

Resultado del análisis

Archivo: BORRADOR 1.1 PROYECTO DE GRADO- CARRIÓN -CHICAIZA.docx

Estadísticas

Sospechosas en Internet: 6,05%

Porcentaje del texto con expresiones en internet.

Sospechas confirmadas: 5,86%

Confirmada existencia de los tramos en las direcciones encontradas.

Texto analizado: 70,48%

Porcentaje del texto analizado efectivamente (no se analizan las frases cortas, caracteres especiales, texto roto).

Éxito del análisis: 100%

Porcentaje de éxito de la investigación, indica la calidad del análisis, cuanto más alto mejor.

Direcciones más relevantes encontrados:

Dirección (URL)	Ocurrencias	Semejanza
https://docplayer.es/40038945-Modelado-y-diseno-de-estrategias-de-control-avanzado-para-hornos-electricos-de-tratamientos-termicos-nicolef-lorena-avella-molano.html	27	13,4 %
https://1library.co/document/zke5m44z-modelado-diseno-estrategias-control-avanzado-electricos-tratamientos-termicos.html	24	10,06 %
https://1library.co/document/q5rmdjz-diseno-tratamientos-termicos-aceros-empresa-servicios-mecanicos-metalurgica.html	6	13,76 %
https://pdfcookie.com/documents/pdfcookie-g27owdr3qzv0	6	4,41 %
https://www.clubseattleon.net/viewtopic.php?t=116808	6	2,44 %
https://www.coursehero.com/file/p3f5cni5/Un-disyuntor-es-un-interruptor-autom%C3%A1tico-que-corta-el-paso-de-la-corriente/	5	1,97 %

Texto analizado:

PROYECTO PROFESIONAL DE GRADO

Quito Ecuador 2021

PROYECTO PROFESIONAL DE GRADO

MECÁNICA INDUSTRIAL

Construcción e implementación de un prototipo de horno para Tratamientos Térmicos

Elaborado por:

Emily Andrea Carrión Vásquez
Diego Fernando Chicaiza Pauta

Tutor:

Ing. Edgar Iván Calispa Santos

09/09/2021

AGRADECIMIENTO

Al culminar este proyecto de titulación quiero utilizar este espacio para agradecer en primer lugar a mi compañera de tesis Emily Carrión por darme todo su apoyo y su infinita confianza de igual manera a toda mi familia padre, hermanos tíos amigos a ustedes muchas gracias por depositar su confianza en mi capacidad de volver los sueños en realidad gracias totales.

Un agradecimiento especial para el INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTRAL TÉCNICO por acogerme a lo largo de mi etapa estudiantil ya los docentes dignos representantes de la CARRERA TECNOLÓGICA DE MECÁNICA INDUSTRIAL que de una u otra forma ha sabido depositar en mí todos sus conocimientos por ello un total agradecimiento.

Ciencia y Técnica desde 1871.

Diego Chicaiza.

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación va dedicado para mi madre quien me dio la vida quien supo inculcar en mí, esas ganas de superación y ahora que desde el cielo me guía mi camino eternamente agradecido. Para ti madre mía.

El presente proyecto va dedicado a mis padres quienes merecen todos los logros que obtenga en mi vida, ya que ellosa diario lucharon por mi formación académica y para mí es grato entregarle mi vida entera y mi esfuerzo a cada uno de ellos.

Emily Carrión.

VALIDACIÓN

Fecha:

Firma del Coordinador de Carrera

Ing. Beltrán Venegas Leonardo Francisco

(Firma del Tutor)

Ing. Edgar Iván Calispa Santos.

(Firma de la secretaria del Instituto)

(Nombre de la secretaria)

APROBACIÓN DEL JURADO

Presidente

(Nombres y apellidos)

Vocal 1 Vocal 2

(Nombres y apellidos) (Nombres y apellidos)

ÍNDICE DE CONTENIDOS
TOC \o "1-3" \h \u RESUMEN PAGeref _Toc83662884 \h 11

ABSTRACT PAGeref _Toc83662885 \h 13

CAPÍTULO I PAGeref _Toc83662886 \h 15

1.1. Formulación del problema. PAGeref _Toc83662887 \h 15
1.2. Objetivos PAGeref _Toc83662888 \h 15
1.2.1. Objetivo general PAGeref _Toc83662889 \h 15
1.2.2. Objetivos específicos PAGeref _Toc83662890 \h 16
1.3. Justificación del Proyecto PAGeref _Toc83662891 \h 16
1.4. Alcance PAGeref _Toc83662892 \h 17
1.5. Estado del Arte PAGeref _Toc83662893 \h 17
1.5.1. Estudios Internacionales PAGeref _Toc83662894 \h 20
1.5.2. Ejemplar de un Horno Nabertherm 1300°C PAGeref _Toc83662895 \h 20

CAPÍTULO II PAGeref _Toc83662896 \h 22

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA. PAGeref _Toc83662897 \h 22
2.1. Concepto de Hornos de Tratamientos Térmicos PAGeref _Toc83662898 \h 22
2.2. Tipos de Hornos para Tratamientos Térmicos PAGeref _Toc83662899 \h 22
2.3. Hornos eléctricos. PAGeref _Toc83662900 \h 23
2.4. Partes de un Horno Eléctrico. PAGeref _Toc83662901 \h 24
2.4.1. Ladrillos Refractarios. PAGeref _Toc83662902 \h 24
2.4.2. Cemento Refractario. PAGeref _Toc83662903 \h 25
2.4.3. Manta de Fibra Cerámica. PAGeref _Toc83662904 \h 26
2.4.4. Resistencias Eléctricas. PAGeref _Toc83662905 \h 26
2.4.5. Termopares. PAGeref _Toc83662906 \h 27

2.5. Sistema de Control. PAGEREf_Toc83662907 \h 28

2.5.1. Controlador PID. PAGEREf_Toc83662908 \h 28

2.5.2. Contactores PAGEREf_Toc83662909 \h 29

2.5.3. Relés PAGEREf_Toc83662910 \h 29

2.5.4. Breaket PAGEREf_Toc83662911 \h 30

2.6. Mecanismos de Transferencia de Calor. PAGEREf_Toc83662912 \h 30

2.6.1. Conducción. PAGEREf_Toc83662913 \h 31

2.6.2. Convección. PAGEREf_Toc83662914 \h 31

2.6.3. Radiación. PAGEREf_Toc83662915 \h 31

2.7. Tratamientos Térmicos. PAGEREf_Toc83662916 \h 31

2.7.1. Temple. PAGEREf_Toc83662917 \h 31

2.7.2. Revenido. PAGEREf_Toc83662918 \h 32

2.7.3. Recocido. PAGEREf_Toc83662919 \h 33

2.7.4. Normalizado. PAGEREf_Toc83662920 \h 33

2.7.5. Distensionado. PAGEREf_Toc83662921 \h 34

2.7.6. Cementación. PAGEREf_Toc83662922 \h 34

2.7.7. Nitruración PAGEREf_Toc83662923 \h 35

CAPITULO III PAGEREf_Toc83662924 \h 36

ANÁLISIS SITUACIONAL PAGEREf_Toc83662925 \h 36

3.1. Metodología. PAGEREf_Toc83662926 \h 36

3.2. Análisis e interpretación de los resultados PAGEREf_Toc83662927 \h 37

3.2.1. Procesamiento y análisis PAGEREf_Toc83662928 \h 37

3.2.2. Población PAGEREf_Toc83662929 \h 37

3.2.3. Muestra. PAGEREf_Toc83662930 \h 37

3.3.4. Discusión de resultados PAGEREf_Toc83662931 \h 37

CAPITULO IV PAGEREf_Toc83662932 \h 46

Prototipo de un Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos PAGEREf_Toc83662933 \h 46

4.1. Parámetros del Diseño y Construcción del Horno PAGEREf_Toc83662934 \h 46

4.2. Ventajas de la máquina PAGEREf_Toc83662935 \h 47

4.3. Desventajas de la máquina PAGEREf_Toc83662936 \h 47

4.4. Construcción del Horno - Hoja operacional. PAGEREf_Toc83662937 \h 48

CAPITULO V PAGEREf_Toc83662938 \h 51

Cálculos del Diseño Mecánico y Térmico del Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos. PAGEREf_Toc83662939 \h 51

5.1. Dimensiones Internas de la Cámara. PAGEREf_Toc83662940 \h 51

5.1.1. Volumen máximo de la pieza a tratar térmicamente PAGEREf_Toc83662941 \h 52

5.1.2. Cantidad de calor a impartir a la carga PAGEREf_Toc83662942 \h 52

5.1.3. Densidad a 1200°C. PAGEREf_Toc83662943 \h 54

5.1.4. Calor específico a 1200°C. PAGEREf_Toc83662944 \h 55

5.1.5. Conductividad térmica a 1200°C. PAGEREf_Toc83662945 \h 55

5.2. Modelamiento matemático de Transferencia de Calor PAGEREf_Toc83662946 \h 58

5.2.1. [Cálculos de la pérdida de calor](#) PAGEREf_Toc83662947 \h 59

5.2.2. Resistencia térmica a las paredes del Horno PAGEREf_Toc83662948 \h 59

5.2.3. Primera capa de Ladrillo refractario espesor de 0.06m. PAGEREf_Toc83662949 \h 63

5.2.4. Segunda capa de Ladrillo refractario espesor de 0.06m. PAGEREf_Toc83662950 \h 63

5.2.5. Manta de fibra cerámica espesor de 0.025. PAGEREf_Toc83662951 \h 63

5.2.6. Chapa de acero de espesor 0.003m. PAGEREf_Toc83662952 \h 63

5.3. RENDIMIENTO DEL HORNO. PAGEREf_Toc83662953 \h 69

5.3.1. Rendimiento Térmico. PAGEREf_Toc83662954 \h 69

5.3.2. Rendimiento térmico neto de la operación PAGEREf_Toc83662955 \h 69

5.4. Cálculo de la potencia del Horno PAGEREf_Toc83662956 \h 70

CONCLUSIONES. [PAGEREF _Toc83662957 \h 71](#)

RECOMENDACIONES. [PAGEREF _Toc83662958 \h 72](#)

Bibliografía [PAGEREF _Toc83662959 \h 73](#)

[ANEXO A \[PAGEREF _Toc83662960 \h 75\]\(#\)](#)

Especificaciones técnicas. [PAGEREF _Toc83662961 \h 75](#)

Estructura del Horno. [PAGEREF _Toc83662962 \h 75](#)

Panel de control. [PAGEREF _Toc83662963 \h 75](#)

[PAGEREF _Toc83662964 \h 77](#)

Protocolo de Seguridad. [PAGEREF _Toc83662965 \h 77](#)

Preámbulo. [PAGEREF _Toc83662966 \h 78](#)

Componentes del Horno Eléctrico. [PAGEREF _Toc83662967 \h 78](#)

Accesorios del Panel de Control. [PAGEREF _Toc83662968 \h 81](#)

[ANEXO B \[PAGEREF _Toc83662969 \h 82\]\(#\)](#)

Parámetros y Operación del Horno [PAGEREF _Toc83662970 \h 82](#)

Especificaciones técnicas del Horno. [PAGEREF _Toc83662971 \h 84](#)

Operación del Equipo. [PAGEREF _Toc83662972 \h 84](#)

FALLAS FRECUENTES DEL HORNO. [PAGEREF _Toc83662973 \h 87](#)

[ANEXO C \[PAGEREF _Toc83662974 \h 88\]\(#\)](#)

Planos del Horno Eléctrico [PAGEREF _Toc83662975 \h 88](#)

[ANEXO D \[PAGEREF _Toc83662976 \h 98\]\(#\)](#)

Esquema de Control [PAGEREF _Toc83662977 \h 98](#)

[ANEXO E \[PAGEREF _Toc83662978 \h 100\]\(#\)](#)

Ensayo I, Informe del [PAGEREF _Toc83662979 \h 100](#)

Tratamiento Térmico Temple. [PAGEREF _Toc83662980 \h 100](#)

[ANEXO F \[PAGEREF _Toc83662981 \h 106\]\(#\)](#)

