



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“Implementación de Horno de unión de la punta doble en un catéter  
de empresa de dispositivos médicos”.**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL  
GRADO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA.**

**ELABORADO POR**

**Jenny Jahoska Lovo Medrano**

**Profesor Tutor: Gilbert Mora Jiménez**

**San José. Mayo 2021**

## Contenido

<i>Dedicatoria</i>	7
<i>Agradecimientos</i>	8
Resumen Ejecutivo	9
Capítulo I	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
Planteamiento del Problema	13
Objetivos	13
Objetivo General:	13
Objetivos específicos:	13
Justificación:	15
Antecedentes:	16
Alcance	23
Limitaciones:	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
Definición de horno	25
Tipos de hornos	25
Horno eléctrico.	25
Plásticos	26
Propiedades del plástico.	28
Fundición de plástico.	29
Soldadura por inducción	29
Soldadura por resistencia	31

	3
Propiedades del PTFE (politetrafluoroetileno)	32
El ensayo de tracción	34
Coeficiente de Poisson	35
Límite de proporcionalidad	35
Límite de fluencia o límite elástico aparente	35
Límite elástico	35
Carga de rotura o resistencia a tracción	35
Alargamiento de rotura	35
Estricción	35
Fluencia o cedencia	36
Deformaciones plásticas	36
Deformaciones elásticas	36
Proceso de termoformado	37
Termoconformado al vacío	38
Desviación estándar	39
Usos de la desviación estándar.	39
Resultado estándar	40
Retorno de la inversión	40
Cómo calcular el Retorno de la inversión	40
Costos de materiales	40
Costos de mano de obra	41
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.</b>	<b>42</b>
Método de la investigación	43
Enfoque de la investigación	43
Tipo de investigación	43

	4
Tipo de muestra	43
Fuentes de información.	43
Unidades de análisis	44
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>46</b>
Descripción de la empresa	47
Desarrollo	48
Explicación del proceso	48
Proceso de caracterización de temperatura	50
Horno por implementar	54
Escogencia del sistema	57
Prueba de integridad	62
Prueba de tensión	64
Inspección visual	65
Proyección financiera	67
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>69</b>
Conclusiones	70
Recomendaciones	71
<b>REFERENCIAS</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>74</b>
Anexo 1. Especificación material plástico	74
Anexo 2. Termocupla seleccionada	75
Anexo 3. Control Modulante seleccionado	76

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1: Variables del proceso a tratar</b>	44
<b>Tabla 2: Resultado inspecciones visuales del muestreo</b>	51
<b>Tabla 3: Resultado pruebas de tensión del muestreo</b>	52
<b>Tabla 4: Detalles de la termocupla.</b>	57
<b>Tabla 5: Detalles del relé de estado sólido.</b>	61
<b>Tabla 6: Detalle rechazos según código por unidades.</b>	67
<b>Tabla 7: Detalle eficiencias últimos 5 meses.</b>	67
<b>Tabla 8: Detalle de rechazo según código, últimos 5 meses.</b>	68
<b>Tabla 9: Detalle disminución de rechazo según código.</b>	68

## Índice de Figuras

<b>Figura 1 Tipos de ensayos</b>	16
<b>Figura 2 Ilustración esquemática de un cuerpo ensayado a sollicitación uniaxial</b>	34
<b>Figura 3. Ubicación satelital Zona franca Coyol.</b>	47
<b>Figura 4 Unidad con componentes internos (trenzado, anillo plástico, plástico PTFE, anillo metálico y anillo de titanio)</b>	48
<b>Figura 5 Unidad material externo (componentes plásticos)</b>	49
<b>Figura 6 PLC</b>	55
<b>Figura 7 Horno doble</b>	56
<b>Figura 8 Termocupla seleccionada.</b>	58
<b>Figura 9 Control seleccionado.</b>	60
<b>Figura 10 Relé estado sólido seleccionado.</b>	61
<b>Figura 11 Resistencia seleccionada.</b>	62
<b>Figura 12 Unidad utilizada para prueba de integridad.</b>	63
<b>Figura 13 Unidad utilizada prueba de tensión.</b>	64
<b>Figuras 14 Unidades con burbujas.</b>	65
<b>Figuras 15 Unidades con alambrado expuesto.</b>	66

## ***Dedicatoria***

*El presente trabajo va dedicado a mis padres, Catalina y Santos por entender mi falta de tiempo para muchas actividades familiares, por estar siempre para mí como apoyo incondicional en cualquier momento que lo necesitara, por correr conmigo con cosas de la universidad y personales. Por brindarme siempre ese amor, comprensión, bondad y refugio en los momentos que más lo necesitaba.*

