



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Repotenciación del horno para realizar procesos de fundición de aluminio para la carrera de mecánica industrial

Repowering the furnace to carry out aluminum casting processes for the industrial mechanics course

Ricardo Rivera Villamar

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

ricardoriveravillamar@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-6085-6388>

Kevin Zurita Sosa

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

kevinzuritasosa@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-8164-0733>

Eduardo Armijos Mena

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

eduardoarmijosmena@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6676-8261>

Autor de Correspondencia: Rivera Villamar Ricardo Santiago, ricardoriveravillamar@tsachila.edu.ec

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 29 junio 2024 | **Aceptado:** 31 julio 2024 | **Publicado online:** 9 agosto 2024

CITACIÓN

Rivera Villamar, R; Zurita Sosa, K y Armijos Mena, E. (2024). Repotenciación del horno para realizar procesos de fundición de aluminio para la carrera de mecánica industrial. *Revista Social Fronteriza* 2024; 4(4): e353. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(3\)353](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(3)353)



Esta obra está bajo una licencia internacional. [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)





RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo “Repotenciar el horno para realizar procesos de fundición de aluminio”. Buscando optimizar el proceso de fundición y hacerlo adecuado para el uso académico, práctico de los estudiantes de Mecánica Industrial. Para obtener esto se aplicó la metodología (Mixta), lo que permite obtener información de experiencias y percepciones sobre temas relacionados a la “Repotenciación de hornos de fundición”, basados en modelos y principios científicos. Los ensayos realizados demuestran que el crisol de hierro adaptado de un compresor de nevera, alcanza las temperaturas requeridas para fundir el aluminio de 660.3°C en un tiempo de 30-35 minutos. Esta eficiencia se obtiene gracias a la fabricación de una fragua en Y completa de acero inoxidable (18.68cm x 62.68cm x 2cm), que en conjunto con el soplete y Blower redirigen el flujo del calor al horno y encontrando un reductor de 3.2”, los cuales provocan la potencia de la llama controlada. Se ha propuesto un sistema catalizador de tres vías para una futura implementación, por lo que cuenta con tres vías reductoras, 1.- la Disminución de NOx, 2.- La Oxidación de HC y Co, 3.- la oxidación de partículas. Se realizó un manual de funcionamiento para utilizar el horno con las respectivas repotenciones realizadas. Mediante el rediseño del sistema de fragua se concluyó determinar la eficiencia del calentamiento del horno y analizar un sistema catalizador óptimo para la reducción de gases tóxicos, el cual mediante un manual de funcionamiento se permite utilizar el horno repotenciado.

Palabras claves: Repotenciación, Horno, Fundición, Rediseño, Crisol.

ABSTRACT

The objective of this work is to “**Repower the furnace to carry out aluminum smelting processes.**” Seeking to optimize the casting process and make it suitable for academic and practical use by Industrial Mechanics students. To obtain this, the (Mixed) methodology was applied, which allows for obtaining information from experiences and perceptions on topics related to the “Repowering of smelting furnaces”, based on scientific models and principles. The tests carried out demonstrate that the iron crucible adapted from a refrigerator compressor reaches the temperatures required to melt aluminum of 660.3°C in a time of 30-35 minutes. This efficiency is obtained thanks to the manufacture of a complete stainless steel Y forge (18.68cm x 62.68cm x 2cm), which together with the torch and Blower redirect the heat flow to the oven and finding a 3.2” reducer. which cause the power of the controlled flame. A three-way catalyst system has been proposed for future implementation, so it has three reductive pathways, 1.- the reduction of NOx, 2.- the oxidation of HC and Co, 3.- the oxidation of particles. An operating manual was created to use the oven with the respective repowering carried out. Through the redesign of the forge system, conclusions are drawn to determine the efficiency of furnace heating and to analyze an optimal catalyst system for the reduction of toxic gases, which through an operating manual allows the repowered furnace to be used.

Keywords: Repowering, Furnace, Foundry, Redesign, Crucible Foundry.





1. Introducción

El aluminio es un elemento químico no ferroso muy ligero y un buen conductor tanto: eléctrico, como de calor, en los procesos de mecanizado, son fáciles y relativamente baratos a nivel mundial, considerado uno de los materiales más utilizados en el área de la Metalurgia con una masa atómica de 26.9815, punto de fusión de 660C, punto de ebullición de 2.467C y una densidad relativa de 2.7 Kg/m³, segundo Alu-Stock (2017) permite tener una alta resistencia a la corrosión por la combinación de propiedades que poseen y lo que lo hace eficiente en la Ingeniería de la Mecánica Industrial y es por esto necesario conocer que la fundición consta de varios procesos que son muy utilizados en el ámbito industrial con sus diferentes tipos de materiales y aleaciones, los cuales son aplicados en empresas que se dedican a la elaboración de máquinas, herramientas, elementos decorativos y materiales para la construcción.

