Sí		No		No	
	f	%	f	%	f	%
1. ¿Cree usted que el sistema de refrigeración en la caja de desbaste 2 es adecuado (duchas y accesorios)?	0	0%	5	100%	5	100%
2. ¿La productividad del área aumentaría, mejorando el diseño sistema de refrigeración en la caja de desbaste 2?	5	100%	0	0%	5	100%
3. ¿Es necesario contar con equipos de medición para controlar el flujo y presión del agua?	5	100%	0	0%	5	100%
4. ¿En qué escala se presentan las paradas por desgaste de canales en la caja de desbaste 2?	2	40%	3	60%	5	100%
5. ¿Se ha presentado rotura de cilindro en el proceso por alguna falla en el sistema de refrigeración en la caja de desbaste 2?	5	100%	0	0%	5	100%
7. ¿Se cuenta con un estándar y/o procedimiento de verificación del sistema de refrigeración?	0	0%	5	100%	5	100%
Promedio	57%		43%			



En la tabla 1 se muestra que el 100% de los trabajadores consideran que el sistema de refrigeración en la caja de desbaste 2 no es el adecuado. El 100% de los colaboradores expresaron que la productividad del área si aumentaría mejorando el diseño del sistema de refrigeración en la caja de desbaste 2. El 100% de los encuestados indicaron que si es necesario contar con equipos de medición para controlar el flujo y presión del agua. El 40% de los trabajadores indicaron que la escala en que se presentan la rotura de cilindro en el proceso por alguna falla en el sistema de refrigeración en la caja de desbaste 2 es muy frecuente, mientras que el 60% indicó que es frecuente. El 100% de los trabajadores manifestaron que si se ha presentado rotura de cilindro en el proceso por alguna falla en el sistema de refrigeración en la caja de desbaste 2. El 100% de los colaboradores expresaron que no se cuenta con un estándar o procedimiento de verificación del sistema de refrigeración.



Fig. 2 Galería fotográfica

TABLA 02:  
GUÍA DE FOCUS GROUP, PREGUNTA 06

6. ¿Cuál de los siguientes elementos consideras crítico para el sistema de refrigeración?		
Respuesta	f	%
Ducha	5	100%
Niples	0	0%
Soportes	0	0%
Mangueras	0	0%
Total	5	100%

En la tabla 2 se muestra que el 100% de los trabajadores manifestaron que elemento crítico para el sistema de refrigeración es la ducha.

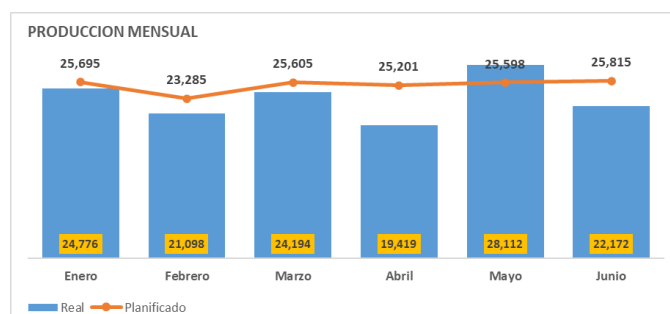


Fig. 3 Productividad inicial

En la figura 3, se muestra que la producción real del mes de enero a junio del 2022 fue de 139,769 toneladas, mientras que la producción planificada fue de 151,119 siendo la diferencia de producción de 11,411 toneladas no producidas, esto indica que la productividad inicial es del 92%.

## REDISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para el rediseño del sistema de refrigeración, se tomó en cuenta los cinco procesos, los cuales son procesos de organizar; procesos de determinar; procesos de representación; procesos de mejora y procesos de control.

### i. Procesos de organizar

Este proceso consiste en organizar todos los procesos que se van a realizar dentro del sistema de refrigeración ya con las mejoras realizadas en cada punto de proceso.

En la figura 4 se describe cada uno de los procesos y la caja 2 del tren 450 con el sistema de refrigeración para incrementar la productividad de los cilindros de Laminación de la empresa siderúrgica, y la descripción de cada etapa se muestra en la siguiente tabla.