*También a mis hermanas Jessica, Gabriela y Ashly las cuales siempre estuvieron para mí en todo este proceso, por ese orgullo que expresan siempre acerca de mí, por impulsarme y no dejarme rendir en ningún momento, por estar siempre como ese soporte detrás de mí.*

*A mi familia en general por todas esas muestras de amor hacia mi persona.*

## ***Agradecimientos***

*Doy gracias infinitas primero a Dios por darme las fuerzas para continuar siempre las metas planteadas y poder alcanzarlas. También quiero extender mi agradecimiento a mi tutor en esta tesis al Ingeniero Gilbert Mora Jiménez quien me ha brindado su tiempo, comprensión y guía durante todo este proceso y siempre me enseñó el mejor camino para lograrlo.*

*También le agradezco a mi familia por todo el apoyo recibido durante estos 5 largos años, en los cuales nunca me abandonaron y estuvieron siempre ahí para mí.*

*Un agradecimiento muy especial a la empresa en la que laboro por permitirme realizar este proyecto en nuestras instalaciones y asignarme unos tutores internos, a los cuales también les ofrezco un sincero agradecimiento por evaluar mi trabajo realizado.*

*Y para finalizar, gracias a la Universidad Internacional de las Américas y profesores por darme las bases en mi futuro profesional, enseñarme el conocimiento adquirido en la institución y formar parte de mi carácter como ingeniera.*

## Resumen Ejecutivo

En una empresa de dispositivos médicos ubicada en el Coyol de Alajuela nace la necesidad de aumentar las unidades producidas en el mismo tiempo; debido a esto nace una investigación para identificar los posibles procesos o estaciones que impiden o dificultan esta labor.

Se identifica una estación en la cual se utiliza un Horno donde se puede procesar solo una unidad durante 90 segundos, por ende, no se puede avanzar más rápido que la capacidad de dicho Horno. Con base a esto se decide diseñar un horno donde en el mismo tiempo se procesen el doble de unidades.

Al implementar este Horno doble se soluciona una problemática en la línea de producción, ya que al aumentar la cantidad de unidades producidas al doble utilizando el mismo personal o inclusive menos se elimina el cuello de botella el cual es esta operación en específico. El Horno doble de unión de la punta se utiliza para unir los componentes de los catéteres elaborados en una empresa médica.

La máquina utiliza troqueles calentados para cerrar alrededor de una pieza y calentar durante un tiempo determinado a una temperatura específica. La máquina está equipada con un tope duro o rígido para la colocación del producto dentro de la máquina, además el tiempo y la temperatura son controlados por la máquina sin la influencia del operador.

El Horno está equipado con bloques de acero inoxidable que se calientan mediante resistencias de 150 Watts insertados en cada matriz. Las resistencias son controladas por controladores de temperatura con una retroalimentación de termopar de tipo J.

Las matrices o bloques se accionan mediante aire para cerrarse durante un tiempo determinado controlado por un controlador lógico programable contenido en la caja de control. Cuando se completa el ciclo, los bloques se retraen y la pieza puede ser retirada de la máquina.

Todos los elementos calentados y móviles de la máquina están cubiertos por una protección para proteger a la máquina y al personal que opera el equipo de cualquier riesgo de atrapamiento o de quemaduras durante el uso del equipo.

La máquina también está equipada con dos medidas de seguridad para el manejo manual; la máquina tiene dos sensores de arranque que deben ser accionados al mismo tiempo para permitir que el equipo inicie el ciclo de funcionamiento y procese los catéteres.

Para lograr esto se necesita realizar un proceso de validaciones los cuales necesitan ser desarrollados, verificados y aprobados por todo el equipo de Ingeniería y Calidad. Además de esto se necesita realizar un proceso de caracterización de temperaturas para realizar la validación en la temperatura óptima para que las unidades no presenten defectos funcionales ni visuales.

Con base a esto se debe de realizar como parte de la implementación una serie de inspecciones visuales, pruebas destructivas de integridad y pruebas destructivas de tensión. Las pruebas de tensión consisten en abrir la unidad en dos secciones para corroborar la correcta adhesión de los componentes plásticos y metálicos, las pruebas de tensión verifican la correcta unión entre la punta y el resto del catéter sometiendo estas uniones a una fuerza empleada hasta lograr el rompimiento en una máquina especializada con recetas específicas para el proceso.

## Capítulo I

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La presente investigación corresponde a un sistema de fundición de plásticos con metales, a partir de un Horno eléctrico, en el que se evaluarán las diferentes temperaturas para determinar la más ideal para el proceso de producción definido.