Características técnicas del Controlador PID. [PAGEREF _Toc83662982 \h 106](#)

[ANEXO G \[PAGEREF _Toc83662983 \h 109\]\(#\)](#)

Características técnicas del Contactor. [PAGEREF _Toc83662984 \h 109](#)

[ANEXO H \[PAGEREF _Toc83662985 \h 122\]\(#\)](#)

Características técnicas del Relé. [PAGEREF _Toc83662986 \h 122](#)

Índice de gráficos

TOC \h \z \c "Figura" [Figura 1 Temperaturas recomendadas para paradas más prolongadas a 1200°C \[PAGEREF _Toc82056626 \h 21\]\(#\)](#)

[Figura 2 Tipos de Hornos. \[PAGEREF _Toc82056627 \h 22\]\(#\)](#)

[Figura 3 Flujo térmico de un horno eléctrico de resistencias. \[PAGEREF _Toc82056628 \h 23\]\(#\)](#)

[Figura 4 Partes principales de un Horno Eléctrico \[PAGEREF _Toc82056629 \h 24\]\(#\)](#)

[Figura 5 Ladrillos Refractarios. \[PAGEREF _Toc82056630 \h 25\]\(#\)](#)

[Figura 6 Cemento Refractario. \[PAGEREF _Toc82056631 \h 25\]\(#\)](#)

[Figura 7 Fibra de Cerámica. \[PAGEREF _Toc82056632 \h 26\]\(#\)](#)

[Figura 8 Resistencias eléctricas. \[PAGEREF _Toc82056633 \h 27\]\(#\)](#)

[Figura 9 Clasificación de Termocuplas. \[PAGEREF _Toc82056634 \h 28\]\(#\)](#)

[Figura 10 Controlador PID. \[PAGEREF _Toc82056635 \h 29\]\(#\)](#)

[Figura 11 Contactor. \[PAGEREF _Toc82056636 \h 29\]\(#\)](#)

[Figura 12 Relé Térmico. \[PAGEREF _Toc82056637 \h 30\]\(#\)](#)

[Figura 13 Breaket. \[PAGEREF _Toc82056638 \h 30\]\(#\)](#)

[Figura 14 Proceso de Templado \[PAGEREF _Toc82056639 \h 32\]\(#\)](#)

[Figura 15 Proceso de Revenido. \[PAGEREF _Toc82056640 \h 32\]\(#\)](#)

[Figura 16 Proceso de Recocido. \[PAGEREF _Toc82056641 \h 33\]\(#\)](#)

[Figura 17 Proceso de Normalizado. \[PAGEREF _Toc82056642 \h 33\]\(#\)](#)

[Figura 18 Diagrama de Distensionado. \[PAGEREF _Toc82056643 \h 34\]\(#\)](#)

[Figura 19 Proceso de Cementación. \[PAGEREF _Toc82056644 \h 35\]\(#\)](#)

[Figura 20 Proceso de Nitruación \[PAGEREF _Toc82056645 \h 35\]\(#\)](#)

[Figura 21 Encuesta -Porcentaje 1era pregunta \[PAGEREF _Toc82056646 \h 38\]\(#\)](#)

[Figura 22 Encuesta-Porcentaje 2da pregunta. \[PAGEREF _Toc82056647 \h 39\]\(#\)](#)

[Figura 23 Encuesta-Porcentaje 3er pregunta. \[PAGEREF _Toc82056648 \h 40\]\(#\)](#)

[Figura 24 Encuesta-Porcentaje 4ta pregunta. \[PAGEREF _Toc82056649 \h 40\]\(#\)](#)

[Figura 25 Encuesta-Porcentaje 5ta pregunta. \[PAGEREF _Toc82056650 \h 41\]\(#\)](#)

[Figura 26 Encuesta-Porcentaje 6ta pregunta. \[PAGEREF _Toc82056651 \h 42\]\(#\)](#)

[Figura 27 Encuesta-Porcentaje 7ma pregunta. \[PAGEREF _Toc82056652 \h 42\]\(#\)](#)

[Figura 28 Encuesta-Porcentaje 8va pregunta. \[PAGEREF _Toc82056653 \h 43\]\(#\)](#)

[Figura 29 Encuesta-Porcentaje 9na pregunta. \[PAGEREF _Toc82056654 \h 44\]\(#\)](#)

[Figura 30 Encuesta-Porcentaje 10ma pregunta. \[PAGEREF _Toc82056655 \h 44\]\(#\)](#)

[Figura 31 Construcción del Horno. \[PAGEREF _Toc82056656 \h 46\]\(#\)](#)

[Figura 32 Dimensiones del Horno. \[PAGEREF _Toc82056657 \h 51\]\(#\)](#)

[Figura 33 Distribución de temperaturas y flujo de calor en una pared plana compuesta con temperaturas superficiales dadas. Circuito térmico equivalente asociado \[PAGEREF _Toc82056658 \h 58\]\(#\)](#)

[Figura 34 Corte lateral de la pared de la Cámara. \[PAGEREF _Toc82056659 \h 59\]\(#\)](#)

[Figura 35 Estructura del Horno Eléctrico. \[PAGEREF _Toc82056660 \h 78\]\(#\)](#)

Figura 36 Panel de Control. PAGEREf _Toc82056661 \h 81
Figura 37 Informe del Ensayo de Temple PAGEREf _Toc82056662 \h 101
Figura 38 Ensayo Temple- Procedimiento. PAGEREf _Toc82056663 \h 102
Figura 39 Cálculo y curva de enfriamiento PAGEREf _Toc82056664 \h 103
Figura 40 Tablas de Bohler W320 PAGEREf _Toc82056665 \h 104
Figura 41 Tablas de Bohler W320 PAGEREf _Toc82056666 \h 105

Índice de tablas

TOC \h \z \c "Tabla" Tabla 1 Sistema de Control de Hornos PAGEREf _Toc82056618 \h 19
Tabla 2 Especificaciones Horno Nabertherm PAGEREf _Toc82056619 \h 21
Tabla 3 Propiedades del aire a distintas temperaturas. PAGEREf _Toc82056620 \h 54
Tabla 4 Propiedades del Acero A36 PAGEREf _Toc82056621 \h 57
Tabla 5 Componentes del Horno Eléctrico. PAGEREf _Toc82056622 \h 79
Tabla 6 Descripción del Panel de Control. PAGEREf _Toc82056623 \h 81
Tabla 7 Especificaciones técnicas del horno eléctrico. PAGEREf _Toc82056624 \h 84
Tabla 8 Manual de Uso. PAGEREf _Toc82056625 \h 84

RESUMEN

El proyecto de titulación: " Construcción e implementación de un prototipo de horno para Tratamientos Térmicos", tiene como objetivo aportar a la formación técnica de los estudiantes de la carrera de Mecánica Industrial, por ello nace la necesidad de implementar un horno para el laboratorio de Tratamientos Térmicos, el cual contribuirá con el aprendizaje del manejo metalúrgico de los distintos materiales metálicos este horno será calentado por resistencias eléctricas, cuya temperatura alcanzará un rango aproximado de 900 °C a 1200 C el mismo que será controlado por un sistema de variable PID, que servirá para alcanzar temperaturas de austenización arrojando datos y resultados técnicos al efectuar las prácticas de tratamientos térmicos en los diferentes aceros al carbono

La investigación en este proyecto se realizó mediante consultas en libros, folletos técnicos, artículos científicos, investigaciones en páginas oficiales relacionados con los Procesos Térmicos que se aplican en los distintos aceros y diseño de hornos industriales para tratamientos térmicos, además se tomó en cuenta de manera enfática la automatización, control de temperaturas, tiempos de calentamiento, transferencia de calor, tratamientos térmicos, aislantes térmicos y de resistencias eléctricas. También, se definirán los parámetros para la correcta elección de los materiales aislantes, los mismos que se encargarán de conservar el calor dentro de la cámara del horno.

Por otra parte, se realizó el cálculo apropiado para conservar y estabilizar el calor dentro del horno a temperaturas muy altas, minimizando así las pérdidas de calor, de la misma forma se obtuvo los datos de la potencia con la que trabajará el horno eléctrico, el cual proporciona características de las resistencias para la eficacia del sistema.

Con los resultados obtenidos en la ejecución de este proyecto, basado en un criterio técnico, concluimos que los ensayos de tratamiento térmico cumplirán con los estándares normativos y una estrategia para integrar los conocimientos teóricos con experiencias prácticas a través del contacto más cercano con el funcionamiento correcto del proceso de tratamientos térmicos, por ende fortalecerá la formación académica de los estudiantes en el Instituto Superior Universitario Central Técnico y la Carrera de Mecánica Industrial.

ABSTRACT

The degree project: "Construction and implementation of a prototype of furnace for Thermal Treatments", aims to contribute to the technical training of students of the Industrial Mechanics career, for this reason the need to implement a furnace for the laboratory of Thermal Treatments, which contributes to the learning of the metallurgical handling of the different metallic materials, this furnace will be heated by electrical resistances, whose temperature will reach an approximate range of 900 ° C to 1200 C, which will be controlled by a variable system PID, which will serve to reach austenitizing temperatures, yielding technical data and results when performing heat treatment practices on different carbon steels.

The research in this project was carried out through: consultations in books, technical brochures, scientific articles, investigations in official pages related to the thermal processes that are applied in the different steels and design of industrial furnaces for thermal treatments, in addition, it was taken into account emphatically automation, temperature control, heating times, heat transfer, heat treatments thermal insulators and electrical resistances. Also, the parameters for the correct choice of insulating materials will be defined, the same ones that will be in charge of conserving the heat inside the oven chamber.

On the other hand, the appropriate calculation was made to conserve and stabilize the heat inside the oven at very high temperatures, thus minimizing heat losses, in the same way the data of the power with which the electric oven will work, the which provided the characteristics of the resistors for the effectiveness of the system.

With the results obtained in the execution of this project based on a technical criterion, we conclude that the heat treatment tests will comply with the normative standards and a strategy to integrate theoretical knowledge with practical experiences through the closest contact with the correct operation of the process of heat treatments, therefore it will strengthen the academic formation of the students in the Central Technical University Higher Institute and the Industrial Mechanics Career.

CAPÍTULO I

Formulación del problema.

Actualmente el Laboratorio de Tratamientos Térmicos del Instituto Superior Universitario Central Técnico, posee varios hornos que en su mayoría están en proceso de repotenciación, dos no son funcionales y el horno en el cual se realiza las prácticas no tiene un sistema adecuado que permita estabilizar o programar procesos de tratamiento en aceros especiales, ya que el controlador de temperatura únicamente controla los rangos de temperatura mínima y máxima.

Considerando que es primordial la realización de la fase práctica de las asignaturas relacionadas al Laboratorio de tratamientos térmicos, es una desventaja para los estudiantes no cumplir con todos los requerimientos prácticos que están determinados en los sílabos de las asignaturas o poder replicar los procesos industriales en los respectivos proyectos que ellos están desarrollando; provocando así, prácticas ineficientes que no cumplen con los estándares normativos que requiere un Tratamiento Térmico óptimo.

Cabe recalcar, que al no tener un control preciso de temperatura y tiempo en el único horno que está operativo, las probetas o elementos que se utilizan en los tratamientos térmicos no son adecuadas, ya que las propiedades mecánicas no son las deseadas por tal razón, la comunidad estudiantil de la carrera de mecánica industrial se ve afectada de manera directa en el aprendizaje práctico de los procesos de tratamientos térmicos pertinentes, también ha restringido brindar este servicio al sector público o privado.

Objetivos

Objetivo general

Construir e Implementar un prototipo de horno controlado por un sistema PID, que trabaje en un rango de temperatura de 900°C a 1200 C para el laboratorio de tratamientos térmicos en el Instituto Superior Universitario Central Técnico.

Objetivos específicos

Implementar un prototipo de horno de tratamientos térmicos calentado por resistencias eléctricas

Determinar las características físicas como dimensiones y temperaturas de trabajo del horno para tratamientos térmicos.