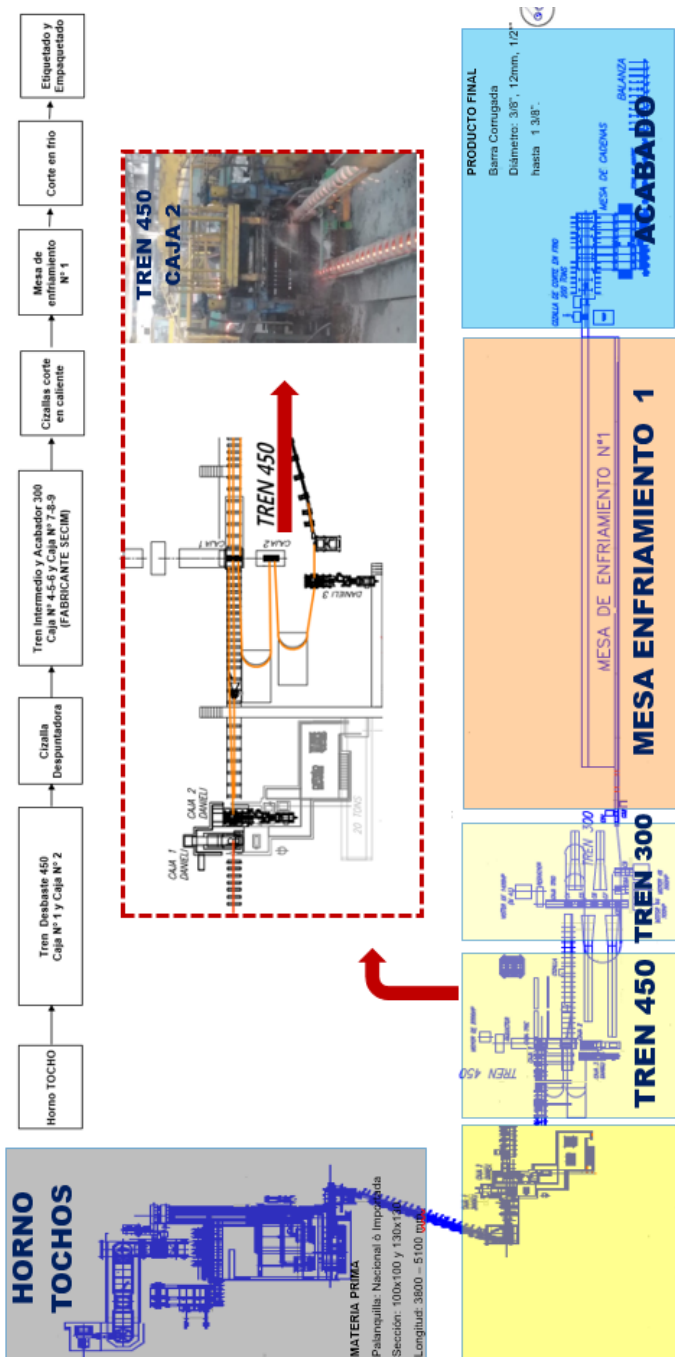


Fig. 4 Flujoograma de proceso

TABLA 03:  
MAPEO DE ACTIVIDADES DE PROCESO

#### Horno Tochos

- Verificar equipos y tableros de control del horno.
- Control longitud de palanquilla
- Coordinar con el operador del parque y la grúa, la alimentación de la mesa de carga

#### Tren 450 Caja N° 1 y 2:

- Cambiar canales
- Cambiar guías
- Reemplazar cilindros
- Verificar producto
- Inspeccionar alineamiento de cilindros
- Verificar el funcionamiento del sistema de refrigeración
- Verificar estado del sistema de lubricación
- Ajustar luz

#### Tren 300:

- Cambiar canales
- Cambiar guías
- Reemplazar cilindros
- Verificar producto
- Inspeccionar alineamiento de cilindros
- Verificar el funcionamiento del sistema de refrigeración
- Verificar estado del sistema de lubricación
- Ajustar luz
- Controlar bucle de laminación en doblado

#### Mesa de Enfriamiento 1:

- Cortar las barras a longitud de mesa
- Revisar despunte en cizalla
- Cambiar cuchillas cizalla
- Verificar peso métrico de la barra

#### Acabado

- Preparar etiquetas
- Pesar los paquetes
- Identificar de paquetes

En la tabla 3 se describe cada una de las actividades del proceso y la actividad del sistema de refrigeración en los cilindros de Laminación de la caja 2 – Tren 450, de esta forma se pudo determinar que en total hay 5 procesos que son Horno tocho, Tren 450 caja N° 1 y 2, Tren 300, Mesa de enfriamiento 1 y Acabado; también se halló que hay un total de 27 actividades que se están realizando.