Los hornos de fundición segundo Bayas Bonilla & Loza Chávez (2022) son equipos industriales diseñados principalmente para elevar las temperaturas de los materiales sólidos hasta un punto de fusión (estado líquido), el cual es un proceso esencial en varias industrias, como la Metalurgia. Existiendo de esta manera una gran variedad de hornos para cada respectivo uso y característica específica para su fabricación. Como lo es el “Horno de Crisol” el cual es diseñado principalmente para el proceso de fundición de aluminio.

El uso de combustibles fósiles hoy en día segundo Núñez (2016) es uno de los principales causantes de la contaminación ambiental, sin embargo, es importante la utilización de este tipo de combustibles ya que es fundamental para el funcionamiento de máquinas y equipos industriales, los cuales se basan en obtener mayor cantidad de energía utilizando la menor proporción de combustible.



2. Desarrollo

Los hornos que se emplean para la fundición de metales y aleaciones varían mucho en su capacidad y diseño. Varían desde pequeños hornos de crisol que contienen pocos kilogramos de metal a hornos caseros abiertos centenares de toneladas de capacidad. (Suntaxi Loachamin & Riascos, 2014)

Según el tipo de horno usado para un proceso de fundición queda determinado por los siguientes factores:

- La necesidad de fundir las aleaciones rápidamente como sea posible y elevar la temperatura de vacío requerida (Ahorro de energía y tiempo). (Suntaxi Loachamin & Riascos,2014)
- La necesidad de mantener la pureza en la carga, como precisión de su composición (control de calidad). (Suntaxi Loachamin & Riascos,2014)
- La producción mínima requerida del horno es (economía y productividad). (Suntaxi Loachamin & Riascos,2014)
- La interacción entre la carga el combustible y los productos de la combustión (Eficiencia). (Suntaxi Loachamin & Riascos,2014)

Los hornos son equipos industriales importantes en la metalurgia y en varios procesos que requieren fusión de metales y aleaciones, los cuales han evolucionado a lo largo de la historia, permitiendo alcanzar altas temperaturas, las cuales son necesarias para fundir metales en recipientes, los cuales podemos encontrarlo de esta manera.

- Horno de crisol estacionario
- Horno de inducción
- Horno de pozo
- Horno basculante
- Horno eléctrico de resistencia central irradiante

El horno de crisol estacionario tiene una característica el cual el crisol puede removerse del horno para verter el colado del material fundido a los moldes o se extrae mediante cucharones. Si se trata de un crisol removible se pueden utilizar pinzas y cargadores para levantar y trasladar el crisol hasta los moldes para efectuaras la colada, de esta manera evitando la necesidad de transferir el metal fundido a otro contenedor, esto beneficiando



porque se evita el daño potencial del metal en la transferencia, estos tipos de hornos de crisol estacionarios son simples, prácticos y fáciles de construir. (Flores Garcia & Orellana Núñez, 2012)

El horno de inducción es un horno el cual usa corriente alterna mediante una bobina el cual genera un campo magnético en el metal, dando un calentamiento rápido y provocado la fusión del metal, el campo de fuerza electromagnético provoca una acción de mezclado en el metal líquido, de esta manera la fusión se puede controlar eficientemente y de esta manera dando el resultado de fundición de una pureza y calidad alta. Este tipo de horno se utiliza para aquellas aleaciones que sean de requerimientos de alta calidad entre las aleaciones para fundir. Las más comunes para fundir en este tipo de horno son de acero, hierro gris nodular y el aluminio. (Centeno Martínez & Quintana Días, 2020)

Los hornos basculantes son movibles, mediante apoyos sobre un sistema de sustentación, usualmente se les utiliza cuando es necesario para una producción relativamente grande de una aleación determinada. El metal es transferido a los moldes en un crisol precalentado o cuchara. Con la excepción de casos especiales en que es vaciado directamente. Este tipo de horno tiene una capacidad de 70 kg a 759 kg de latón. Una desventaja es que el punto de descarga acompaña el movimiento basculante. Lo cual para superar este inconveniente se desarrolló un horno basculante de eje en la piquería con capacidad de 200 a 750 kg de latón, dando el modelo de basculado por pistones hidráulicos, logrando una ventaja de un mayor control en la operación de vaciado. (Flores Garcia & Orellana Núñez, 2014)