Realizar el montaje del horno en el laboratorio de Tratamientos Térmicos de la carrera de Mecánica Industrial

Construir la parte estructural del horno de manera que sea totalmente ergonómico, fácil y seguro de manejar para el operario final

Justificación del Proyecto

El Instituto Superior Universitario Central Técnico es un establecimiento de educación superior comprometido en la formación de profesionales competentes en el área de Mecánica Industrial desplegando conocimientos acordes al desarrollo técnico, orientado a la búsqueda de soluciones sistemáticas en los procesos de producción en la industria, por ello es sustancial que los estudiantes realicen prácticas en los laboratorios, método que dará mayor enfoque para reforzar la teoría de técnicas para el manejo industrial de los materiales metálicos especialmente el conocimiento práctico de los procesos térmicos en la localidad

Por esta razón, nace la necesidad de implementar un horno para Tratamientos Térmicos, teniendo en cuenta que los equipos de la institución no son suficientes para el desarrollo de la fase práctica, ya que presentan averías, falta de precisión se encuentran en proceso de repotenciación

El enfoque del proyecto es contar con un sistema didáctico automatizado que facilite el aprendizaje de los tratamientos térmicos en los distintos aceros que exigen ciertos estándares de calidad; por ello, se implementó una interfaz que permita monitorear las trayectorias de temperaturas deseadas a través de un sistema sencillo (Controlador PID digital), de esta manera, por medio del sistema de control se busca observar la temperatura real y la temperatura deseada, así minimizando los errores durante el proceso de calentamiento del material, permitiendo estabilizar los procesos de tratamiento en aceros especiales, de este modo garantiremos a los estudiantes la facilidad de adquirir conocimientos en la fase práctica de los procesos térmicos y cumplir con el objetivo de formar tecnólogos multidisciplinarios/as en el campo laboral.

Alcance

El presente proyecto busca la implementación de un Horno Eléctrico en el Instituto Superior Universitario Central Técnico, el mismo que beneficiará a estudiantes, docentes y personal autorizado; permitiendo así optimizar tiempos y junto a la base teórica que se recibe en las aulas de estudio, realizar una práctica eficiente de procesos térmicos en los diferentes aceros en los cuales se puede aplicar un tratamiento bajo la normalización establecida ya sea manual o automatizada, llegando así a obtener datos y resultados tecnificados de dichos procesos mediante un controlador PID.

Este horno calentado por resistencias eléctricas generará temperaturas alrededor de 900°C y 1200°C, alcanzando temperaturas de austenización de los distintos aceros a tratar térmicamente, este equipo podrá ser programado para realizar los tratamientos térmicos más comunes como Cementación, Temple, Revenido y Recocido, buscando una mejora en el desarrollo de los laboratorios de Tratamientos térmicos de la institución

Estado del Arte

Dentro de los procesos industriales se requiere manejar la temperatura y el calor controlado sobre un material, con el objetivo de alterar las propiedades de este. Para llevar a cabo el proceso de muchos aceros aleados, los aceros al bajo carbono, hierros fundidos, etc se utilizan hornos industriales capaces de calentar por encima de la temperatura ambiente un material CITATION DRA98 \ 12298 (ASKELAND, 1998).

CITATION MOL15 \ 12298 (MOLANO, 2015) En los distintos tipos de hornos sobresalen los hornos industriales de resistencias, permitiendo controlar la velocidad de elevación de la temperatura que puede alcanzar rangos de 1200°C, por tanto, son utilizados para realizar procesos como la fusión y tratamientos térmicos de los metales.

En el caso de un tratamiento térmico, se pretende cambiar la resistencia, dureza u otras propiedades de los materiales, con el fin de impartir determinadas características al elemento tratado. Para lograr el objetivo se debe cumplir unas condiciones en la medida de la temperatura que garanticen cada una de las fases del proceso térmico: el calentamiento hasta la temperatura deseada, la permanencia en esta temperatura y el enfriamiento. El control de temperatura de un horno industrial es un proceso no lineal, por lo tanto, se debe desarrollar una estrategia de control que se ajuste a los requerimientos por los tratamientos térmicos. Como primer paso se debe proporcionar un modelo matemático en el que se incluyan los factores que intervienen en el calentamiento de las partes dentro del horno.

El modelo matemático propuesto en CITATION Urq94 \ 12298 (Urquiza, 1994) muestra el comportamiento de la temperatura interna, en el tiempo, cuando se aplica una potencia eléctrica, teniendo varias consideraciones como una capacidad térmica de la pared reducida y una aproximación de la temperatura entre las resistencias y la pared interior del horno. La propuesta dada en CITATION HVM05 \ 12298 (H. V. Martínez, 05/12/2005) reporta modelos teóricos para la evolución de la temperatura mediante balances de materia y energía, los cuales han permitido optimizar la selección de equipos para tratamientos térmicos. Un modelo más complejo se presenta en CITATION MIN11 \ 12298 (Neaca, 2011) donde se tienen en cuenta las propiedades de cada material que intervienen en el calentamiento y como estas afectan las temperaturas del proceso, así como los flujos de convección, radiación, las temperaturas externas y pérdidas de calor durante el proceso de calentamiento y sostenimiento del tratamiento térmico que se lleva a cabo en el horno de resistencias.

El siguiente paso después de obtener un modelo matemático y simularlo, es diseñar una estrategia de control que satisfaga las necesidades a la hora de controlar la temperatura en el horno. Para esto se analiza la estrategia de control que se han aplicado a hornos eléctricos en diferentes proyectos como se visualiza en la Tabla 1.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 1 Sistema de Control de Hornos

Artículo Científico.
Horno Eléctrico.
Estrategia de Control.
Resultados en simuladores.
Lógica difusa
Inteligente
Controlador
Conceptos en
Horno industrial
Temperatura
Control de procesos. CITATION Nic20 \ 12298 (Philips, 2020)

Horno Industrial [caldera con quemador en la pared lateral](#)
Cascade PID controller.
Controla los parámetros de estabilidad y rendimiento, tales como tiempo de subida, sobre impulso, suboscilación y tiempo de asentamiento

Modelado y
Simulación de un
Calor experto
Sistema de tratamiento
para carbono liso
Aceros
CITATION Dee13 \ 12298 (Deepack, 2013)
Horno mufla eléctrico [con solera móvil \(para tratamientos de recocido y normalizados de aceros al carbón\)](#)
[Red de adaptación \(ANFIS\)](#)
[Se observa que la potencia experimental varía casi linealmente con la temperatura del horno mientras que la potencia teórica es más o menos constante a diferentes temperaturas del horno, esto se da por la no linealidad del sistema](#)
[Identificación y diseño del controlador para un sistema regulador de temperatura dentro de un horno industrial dresistencias](#). CITATION VHG12 \ 12298 (V.-H. Guarochico, 2012)
[Horno industrial de resistencias \(40Kw\) utilizado para el secado de transformadores](#)
[Controlador PI a un modelo virtual del horno](#)
[Se logra un tiempo de estabilización aceptable en comparación con las horas de trabajo del horno. El controlador está basado solo en la simulación con un modelo lineal y no garantiza el funcionamiento en la práctica.](#)

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Estudios Internacionales

Con base a estudios e investigaciones realizados en Ecuador existe una gran variedad de Hornos deResistencias Eléctricas construidos por compañías nacionales cuyos diseños se apegan a normas internacionales ya que los ejemplares son ensamblados por Alemania Italia y Brasil. Adelca, siendo una de las industrias siderúrgicas número uno del país, posee un laboratorio de tratamientos térmicos normalizado y adaptadoa sus procesos, es una empresa ejemplar que maneja tecnología alemana (Nabertherm), la misma que lidera el campo de los procesos térmicos erlos aceros, siendo esta compañía nuestro eje principal deinvestigación para la aplicación del diseño y construcción del Horno para el laboratorio de tratamientos térmicos del ISUCT.

Ejemplar de un Horno Nabertherm 1300°C

Por [medio de los elementos calefactores enfilados en los tubos de soporte de radiación libre en la cámara del horno logran estos hornos de mufla tiempos de calentamiento especialmente cortos. Con su robusto aislamiento de ladrillos refractarios, se consiguen temperaturas máximas de trabajo de 1300 °C. Por consiguiente, estos hornos de mufla representan una interesante alternativa a los conocidos modelos a partir del L\(T\) /12 cuando se requieren de temperaturas de aplicación elevadas](#) CITATION Mor21 \ 12298 (Heath, 1997-2021).

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 2 Especificaciones Horno Nabertherm

HORNOS MUFLA CON AISLAMIENTO DE LADRILLO HASTA 1300 °C.

Temperatura
1300 °C.
Calentamiento
Paredes
Laterales
Resistencias
6 tubos
Distribuidos en cada pared lateral.
Aislamiento
Ladrillos Refractarios robustos.
Cámara principal.
Puerta
Libre elección
Abatible horizontal o vertical.
Controlador
5 programas de cuatro segmentos.
Variedad de controladores.

Voltaje

220 V

Trifásico- Bifásico.

Fuente: CITATION PRO211 \l 12298 (PROPIA, 2021).

Figura SEQ Figura * ARABIC 1 Temperaturas recomendadas para paradas más prolongadas a 1200°C.

Fuente: CITATION Nad \l 12298 (Nabertherm).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. Concepto de Hornos de Tratamientos Térmicos

Son máquinas que generan elevadas temperaturas por medio de combustibles y energía, utilizando el método de transferencia de calor los mismos que son controlados por sistemas eléctricos automatizados para alcanzar las curvas de calentamiento apropiadas en los aceros al carbono; son equipos utilizados en la metalurgia para la obtención de ciertas propiedades mecánicas y microestructuras requeridas en los metales CITATION Urq94 \l 12298 (Urquiza, 1994).

2.2. Tipos de Hornos para Tratamientos Térmicos

Para la ejecución de los tratamientos térmicos en los materiales existen varias clasificaciones de hornos dependiendo del proceso térmico a realizar, de esta manera se busca mejorar las propiedades mecánicas de los aceros al carbono, por ello existen varias clasificaciones de hornos como se muestra en la Figura 2

Figura SEQ Figura * ARABIC 2 Tipos de Hornos.

Fuente: CITATION Mol91 \l 12298 (Molera, 1991).

Existen varias clasificaciones, pero una de las más utilizadas se muestra en la Figura 2, donde se pueden observar tres grandes grupos en los cuales se dividen los hornos: según el tipo de calentamiento, según la atmósfera reinante en el horno y según la solera CITATION Con14 \l 12298 (Contreras, 2014).

2.3. Hornos eléctricos.

Su principio de funcionamiento básicamente se centra en resistencias eléctricas colocadas en la cámara del horno, las mismas que transforman la energía eléctrica en calor.

Se distinguen del resto, por su sistema de control electrónico dando como resultado la eficacia en el control de temperaturas y tiempo de estancia gracias a sus controladores y sistemas programados, de esta manera se justifica su uso debido a que las características principales para el trabajo de los hornos son la exactitud de control y la eficacia con que se transfiere el calor a la carga CITATION Gón10 \l 12298 (González, 2010).

Las resistencias siendo la fuente principal de transferencia de calor al material por medio de convección, conducción y radiación, como se observa en la Figura 3.

Figura SEQ Figura * ARABIC 3 Flujo térmico de un horno eléctrico de resistencias.

Fuente: CITATION Gón10 \l 12298 (González, 2010).

Los Hornos eléctricos, al depender de un suministro eléctrico tienden a ser mucho más costosos que los hornos convencionales a gas por otra parte, una de las ventajas más representativas es su automatización ya que la facilidad de regular automáticamente las temperaturas nos ayudan a obtener una gran cantidad de procesos térmicos óptimos.

2.4. Partes de un Horno Eléctrico.

La gran mayoría de los diseños de hornos eléctricos diseñados en la industria metalúrgica se diferencian de acuerdo a los fines con los que fueron ideados.

Esencialmente todos están constituidos por una serie de elementos similares como son: Aislantes, resistencias, material refractario, controladores, sensores, cámara de trabajo, chapa metálica, soleras, y los cimientos donde se colocará el montaje de todo el sistema. Los cuales se detallan a continuación de manera puntual

Figura SEQ Figura * ARABIC 4 Partes principales de un Horno Eléctrico.