Este proyecto se realiza para complementar las necesidades de una empresa de industria médica ubicada en el Coyol de Alajuela para tener un mejor acabado en las unidades producidas y que no les genere ningún defecto que signifique el rechazo del material producido; asimismo, aumentar la producción por hora del personal calificado que opera las máquinas.

Por otra parte, al aumentar la producción por hora de la estación a la cual se le está aplicando la implementación de este Horno ayudará a las estaciones siguientes a tener el material de una manera más fluida agilizando así la salida de producto hacia los otros sectores de la línea de producción.

En este proyecto se abarca también un análisis de unidades de prueba para definir un rango óptimo para que las piezas procesadas cumplan con los estándares necesarios por la industria en la cual se desarrolla y que se pueda variar según sea necesario.

Este análisis de rangos es necesario, ya que, al estar trabajando con plásticos, dependiendo de varios factores como almacenamiento, tiempo de secado, tiempo de almacenaje y otros aspectos más, puede variar la característica del plástico a fundir y afectar si se le aplica más o menos temperatura dependiendo de cada caso en específico.

Por lo tanto, se debe de realizar un muestreo variando las temperaturas y el material para así cubrir futuras necesidades que se tengan a partir de las condiciones que tenga el plástico a utilizar y permitir que el departamento de producción o ingeniería pueden tener esa oportunidad de ajustar la temperatura en caso de que lo consideren necesario.

## **Planteamiento del Problema**

¿Cómo aumentar la cantidad de producción mediante un rediseño de un Horno y optimización de las variables para eliminar el cuello de botella de la estación y asegurar que las unidades fabricadas sean aceptables y no presenten ningún defecto funcional o estético en una empresa médica ubicada en el Coyol, Alajuela?

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

Lograr aumentar la cantidad de producción mediante un rediseño de un Horno y optimización de las variables para eliminar el cuello de botella de la estación y asegurar que las unidades fabricadas sean aceptables y no presenten ningún defecto funcional o estético en una empresa médica ubicada en el Coyol, Alajuela.

### **Objetivos específicos:**

1. Establecer las variables a controlar que afectan el proceso de unión de los componentes mediante un proceso de termoformado; a través de un análisis de proceso para garantizar un correcto acabado en el producto.
2. Aumentar la producción de unidades mediante un rediseño del horno existente utilizado en la línea de producción para eliminar el cuello de botella en la misma.
3. Validar el funcionamiento del equipo mediante la comprobación de los resultados obtenidos en un análisis de pruebas destructivas con el fin de garantizar que las unidades tengan un correcto reflujo de material.
4. Realizar una evaluación de la mejora en el aumento de producción y disminución de unidades de rechazo con base en los datos obtenidos campo para comprobar las mejoras obtenidas con la implementación de los cambios realizados.

5. Hacer una proyección financiera de los ahorros obtenidos mediante el costeo de la disminución del tiempo y unidades de rechazo para evaluar el retorno de inversión.

## **Justificación:**

En una empresa de industria médica, ubicada en Alajuela, se dedica a la producción de dispositivos médicos, el producto especifica la necesidad de implementar un equipo para solventar varias necesidades por resolver.

Por tanto, este proyecto pretende resolver las situaciones que posee este producto a raíz del equipo, el cual es un Horno de unión. Al Horno se le va a realizar un reporte de calificación e instalación, el cual es para corroborar su correcta funcionalidad a partir del diseño previamente aprobado, se realizarán unidades de muestras antes de su validación para comprobar que el Horno hace el proceso de refluído.

Por último, un proceso de caracterización con unidades a diferentes temperaturas para conocer la más ideal para evitar posibles defectos en las unidades, que las puedan convertir de unidades buenas a unidades rechazadas.

La línea de producción posee 4 Hornos sencillos, de estos hay uno en particular que genera defectos de alambrado expuesto o daños en las puntas por exceso de refluído. Estos hornos procesan una unidad a la vez durante 90 segundos, por ende, no hay posibilidad de realizar más unidades, ya que los hornos están configurados a durar siempre este tiempo establecido. Por dicha situación esta operación es el cuello de botella más importante que posee la línea en estos momentos.

La idea es estandarizar a todos los hornos a la misma temperatura con la instalación de los nuevos hornos de unión de la punta doble, de esta manera aparte de resolver el problema de rechazos también se elimina el cuello de botella que significa esta operación en específico aumentando así las unidades producidas al día o bien reduciendo el personal asignado a esta área.

## Antecedentes:

Tesis internacional #1

INSTITUCIÓN: Universidad Nacional de Loja, Ecuador

TÍTULO: Diseño e implementación de un sistema de fundición y moldeo, para la elaboración de accesorios de plástico reciclable con fines didácticos para el

AEIRNNR - UNL”.