Los hornos eléctricos de resistencia central irradiante tienen una fuente de calentamiento en este tipo de horno en una resistencia de grafito en forma de barra horizontal, en su interior es un cilindro revestido internamente con material refractario. La resistencia distribuye el calor irradiado, permitiendo de esta manera que el calentamiento del material refractario, Este tipo de horno se utiliza para la fusión y sobrecalentamiento en especial de fierros fundidos, también siendo adecuado para la fusión de bronce y otras aleaciones de cobre. (Sebastián Calvo, 2016)

Los hornos de crisol en pocas palabras son recamaras, las cuales se les suministra energía al interior en el cual es almacenando el calor y dando la transferencia de este a cualquier metal que se encuentre contenido en el recipiente conductor de calor y la resistencia a la acción del metal y a las altas temperaturas denominado crisol, lo cual permite fundir el metal en su





interior para luego ser colado en un molde previamente preparado. (Flores Garcia & Orellana Núñez, 2014)

Los hornos de crisol funcionan por combustión de un elemento como lo es el gas el cual calienta el crisol que contiene el metal a fundir. También, puede ser calentado usando energía eléctrica: como horno de inducción y de igual manera se puede observar un modelo de horno de crisol removible. (Flores Garcia & Orellana Núñez, 2014)

El crisol está colocado sobre la base que está hecha el material refractario y le da la posición necesaria con respecto a la salida del gas. Para lograr concentrar el calor alrededor del crisol este está contenido entre las paredes refractarias que generan una cavidad para el flujo de los gases de combustión, lo cual el crisol es el recipiente que se coloca dentro de los hornos para que reciba el metal fundido y que normalmente está hecha del material de grafito con un porcentaje contenido de arcilla y puede soportar los materiales a altas temperaturas. (Flores Garcia & Orellana Núñez, 2014)

Los combustibles para el calentamiento de los hornos son importantes en la forma que se utiliza, los hornos de crisol ya que pueden ser operados básicamente a través de energía eléctrica como se menciona o de combustibles, en relación a la energía eléctrica, los hornos más comunes son de resistencia y de inducción, por otro lado, a los de combustible, se pueden utilizar una serie de formas diferentes (tabla.1). Cada forma de energía, sea eléctrica o en forma de combustible siempre poseen ventajas y desventajas que deben ser aprovechadas o evitadas de acuerdo a las condiciones de producción exigida, o en función de la política de abastecimiento adoptada por las empresas. (Narváez Cárdenas, 2015)



Tabla 1. Principales tipos de combustibles para ser usados en la operación de los hornos de crisol.

COMBUSTIBLES	TIPO	PODER CALORIFICO (Kcal/Kg)
SOLIDO	Leña	3800
	Carbón mineral	4000 a 6000
	Coque de fundición	6200 a 7500
	Coque de petróleo	8000
	Carbón vegetal	6500 a 7000
LIQUIDO	Gasolina	10200
	Petróleo diésel	11000 Kcal/litro
	Alcohol etílico	
	Querosene	7300
	Petróleo. Fuel- Oíl	11600
		9820
GASEOSO	Gas licuado	10900
	Gas de coque	4500
	Gas natural	
	Metano	10000
		8500

Los materiales de suministro de energía constante como el carbón siendo un elemento importante en los procesos de fundición, ya que actúa como combustible y agente reductor, el cual, al ser sometido a altas temperaturas dentro del horno, el carbón libera una gran cantidad de calor que permite fundir los metales de una manera eficiente y económica, además de reaccionar con los óxidos metálicos presentes en el mineral, reduciendo a su estado metálico. (Biritute, 2021)

El carbón (Marca Biritute) es un producto uniforme de fácil encendido y tienen propiedades de calidad para resistir a 300C por más de 4 horas, no hace chipas y solo el 4% de cenizas siendo igual Eco-amigable con el medio ambiente. (Biritute, 2011)

El carbón parrillero es duro e inodoro al quebrarse no suelta polvo, hace ruido de cristal al quemarse y no bota humo ni olor sin piedras, tierra o cenizas, es un color negro brillante. (Biritute,2021)

La fragua (Blower soplador venterol) es una herramienta importante en varios procesos industriales y de artesanía y lo caracteriza su potente motor de $\frac{3}{4}$ HP el cual proporciona un flujo de aire constante y controlado, lo que permite alcanza a las altas temperaturas en la fragua y facilitando la manipulación de los metales. Esta herramienta es indispensable para tareas de forja, soldadura y calentamiento de metales, gracias a su diseño robusto y eficiente. (Maruin, 2014)

El quemador es un elemento importante en el horno, ya que actúa como transferidor de energía, lo cual si no hubiera no se obtendría la transferencia de energía y no produciría la fusión del material. (Flores Garcia & Orellana Núñez, 2014)

El quemador es un dispositivo que permite la mezcla del combustible con el aire (esto en caso de que los quemadores a base de hidrocarburos). El combustible es inyectado a través de la boquilla y mezclado con el aire proveniente del exterior o de algún ventilador mediante un tubo que mezcla. (Flores Garcia & Orellana Núñez, 2014)

El principio del funcionamiento es muy fácil, pero para poder entender se requiere conocer que es la combustión y que lleva acabo.