Fuente: CITATION Apr022 \l 12298 (Apraiz J. , 2002).

2.4.1. Ladrillos Refractarios.

El ladrillo refractario a diferencia de un ladrillo normal está diseñado para soportar elevadas temperaturas, choques térmicos y alta resistencia a la compresión. Pueden ser fabricados en calidades variadas, dependiendo de la cantidad añadida de arcillas con alúmina o sílice, de magnesita u otros materiales, los tipos característicos de ladrillos son: Alta densidad con alto contenido en sílice o con alto contenido en alúmina que resiste temperaturas de 700°C a 1800°C y tenemos los de Baja densidad con alto contenido de alúmina y bajo porcentaje de arcilla su característica más importante es que soporta el choque térmico y resiste temperaturas de 500°C a 1300 °C.

Figura SEQ Figura * ARABIC 5 Ladrillos Refractarios.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

2.4.2. Cemento Refractario.

Este producto está fabricado con una base de arena de cuarzo lo que lo hace altamente resistente al cambio de temperaturas, altamente resistente a la compresión ya que no se agrieta ni se corroe. Sirve como revestimiento para hornos de templado, revenido y fundición CITATION Pre21 \I 12298 (ARTEJAS, 2021).

Figura SEQ Figura * ARABIC 6 Cemento Refractario.

Fuente: CITATION PRE21 \I 12298 (PRENÁC & ARTEJAS, 2021)

2.4.3. Manta de Fibra Cerámica.

La fibra cerámica está constituida por filamentos cerámicos y de alúmina y sílice de alta pureza lo cual da como resultado una baja conductividad térmica, la misma que soporta temperaturas desde 1200 °C a 1400 °C.

Aplicaciones:

Aislamientos térmicos en calderas, puertas de calderas, aislamiento térmico de hornos, protección contra el fuego, etc

Medidas: 1" - 2" x L= 50 pies, e=1", h= 24".

Figura SEQ Figura * ARABIC 7 Fibra de Cerámica.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

2.4.4. Resistencias Eléctricas.

Se pueden utilizar resistencias metálicas y no metálicas. Entre las principales resistencias metálicas existen las aleaciones hechas a base de Ni-Cr-Fe (Níquel-Cromo-Hierro) que soportan hasta temperaturas de 1250°C y las aleaciones ferríticas de Fe-Cr-Al (Hierro-Cromo-Aluminio), para temperaturas de 1425°C. CITATION Del943 \I 12298 (De la Poza J. , 1994).

Figura SEQ Figura * ARABIC 8 Resistencias eléctricas.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

El uso recomendado del alambre Kanthal A1 es para aplicaciones constantes de hasta 1400°C con un punto de fusión por encima de 1500°C.

En seguida encontrará una lista con las especificaciones técnicas del Kanthal A1 en forma de alambre redondo, recuerde que este material también es fabricado en alambre plano también conocido como cinta Nicromel y tiene las siguientes características

Temperatura de fusión: 1500°C

Máxima temperatura de operación constante: 1400°C

Composición típica: 22% Cromo (Cr), 5.8% Aluminio (Al), Hierro (Fe) Variable

Densidad: 7.1g/cm³

Fuerza de Tensión: 680N/mm²

Capacidad térmica específica: 460.25 J/KgK. CITATION Kan21 \I 12298 (Kanthal, 2021).

2.4.5. Termopares.

Son sensores que transforman la energía calorífica en energía eléctrica a través de un transmisor el mismo que envía la señal al controlador en mili voltios, existe una gran variedad de termopares siendo las más destacadas como tipo J y tipo K, como se observa en la Figura 9.

Figura SEQ Figura * ARABIC 9 Clasificación de Termocuplas.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

2.5. Sistema de Control.

2.5.1. Controlador PID.

El controlador PID (controlador proporcional, integral y derivativo), denominadoregulador electrónico que permite establecer la temperatura con una variable+/- 20 a18 °C, el controlador PID actúa dentro de esta variable conservando así una temperatura óptima establecida en el sistema de control.

Por lo general estos reguladores electrónicos cuentan con un visualizador digital el mismo que muestra permanentemente la temperatura al interior del horno, la cual aumenta hasta el punto preestablecido; adicionalmente se debe contar con un temporizador programable que se encarga del encendido y apagado del horno en el momento indicado.

Figura SEQ Figura * ARABIC 10 Controlador PID.

Fuente: CITATION EMK21 \ 12298 (EMKO, 2021).

2.5.2. Contactores

Son elementos electromecánicos que abren o cierran un sistema de control y que interrumpe el paso de corriente eléctrica de una carga accionado por comandos de control, están constituidos por una bobina y un electroimán.

Figura SEQ Figura * ARABIC 11 Contactor.

Fuente: CITATION SIE21 \ 12298 (SIEMENS, 2021)

2.5.3. Relés

Son elementos electrónicos que conmutan la corriente entre estados abiertos y cerrados, cambiando de estado cuando se les aplica un voltaje externo.

Figura SEQ Figura * ARABIC 12 Relé Térmico.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

2.5.4. Breaket

Se lo denomina también **disyuntor**, es un interruptor automático que corta el paso de la corriente eléctrica mediante a las condiciones establecidas, tales como averías, fallas o sobre carga eléctrica.

Figura SEQ Figura * ARABIC 13 Breaket.

Fuente: CITATION Shn21 \ 12298 (Electric, 2021).

2.6. Mecanismos de Transferencia de Calor.

El calor es considerado una forma de energía que puede transferirse de un sistema a otro debido a una diferencia en la temperatura. La transferencia de energía siempre se produce del elemento que tiene la temperatura más elevada, hacia el de la temperatura más baja, hasta que ambos alcancen un equilibrio térmico.

El calor puede ser transmitido de tres formas distintas: por conducción, por convección o por radiación CITATION Cha84 \ 12298 (Chapman, 1984).

2.6.1. Conducción.

Transmisión de calor por contacto sin transferencia de materia se da por la unión directa de dos cuerpos, el calor fluye a través de un cuerpo de mayor temperatura a otro cuerpo de menor temperatura.

2.6.2. Convección.

Transmisión de calor por la transferencia de la propia materia portadora del calor, se da por una masa fluida, esta puede ser aire o gas, cuando estos se calientan se mueven a través de una superficie, transportando la energía calórica.

2.6.3. Radiación.

Transmisión de energía por medio de la emisión de ondas electromagnéticas o fotones no genera calor hasta que es absorbida.

2.7. Tratamientos Térmicos.

Son procesos que pretenden modificar estructuras cristalinas o alterar las características mecánicas de un material, mediante un conjunto de operaciones combinadas de calentamiento y enfriamiento de forma controlada de manera que se produzcan cambios micro estructurales.

2.7.1. Temple.

Este tratamiento tiene como finalidad aumentar la dureza del acero para extender su durabilidad, este proceso consta de 3 fases:

Calentamiento el mismo que se realiza con 50°C o 60 °C más a la temperatura de austenización.

Tiempo de estancia se da durante un espacio de tiempo a esta temperatura.

Enfriamiento, el cual es brusco a una velocidad rápida para obtener la transformación de las microestructuras y elevarla dureza.

Figura SEQ Figura * ARABIC 14 Proceso de Templado

Fuente: CITATION Del19 \ 12298 (Ingenierías, 2019).

2.7.2. Revenido.

Es un proceso por el cual se busca disminuir las tensiones causadas por el choque térmico Temple, bajar la dureza del material asegurando que su tenacidad no se pierda, se recomienda realizarlos después del temple.

Figura SEQ Figura * ARABIC 15 Proceso de Revenido.

Fuente: CITATION Uni15 \ 12298 (Industrial., 2015).

Si aumentamos el tiempo de permanencia en el revenido aumentamos la tenacidad del acero

2.7.3. Recocido.

Este tratamiento baja la dureza luego de los procesos fallidos de temple o para mecanizar piezas endurecidas, se lo realiza a una temperatura determinada por el tipo de acero durante una o dos horas, con un enfriamiento lento dentro del horno

Figura SEQ Figura * ARABIC 16 Proceso de Recocido.

Fuente: CITATION Nee \ 12298 (Neetescuela, s.f.)

2.7.4. Normalizado.

Este tratamiento consiste en eliminar tensiones internas, afinar la estructura y bajar la dureza al igual que el recocido, pero solo es aplicable a aceros de bajo porcentaje de carbono y de baja aleación, su enfriamiento se da al aire libre.

Figura SEQ Figura * ARABIC 17 Proceso de Normalizado.

Fuente: CITATION Tra12 \ 12298 (Aceros, 2012).

2.7.5. Distensionado.

Este tratamiento tiene como objetivo la disminución de tensiones internas acumuladas por procesos de conformación con o sin arranque de viruta para evitar fisuras o deformaciones en un temple posterior.

Figura SEQ Figura * ARABIC 18 Diagrama de Distensionado.

Fuente: CITATION Met \ 12298 (térmicos., s.f.).

2.7.6. Cementación.

Este proceso tiene como objetivo obtener dos tipos de aceros en una misma pieza ya que la composición química es diferente, se lo realiza en los 800°C a 950 °C la capa cementada superficial tendrá mayor resistencia al desgaste mientras que el núcleo se modifica y presenta mayor resistencia a los esfuerzos mecánicos de torsión y tracción, la profundidad de la capa cementada depende del medio de cementación y del tiempo de permanencia

Figura SEQ Figura * ARABIC 19 Proceso de Cementación.

Fuente: CITATION Tra12 \ 12298 (Aceros, 2012).

2.7.7. Nitruración

Este tratamiento se lo realiza por medio de difusión de nitrógeno realizado entre los 580 °C a 620 °C, se lo realiza en baños de sales de cianato.

Figura SEQ Figura * ARABIC 20 Proceso de Nitruración

Fuente: CITATION ECU \ 12298 (ECURED, s.f.).

CAPITULO III

ANÁLISIS SITUACIONAL

El Instituto Superior Universitario Central Técnico, se encarga del desempeño de los futuros tecnólogos capaces de generar soluciones integrales en los procesos de producción en la industria. Por ende, se busca potenciar los conocimientos teórico-prácticos en el área de tratamientos térmicos, logrando profesionales con

destrezas que serán desarrolladas en las industrias.

En la carrera de Mecánica Industrial se cuenta con máquinas y equipos que limitan el desarrollo de la fase práctica, ya que presentan averías, falta de precisión o se encuentran en proceso de repotenciación. Por lo que se requiere de máquinas funcionales que garanticen el aprendizaje práctico de los procesos térmicos dentro del laboratorio, de esta manera se busca implantar más interés en el estudio, permitiendo a los estudiantes desempeñarse eficientemente dentro de los procesos de producción que se utilizan en la industria.

3.1. Metodología.

El desarrollo de la investigación tiene un enfoque cuantitativo y cualitativo el mismo que se realizó mediante la utilización de encuestas realizadas a estudiantes y cuerpo de docentes de la carrera de Mecánica Industrial, con el objetivo de conocer la viabilidad que tiene la implementación de un prototipo de horno eléctrico controlado por un sistema PID en el Laboratorio de Tratamientos Térmicos, en el área de Mecánica Industrial, tomando una población de 20 docentes del Instituto Superior Universitario Central Técnico y de 81 personas que integran los estudiantes de 4to y 5to nivel, que reciben la asignatura de Tratamientos Térmicos, por lo cual se obtuvo una muestra de 101 personas.

3.2. Análisis e interpretación de los resultados

3.2.1. Procesamiento y análisis

3.2.2. Población

La población seleccionada para la ejecución del presente proyecto está integrada por 81 estudiantes encuestados del período Mayo-Octubre del 2021, también contamos con 20 docentes encuestados que imparten conocimientos en el área de Mecánica Industrial, los mismos que serán beneficiados directamente al implementar un equipo funcional y moderno.

3.2.3. Muestra.

La información para medir la variable de este proyecto será recopilada de la siguiente manera:

Se reunirá a los estudiantes de 4to y 5to nivel, debido a que ellos cursan las materias de Tratamientos Térmicos y Procesos Térmicos, por ello se ven en la necesidad de realizar prácticas eficientes acordes a los temas tratados en las asignaturas relacionadas.