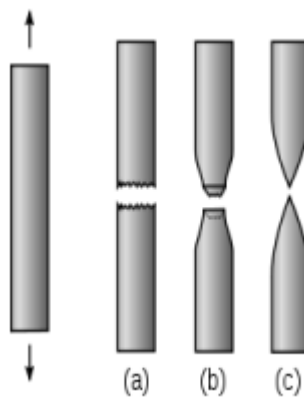
AUTOR: Freddy Germán Armijos Mora

FECHA: 2013.

Tipos de ensayos aplicados a los materiales.

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material. Los ensayos en materiales pueden ser de dos tipos, Ensayos destructivos o Ensayos no destructivos, estos últimos muy importantes en los controles de calidad. Ensayos Destructivos típicos son el ensayo a tracción mostrado en la figura #2, del que se obtiene la curva de comportamiento del material al esfuerzo aplicado, como el de flexión, el de compresión, y torsión, para caracterizar mecánicamente el sólido.

**Figura 1 Tipos de ensayos**



Ensayo de tracción aplicado a una barra cilíndrica de metal. Los ensayos destructivos se realizan a las barras obtenidas para observar la variación de las características mecánicas más importantes que se tomarán en cuenta para la utilización de las barras en las prácticas estudiantiles.

Tesis internacional #2

INSTITUCIÓN: Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador

TÍTULO: “Implementación de un horno eléctrico controlado por touch panel para tratamientos térmicos”.

AUTOR: Cáceres Ortiz Tannia Elizabeth

Enríquez Velásquez Jenny Patricia

FECHA: 2016.

Análisis y selección de materiales. Los materiales considerados para ser utilizados en el proceso de construcción del horno mufla, debe cumplir con las características necesarias para trabajar en altas temperaturas, por ejemplo, presentar elevada resistencia a choques térmicos, resistencia mecánica y evitar la corrosión. Se escogió la lana de vidrio, disponible en el mercado nacional, con las siguientes características:

- Temperatura máxima de trabajo a 1260 °C
- Resistencia a la humedad alta.
- No se inflama y es además un excelente aislante térmico.
- Su composición debe ser de silicio.
- Se comporta bien tanto en atmósferas reductoras como oxidantes. Si resultara mojada por aceites, agua o vapor, sus propiedades térmicas y físicas se restablecen en su totalidad al secarse.
- Resistente a la corrosión, a los ácidos y a los aceites.
- El punto de fusión es a los 1760° C, el color es blanco.

10.2.1. Linealización para seleccionar la termocupla.

La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje.

Tesis internacional #3

INSTITUCIÓN: Universidad Complutense de Madrid, Madrid

TÍTULO: Diseño, síntesis y estudio de polímeros conjugados funcionalizados.

AUTOR: Raúl Blanco Bazaco

FECHA: 2010

Los polímeros orgánicos, que siempre habían sido considerados como aislantes de la electricidad, surgieron como unos materiales con propiedades muy interesantes debido a que combinaban las características de los plásticos convencionales (bajo coste de producción, flexibilidad, procesabilidad.) con la capacidad de los semiconductores para conducir la electricidad. Desde entonces han surgido numerosos ejemplos de polímeros conjugados semiconductores entre los que se pueden destacar, por haber sido objeto de un elevado número de estudios, los basados en la estructura de politiofeno (PT), polipirrol (PPy), poli(p- fenileno) (PPP), poli(w-fenilenvinileno) (PPV) y poli(p-fenilenetileno) (PPE).

Tesis internacional #4

INSTITUCIÓN: Universidad Central de Venezuela

TÍTULO: Diseño e implementación de un sistema automático de control de temperatura para la aceleración de reacciones químicas, mediante el uso de un horno de microondas comercial

AUTOR: Berekyakaleb Nereida Errico Lebrun

FECHA: 2018

Este sistema se encarga de procesar las señales digitales (señales analógicas convertidas a través de un conversor analógico – digital) sin cambiar el tipo de señal. En el proceso de digitalización de datos se genera un número de entradas de números binarios y un número de salida sin números binarios, estos se manipulan, almacenan, recuperan y transporta, ver figura 41.

Existen varios tipos de sistemas digitales como son:

Sistema discreto. Sistemas de mayor integración en escalas SSI, MSI, VLI o VLSI.