La combustión es una reacción química de oxidación en la que generalmente se desprende una gran cantidad de energía en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego. Lo cual en toda combustión debe existir un elemento que arda (Combustible) y otro que produzca la combustión (comburente), generalmente es oxígeno en forma de O_2 gaseoso. (Flores Garcia & Orellana Muñes, 2014)

Las mediciones de temperaturas por el color es uno de los principales métodos más sencillos que se encuentran para determinar la temperatura mediante la observación del color del objeto caliente, Existe una correlación trivial entre temperatura en un metal y su color, como se observa en la (tabla 2), por lo que este método dará solo estimaciones de temperaturas aproximadas, excepto cuando lo aplique un observador experimentado en el área. Lo cual existe la principal dificultad que la apreciación del color varié con los diferentes metales. (Saltos Olalla & Vargas Carillo, 2009)

Tabla 2. Variación del color con la temperatura.

COLOR	TEMPERATURA
ROJO TENUE	500
ROJO OSCURO	620
CEREZA OSCURO	650
ROJO CEREZA	700
CEREZA SUBIDO	800
NARANJA OSCURO	900
NARANJA	8950
AMARILLO	980

La fundición de los metales es un proceso antiguo que ha dado forma en la civilización dependiendo de gran medida de la capacidad de alcanzar temperaturas extremadamente altas, existiendo hornos de calentamiento de crisoles los cuales son equipos especializados y diseñados para este propósito, proporcionando el ambiente térmico controlado para fundir y procesos en una gran variedad de materiales. Por lo cual este trabajo explorar diferentes tipos de hornos utilizados en el proceso.

Calentamiento por gas en la actualidad existe una gran cantidad de proceso para el tratamiento térmico que requiere el uso de hornos de cámaras con calentamiento por gas, lo cual res realiza por los cortos tiempos para elevar la temperatura y el máximo rendimiento, obteniendo grandes resultados. Los hornos de cámara son equipados con quemadores de gases formando una parte de una gran variedad de procesos. Los quemadores deben encender manualmente; posterior eso se produce al control que regula la cocción una vez terminado el proceso los quemadores se pagan (Se recalca que depende del modelo del horno equipado con diferentes quemadores de soplete) con controles automáticos y accesorios adecuados, los cuales son más cotosos que otros. (Barriga Hidalgo, 2022)

Calentamiento por resistencia eléctrica se entiende por horno eléctrico a un dispositivo que se caliente a base de electricidad, los cuales son muy empleados en la industria para fundir metales o cocer cerámicas por sus bajos costos en la construcción y facilidades de uso, Los tales llamados hornos de resistencia que son aquellos que obtienen la energía eléctrica a través de resistencias eléctricas que se calientan por el efecto Joule. Las resistencias transfieren el calor a través de la radiación. 8barriga Hidalgo,2022)



Los hornos de calentamiento por inducción electromagnética disponen de fuentes de alimentación de inducción que se convierte en la energía de la red eléctrica en una corriente alterna y es suministrada a una bobina de trabajo, lo cual la bobina crea un campo electromagnético dentro de ella y se desarrolla por encima de la pieza, para generar un campo magnético, lo cual el campo induce una corriente en la pieza y provoca el calentamiento de la misma llegando a ponerle a una temperatura deseada o de fundición. (Barriga Hidalgo, 2022)



3. Metodología

- *Contexto de la investigación*

Este trabajo se realizó en el Instituto Superior Tecnológico Tsa'chilas, Santo Domingo-Ecuador, Dirección. Matriz: Av. Galo Luzuriaga y calle Franklin Pallo. Este proyecto de titulación tiene como duración de 4 meses segundo el cronograma proporcionado por la Institución de Titulación de la Carrera.

- *Enfoque de la investigación*

Este estudio tiene un enfoque Mixto (Cualitativo y Cuantitativo) ya que se fundamenta de diseños metodológicos, técnicas e instrumentos acordes con los objetivos de estudios, las situaciones y las preguntas que se plantean los investigadores con el propósito de explicar y comprender el problema. (Monje Álvarez, 2011)

- *Alcance de la investigación*

El alcance esta investigación es descriptiva por que lleva acabo la observación mediante pruebas de ensayos para detallas las deficiencias y parámetros operacionales que influyen en la eficiencia térmica del horno de fundición de aluminio del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila.