Se reunirá a un porcentaje de docentes que integran la carrera de Mecánica Industrial, que imparten sus conocimientos en la aplicación técnica de los diferentes procesos térmicos en la industria, por lo cual es importante contar con equipos operativos en los laboratorios de la carrera.

En razón de que la población a ser investigada es pequeña, la muestra de estudio será realizada en un día con el fin de recopilar los datos pertinentes a esta investigación.

3.3.4. Discusión de resultados

Mediante la recopilación de datos, estudios científicos, análisis técnicos y ejecución de cálculos se concluye que el proyecto tecnológico de la implantación de un prototipo de horno eléctrico controlado por una variable PID, es factible y competente en el área de Tratamientos Térmicos, con base a las encuestas e indagaciones realizadas dentro de la carrera de Mecánica Industrial.

Procedemos a analizar e interpretar los resultados obtenidos en las encuestas:

Pregunta 1: ¿Cree Usted que es necesario la disponibilidad de un Horno para Tratamientos Térmicos que permita controlar los rangos de temperatura y tiempo de estancia de los aceros especiales?

Figura SEQ Figura * ARABIC 21 Encuesta -Porcentaje 1era pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este gráfico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, que ven la importancia de implementar un Horno eléctrico funcional y sofisticado que permita el control de tiempo de estancia y temperaturas para la realización de los tratamientos térmicos más conocidos como: Cementación, Temple, Revenido y Recocido y un 1.98% de negación que no avala la importancia de equipos sofisticados para la realización de prácticas eficientes.

Pregunta 2: ¿Considera que este tipo de Horno, facilitaría y mejoraría los diferentes procesos térmicos aplicados en probetas cumpliendo con los estándares normativos que requiere un Tratamiento Térmico óptimo?

Figura SEQ Figura * ARABIC 22 Encuesta -Porcentaje 2da pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este gráfico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, que refleja la necesidad de ejecutar prácticas eficientes con los estándares normativos que demanda un tratamiento térmico óptimo y un 1.98% de negación de los estudiantes que no creen que se obtendrá resultados óptimos en las probetas.

Pregunta 3: ¿Conoce usted cómo se realiza los tratamientos térmicos más utilizados: ¿Cementación, Temple, Revenido y Recocido?

Figura SEQ Figura * ARABIC 23 Encuesta -Porcentaje 3er pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, esto señala que la mayoría de estudiantes de la carrera de mecánica industrial cuenta con el conocimiento teórico el cual será reforzado con la implementación de un Horno eléctrico para tratamientos térmicos que permitirá el desarrollo práctico en dicha materia y el 1% desconoce del tema, por ende se ve la necesidad de instaurar un horno eléctrico para reforzar el estudio de los tratamientos térmicos.

Pregunta 4: ¿Cuenta usted con el conocimiento necesario para realizar los diferentes Procesos Térmicos en un Horno Eléctrico?

Figura SEQ Figura * ARABIC 24 Encuesta- Porcentaje 4ta pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, esto demuestra que la mayoría de estudiantes de la carrera tiene el conocimiento básico para realizar prácticas, y el 1.98% de negación, desconoce el tema práctico de los procesos térmicos.

Pregunta 5: ¿Estaría usted de acuerdo que el Horno sea calentado mediante Resistencias Eléctricas, ya que permitirá la reducción de costos en mantenimiento?

Figura SEQ Figura * ARABIC 25 Encuesta- Porcentaje 5ta pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, esto demuestra que la mayoría de estudiantes de la carrera está de acuerdo con la propuesta de evitar costos altos en el mantenimiento semestral de los equipos de la carrera y el 1.98% de negación, no aprueba el uso de resistencias.

Pregunta 6: ¿Cree usted que es importante alcanzar temperaturas de austenización, que permitan visualizar el cambio de estructura de grano en los distintos aceros a tratar térmicamente?

Figura SEQ Figura * ARABIC 26 Encuesta- Porcentaje 6ta pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, aceptaron la posibilidad de realizar prácticas estandarizadas con el uso de equipos automatizados y el 1.98% de negación, no cree en la posibilidad de alcanzar temperaturas altas para la visualización de cambios de grano en el material ensayado.

Pregunta 7: ¿Considera necesario la implementación de manuales de uso y mantenimiento de los diferentes hornos dentro del laboratorio de tratamientos térmicos?

Figura SEQ Figura * ARABIC 27 Encuesta- Porcentaje 7ma pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, aceptaron el uso de manuales y personal capacitado para operar el horno y el 1.98% de negación, objetando la importancia de contar con el conocimiento adecuado para el uso del Horno.

Pregunta 8: ¿Cree usted importante el conocimiento práctico de los procesos térmicos que requiere el sector industrial?

Figura SEQ Figura * ARABIC 28 Encuesta- Porcentaje 8va pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, que ratifican la importancia de obtener conocimientos sobre el área de procesos térmicos que requiere el sector industrial y el 1.98% de negación, rechazan la importancia de adquirir destrezas sobre el tema.

Pregunta 9: ¿Sabe usted qué es un Controlador PID?

Figura SEQ Figura * ARABIC 29 Encuesta- Porcentaje 9na pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, que poseen el conocimiento necesario sobre los sistemas de automatización con el cual trabaja el Horno eléctrico y el 1.98% de negación, desconocen sobre el equipo de control.

Pregunta 10: ¿Cree usted que con la implementación de este Horno Eléctrico controlado por un sistema PID obtendremos datos y resultados más precisos?

Figura SEQ Figura * ARABIC 30 Encuesta- Porcentaje 10ma pregunta.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Análisis del resultado: En este grafico podemos observar que el resultado es de un 98.02% sí, por parte de los encuestados, de esta manera percibimos la

importancia de adquirir equipos estandarizados en la institución que garanticen el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de mecánica industrial mediante prácticas e investigaciones eficientes y el 1.98% de negación por parte de los estudiantes que no creen en la obtención de datos precisos durante el ensayo.

CAPITULO IV

Prototipo de un Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos

4.1. Parámetros del Diseño y Construcción del Horno

En el desarrollo del diseño y construcción del horno eléctrico se implementó ciertas características favorables para el funcionamiento y maniobrabilidad, puesto que el sistema automatizado PID estabilizara la temperatura alrededor del 99% de su rendimiento; por otra parte, el rango programado de temperatura es hasta 1200°C que permitirá realizar fundiciones en materiales blandos y la elaboración de varios tratamientos térmicos tales como Cementación Temple, Revenido y Recocido, gracias al control de tiempo y temperatura establecido en el Horno, es totalmente ergonómico para el operario y el costo de mantenimiento es relativamente bajo ya que tiene la ventaja de que las resistencias están divididas en grupos y conectadas en serie, puesto que si una de ellas deja funcionar esta será remplazada sin que se vean afectadas las demás.

Figura SEQ Figura * ARABIC 31 Construcción del Horno.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Para la construcción del horno se tomó en cuenta los siguientes aspectos

Rendimiento de nivel semi-industrial.

Límites de operaciones amplios.

Trabajos en probetas y matrices de dimensión 250x250x250 mm

Fundición solo de materiales no ferrosos (Al, Cr Br).

Capacidad térmica 1200 °C.

Calentamiento por convección.

Estabilidad térmica con una variable de 18 a 20% de la temperatura nominal.

Método de control automatizado.

Capacidad de mantenimiento preventivo y correctivo a nivel eléctrico

Línea completa de accesorios y repuestos a nivel nacional

4.2. Ventajas de la máquina

Este equipo es automatizado y permite la programación del tiempo y temperatura del horno.

La sistematización del horno permite que el calentamiento sea rápido a razón de 20°C a 30 °C

Por ser un horno de resistencias eléctricas el calor que transmite es directo por ello, el calentamiento de las piezas es constante.

Las resistencias son de gran durabilidad (alambre khantal A1 / 3.5 mm de diámetro).

Gracias al aislamiento térmico reforzado por tres capas se conservará el calor dentro de la cámara, minimizando las pérdidas de calor.

4.3. Desventajas de la máquina

El Consumo de energía eléctrica es alta ya que estos hornos requieren una gran cantidad de electricidad para llegar a temperaturas altas.

Por ser un horno semi-industrial su red eléctrica debe ser 220 V para que no exista una caída de tensión.

Ocupan mucho espacio por su volumen

4.4. Construcción del Horno - Hoja operacional.

2790190508000

CANTIDAD: 1

Nº

Esquema

Operación

Herramienta

Máquina

1

Adquisición y verificación del material.
(Tubo 50X50 e=3 mm) (Tubo 40x40 e=3 mm)

Calibrador y Flexómetro

2

Cortar Tubos a longitud deseada
£45°

Entenalla, Escuadra y Rayador.

Moladora.

3

Se procede a soldar la base y estructura del horno

Escuadra. Nivel.

Suelda Eléctrica.

4

Realización de los dobles para el recubrimiento del Horno

Flexómetro y Rayador.

Dobladora

5

Ensamblaje de estructura con recubrimiento.

Prensa, Flexómetro y Electrodo.

Suelda Eléctrica.

Emily Carrión Diego Chicaiza

MECÁNICA INDUSTRIAL

Acero

TESIS

Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos.

Tratamiento: S/N

Carrión -Chicaiza

Tolerancia: 0.5 mm

06/09/2021

INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO "CENTRAL
TÉCNICO"

Lamina N° 1

Escala: 1:1

N°

Esquema

Operación

Herramienta

Máquina

6

95252159000

Ensamble de la puerta en la cámara del Horno

Nivel y Escuadra.

Suelda Eléctrica.

7

5772153746500

Capa de fondo anticorrosivo.

Pistola para pintar, guante y thinner

Compresor de aire.

8

63436582500

Verificación del material aislante.

Flexómetro.

9

157480762000

Recubrimiento de los aislantes térmicos.

Cemento refractario, espátula, tijera de corte de mental

10

2990854508500

Ensamblaje de la puerta con la estructura

Escuadra, nivel y electrodos.

Suelda eléctrica.

11

571500254000

Construcción de la caja de control

(50X41X20 mm).

Escuadra, flexómetro, rayador y electrodos

Suelda eléctrica.

12

4877831714500

**Instalación de Resistencias eléctricas (espirales, $\phi=3\text{mm}$, $p=5$, = 1)
Llave Hexagonal, Terminales tipo talón, Multímetro.**

Taladro

13

4032259588500

Implementación del sensor de Temperatura. (Termocupla Tipo k, aislamiento de baquelita)

Destornilladores.
Autoperforantes.
Pirómetro. Multímetro.
Pinza amperimétrica.

Taladro
Diego Chicaiza Emily Carrión

Material: Refractario

TESIS

Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos.

Tratamiento: S/N

Carrión-Chicaiza

Tolerancia: 0.5mm

06/06/2021

INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO "CENTRAL TÉCNICO"

Lamina N°2

Escala: 1:1

N°

Esquema

Operación

Herramienta

Máquina

14

Adquisición de material para la instalación eléctrica del Horno

Visual.

15

Trazado y perforado para la ubicación de elementos de control.

Rayador, calibrador y flexómetro.

Taladro.

16

Colocación de elementos.

Juego de llaves.

17

3225807620000

Colocación de elementos de control (Contactor, relés térmicos, borneras y Disyuntor.

Destornillador, juego de llaves hexagonales.

18

Instalación de la conexión eléctrica.

Estilete, playo, Taípe, multímetro.

Diego Chicaiza

Emily Carrión

MECÁNICA INDUSTRIAL

Material: Electrónico.

TESIS

Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos.

Tratamiento: S/N

Tolerancia: 0.5mm

06/06/2021

INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO "CENTRAL TÉCNICO"

Lamina N°33

Escala: 1:1

CAPITULO V

Cálculos del Diseño Mecánico y Térmico del Horno Eléctrico para Tratamientos Térmicos

Para el correcto desarrollo del diseño mecánico y térmico se definen parámetros fundamentales los cuales serán tomados en cuenta al momento de confrontar el horno para procesos de tratamientos térmicos, con los criterios básicos para la selección de variables del equipo en las cuales se definirán los materiales a utilizar además de las principales dimensiones, para alcanzar sus altas temperaturas de operación y garantizar la calidad en el uso constante

5.1. Dimensiones Internas de la Cámara.

El diseño de la cámara interna del horno se ha efectuado de acuerdo a los requerimientos y necesidades del laboratorio y siguiendo los criterios técnicos del equipo de trabajo.