Sistema integrado programable a nivel de memorias EPROM o EEPROM. Dispositivos programables "inteligentes" como son: microprocesadores, microcontroladores, dispositivos lógicos programables, arreglos lógicos programables, controladores lógicos programables o computadores. El tipo de números que manipula este tipo de sistemas representados en binarios (números que vienen expresados con los dígitos '0' y '1') recibe el nombre de BIT. La entrada E0 corresponde al dígito de menor peso  $2^0=1$ , la entrada E1 correspondería a  $2^1=2$  y así sucesivamente hasta la entrada en que es la de mayor peso. Lo mismo se aplica a la salida

Tesis internacional #5

INSTITUCIÓN: Universidad Privada del Norte, Trujillo Perú

TÍTULO: Propuesta de mejora en el proceso productivo de la línea de confección de polos para incrementar la productividad de la empresa CONFECCIONES SOL”

AUTOR: Checa Loayza, Pool Jonathan

FECHA: 2014

BALANCE DE OPERACIONES: El balanceo es aquel en el cual cada una de las operaciones de la sección tiene suficientes operarios con capacidad para producir el mismo número de unidades por bi-horario.

El número de unidades a producir está dado por el gerente de producción, quien define la cantidad a realizar durante el día de acuerdo a las necesidades y a la capacidad existente.

Las condiciones necesarias para mantener un buen nivel de balanceo en la planta son:

- Determinando el número de operarias por operación necesarias para mantener la producción balanceada. Esta labor se puede realizar al analizar el tiempo cada una de las operaciones y al asignar los operarios necesarios para cumplir con el tiempo de cada una de ellas.
- Determinar el nivel apropiado de inventarios para evitar que se acumule demasiado material de trabajo en el módulo, pero a la vez proveer al operario de suficiente trabajo.

Si siempre se controlan estas dos condiciones, se facilita el tomar decisiones en cada bi horario, sin causar trastornos a la producción.

En un sistema de producción modular el inventario antes de una operación debe ser mínimo, como máximo debe permitirse una acumulación de siete unidades y cómo mínimo debe tenerse una unidad de inventario.

Tesis nacional #1

INSTITUCIÓN: Universidad de Costa Rica

TÍTULO: Diseño de un horno multifuncional para la generación de ensayos y resistencia al fuego, destinado a la caracterización estructural y microestructural de los materiales.

AUTOR: Vásquez Vásquez Jonathan

FECHA: 2018

De esta tesis titulada Diseño de un horno multifuncional para la generación de ensayos y resistencia al fuego, destinado a la caracterización estructural y microestructural de los materiales, se va a tomar en cuenta los criterios utilizados para el dimensionamiento de los hornos, tales como los elementos de construcción de diversos tamaños, capacidad nominal de sellamiento, aislamiento térmico, resistencia mecánica a la compresión, tensión o flexión.

Tesis nacional #2

INSTITUCIÓN: Universidad de Costa Rica

TÍTULO: Rediseño de procesos para fortalecer el sistema de gestión de calidad en la empresa Tico Electronics.

AUTOR: José Enrique Arias Arias

Federico Castro Mora

FECHA: 2013

Este trabajo de investigación nombrada Rediseño de procesos para fortalecer el sistema de gestión de calidad en la empresa Tico Electronics se basa en explicación de herramientas para analizar los procesos de producción y de criterios de medición y monitoreo. Determinando si las líneas de producción tienen la capacidad de cumplir con las especificaciones y exigencias del sector.

Tesis nacional #3

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

TÍTULO: Manual de procedimientos para tratamientos térmicos de la empresa industrias varias nacionales (INVANAL).

AUTOR: Yury Rodolfo Tome Marincovich

FECHA: 2006

Para controlar la temperatura de la cámara de calentamiento, se utiliza un pirómetro. El termopar de éste, está situado dentro de la mufla o crisol. En los Hornos de cámara es fijo y se halla ubicado en la parte posterior o superior de la mufla, en un alojamiento especial; cuando el Horno es de gran longitud, puede tener más de un termopar. En los Hornos de baño, el termopar se coloca dentro del crisol, apoyándolo en un dispositivo de sujeción. Los pirómetros termoeléctricos son aparatos que se usan para medir y controlar las temperaturas generalmente comprendidas entre 100 y 1200 °C. Se utilizan en todo tipo de hornos, así como en los hornos para tratamientos térmicos, en calderas y otros dispositivos intercambiadores de calor industrial.

Constitución de los sistemas de control de temperaturas. Los sistemas de control de temperaturas se componen de los siguientes elementos:

- . El termopar.
- . El tubo de protección o termocupla.
- . Hilos de compensación.
- . Aparato indicador o pirómetro.