- *Diseño de la investigación*

El diseño de la investigación es transaccional, el cual se elaboró para recolectar datos del funcionamiento y estado del horno para analizar sus deficiencias en el proceso de fundición de aluminio en el Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila. (Vázquez Luna, 2014)

4. Resultados

1. Ensayos de fundición para determinar la deficiencia en el proceso de fundición del aluminio.

Los ensayos de fundición de aluminio son procesos industriales que tienen gran relevancia para la obtención de piezas metálicas con diversas características y aplicaciones.

Los cuales están involucradas la fusión del aluminio a altas temperaturas el cual después el material es vertido en un molde para solidificarse y así obtener la pieza final.

Dando a comprender que las pruebas/ensayos de fundición se llevan a cabo para evaluar los diferentes aspectos del proceso de fundición, ya sea por el funcionamiento del horno, el crisol, el tiempo de calentamiento y la eficiencia, con lo cual se optimiza y mejora la calidad del producto y el tiempo de fundición.

Como se observa en la tabla 3 del cuadro comparativo de los ensayos de fundición con los crisoles de acero fundido y un crisol de hierro adaptado de un compresor de nevera presentan unas ventajas y desventajas en el proceso de fundir el material y con esto se demuestra en las tablas 1,2 que el crisol de hierro adaptado de un compresor de nevera cumple con el funcionamiento de fundir el aluminio en un tiempo considerable/óptimo de 30-35 minutos haciéndolo eficiente para las prácticas de fundición de la Carrera de Mecánica Industrial como se observa en las tablas.



Figura 2. Fundición del aluminio (Primer Ensayo)



Figura 1. Fundición del aluminio (Segundo Ensayo)

Tabla 3. Tomas de temperaturas y tiempo del primer ensayo con crisol de acero fundido.

TIEMPOS	Temperaturas: °C &°F
0-5 minutos	121.1 °C- 249.98 °F
10-20 minutos	250.3 °C- 482.54°F
20-30 minutos	398.0 °C- 748.4 °F
30-40 minutos	456.2 °C- 853.16 °F
40-50 minutos	518.2 °C – 964.76 °F
50-60 minutos	489.8 °C- 913.64. °F
60-70 minutos	660.3 °C-1220.5 °F
70-80 minutos	590.0 °C- 1094 °F
80-90 minutos	480.5 °C- 896.6 °F

Tabla 4. Tomas de temperaturas y tiempo del segundo ensayo con crisol adaptado de un compresor de nevera.

TIEMPOS	Temperaturas: °C &°F
0-5 minutos	234.2 °C- 453.56 °F
5-10 minutos	397.3 °C- 747.14°F
10-15 minutos	535.9 °C- 996.62 °F
15-20 minutos	456.2 °C- 853.16 °F
20-25 minutos	701.2 °C – 1294.16
25-30 minutos	420.6 °C- 789.08 °F
30-35 minutos	660.3 °C-1220.5 °F
35-40 minutos	519.0 °C- 966.2 °F

2. Sistema de fragua para optimizar la eficiencia térmica del horno de fundición

El sistema de fragua es un componente fundamental en la Metalurgia, durante el transcurso del tiempo se mantuvo modificando el sistema para proporcionar el calor y la maleabilidad necesaria para dar formas al metal como en: Herramientas, armas, entre otras. Pero sin embargo con el tiempo y los avances tecnológicos han surgido nuevas técnicas y materiales que han tomado las necesidades de obtener un sistema de fragua óptimo.

El cual se utilizó el segundo diseño de la “Flauta en Y completa” el cual es óptimo para la implementación en el horno para la transferencia del calor eficiente, por las características antes mencionadas haciéndolo eficiente en el proceso de fundición de los materiales para las prácticas de los estudiantes de la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial, con ayuda de un Blower el cual es el potenciador del calor el que está conectado en la fragua y un reductor de 3:2 In, los cuales mejoran la transferencia del calor hacia el horno provocando una mejor distribución dentro del horno logrando el calentamiento para la fundición del aluminio.



Figura 3. Primer prototipo de fragua (Flauta en forma de Y corta)



Figura 4. Segundo prototipo de fragua (Flauta en forma de Y completa)



Figura 6. Fragua en Y completa construida utilizada



Figura 5. Distribución del calor con la fragua (Flauta final)



Figura 8. Blower



Figura 7. Reductor 3.4 In

3. Determinar un sistema de recolección y filtración de gases tóxicos para reducir las emisiones contaminantes.

Los sistemas catalíticos o mejor conocidos como catalizadores de escape son dispositivos ubicados en los sistemas de escape de vehículos, los cuales son usados para reducir las emisiones de gases contaminantes generados en el motor.