#### i. Procesos de determinar

En este proceso, se procedió a determinar las acciones correctivas para mejorar el sistema de refrigeración en los cilindros de laminación de la empresa siderúrgica.

TABLA 04:  
PROCEDIMIENTO PARA RETIRO Y ENTREGA DE DUCHAS DE REFRIGERACIÓN

OBJETIVO	CAMPO DE APLICACIÓN	RESPONSABILIDADES
Conocer y aplicar los pasos necesarios para realizar el retiro y entrega de duchas de refrigeración según programa establecido perteneciente al laminador 1 y 2. Considerando las medidas de seguridad que den como resultado la prevención de accidentes y/o enfermedades ocupacionales, mitigando los aspectos ambientales que están nuestro alcance.	Este procedimiento se aplica para las actividades del retiro y entrega de duchas de refrigeración según programa establecido perteneciente al laminador 1 y 2, que permita realizar las labores con seguridad.	Es responsabilidad del personal cumplir con el procedimiento PR-125-019 para el retiro y entrega de ducha de refrigeración según programa establecido perteneciente al laminador 1 y 2.
RECURSOS / CONDICIONES NECESARIAS	ASPECTOS GENERALES DE SEGURIDAD	ASPECTOS GENERALES EN EL PUESTO
Mantenedores mecánicos capacitados, habilitados y autorizados para la ejecución de la tarea. (*) Todas las actividades de servicio deben ser coordinadas con todo los involucrados en el proceso.	El colaborador deberá cumplir con la Política de Seguridad de la empresa SIDERPERÚ, Reglas Generales de Seguridad, Reglas Específicas del Área para garantizar la seguridad total en el ambiente de trabajo.	-Deberá informar evento o incidentes de seguridad al gestor. -Deberá fomentar el cuidado activo en el área. -Deberá participar en 5S en el área de trabajo. -Deberá segregar los desechos industriales según clasificación en los Kit de Residuos.

TABLA 05:  
BOQUILLAS DE PULVERIZACIÓN

TIPO	CONEXIÓN	PROPIEDADES	APLICACION
F	Rosca hembra	Alto impacto	Propósito de general
FX	Rosca macho	Alto impacto	Propósito de general
GA	Rosca macho	Reemplazo rápido	Propósito de general
GE	Cono plano	Propósito general	Propósito de general
GF	Rosca macho	Distribución parabólica	Propósito de general
GX	Tuerca y boquilla	Ventilador plano orientable	Propósito de general

En la tabla 5 se muestra los tipos de aspersores de abanico plano, determinando el tipo de boquilla GA para el rediseño sistema de refrigeración, su diseño de cuerpo corto se acondiciona en la ducha de refrigeración y el cilindro.

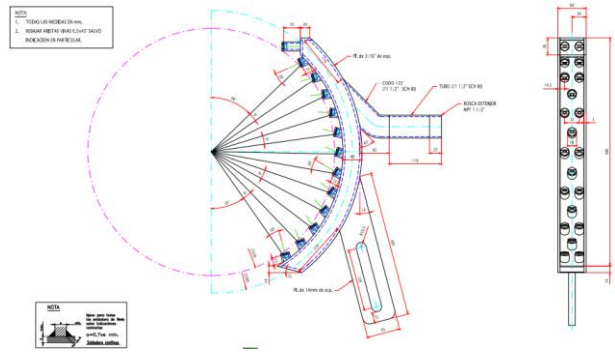


Fig. 6 Plano de ducha de refrigeración con aspersor GA

TABLA 07:  
PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL DE REFRIGERACIÓN.