## **Alcance**

Con ayuda de pruebas destructivas para verificar su correcta unión entre los componentes, se va a configurar la temperatura ideal para que las unidades salientes de los hornos sean aceptables y no tengan defectos visuales. Establecimiento de parámetros variables y parámetros de control mediante el rediseño, dimensionamiento, selección e implementación del Horno. También se realizara un evaluación financiera del proyecto realizado.

## **Limitaciones:**

Las principales limitaciones de este proyecto son:

- La falta de información relacionada al tema, debido a ser un proyecto específico para un proceso único.
- El diseño y material utilizado para la fabricación del Horno es muy específico debido a que debe de adaptarse a lo permitido en cuartos de ambientes controlados.
- Al ser una empresa médica sumamente estructurada, las pruebas requieren un proceso de aprobación extenso, por lo que se tienen cantidades limitadas de unidades para realizar la caracterización de temperatura.
- Poco tiempo disponible en la línea de producción para ejecutar las pruebas de temperatura debido a la criticidad de la duración por unidad y retrasos en el proceso de los lotes.
- Falta de personal entrenado y certificado en la operación en la cual se realiza este proyecto.
- Debido a un tema de confidencialidad, los datos necesarios para la elaboración del trabajo requieren de más tiempo debido a la espera de la solicitud.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

## **Definición de Horno**

Es un dispositivo que genera calor y que lo mantiene dentro de un compartimiento cerrado. Se utiliza tanto en la cocina para preparar, calentar o secar alimentos, como en la industria.

La energía calorífica utilizada para alimentar un horno puede obtenerse directamente, por combustión (leña, gas u otro combustible), radiación (luz solar), o indirectamente, por medio de electricidad (horno eléctrico). En pocas palabras es energía térmica.

## **Tipos de hornos**

### **Horno eléctrico.**

Son hornos alimentados con energía eléctrica de un uso muy extendido, por su comodidad y fácil manejo. Con los sistemas de programación que se incorporan, son muy útiles y fiables. En las cámaras de estos hornos se alojan, en unas zanjas o vías de las paredes, unas espirales de hilo conductor de energía eléctrica, que actúan como resistencias formadas por aleaciones de cromo-níquel y otros metales cuya característica es la buena conductividad, según las temperaturas que se desee alcanzar. Los hornos eléctricos tienen grandes ventajas para la fusión de materiales, siendo las más destacadas las siguientes:

- Puede obtenerse temperaturas muy elevadas hasta de 3260°C en algunos tipos de hornos eléctricos.
- Puede controlarse la velocidad de elevación de temperatura, y mantener esta entre límites muy precisos con regulaciones completamente automáticas.
- La carga queda por completo libre de contaminación del gas combustible.

## Plásticos

Es importante entender las propiedades características de los plásticos, entre los cuales se encuentran el alto peso molecular, la baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica, todo al contrario de los materiales metálicos, es por ello que su aplicación en la industria moderna es cada día más creciente.

Las características antes mencionadas hacen posible su amplia aplicación y uso de tipo industrial, tal es así que en la actualidad existen plásticos con elevada resistencia al calor y a la tracción, con valores próximos a los aceros.

Los plásticos, bajo carga, tienen un comportamiento diferente al de cualquier otro material industrial, la razón es que en forma especial los termoplásticos tienen un comportamiento viscoelástico, es decir tienen una reacción viscosa y elástica, al contrario de los metales que tiene una reacción ante las cargas de una falla por deformación.

Esta deformación viscoelástica se debe, en forma principal, a la estructura molecular de cadena larga. Cuando las cadenas largas están bajo cargas, se mueven una a lo largo de la otra y la cantidad de movimiento se debe al tipo de enlace. Los plásticos con enlaces débiles se deforman con más facilidad que los que tienen enlaces fuertes.

Procesamiento de los plásticos En la industria de los plásticos, participan los fabricantes de las resinas básicas, a partir de productos químicos básicos provenientes del petróleo y de sus gases y que suelen producir la materia prima en forma de polvo, gránulos, escamas, líquidos o en forma estándar como láminas, películas, barras, tubos y formas estructurales y laminados, participan también los procesadores de plásticos que conforman y moldean las resinas básicas en productos terminados.

En la conformación y moldeo de las resinas se utilizan también diversos componentes químicos o no, que le proporcionan al producto terminado ciertas características especiales.

Las cargas que sirven de relleno, dan resistencia, dan rigidez al moldeo o bajan los costos de producción; dentro de ellos tenemos el aserrín, tejidos de algodón, limaduras de hierro, fibra de vidrio, etc. Colorantes para proporcionar color al producto terminado, son de origen mineral como los óxidos, se proporcionan en forma de polvos y en forma de resinas de óleo.