El cual es óptimo para su utilización en un horno de fundición para los procesos, por lo que este dispositivo cuenta con una particularidad el cual es un núcleo cerámico o metálico recubierto con metales especiales como platino, paladio y rodio, lo cual estos metales actúan como catalizadores, acelerando las reacciones químicas sin consumirse en el proceso.

Se presentará un cuadro comparativo entre los 3 sistemas catalizadores investigados para su utilización en el horno de fundición para las prácticas de los Estudiantes de la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial.

4. Realizar un manual de funcionamiento del horno para el proceso de fundición del aluminio.

Se realizó un manual de funcionamiento para utilizar el horno con las repotenciaciones realizadas para su manejo y utilización eficiente al momento de realizas las prácticas de fundición de aluminio y lograr de esta manera un uso adecuado y cuidadoso del horno.

El cual se presenta a continuación el manual de funcionamiento el cual estará en físico para poder llevar a las prácticas de fundición de la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial.



Manual de uso del horno de fundición de aluminio

Autores: Kevin Zurita, Ricardo Rivera

5. Discusión

1. Ensayos de fundición para determinar la deficiencia en el proceso de fundición del aluminio.

Para obtener los resultados se realizó un cuadro comparativo para determinar cuál es el ensayo más eficiente para la fundición del aluminio como se observa en la (tabla.3)

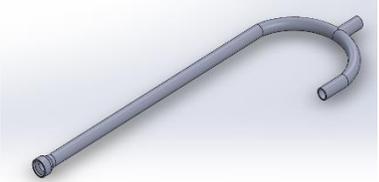
Tabla 5. Cuadro Comparativo de ensayos de fundición con los crisoles de acero fundido y compresor de nevera

UNIDADES	ENSAYO CRISOL ACERO FUNDIDO	ENSAYO CON CRISOL DE HIERRO (COMPRESOR DE NEVERA)
Propiedades Físicas	Es durable y no se oxida fácilmente, teniendo propiedades de tensión y compresión.	Excelente ductilidad y buena maquinabilidades, teniendo buena amortiguación de vibraciones y conductividad térmica.
Propiedades químicas	Mezcla entre: Carbón, Hierro	Mezcla entre: Carbón 2,5-4%, Silicio 1-3%
Efectividad al fundir aluminio	El acero fundido es un material efectivo a la hora de fundir el aluminio, sin embargo, tenemos que tener en cuenta que va a ver una variación en el colado, por lo que el acero fundido tiene una distribución irregular del calor.	El hierro como olla es conocida por su retención y distribución uniforme de calor, el cual es importante en el proceso de fundición, ya que el material se derretirá y no va a ver una variación del colado.
Tiempos	El acero fundido demora en un lapso de 90 minutos para una fundición eficaz y completa alcanzando a los 60 minutos el punto de fusión.	El hierro tiene un tiempo de fusión de 40 minutos para su fusión completa, alcanzado su punto de fusión a los 35 minutos teniendo un menor tiempo.
Variaciones de temperatura	El ensayo con crisol de acero fundido presento una disminución de temperatura de 10 C por minuto	En el ensayo con el compresor de nevera presenta una disminución de temperatura de 28.26 C por minuto.

2. Sistema de fragua para optimizar la eficiencia térmica del horno de fundición

Para obtener los resultados se realizó un cuadro comparativo para determinar cuál es el sistema de fragua más eficiente para la transferencia del calor como se observa en la (tabla.4)

Tabla 6. Cuadro comparativo de los diseños de fragua (Flauta)

DATOS	PRIMER DISEÑO DE LA FLAUTA	SEGUNDO DISEÑO DE LA FLAUTA
MEDIDAS	Ancho: 18.68 cm Largo: 12.84 cm Espesor: 2 Material: acero inoxidable	Ancho: 18.68 cm Largo: 62. 68 cm Espesor: 2 Material: acero inoxidable
DISEÑO EN SOLIDWORKS	 <p><i>Figura 9. Prototipo en Y corta</i></p>	 <p><i>Figura 10 Prototipo en Y completa</i></p>
VERSATILIDAD	Su versatilidad para transmitir el calor hacia el horno.	Su versatilidad para transmitir el calor constantemente hacia el horno.
FUNCIONAMIENTO DE LOS PROTOTIPOS	Al realizar el primer prototipo se observó, que al ser más corto envía una llama más potente, pero a la ves afecta en la manipulación por que las inyecciones de aire se encierran dentro con partículas de aire que llegan a generar mini explosiones, como se observa en la (fig. 27)	Al realizar el segundo prototipo se lo diseño más largo, para que, al inyectar el calor, se transmitiera y mantuviera de una manera eficiente. Se implementó carbón (combustible) para aumentar más el calor y evitar riesgos por explosión de los gases acumulados, como se observa en la (fig. 26)

3. Determinar un sistema de recolección y filtración de gases tóxicos para reducir las emisiones contaminantes.

Para obtener los resultados se realizó un cuadro comparativo para determinar el uso de un sistema catalizador para reducir las emisiones contaminantes del proceso de fundición del aluminio en las prácticas de la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial.