DES-MONTAJE, MANTENIMIENTO Y MONTAJE DE SISTEMA DE REFRIGERACION			
¿Qué hacer?	¿Quién?	¿Cómo hacer?	Criterios de Seguridad y Ambientales
1° RETIRAR DUCHAS DE CAJA LAMINADORA	Laminador Mecánico guías y montaje	a) Sacar pernos para retirar duchas de caja de laminación. (Llave mixta de 36 mm, llave mixta 30mm llave mixta 19 mm)	Utilizando implementos de seguridad adecuados (EPP's). Realizar Tarea, utilizando herramientas adecuadas. Tener en cuenta siempre 5S
2° LIMPIEZA SUPERFICIAL DE DUCHAS Y CHAPAS	Laminador, Mecánico guías y montaje	a) Procedemos a realizar la limpieza de la ducha y chapa parte externa utilizando, Cardas, espátula.	Utilizar EPP's adecuados (Guantes, mandil, Lentes.) Tener en cuenta siempre 5S
3° VERIFICACIÓN ASPERSORES O AGUJERO	Laminador Mecánico guías y montaje	a) Procedemos a verificar de forma visual estado de aspersores y/o agujeros en caso de deterioro de aspersores realizar el cambio (llave mixta 17 mm)	Utilizando implementos de seguridad adecuados (EPP's). Realizar Tarea, utilizando herramientas adecuadas. Tener en cuenta siempre 5S
4° VERIFICACIÓN DE CHAPAS Y PERNOS DE AJUSTE	Laminador. Mecánico guías y montaje	a) Verificar estado de las chapas (bisagras) pernos de ajuste (duro o trabado) llave mixta 36 mm	Utilizando implementos de seguridad adecuados (EPP's). Realizar Tarea, utilizando herramientas adecuadas. Tener en cuenta siempre 5S
5° LIMPIEZA INTERNA DE DUCHA	Laminador. Mecánico guías y montaje	a) Procedemos a retirar aspersores y acople rápido para limpiar entrada de agua hasta que quede libre de óxido y sarro así también se limpia la salida de agua. Llave 17mm llave stilson 12"	Utilizando implementos de seguridad adecuados (EPP's). Realizar Tarea, utilizando herramientas adecuada. Tener en cuenta siempre 5S

TABLA 07:  
PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL DE  
REFRIGERACIÓN. (CONTINUACIÓN)

DESMONTAJE, MANTENIMIENTO Y MONTAJE DE SISTEMA DE REFRIGERACION			
¿Qué hacer?	¿Quién?	¿Cómo hacer?	Criterios de Seguridad y Ambientales
6° ARMADO DE DUCHAS	Laminador Mecánico guías y montaje	a) Se procede al armado de la ducha colocando los aspersores y el acople rápido teniendo en cuenta el ángulo de trabajo de cada aspersor. llave 17mm, stilson 14". Según EO-125-019	Utilizar EPP's adecuados (Guantes, mandil, Lentes.). Tener en cuenta siempre 5S'
7° PROBAR FUNCIONAMIENTO DE DUCHA.	Laminador Mecánico guías y montaje	a) Se lleva la ducha a la zona de prueba donde se conecta a una manguera de agua para verificar q no haya fugas ni rajaduras en la misma y que el chorro de agua sea uniforme.	Utilizar EPP's adecuados (Guantes, mandil, Lentes careta de soldar) realizar el Check list de la máquina de soldar. Tener en cuenta siempre 5S'
8° MONTAJE DE DUCHA EN CAJA DE LAMINACION.	Laminador Mecánico guías y montaje	a) Se procede al montaje de la ducha en caja teniendo en cuenta la posición y Angulo de la ducha con respecto al canal y /o cilindro de laminación. Llave 36mm, llave 30mm, llave 17mm.	Utilizando implementos de seguridad adecuados (EPP's). Realizar Tarea, utilizando herramientas adecuadas. Leer indicaciones de productos químicos (MSDS). Tener en cuenta siempre 5S'.

En la tabla 7 se muestra el procedimiento de mantenimiento preventivo del sistema de refrigeración, con la finalidad de mantener activo el sistema para el proceso productivo.

#### v. Procesos de control

Este proceso se procedió a estandarizar el sistema de refrigeración, dentro de la planta de laminación largos de taller de cilindros y guiados. (ver figura 5).

### VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Dando solución al primer objetivo específico, se determinó que la producción real del mes de enero a junio del 2022 fue de 139,769 toneladas, mientras que la producción planificada fue de 151,119 siendo la diferencia de producción de 11,411 toneladas no producidas, esto indica que la productividad inicial es del 92%. Dichos resultados se asemejan en la investigación de Ramírez(2018), quien en su investigación propone mejorar la eficiencia del sistema de refrigeración de cilindros en el proceso de laminación en planta perfiles, siderúrgica de Guatemala, y concluye que el sistema de refrigeración tiene un papel preponderante en la conservación de los cilindros de laminación porque no solo