Aditivos como los endurecedores para las resinas líquidas, espumantes y desmoldantes para el moldeo. Una de las más amplias ramas de la industria de los plásticos comprende las compañías que producen a partir de películas y láminas artículos como cortinas impermeables, artículos inflables, tapicería, equipajes, en general artículos de tocador, cocina, etc.

Para la producción de todos estos artículos se hace necesario también la participación de un diseñador y un estampador para el acabado final. Los métodos de moldeo y conformados más común son el moldeo por prensa, moldeo por inyección prensada, por inyección, moldeo por soplado de cuerpos huecos, termoformado, calandrado, refuerzo, recubrimientos, como pintura dura, maquinado, unión y colado en moldes.

### **Propiedades del plástico.**

Los plásticos tienen una serie de importantes propiedades que unidas a su costo relativamente bajo, explican su amplia utilización en ingeniería. Se va a destacar algunas de estas y empecemos por las propiedades.

- **Propiedades Mecánicas.** Los termoplásticos, si se someten a esfuerzos suficientemente grandes, se deforman de manera similar a los metales dúctiles, cuando se ejercen sobre ellos esfuerzos superiores al límite de fluencia. Los termoestables, por ser frágiles, se deforman muy poco bajo la aplicación de cargas
- Las resistencias a la tensión y a la compresión de los plásticos, son inferiores a las correspondientes al magnesio. La Posición relativa, respecto de los metales, mejora considerablemente en referencia a la resistencia y el peso. Esto se debe principalmente a la baja densidad de los plásticos.
- El módulo de elasticidad de los plásticos rígidos es más bajo que el del concreto. Las cargas aplicadas durante largos periodos de tiempo, producen una deformación gradual de los plásticos, provocando fallas con cargas menores que las indicadas por las pruebas de corta duración. Este tipo de falla se denomina “creep”. Otro fenómeno observado en estos materiales, es su baja estabilidad dimensional, es decir, se deforman con el tiempo; aún cuando no tengan cargas aplicadas.
- Otra propiedad de los plásticos es su capacidad de amortiguar el ruido y las vibraciones. La curva esfuerzo-deformación unitaria de los plásticos no presenta la porción inicial recta, típica de los materiales.
- **Propiedades Eléctricas.** Aún cuando los polímeros son intrínsecamente malos conductores de la electricidad (aislantes), esta propiedad puede ser alterada agregando ciertos aditivos. Esto se logra en ciertos plásticos agregando grafito finamente pulverizado, mientras que en otros la conductividad se consigue tratando el polímero con radiaciones gamma.
- **Propiedades Químicas.** Desde el punto de vista químico, los plásticos, a bajas temperaturas, son generalmente más resistentes a los ambientes que atacan a los metales, al concreto y a la madera.
- En general, los plásticos resisten los ataques del agua, pero son muy sensibles a la luz solar (rayos ultravioletas) y soportan bien los ataques atmosféricos.

- Propiedades Térmicas. Los plásticos son generalmente malos conductores del calor, pero puede agregársele aditivos para mejorar la conductividad térmica.
- El coeficiente de dilatación térmica es alto en la mayoría de los plásticos. Se producen grandes deformaciones, en comparación a los metales, mediante aumentos de temperatura relativamente pequeños. Los plásticos, por lo general, no tienen tendencia a agrietarse por efectos térmicos.
- Propiedades ópticas. Los plásticos presentan una gama muy amplia de propiedades ópticas. Así, en cuanto a la refracción de la luz, los polímeros pueden ser; opacos, translúcidos o transparentes. Algunos son muy brillantes, otros no la reflejan y sus superficies son de tipo mate.
- Las propiedades ópticas mencionadas anteriormente, combinadas con la adición de colorantes, les proporcionan a los objetos de plástico, apariencia muy atractiva.

### **Fundición de plástico.**

Se denomina fundición al proceso de fabricación de piezas, comúnmente metálicas, pero también de plástico, consiste en fundir un material e introducirlo en una cavidad, llamada molde, donde se solidifica.

El proceso tradicional es la fundición en arena, por ser ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el material fundido.