Para la construcción de la cámara interna del horno se diseñó y se dimensiona como se muestra en la figura 31, la cual se debe al requerimiento para el uso de este equipo en el laboratorio de tratamientos térmicos de la carrera de mecánica industrial

33680402621280

Figura SEQ Figura * ARABIC 32 Dimensiones del Horno.

Fuente: CITATION PRO211 \1 12298 (PROPIA, 2021)
Figura SEQ Figura * ARABIC 32 Dimensiones del Horno.

Fuente: CITATION PRO211 \1 12298 (PROPIA, 2021)345376594297500 Este equipo servirá de gran ayuda al desarrollo formativo para las futuras generaciones de compañeros y docentes de la carrera, y con este equipo se podrá desarrollar prácticas de manera más acertada y apegada a la realidad de la industria ecuatoriana

x=0.50 m

y=0.40 m

z=0.55 m

Donde:

x:Ancho

y:Alto

z:Profundidad

El volumen interno de la cámara de calentamiento está definido por la siguiente ecuación:

5.1.1. Volumen máximo de la pieza a tratar térmicamente

El material que se va a ingresar a la cámara para ser tratados térmicamente no debe sobrepasar un tercio del volumen total de la cámara, lo cual la define la siguiente ecuación, además se debe evitar el contacto de materiales con alta resistencia eléctrica.

5.1.2. Cantidad de calor a impartir a la carga

La cantidad total de calor suministrado por el sistema hacia la carga es igual a la suma del calor necesario para elevar la temperatura del aire más la cantidad de calor que absorbe el material a realizar el tratamiento térmico (Chapman 1984).

=+

Donde:

: Calor debido al calentamiento del aire []

: Calor debido al calentamiento del material para tratamiento térmico []

Se obtiene el valor del calor necesario para el calentamiento del aire mediante el uso de la ecuación (Holman, 1976)

Donde:

: Masa del aire []

: Calor específico del aire [JKg k]

: Diferencia de temperaturas []

Para el desarrollo de las ecuaciones anteriormente mencionadas se utilizará [la tabla de propiedades del aire](#) las cuales serán necesarias para realizar cálculos de las temperaturas de diseño del horno.

Para un mejor manejo de los cálculos y el diseño del horno se establece los siguientes valores: Temperatura ambiente 20°C, la cual es una temperatura promedio del lugar donde será utilizado el horno, temperatura en la superficie del horno es de 50°C, debido a que esta es la temperatura recomendada para el trabajo seguro con hornos en la industria, la temperatura en el interior del horno se considerará 1200°C para tener un mayor rango de utilización

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 3 Propiedades del aire a distintas temperaturas.

Temperatura

Densidad

Calor Especifico

Conductividad

Térmica

Viscosidad Dinámica

Número de Prandtl

20

1.204 0

1 007

0.025 14

1.825x10-5

0.7309

50

1.092 0

1 007

0.027 35

1.963x10-5

0.7228

900

0.300 8

1 169

0.074 65

4.600x10-5

0.7206

1000

0.277 2

1 184

0.078 68

4.826x10-5

0.7260

1200

0.245 9

1 203

0.085 56

5.222x10-5

0.7347

1500

0.199 0

1 234

0.095 99

5.817x10-5

0.7478

Fuente: CITATION Yun11 \l 12298 (J.Ghajar, 2011).

Para el presente proyecto se determinó que la temperatura máxima proporcionada por el horno para tratamientos térmicos será de 1200°C valor que no se encuentra de forma directa en la Tabla 3 en la cual se presentan las propiedades del aire a distintas temperaturas, por dicho motivo se interpolan los valores más próximos para continuar con el desarrollo.

La interpolación lineal parte de la premisa de un incremento mediante la función de la pendiente en la cual se puede desplazar entre los valores marcados con puntos establecidos dentro de un rango para poder encontrar un valor medio relativo, conociendo este concepto se desarrollarán los siguientes cálculos

5.1.3. Densidad a 1200°C.

kgm³

5.1.4. Calor específico a 1200°C.

JKg*K

5.1.5. Conductividad térmica a 1200°C.

Wm*K

En primer lugar, se obtiene el valor de masa del aire que existe en el interior de la cámara del horno, cuando dentro de esta tenemos una pieza con el volumen máximo permitido, esto se consigue con la siguiente ecuación:

=

Donde:

: Densidad del aire a 1200°C Kg/m³

: Volumen de aire [m³]

El volumen del [aire en el interior del horno](#) será igual al volumen de la cámara menos el volumen de la pieza, para efectos de cálculos solo realiza con el volumen máximo de una pieza a tratar térmicamente.

La diferencia de temperaturas se la realiza entre la temperatura en el interior del horno y la temperatura ambiente

Consecuente a esto se calcula el calor que requiere el material que será tratado térmicamente, mediante la siguiente ecuación

El material que se va a emplear para realizar los tratamientos térmicos es un acero con bajo porcentaje de carbono, para efectuar los cálculos se toman los valores de un acero representativo, el A36

=

Donde:

: Masa de la pieza de acero A36 []

: Calor específico del acero A36 []

: Diferencia de temperaturas []

Las principales propiedades del acero AISI 1010, que serán utilizados para los cálculos se muestran en la [Tabla 4](#).

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 4 Propiedades del Acero A36.

Fuente: CITATION Yun11 \ 12298 (J.Ghajar, 2011)

La masa de la pieza de volumen máximo a tratar térmicamente se obtiene mediante la siguiente ecuación CITATION Yun11 \ 12298 (J.Ghajar, 2011).

Donde:

= Densidad del Acero A36

Subsecuente a esto se obtiene el valor total de calor que deberá ser suministrado por el sistema hacia la carga en kilovatios por hora mediante la siguiente ecuación.

5.2. Modelamiento matemático de Transferencia de Calor

Se considera un flujo de calor unidimensional, como se muestra en la [Figura 32](#), a través de las estructuras compuestas de las paredes del horno

Se supone que el sistema está expuesto en su interior a una temperatura máxima de trabajo, constante y conocida y en su exterior a una baja temperatura, la del ambiente, también constante y conocida.

Figura SEQ Figura * ARABIC 33 Distribución de temperaturas y flujo de calor en una pared plana compuesta con temperaturas superficiales dadas. Circuito térmico equivalente asociado.

Fuente: CITATION 680 \ 12298 (6803303GR03A01, s.f.).

Se debe calcular el flujo de calor que se pierda a través de las resistencias térmicas. Cada segmento o material de la pared representa una resistencia o restricción al paso normal de calor CITATION Ast94 \ 12298 (Astigarraga, 1994).

5.2.1. Cálculos de la pérdida de calor

En correlación directa con el espacio del horno, los materiales refractarios y aislantes empleados, se encuentran las pérdidas de calor. Este análisis permite determinar la potencia extra que va a [consumir el horno](#).

Para efecto de este trabajo las pérdidas de calor consideradas serán las producidas a través de las paredes, [y se toma en cuenta las pérdidas](#) producidas por aberturas o ranuras, debido al diseño de aislamiento y sellado que posee el horno, por lo cual estas serán valores mínimos que no afectarán de manera significativa al desarrollo del cálculo.

Para garantizar la mayor eficiencia el horno debe realizar su trabajo con la compuerta siempre cerrada para evitar las diferencias de temperatura entre la cámara del horno y el ambiente e impedir que el calor obtenido se disperse del interior del horno.

5.2.2. Resistencia térmica a las paredes del Horno

Para el desarrollo del modelo matemático del horno se consideran las resistencias expuestas en la [Figura 33](#)

40246302737640034290001931035

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021)

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021)32912053927475
Figura SEQ Figura * ARABIC 34 Corte lateral de la pared de la Cámara

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021)
Figura SEQ Figura * ARABIC 34 Corte lateral de la pared de la Cámara.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021)A continuación, se detallan todos los valores conocidos para realizar el análisis de las pérdidas a través de las paredes.

T1: 1473.15 K

T4: 323.15 K
T5: 293.15 K

e1: 0.06m

e2: 0.025m

e3: 0.003m

k1: 0.17 wm k

k2: 0.21 wm k

k3: 47 wm k

Donde:

T1: Temperatura en la pared interior del horno K

T4: Temperatura en superficie exterior del horno K
T5: Temperatura del Ambiente K

e1: Espesor del ladrillo refractario m

e2: Espesor de la manta de fibra cerámica m

e3: Espesor de la chapa de acero m

k1: Conductividad térmica del ladrillo refractario wm k

k2: Conductividad térmica de la manta de fibra cerámica wm k

k3: Conductividad térmica de la chapa metalica wm k

Se encuentran las resistencias térmicas por conducción de cada material y la resistencia de calor por convección mediante las siguientes ecuaciones CITATION Ast94 \ 12298 (Astigarraga, 1994).

$R_{cond}=e/k$

$R_{conv}=1/h$

Donde:

Rcond: Resistencia de calor por conducción KW

e: Espesor del material [m]

k: Conductividad Termica del Material KW

A: Área de Trasferencia de Calor [m2]

Rconv: Resistencia del Calor por Convección KW

h: Coeficiente de tarsferencia de Calor por Convección KW

Para generar la menor pérdida de calor y buscar mayor eficiencia se diseña el horno con cuatro capas de aislamiento, las mismas que servirán como una medida de seguridad para la manipulación del horno, además de mejorar la conservación de la temperatura interna lo cual aumentará el calor residual, lo mismo que se traduce como mayor eficiencia.

$R1=e1/k1$

$R2=e1/k1$

$$R3=e2k2^*A3$$

$$R4=e3k3^*A4$$

$$R5=1h^*A4$$

Donde:

R1: Resistencia Térmica de la capa de ladrillos refractarios KW

R2: Resistencia Térmica de la capa de ladrillos refractariosKW

R3: Resistencia Térmica de la capa de manta defibra cerámica KW

R4: Resistencia Térmica de la chapa de acero KW

R5: Resistencia de calor por convección KW

A1: Área de trasferencia de calor del ladrillo refractario m2

A2: Área de trasferencia de calor del ladrillo refractario m2

A3: Área de trasferencia de calor de la manta de fibra cerámica m2

A5: Área exterior del Horno m2

h: Coeficiente de convección en el exterior del horno wm2k

Se determina las áreas de transferencia de caloren cada capa, las cuales nos ayudarán a desarrollar de maneramás acertada los cálculos de las resistencias térmicas que cada uno de estos nos brindan

Para el desarrollo del cálculo de las áreas se determina que lasparedes son homogéneas, es decir, no se tomará en cuenta las ranuras dejadas para el posicionamiento de las resistencias eléctricas dentro de los ladrillos refractarios.

5.2.3. Primera capa de Ladrillo refractario espesor de 0.06m.

5.2.4. Segunda capa de Ladrillo refractario espesor de 0.06m.

5.2.5. Manta de fibra cerámica espesor de 0.025.

5.2.6. Chapa de acero de espesor 0.003m.

A continuación, se obtiene los valores de las resistenciasde calor por conducción de cada una de las capasque componen las paredes del horno

5.2.6.1. Primera capa de Ladrillo refractario espesor de 0.06m.

5.2.6.2. Segunda capa de Ladrillo refractario espesor de 0.06m.

5.2.6.3. Manta de fibra cerámica espesor de 0.025.

5.2.6.4. Chapa de acero de espesor 0.003m.

Posterior a esto se debe determinar el coeficiente detrasferencia de calor por convección mediante el uso dela siguiente ecuación:

Donde:

nu: Numero de Nusselt

k: Conductividad térmica del Aire Wm k

L: Longitud característica m

El número de Nusselt es un valor adimensional que relaciona la transferencia de calor por conducción entre la película defluido en contacto con la pared sólida y por convección del fluido en movimiento; se lo determina mediante la función de lasiguiente ecuación CITATION Hol76 \l 12298 (Holman, 1976).

$$nu=f(Gr,Pr)$$

Donde:

Gr: Número de Grashof

Pr: Número de Prandtl

Para encontrar el número de Grashof, se debe desarrollar la siguiente ecuación (Holman, 1976).

$$Gr=(T^*)L^3\rho^2g\mu^2$$

Donde:

T= Diferencia de temperatura entre las superficie exterior del horno y la del ambiente

= Coeficiente de expansión térmica volumetrica K-1

L= Longitud características m

= Densidad del aire kg/m³

μ = Viscosidad absoluta kg/m s

g= Gravedad m/s²

Se determina el coeficiente de expansión térmica mediante el uso de la siguiente ecuación CITATION Hol76 \l 12298 (Holman, 1976).