refrigera la superficie caliente en la cual interactúan la palanquilla y el cilindro, sino que remueve la superficie del cilindro con la finalidad de que la escoria producida no se adhiera al cilindro, dándoles como resultado de la mejora incrementar la productividad, como resultado de instalar 2 bombas en serie con lo cual se tiene una presión mayor a 6 bares que se utiliza en los cilindros de alta dureza, reduciéndose el tiempo de cambio de calibres. A su vez, se asemeja en los resultados de Suarez (2020) quien en su investigación para automatización del circuito directo e indirecto de agua para un tren de laminación concluye que la refrigeración de un tren de laminación es de suma importancia en la alta productividad de la operación de laminación, este proceso continuo se realiza a elevadas temperaturas, con lo cual se sugiere instalar hasta más de dos circuitos de refrigeración previamente verificando su ubicación, se instaló dos circuitos de agua, primero se tiene un circuito cerrado o circuito directo, en el cual el flujo de agua de refrigeración entra en contacto directo con el producto laminando, y además se cuenta con el circuito cerrado o circuito indirecto el cual es usado para refrigerar los mecanismos y componentes oleo hidráulicas de la maquina laminadora. También, se asemeja en la investigación de [21] concluyó que la razón principal de la baja tasa de disipación de calor en hidráulica es el bajo caudal de agua debido a los productos de corrosión de los tubérculos, causados por las propiedades fisicoquímicas. del acero debido a la naturaleza (porcentaje de contenido de carbono) y la naturaleza del agua, la tendencia a la formación de costras es pequeña y es fácil de corroer, y se determina que el oxígeno disuelto es el factor principal y el uso de enfriadores de aire como alternativa de enfriamiento no pudo manejar las condiciones críticas para la operatividad de la hidráulica en las áreas de torno y estampado, y no pudo manejar los requerimientos del 60% de la hidráulica en estudio, por ello, esta alternativa queda excluida de una solución integral a este problema.

Dando solución al segundo objetivo específico, se rediseñó el sistema de refrigeración, para ello, se empleó el proceso de organizar, el cual consiste en organizar todos los procesos desde el desbaste, intermedio y acabador en la planta de laminación, desde la entrada de la materia prima que es la palanquilla en el horno de recalentamiento hasta obtener el producto terminado de barra de construcción; en el proceso de determinar, se procedió a determinar las acciones correctivas para mejorar el sistema de refrigeración en los cilindros de laminación de la empresa siderúrgica; en el procesos de representación, se efectuó un cronograma de capacitaciones, a fin de que las mejoras realizadas dentro del sistema de refrigeración puedan ser monitoreadas de la mejor forma y en el proceso de mejora se estableció un procedimiento de desmontaje, mantenimiento y montaje del sistema de refrigeración, con el fin de que el sistema siempre esté disponible para todas las actividades que se van a realizar durante la producción diaria. Dichos resultados se asemejan en los hallazgos de Zarabanda (2017) quien en su investigación para la optimización del proceso de enfriamiento en los



cilindros de la caja de desbaste del tren de laminación dos en la Planta Tuta de la Empresa Gerdau Diaco concluye que se tomó la decisión de modificar el sistema de refrigeración para las cajas de laminación de desbaste a cambio de un sistema de mayor eficiencia, pues si bien éste permitirá una reducción de la temperatura del laminador, la razón entre la capacidad de enfriamiento y cantidad de agua es baja, se han conseguido mejoras relevantes en lo referente a tener una temperatura de equilibrio adecuada entre agua refrigerante y metal, pero un se tienen variables que no han podido ser controladas y de alguna manera mantener una temperatura óptima de enfriamiento en la caja de desbaste del tren laminador 2 y 1 es aún un trabajo pendiente, y se optó por un cambio en el sistema actual compuesto por un tubo de 2" en forma de flauta que inyectan agua sobre los canales del cilindro laminador, con una configuración de cintas metálicas con boquillas de cono lleno, con el cual se consigue de mejor cobertura refrigerante, controlable y con menor pérdida de agua. A su vez, se asemeja en los hallazgos de [1] concluyó que los problemas encontrados en los diagramas de Ishikawa y Pareto. Aplicar técnicas de ingeniería de métodos para identificar actividades que no agregan valor, identificar transferencias y tiempos de espera, calcula tiempos estándar para cada actividad y proceso para ganar en eficiencia, eficacia y productividad, a través de la ingeniería de métodos, mejore el proceso y el tiempo de las actividades, calcule nuevos tiempos estándar y luego compare las dimensiones de eficiencia y efecto antes y después de la mejora, aumentando así la productividad y la eficiencia aumentó del 72% al 81%, la eficiencia aumentó del 73% al 88% y la productividad aumentó del 53% al 71%. También guarda relación con Aquino (2018) quien entre los datos obtenidos durante el semestre (pre y post test) fueron paramétricos, por lo que se utilizó la T de Student, finalmente, se concluye que la aplicación de la ingeniería de métodos puede mejorar significativamente la productividad y es recomendable mantener las operaciones de trabajo en condiciones óptimas de trabajo de acuerdo con las tareas y procedimientos de producción predeterminados y los estándares asumidos por la empresa.