SISTEMAS CATALITICOS

SISTEMAS DE TRES VIAS

Los sistemas convertidores de tres vías pueden reducir las emisiones de óxido de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados.

Por su disminución de NOx, el cual, por medio de una reacción química, el catalizador transforma los NOx en nitrógeno (N₂) 8% y oxígeno (O₂) 7%. Mientras que la oxidación de HC Y CO 8%, entran al catalizador los gases de escape que contiene CO (3%) y HC (600ppm), por medio de una reacción química, el catalizador transforma el CO (3%) en CO₂ (8%) y por medio de otra reacción química el catalizador oxida los HC en agua (H₂O) y CO₂ (8%), liberando el catalizador como gases CO₂, H₂O y otros.

Los gases de escape que contienen partículas entran al catalizador y oxida las partículas en sustancias menos dañinas mediante una reacción química. Estos gases de escape tratados por las tres vías salen del sistema catalítico el cual es monitoreado regularmente para asegurar su eficiencia y realizar un mantenimiento periódico para reemplazar el catalizador cuando sea necesario.

SISTEMA DE OXIDACION

Los convertidores catalíticos de oxidación se caracterizan en reducir las emisiones de monóxido de carbono.

En diferencia de los convertidores de tres vías, no pueden reducir los óxidos de nitrógeno.

SISTEMA DE REDUCCION SELECTIVA

Los convertidores catalíticos de reducción selectiva se usan principalmente para reducir los óxidos de nitrógeno

Requieren el uso de agentes reductores como amoníaco o la urea para convertir los óxidos de nitrógeno en nitrógeno y agua.

6. Conclusiones

A través de dos ensayos de fundición de aluminio, se evaluó la eficiencia de dos tipos de crisoles, el cual dio como resultado que el segundo crisol de hierro adaptado de un compresor de nevera es una opción eficiente, por lo que alcanza las temperaturas de fusión del aluminio (660C) en un tiempo de 30 a 35 minutos, dando ser efectiva para reducir los tiempos del horno para el proceso de fundición de aluminio.

Con el rediseño de la “Fragua en Y completa” construida a base de un tubo de acero inoxidable de alta resistencia térmica, ha resultado en una mejora significativa en la eficiencia del proceso de fundición del aluminio el cual es provocado por el rediseño y un Blower y un reductor de 3:2 que aumentan la uniformidad de temperatura, así mejorando la calidad de fusión del aluminio.

Mediante el sistema catalítico de tres vías se propone una implementación para una futura repotenciación en el cual este sistema reduzca las emisiones contaminantes provocados por los procesos de fundición del aluminio y teniendo una característica especial las cuales son tres vías que debe pasar para reducir las emisiones, primero la disminución de NO_x, segundo la oxidación HC y Co, tercero la oxidación de las partículas, reduciendo de esta manera las emisiones contaminantes de gases tóxicos.

Con el manual de funcionamiento del horno se plantea como objetivo garantizar el uso correcto y seguro del horno durante el funcionamiento de fundición proporcionando instrucciones claras y precisas para la operación del horno desde su inicio hasta su fin, incluyendo medidas de seguridad.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que este estudio no presenta conflictos de intereses y que, por tanto, se ha seguido de forma ética los procesos adaptados por esta revista, afirmando que este trabajo no ha sido publicado en otra revista de forma parcial o total.