Se calcula la longitud característica, mediante el despeje de la siguiente ecuación CITATION Ush14 \l 12298 (Ushiña, 2014)

Donde:

LH: Longitud horizontal del horno [m]

LV: Longitud vertical del horno [m]

LL: Longitud lateral del horno [m]

Para los siguientes cálculos se emplean los valores de densidad, viscosidad dinámica y número de Prandtl del aire a 50°C, que es la temperatura en la superficie exterior del horno, obtenidos de la Tabla 3.

El cálculo del número de Rayleigh se lo realiza a través de la siguiente ecuación CITATION Hol76 \l 12298 (Holman, 1976).

Para obtener finalmente el número de Nusselt, se sigue el criterio que se muestra para la función de la ecuación CITATION Hol76 \l 12298 (Holman, 1976).

$$\text{Si } 104 < Gr \cdot Pr < 10^9 \quad Nu = 0.59(Gr \cdot Pr)^{1/4}$$
$$Nu = 0.59(31.0334 \times 106)^{1/4}$$

$$Nu = 44.0361$$

Se halla el coeficiente de transferencia de calor por convección, reemplazando los valores ya obtenidos en la ecuación anteriormente mencionada

Posterior a esto se obtiene el valor de la resistencia de calor por convección desarrollando la siguiente ecuación

Con el uso de la ecuación antes mencionada se obtendrá el valor total de la pérdida de calor en el sistema del horno.

El valor tan bajo de pérdida de calor se debe a la doble capa de ladrillo refractario que no permite que se genere una fuga a través de estos, también por el aislamiento generado por la alta calidad de la manta de fibra cerámica, todo esto es de gran beneficio ya que al tener menor pérdida el calor generado se conserva y como resultado la eficiencia aumenta.

5.3. RENDIMIENTO DEL HORNO.

5.3.1. Rendimiento Térmico.

En un sistema de calefacción viene determinado por la relación entre el calor suministrado a la carga y el correspondiente calor entregado por el sistema incluyendo las pérdidas.

El rendimiento térmico del horno se determina mediante la siguiente ecuación CITATION Kno65 \l 12298 (Knowlton, 1965)

Para poder realizar el cálculo se requiere que las unidades de cálculo sean compatibles, por lo tanto, al calor suministrado a la carga se lo divide para el tiempo que necesita el horno para alcanzar su temperatura máxima que es de una hora.

5.3.2. Rendimiento térmico neto de la operación

Es igual a la relación existente entre el peso de la carga máxima del material a tratar térmicamente expresado en (kg) y la respectiva cantidad de calor suministrada al sistema para una determinada elevación de temperatura en (kWh); se la encuentra mediante la siguiente ecuación CITATION Kno65 \l 12298 (Knowlton, 1965).

$N_{to} = \frac{\text{Peso de carga}}{\text{kWh}}$

$N_{to} = \frac{281.952 \text{ kg}}{144.417 \text{ kWh}}$

$N_{to} = 1.8523 \text{ kg/kWh}$

5.4. Cálculo de la potencia del Horno

Para determinar la potencia se realiza una relación entre el calor suministrado por el sistema y su rendimiento en un tiempo determinado, todo esto mediante la siguiente ecuación CITATION Ast94 \l 12298 (Astigarraga, 1994).

CONCLUSIONES.

Por medio de este proyecto Diseño, construcción e implementación de un horno eléctrico, controlado por un sistema PID brindamos a la comunidad estudiantil la oportunidad de adquirir conocimientos, solventar dudas y mejorar la instrucción práctica en la materia de Procesos Térmicos.

Mediante la implementación de un prototipo de horno para tratamientos térmicos se accederá a ejecutar prácticas técnicas bajo la normalización establecida.

Se aplicó un criterio técnico y científico para la correcta elección de los elementos electrónicos y materiales aislantes por medio del procesamiento de datos se obtuvieron los parámetros de transferencia de calor, la potencia generada y pérdidas de calor de todo el sistema.

Las resistencias de acuerdo a su nivel de conducción de calor permiten el ascenso de la temperatura de manera rápida y continua llegando a la temperatura deseada en razón de minutos dependiendo del tratamiento térmico que se vaya a realizar.

Los materiales aislantes que se ocuparon fueron los óptimos encontrándose en un factor de seguridad aceptable mediante los cálculos realizados.

El mortero refractario fabricado con arena de cuarzo proporciona gran resistencia al choque térmico debido a las temperaturas altas.

La posición de las resistencias eléctricas en las paredes laterales nos asegura un correcto calentamiento en la pieza a tratar térmicamente.

Se consideró aplicar un sistema hermético en la puerta del Horno el cual reduce la pérdida de calor al momento de abrir o cerrar el equipo.

RECOMENDACIONES.

Para un correcto uso y una larga vida útil del horno es recomendable que la manipulación de los parámetros de funcionamiento sea considerada por técnicos y/o personas capacitadas.

Se deberá realizar un mantenimiento predictivo de manera continua en el sistema eléctrico para evitar el daño de los elementos y conservar la eficacia del horno.

Se recomienda elaborar un manual de uso para el control de acuerdo a los parámetros establecidos en los catálogos del distribuidor.

Se recomienda el uso de materiales refractarios de calidad para asegurar que el calor transferido se mantenga en la cámara del horno.

Se recomienda almacenar un breaker de 100 A en el laboratorio de Tratamientos Térmicos para funcionamiento óptimo del Horno.

Se recomienda el uso de EPP a la comunidad estudiantil y cuerpo de docentes para la realización de prácticas de Tratamientos Térmicos en el área de Mecánica Industrial.

Bibliografía

BIBLIOGRAPHY
PRENÁC & ARTEJAS. (2021). Obtenido de https://prefabricados-nacionales-prefabricados.negocio.site/?utm_source=gmb&utm_medium=referral#testimonials
6803303GR03A01. (s.f.). TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONDUCCIÓN. Obtenido de <http://portal.uned.es/Publicaciones/htdocs/pdf.jsp?articulo=6803303GR03A01>
Aceros, T. T. (07 de 10 de 2012). slideshare. Obtenido de <https://www.slideshare.net/tecnova/dehierro/tratamientos-trmicos-14625928>
Apraiz, J. (2002). **Tratamientos térmicos de los aceros (10th ed)** Madrid, España: CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT 2000.
Apraiz, J. (2002). **Tratamientos térmicos de los aceros (10th ed)**. Madrid, España: CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT 2000.
Apraiz, J. (2002). **Tratamientos térmicos de los aceros (10th ed)**. Madrid, España: CIE Inversiones Editoriales Dossat 2000.
ARTEJAS, P. N. (2021). Prefabricados Nacionales PRENÁC & ARTEJAS. Obtenido de https://prefabricados-nacionales-prefabricados.negocio.site/?utm_source=gmb&utm_medium=referral
ASKELAND, D. R. (1998). **Ciencia e Ingeniería de los Materiales** vol. 3. E.E.U.U: Thomson Editores.
Astigarraga, J. (1994). Hornos industriales de resistencias: Teoría, cálculos y aplicaciones. Madrid-España: McGraw-Hill.
Bonamusa, J. (jul 5, 2017). **El ladrillo refractario-Materiales de Construcción, Noticias**. BigMat, 1.
Chapman, A. (1984). Transmisión de Calor. Madrid, España: 3rd .
Contrera, C. L. (2014). **Diseño de un Horno para tratamientos térmicos** Córdoba, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
Contreras, C. (2014). **Diseño de un Horno para Tratamientos Térmicos** Córdoba, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
De la Poza, J. (1994). **Hornos para tratamientos térmicos de los metales** Barcelona -España.
De la Poza, J. M. (1994). **Hornos para tratamientos térmicos de los**. Barcelona, España: Oikos-tau.
De la Poza, J. M. (1994). **Hornos para tratamientos térmicos de los metales** Barcelona, España: Oikos-tau.
Deepack, M. N. (2013). **"Modeling and Simulation of an Expert Heat Treatment System"**. India: presented at the Nirma University International Conference on ECURED. (s.f.). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Nitruraci%C3%B3n>

Electric, S. (2021). Obtenido de <https://www.se.com/id/en/product-range/63429-compact-nxsm/>
EMKO. (2021). **Controlador Universal de Proceso ESMxx EMKO**. Obtenido de DISAI: <https://www.disai.net/producto/controlador-universal-de-proceso-esmxx-emko/>
Gonzales, C. (2010). Hornos Industriales Mendoza. Argentina: Universidad Nacional del Cuyo.
H. V. Martínez, C. M. (05/12/2005). "Desarrollo de modelos matemáticos para la evolución de latemperatura en hornos eléctricos mediante balances de materia y energía". En Energética, vol. 34 (pág. 13).
Heath, M. T. (1997-2021). GmbH, Nabertherm. Obtenido de More Than Heath: <https://www.nabertherm.com/es/productos/industria/procesos-termicos>
Holman, J. (1976). Heat Transfer (4th ed.). **New York Estados Unidos de America** McGraw-Hill.
Homecenter., P. (2021). Cemento refractario. PROMART Homecenter.
Industrial., U. C. (02 de 11 de 2015). Slideshare. Obtenido de TRATAMIENTO TÉRMICO: REVENIDO: <https://es.slideshare.net/federicogonzalezmarino/tratamiento-trmico-revenido>
Ingenierías, D. (25 de 07 de 2019). Tipos de tratamientos térmicos. Obtenido de <https://deingenierias.com/el-acero/clasificacion-tratamientos-termicos/>
J.Ghajar, Y. A. (2011). Transferencia de Calor y Masa. México D.F.: McGraw Hill.
Kanthal. (2021). Teii Mx. Obtenido de Ingeniería Mecánica: <https://teii.mx/alambre-kanthal/>
Knowlton, A. (1965). Manual Standard del Ingeniero Electricista. México D.F: México: Labor S.A.
Medina, J. (2020). Ladrillo Refractario. J.J Medina.
MOLANO, N. L. (2015). **TESIS MODELADO Y DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE CONTROL AVANZADO PARA**. CALI: **UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**.
Molera. (s.f.). 1991.
Molera. (1991).
Nabertherm. (s.f.). Hornos de Laboratorio- Catálogo. https://www.nabertherm.com/sites/default/files/2021-06/laboratory_spanish_2.pdf.
Neaca, M. I. (2011). "The Modeling of the Heating Resistors in Transient Regime". En A. M. Neaca.
Neetescuela. (s.f.). Recocido de metales. Obtenido de <https://neetescuela.org/recocido-de-metales/>
Philips, N. (03 de Noviembre de 2020). **Application of Auto-Tuner Fuzzy PID Controller on** ELEKTRIKA, págs. 61-65.
PROPIA. (2021).
Serope Kalpakjian, S. R. (2002). **Manufactura, ingeniería y tecnología, 4ta Edición**. México.
SIEMENS. (2021). Autycom. Obtenido de Innovación Inteligente: <https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-contactor-siemens/>
térmicos., M. y. (s.f.). 8_ Tratamientos_con_enfriamiento_lento_v2.pdf. Obtenido de https://www.frrro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/8_ Tratamientos_con_enfriamiento_lento_v2.pdf
Urquiza, J. A. (1994). Hornos industriales de resistencias vol. 7. Madrid.
Ushiña, L. V. (2014). **Diseño, rehabilitación y puesta en marcha del sistemade calentamiento del horno para tratamientos térmicos hasta 1000°C marca Sybron modelo Termolyne 1500** perteneciente al laboratorio de ciencia de materiales del DECEM Tesis de grado no publicada.Univ .
V.-H. Guarochico, M.-S. M. (2012). "Identificación y diseño del controlador para un sistema regulador de temperatura dentro de un hornindustrialde resistencias".
Guayaquil: **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación** Escuela Superior Politécnica del.