Dando solución al tercer objetivo específico, se muestra que la producción real del mes de julio a setiembre del 2022 fue de 57,372 toneladas, mientras que la producción planificada fue de 53,350 toneladas, siendo el aumento de producción de 4,022 toneladas producidas, esto indica que la productividad final fue de 107%. Estos resultados se asemejan en la investigación de Caballero (2019) donde el rediseño del sistema de enfriamiento del premolde y la mejora de la eficiencia de la máquina formadora concluyó que, al rediseñar el sistema de enfriamiento durante la etapa de preformado, se puede mejorar la eficiencia de producción de la máquina para el número de envases de vidrio por actividad una reducción del 2% permite producir 48.780 botellas por campaña, se ha determinado que modificando el equipo variable que forma parte del proceso de fabricación del envase de vidrio se puede incrementar la presión del aire durante el enfriamiento del premolde en un 74% y al modificar el equipo durante el

proceso de enfriamiento, se puede mejorar la distribución del aire de enfriamiento del premolde, reduciendo así los defectos en el proceso de fabricación del envase de vidrio. A su vez, se asemeja en la investigación de Correa (2018) quien en su investigación identificó que el sistema de refrigeración automático no presenta un cierre para el caudal de agua de refrigeración, con lo cual provoca un enfriamiento veloz de las palanquillas, provocando la reducción drástica de la productividad de las tres plantas de colado incumpliendo los estándares establecidos y normalizados por la empresa produciéndose un acero de mala calidad, por lo tanto, el control del flujo de agua es de vital importancia tal que permite realizar las operaciones de manera eficaz en cada línea, así como permite la separación de los aceros según su tipo de grado y clase y en la elaboración del experimento se planteó una solución, mediante la formulación de un sistema de refrigeración que permita la mejora de la productividad, derivado de la obtención de un producto de calidad, así como la disminución de costos de fabricación. También se asemeja en la investigación de Lantan (2020) quien en su investigación diseño del sistema transportador para equipos refrigeración en planta FOGEL de Centroamérica s.a. concluye lo siguiente que la operatividad de un sistema de refrigeración es función del desempeño del termostato, el cual permite mantener la temperatura del agua en valores de que pueda mantener el equipo a refrigerar en condiciones óptimas de temperatura, para este caso la diferencia de temperaturas entre un foco caliente y otro frío debe ser entre 10 a 8 °C, con el cual un sistema de refrigeración actúa con un buen desempeño.

## CONCLUSIONES

Se determinó que la producción real del mes de enero a junio del 2022 fue de 139,769 toneladas, mientras que la producción planificada fue de 151,119 siendo la diferencia de producción de 11,411 toneladas no producidas, esto indica que la productividad inicial es del 92%.

Se rediseñó el sistema de refrigeración, para ello, se empleó el proceso de organizar, el cual consiste en organizar todos los procesos desde el desbaste, intermedio y acabador en la planta de laminación, desde la entrada de la materia prima que es la palanquilla en el horno de recalentamiento hasta obtener el producto terminado de barra de construcción; en el proceso de determinar, se procedió a determinar las acciones correctivas para mejorar el sistema de refrigeración en los cilindros de laminación de la empresa siderúrgica; en el procesos de representación, se efectuó un cronograma de capacitaciones, a fin de que las mejoras realizadas dentro del sistema de refrigeración puedan ser monitoreadas de la mejor forma y en el proceso de mejora se estableció un procedimiento de desmontaje, mantenimiento y montaje del sistema de refrigeración, con el fin de que el sistema siempre esté disponible para todas las actividades que se van a realizar durante la producción diaria.

Se determinó que la producción real del mes de julio a setiembre del 2022 fue de 57,372 toneladas, mientras que la producción planificada fue de 53,350 toneladas, siendo el

aumento de producción de 4,022 toneladas producidas, esto indica que la productividad final fue de 107%.

### CONCLUSIONES

Se determinó que la producción real del mes de enero a junio del 2022 fue de 139,769 toneladas, mientras que la producción planificada fue de 151,119 siendo la diferencia de producción de 11,411 toneladas no producidas, esto indica que la productividad inicial es del 92%.