Referencias Bibliográficas

- Alu-Stock. (17 de 7 de 2017). *Alu-Stock S.A.* Obtenido de <https://www.alu-stock.es/es/informacion-tecnica/el-aluminio/>
- Álvarez, D. O. (17 de 5 de 2017). *El aluminio.* Obtenido de Enciclopedia Humanidades: <https://humanidades.com/aluminio/>
- ATSDR. (4 de 4 de 2002). *ATSDR.* Obtenido de <http://www.atsdr.cdc.gov/es/>
- Barriga Hidalgo, M. (2022). *REPOTENCIACIÓN DEL HORNO DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.* Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO .
- Bayas Bonilla, F., & Loza Chavez, L. (2022). *Diseño y construcción de un horno de fundición de aluminio para la Facultad de Mecánica.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Biritute, C. (2021). *Carbon vegetal.* Obtenido de <https://carbonbiritute.com/>
- Cardozo, L. M., Lozano, L. A., & Curtidor, L. A. (2017). Metodos de reduccion de emisiones contaminantes a la atmosfera. *Revista Tecnologia y productividad, girardot, regional cundinamarca*, 31-41.
- Centeno Martinez, T., & Quintana Dias, K. (2020). DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN HORNO DE CRISOL PARA FUNDIR ALUMINIO PARA LA RECICLADORA MARILYIN. 71.
- demografico, M. p. (18 de 7 de 2006). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.* Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/atencion-al-ciudadano/aviso-legal.html>
- Flores Garcia, E., & Orellana Nuñez, R. (2014). Diseño y consturccion de un horno de crisol para aleaciones no ferrosas. *Universidad de el Salvador*, 16-159.
- Garcia Chacon , J. (2016). *Estudio de la influencia de diferentes diseños de los sistemas de alimentacion y compensacion en la fundicion en arena.* Sevilla: Dpto. Ingenieria Mecanica y Fabricacion Escuela Tecnica Superior de Ingenieria Universidad de Sevilla.
- Luis Adolfo, A., & Cisneros Espinoza, V. (2018). *Diseño de un horno de fundicion para la*





Empresa Ser-Tec. Ciudad de la Paz: RI-UMSA.

Maruin, I. (2024). *Fragua Blower Sopladora Venterol 4", ¾HP*. Obtenido de <https://importadoramarvin.com.ec/products/fragua-blower-sopladora-venterol-4-hp-cmarvin-herramientas-quito-ecuador>

Mecanica, M. (21 de 10 de 2023). Moldes de fundición: guía completa para mejorar la producción. *Metal Mecanica*, 1. Obtenido de <https://n9.cl/1u9vci>

Monje Alvarez, C. (2011). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA Guia Didactica*. NEIVA: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION CUANTITATIVA Y CUALITATIVA Guia Didactica.

Monrroy Montalvo, E. A. (2022). DISEÑO DE UNA FRAGUA A GAS PARA FORJAR CON FINES DIDACTICO. *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA*, 7.

Narvaez Cardenas, A. (2015). *Diseño, construccion y montaje de un horno tipo crisol con capacidad de 5KG, para aluminio*. Pamplona.

NJHealth. (2016). *Sulfato de aluminio*. New Jersey: NJHealth New Jersey Department of Health.

NUNEZ, C. (11 de 04 de 2016). *Explicación de qué son los combustibles fósiles*. Obtenido de <https://n9.cl/ortdz>

OCTAL. (s.f.). *ASTM A312 TP304 y TP316*. Obtenido de <https://www.octalacero.com/astm-a312-tp304-tp316-tubo-de-acero-inoxidable>

Orellana Nuñez, R. E., & Flores Garcia, E. (2014). Diseño y construcción de un horno de crisol para aleaciones no ferrosas. *Semantic scholar*, 1-159.

Salto Olalla, J., & Vargas Carrillo, J. (2009). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO DE CRISOL BASCULANTE, CALENTADO POR COMBUSTIBLE PARA LA FUNDICIÓN DE ALUMINIO*. Latacunga.

Sebastian Calvo, C. (2016). Hornos utilizados en la fabricación de aleaciones ferrosas y no ferrosas. *Scientia*, 17-17.

SEFU. (13 de 12 de 2021). *Estructura del convertidor catalitico de tres vias*.

simpliCAR. (23 de 06 de 2023). *Todo sobre el convertidor catalitico*. Obtenido de <https://simplicar.pe/blog/todo-sobre-el-convertidor-catalitico>

Suntaxi Loachamin, E., & Torres Riascos, C. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCION DE





UN HORNO CRISOL PARA FUNDICION DE ALUMINIO CON UNA CAPACIDAD DE 15 KH/H A UNA TEMPERATURA DE 800 C UTILIZANDO GLP. 42.

Toapanta Ramos, L. (2016). Evaluación del funcionamiento técnico del horno de fundición de aluminio de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, para la mejora en la eficiencia térmica, durante el año 2015. Propuesta de reformas técnicas en el horno. . *Universidad Tecnica de Cotopaxi direccion de Posgrados*, 18.

Vazquez Luna, J. (2014). Diseño de Investigacion. *Anahuac*, 19.

Zapla, A. (8 de 9 de 2023). *Temperatura de fusión del acero inoxidable:Cuál es*. Obtenido de https://aceroszapla.com.ar/a-que-temperatura-funde-el-acero-inoxidable#google_vignette