ANEXO A

Especificaciones técnicas.

Estructura del Horno.

Panel de control.

41338501647825

El equipo permitirá a los operarios realizar distintos tratamientos térmicosya que generará temperaturas alrededor de 900C y 1250C.00

El equipo permitirá a los operarios realizar distintos tratamientos térmicosya que generará temperaturas alrededor de 900C y 1250C.

-128270243205

Horno Eléctrico contralado por una variable PID para la realización deTratamientos Térmicos.

160591522415500

52387510668000

Protocolo de Seguridad.

El horno debe ser instalado en una zona nivelada con un espacio de 40 cm alrededor del hornopara la circulación del aire.

Antes de su utilización compruebe que el flujo de electricidadsea de 220V.

Para la alimentación de energía se utilizará untomacorriente bifásico.

El horno está programado para generar temperaturas de 900 C a 1200C, bajo ninguna circunstancia modificar la programación del Controlador PID, ya que se anularía los parámetros sistematizados del horno.

El horno está diseñado para calentar exclusivamente aceros.

El horno está diseñado únicamente para la realización de tratamientos térmicos en metales y no metales, por ende se considera indebido utilizarlo con otros fines y por consiguiente peligroso.

Se recomienda no dejar elementos en contacto con las resistencias dentrodel horno.

Los exteriores del horno y la superficie de la puertase tornarán calientes durante el proceso de calentamiento del equipo.

Evite el contacto con las superficies calientes, utilice los elementosde control para el manejo del equipo

Utilice guantes, pinzas y el equipo de seguridadadecuado para colocar o retirar objetos del horno.

En caso de riesgos o un funcionamiento incorrecto del equipo accione el paro de emergencia, apáguelo y retire la alimentación eléctrica del horno.

Después de la utilización del Horno desconectar el cable de alimentación.

No manipular la caja de control mientras no se tenga un conocimiento adecuado de su funcionamiento y sus partes.

Revisión periódica del cable de alimentación, selectores y demás elementos eléctricos para mayor durabilidad.

No limpiar los sistemas electrónicos con disolventes a base de hidrocarburos ya que podrían reducir la fiabilidad mecánica de los dispositivos

Uso obligatorio de guantes, delantales térmicos, gafas y visores que resistan temperaturas altas.

Preámbulo.

El horno eléctrico permitirá calentar elementos hasta una temperatura de 1200°C, permitiendo realizar cualquier tipo de tratamiento térmico y fundir materiales no ferrosos. Este proceso es automatizado mediante un Controlador PID que permite establecer el tiempo de calentamiento y alcanzar una variable +/- 20°C a 18 °C. Este manual contiene la información acerca de los componentes del horno y su correcto funcionamiento para la prevención de posibles fallas por parte del usuario.

Componentes del Horno Eléctrico.

Figura SEQ Figura * ARABIC 35 Estructura del Horno Eléctrico.

Fuente: CITATION PRO211 \ 12298 (PROPIA, 2021).

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 5 Componentes del Horno Eléctrico.

COMPONENTES DEL EQUIPO

Nº

Nombre del Componente

Descripción

Dimensiones

1

Caja Metálica.

Protege los elementos refractarios: ladrillos, fibra de cerámica, pared cemento refractario y resistencias

-Tubo cuadrado de e=4 mm.

-Plancha metálica A36, e=3mm.

-Cámara de L700xh700x300 mm

2

Resistencias Eléctricas.

Son las que generan el calor en el Horno

Resistencias espirales de ø=3mm, p=5, = 1

3

Ladrillo Refractario.

Almacenan el calor al interior de la cámara

Dimensiones: Largo:200mm. Ancho:110mm. e:65mm. Temperatura: 900°C a 1300°C.

4

Seguro de la Puerta.

Permite que la puerta no se abra duranteel proceso.

Seguro de Retorno con resorte, regresa a la posición original al manipular.

5

7941529464000Caja de Control.

Permite monitorear y controlar los procesos

Ancho: 400mm.

Alto: 500mm.

Profundidad: 20mm.

6

Puerta del Horno.

Imposibilita la salida del calor hacia el exterior

Puerta abatible, derecha-izquierda con pivot en el centro

7

Sensor de Temperatura.

Censa la temperatura interna del horno.

Termocupla Tipo K de 950 °C a 1300°C

8

Cemento Refractario.

Resistente al cambio alterno de temperaturas.

Bolsas 45kg.

T= 1300°C.

Juntas recomendadas de 10 mm.

9

Fibra de Cerámica.

Aislamientos térmicos.

Medidas: 1”- 2” x L= 50 pies, e=1”, h= 24”.

T=1200°C a 1400°C

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Accesorios del Panel de Control.

Figura SEQ Figura * ARABIC 36 Panel de Control.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 6 Descripción del Panel de Control.

Descripción del Panel de Control.

Nombre del Componente

Descripción

Especificaciones

1

Controlador PID

Regula Velocidad y Temperatura.

Marca: EMKA, ESM-9944-N.

2

Paro de Emergencia

Apaga el equipo por sí se presenta un riesgo o fallo

Ø: 22 mm

3

Llave de control

Abre y cierra el sistema eléctrico

Posiciones 2.

4

Indicador luminoso

Indica si el equipo está operando.

Tensión: 230V AC/ 50/60 HZ.

5

Contactor

Abren y cierran el sistema.

AC 21w, ACC 5.2w, 8kv- P=115 A.

6

Breaker

Corta el paso de la corriente

35A

7

Relés

Absorbe sobretensiones.

OMRON Sólido

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

ANEXO B

Parámetros y Operación del Horno

41148001523999

El mecánico inteligente, comprometido con su trabajo, interesado en hacerlo bien y que encuentra satisfacción en su labor manual, tratando con afecto genuino sus materiales y herramientas, está comprometido artísticamente.
(John Dewey)
00

El mecánico inteligente, comprometido con su trabajo, interesado en hacerlo bien y que encuentra satisfacción en su labor manual, tratando con afecto genuino sus materiales y herramientas, está comprometido artísticamente.
(John Dewey)

29146586360

Parámetros y Operación del Horno Eléctrico.00
Parámetros y Operación del Horno Eléctrico.

164286619494500

Especificaciones técnicas del Horno.

Tabla SEQ Tabla * ARABIC 7 Especificaciones técnicas del horno eléctrico.

Descripciones Técnicas del Horno Eléctrico.

Parámetros

Características

Dimensiones

800x700x700 mm

Potencia

145 kw

Alimentación

220 V

Amperaje

100 A

Temperatura máxima

1200°C

Capacidad

250x250x250 mm

Temperatura Constante

10min

Peso

650Kg

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Operación del Equipo.

Al operar maquinarias o equipos industriales, deben tomarse precauciones básicas de seguridad para evitar riesgos de incendio, choques eléctricos y evitar accidentes del operario o daños a los elementos mecánicos, por ende, las siguientes indicaciones son para el uso adecuado del horno eléctrico y asegurar la rentabilidad del mismo.

ACTIVIDAD
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
MEDIOS DE VERIFICACIÓN
RESULTADOS ALCANZADOS

Alimentación de energía.

Revisar el cable de alimentación

Conectarlo en la toma de energía 220V- Bifásico

Alimentar de energía eléctrica todos los circuitos eléctricos del horno

Alimentación del sistema de control

Mover la palanca del disyuntor (breaker) posición OFF a posición ON

393700165735

Al activar el disyuntor se alimenta todo el circuito de control

Puesta en marcha del horno

Girar la llave del tablero central en un solo movimiento horario.

527050102235

Al girar la llave energizamos en controlador de temperatura y el resto de elementos electrónicos

Acceda, cambie y registre los valores de los parámetros

-Para aumentar los parámetros de temperatura, gire el potenciómetro del codificador en sentido horario.

-Presione el botón del codificador para disminuir la temperatura gire potenciómetro del codificador en sentido antihorario.

9779010433050016510012117400

-Se determina los rangos de temperatura a la que se quiere efectuar el proceso

-Se determina el tiempo que va durar el horno encendido durante el proceso.

Inicio / Play

Luego de haber elegido los parámetros de tiempo y temperatura se oprime el botón de inicio ubicado en la parte inferior derecha del controlador

2768601066800

Se da inicio al proceso de calentamiento del horno.

Tiempo de permanencia

Cuando el proceso cumpla con el tiempo determinado la alarma y la luz roja se activarán.

36095366675

En esta etapa obtendremos el tratamiento térmico deseado

Apagado del sistema de control.

Girar la llave en sentido antihorario, el cual apagará el sistema de control.

8953585725

Corta el paso de la energía hacia el controlador apaga el sistema de calentamiento.

Posibles fallas en la operación del Horno

Accionar el botón de emergencia.

4123448042900

Corta la energía de todo el sistema de control.

Equipo de protección personal

Usar guantes, delantal térmico, gafas visores que soporten altas temperaturas

16592412647000

Seguridad para el operario

Primero yo, segundo yo, tercero yo cuidémonos

Desconexión

Desconectar el cable de alimentación.

489585184150

Horno totalmente desconectado

Mantenimiento

Revisión periódica de cable de alimentación selectores y demás elementos eléctricos

4869106641800

Mayor durabilidad de los elementos eléctricos y electrónicos

7683520955000

Para prevenir posibles afecciones al medioambiente o a la salud humana por eliminación no controlada, recicle este producto responsablemente para promover una reutilización sustentable de los materiales.

200025266700

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

FALLAS FRECUENTES DEL HORNO.

Posteriormente, proporcionaremos una lista de las fallas más frecuentes en esta clase de Hornos Eléctricos calentado por resistencias

Desconfiguración del Controlador PID.

Desgaste de resistencias eléctricas.

Lectura errónea de termocupla.

Pérdida de voltaje en el mecanismo

ANEXO C

Planos del Horno Eléctrico

51879515748000

ANEXO D

Esquema de Control

ANEXO E

Ensayo I, Informe del

Figura SEQ Figura * ARABIC 37 Informe del Ensayo de Temple.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Figura SEQ Figura * ARABIC 38 Ensayo Temple- Procedimiento.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Figura SEQ Figura * ARABIC 39 Cálculo y curva de enfriamiento.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Figura SEQ Figura * ARABIC 40 Tablas de Bohler W320.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

Figura SEQ Figura * ARABIC 41 Tablas de Bohler W320.

Fuente: CITATION PRO211 \I 12298 (PROPIA, 2021).

ANEXO F

Características técnicas del Controlador PID.

253365-3429000

ANEXO G

Características técnicas del Contactor.

ANEXO H

Características técnicas del Relé.

0-635

25400-6985

Página PAGE1 de NUMPAGES117

1695450-95885

Página PAGE32 de NUMPAGES117

35242537465

Página PAGE32 de NUMPAGES117

0-635

Página PAGE32 de NUMPAGES117

A-2

Aviso:
⚠ Se recomienda no usar porcentajes para medición de plagio, los valores indicados son sólo datos estadísticos. Sólo una revisión manual puede afirmar plagio. Haga clic [aquí](#) para obtener más información.

Estadísticas:
Expresiones analizadas: 1143
Búsquedas en Internet: 1366
Búsquedas en la computadora: 0
Descargas de página: 101
Descargas de página fallidas: 1440
Comparaciones directas con sitios web: 101
Total de direcciones encontradas: 1825
Número promedio de palabras por búsqueda: 8,88

Legenda:
▲ Dirección validado, confirmó la existencia del texto en la dirección marcada.
■ Sin analizar la expresión
■ Expresión sin sospecha de plagio
■ Pocas ocurrencias en Internet
■ Varias ocurrencias en Internet
■ Muchas ocurrencias en Internet

Configuración de análisis:
Límite mínimo y máximo de palabras por frase buscada: 8 a 13
Nivel de análisis (cuántas veces se ha analizado el documento): 1