Se rediseñó el sistema de refrigeración, para ello, se empleó el proceso de organizar, el cual consiste en organizar todos los procesos desde el desbaste, intermedio y acabador en la planta de laminación, desde la entrada de la materia prima que es la palanquilla en el horno de recalentamiento hasta obtener el producto terminado de barra de construcción; en el proceso de determinar, se procedió a determinar las acciones correctivas para mejorar el sistema de refrigeración en los cilindros de laminación de la empresa siderúrgica; en el procesos de representación, se efectuó un cronograma de capacitaciones, a fin de que las mejoras realizadas dentro del sistema de refrigeración puedan ser monitoreadas de la mejor forma y en el proceso de mejora se estableció un procedimiento de desmontaje, mantenimiento y montaje del sistema de refrigeración, con el fin de que el sistema siempre esté disponible para todas las actividades que se van a realizar durante la producción diaria.

Se determinó que la producción real del mes de julio a setiembre del 2022 fue de 57,372 toneladas, mientras que la producción planificada fue de 53,350 toneladas, siendo el aumento de producción de 4,022 toneladas producidas, esto indica que la productividad final fue de 107%.

### REFERENCIAS

- [1] AGUIRRE, Arnold. Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad en la fabricación de spools revestidos, en un metal mecánico, Independencia, 2021. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/69145/Aguirre\\_PAM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/69145/Aguirre_PAM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [2] Aggregate Production Planning, Casestudy in a Medium-sized Industry of the Rubber Production Line in Ecuador por Mantilla Cesar [et al]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 05 de abril del 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/212/1/012018> ISSN: 1757-899X
- [3] APAZA Mamani, FRAY Darwin; LA TORRE Javier, JHONS Irvin. Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el laboratorio de control y automatización EPIME 2016. 2017. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5970/Apaza\\_Mamani\\_Darwin\\_Fray\\_La\\_Torre\\_Javier\\_Irvin\\_Jhons.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5970/Apaza_Mamani_Darwin_Fray_La_Torre_Javier_Irvin_Jhons.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [4] CABANILLAS, Eduardo y CORCINO, Jordan. Gestión de almacenes para mejorar la productividad en el área de almacén de Aroni SAC; Lima, 2021. 2021. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70437/Cabanillas\\_GEA-Corcino\\_CJH-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70437/Cabanillas_GEA-Corcino_CJH-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [5] CABEZAS, E., ANDRADE, D. y TORRES, J., 2018. introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. 1ra. Sangoilqui: s.n. ISBN 9789896540821. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>
- [6] CABRERA, Henry; MEDINA, Alberto y PUENTES, Manuel. Procedimiento para la gestión de procesos con contribución a la integración de sistemas normalizados. Revista Universidad y Sociedad, SciELO. Vol. 9 (2) pp. 271-277, 2017. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000200037](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000200037) ISSN: 2218-3620.
- [7] FONTALVO, Tomas, DE LA HOZ, Efraín y MORELOS, José. La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional. Dimensión Empresarial, 16(1), 47-60. Artículo 3. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/diem/v16n1/1692-8563-diem-16-01-00047.pdf>
- [8] GNAVI, Giorgio; GARZOLI, Laura; POLI, Anna; PRIGIONE, Valeria; BURGAUD, Gaetan; VARESE, Giovanna. 2017. The culturable mycobiota of *Flabellia petiolata*: First survey of marine fungi associated to a Mediterranean green alga. Revista Reserach Article. Vol. 12 (4) pp. 1 - 20. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1371/journal.pone.0175941> ISSN: 4578-6254
- [9] .edu.co/bitstream/20.500.11839/6261/1/6042105-2017-1-IQ.pdf
- [10] GOVINDARAJAN, Randi; REVATHI, Seemaisamy; RAMESHKUMAR, Neelamegan; KRISHNAN, Muthukalingan y KAYALVIZHI, Nagarajan. Microbial tannase: Current perspectives and biotechnological advances. Revista Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. Vol. 12 (4) pp. 45 - 60. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.cbab.2016.03.011> ISSN: 4578-2245.
- [11] GUZMÁN, Mauricio y MACÍAS, Carmen. 2020. The management of municipal solid waste: an anthropological approach. The case of San Luis Potosí, México. Revista SciELO de México. Vol. 20 (39) pp. 174 - 187. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-45572012000100009](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000100009) ISSN: 0188-4557.
- [12] HECKLAU, F., KIDSCHUN, F., KOHL, H. y TOMINAJ, S., 2020. Analyzing the role of research and technology organizations (RTOs) in national innovation systems (NIS). En: Technical University of Berlin (ed.), Proceedings of the 16th European Conference on Management Leadership and Governance, ECMLG 2020 [en línea]. Berlin: Academic Conferences International, pp. 95-105. ISBN 9781912764761. DOI 10.34190/ELG.20.057. Disponible en: <https://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=eec35823-f701-4b82-9b64-c6a1efe4275f%40sessionmgr103>.
- [13] HERNÁNDEZ, Salvador; SÁNCHEZ, Edgar; Francois, Jean y DÍAZ, Lourdes. 2019. Análisis de un Proceso de Tratamiento de Efluentes para Producción pesquera. Revista Science Direct. Vol. 11 (14) pp. 236 - 246. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.riai.2014.02.006> ISSN: 2451-4587.
- [14] JAINAGA, Sidenor alerta que la industria no sobrevivirá en 2022 con los costes actuales. Revista Virtual El país economía. España.2021. Disponible en: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/10/28/companias/1635415218\\_642392.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/10/28/companias/1635415218_642392.html)
- [15] JUAREZ, Erick y MORALES, Pedro. termodinámica técnica. España. Editorial paraninfo. 2015. 448 pp. ISBN 842833711X.
- [16] JUTGLAR, Julio y MIRANDA, Luis. técnicas de refrigeración. España. Editorial Marcombo. 2010. 222 pp. ISBN 842671644X.
- [17] KUMAR, Anil y MUKESH, Martín. 2019. Treatment of Waste from Metal Processing and Electrochemical Industries. Revista Biotreatment of Industrial Effluents. Vol. 44 (12) pp. 145 - 155. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/B978-075067838-4/50014-2> ISSN: 4578-6244.
- [18] LANTÁN, Omar. Diseño de sistema transportador para equipos refrigeración en planta Fogel de Centroamérica SA. 2020. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15398/>
- [19] MEAS, Yunny y RAMÍREZ, José; VILLALON, Mario y CHAPMAN, Thomas. 2018. Industrial wastewaters treated by electrocoagulation. Revista Journal Elsevier. Vol. 4 (3) pp. 10 - 17. Disponible en: <https://sci-hub.se/1.1016/j.electacta.2010.05.018> ISSN: 5427-1245.
- [20] REYES, John y MOLINA, Carlos. Plan Agregado de Producción Mediante el Uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio para la Pequeña Industria. Revista EPN, 34(1), pp. 11-16. 2018.

- Disponible en:  
[https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/download/254/pdf/2018](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/download/254/pdf/2018)
- [21] SAAVEDRA, Jorge, et al. Evaluación de una nueva alternativa de refrigeración en unidades hidráulicas de Planta Terciados Nueva Aldea. 2019. Disponible en:  
[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3462/1/Alarc%c3%b3n\\_Salazar\\_Mat%c3%adas\\_Javier.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3462/1/Alarc%c3%b3n_Salazar_Mat%c3%adas_Javier.pdf)
- [22] SARMIENTO, Bonnie. Aplicación del método Ciclo de Deming (PHVA) para mejorar la productividad en la Empresa Calesi, Arequipa 2021. Disponible en:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72542/Sarmiento\\_TBv-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72542/Sarmiento_TBv-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [23] TAQUÍA, José Antonio. Un enfoque bayesiano de planeación agregada orientado al retail marketing. Interfases, [en línea], N° 08 [Fecha de consulta: 18 abril del 2022]. 2019. Disponible en:  
<https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Interfases/article/view/572>. ISSN 1993-4912
- [24] TREITZ, Martin; RENTZ, Otto; GELDEMANN, Jutta. Production planning by pinch analysis for biomass use in dynamic and seasonal markets. Londres: International Journal of Production Research [en línea]. 2019. [Fecha de consulta 30 de abril del 2022]. 2019. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1080/00207540802392577> ISSN: 1366-588
- [25] TÜRKAY, Metin; SARAÇOĞLU, Öztürk; ARSLAN. Sustainability in Supply Chain Management: Aggregate Planning from Sustainability Perspective. Turkey: PLoS ONE [en línea]. 2019. [Fecha de consulta 30 de abril del 2022], 2019. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147502> ISSN: 1932-6203