### **Soldadura por inducción**

Esta técnica se emplea para fundir y soldar superficies adyacentes de plástico. Emplea una corriente inducida en una espiral cerrada de alambre. En esta espiral, que hace de resistencia, se crea un campo electrodinámico que genera calor. La operación se realiza mediante los siguientes pasos:

1. Colocar una inserción metálica entre las dos superficies a unir,
2. Colocar las secciones dentro del campo del generador de alta frecuencia,

3. Se aplica presión sobre las secciones que se sueldan y se hace actuar el generador. La presión será uniforme sobre toda la inserción metálica para evitar que parte de ésta quede al aire y se evite un rápido calentamiento y desintegración de la inserción.
4. Se induce una corriente eléctrica en el circuito metálico que genera calor, fundiendo el material plástico que le rodea (el tiempo de calentamiento depende de la potencia suministrada) La bobina del equipo de soldadura por inducción debe manejarse con cuidado: cualquier objeto metálico próximo a su campo puede calentarse rápidamente.
5. se retira el campo eléctrico y enfría la zona para que la unión sea fuerte y duradera. Se puede calcular la energía y el tiempo necesario para calentar la espiral a la temperatura deseada:

$Kcal. Necesarias = W \cdot S \cdot T,$

Donde:

W = peso del material en Kg

S = calor específico en Kcal/Kg °C

T = aumento de temperatura en °C

Convirtiendo las Kcal en Kw/min y dividiendo el valor por la capacidad del generador en Kw/min, se puede calcular el tiempo necesario para calentar la espiral.

El tiempo es un factor muy importante en el resultado de la soldadura, ya que debe ser suficiente para obtener la cantidad necesaria de material fundido y por lo tanto una unión fuerte, pero tampoco excesivo ya que de alargarse mucho podría provocar degradación por sobrecalentamiento del material.

La soldadura por inducción se adapta particularmente para la unión de piezas gruesas, como cajas de nailon para baterías. Las secciones gruesas requieren la aplicación de mucha fuerza sobre las partes a unir.

### **Soldadura por resistencia**

Está estrechamente relacionada con la soldadura por inducción. Se diferencia en que el calor es generado en un alambre de resistencia mediante una corriente que pasa a través del mismo. Es un sistema muy útil para operaciones de montaje cuando se puede utilizar un generador de corriente transportable. La aplicación más utilizada es la unión de accesorios de tuberías. El accesorio se presiona contra la tubería a la que debe ser unido y se aplica a una corriente a las terminales del alambre de resistencia.

## **Propiedades del PTFE (politetrafluoroetileno)**

El PTFE es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de flúor. La fórmula química del monómero, tetrafluoretileno, TFE, es  $CF_2=CF_2$

La estructura atómica de los enlaces covalentes de C-C y C-F extremadamente fuertes les confieren las excelentes cualidades de estos materiales. Algunas de las propiedades del teflón son debidas a la estructura lineal del polímero, conjuntamente con la disposición de los átomos de flúor protegidos por los átomos de carbono. Esta configuración produce su inercia y estabilidad química.

### ***Las Propiedades sobresalientes del PTFE***

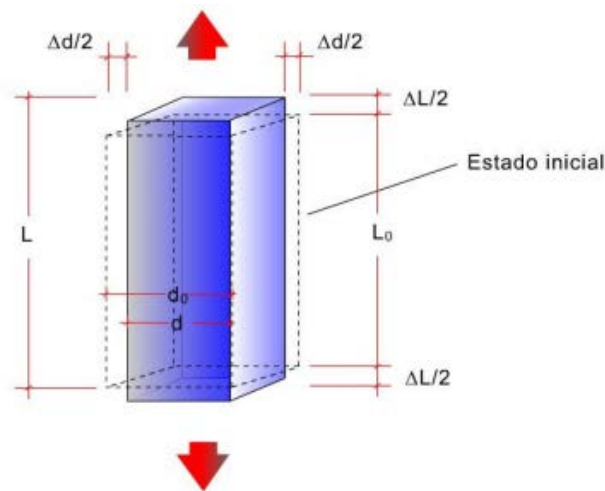
- ✓ **Antiadherente:** Muy pocas sustancias sólidas se le pegarán permanentemente al PTFE. Aunque las sustancias pegajosas pueden mostrar cierta adhesión al PTFE, las mismas se despegarán fácilmente.
  
- ✓ **Bajo Coeficiente de Fricción:** El coeficiente de fricción del PTFE es en promedio de 0.05, dependiendo de la magnitud de la carga soportada y la velocidad de deslizamiento.
  
- ✓ **Impermeable:** Debido a que las superficies cubiertas con PTFE son óleo e hidrofóbicas, las mismas no son fácilmente humedecidas. Su limpieza es más fácil y más completa – en muchos casos, las superficies son auto limpiables.
  
- ✓ **Resistente a la Temperatura:** El PTFE puede operar continuamente a temperaturas hasta 260°C/260°F y pueden trabajar de manera intermitente en servicio hasta 316°C/600°F con ventilación adecuada.

- ✓ **Excelentes Propiedades Eléctricas:** Sus propiedades dieléctricas son esencialmente constantes a todas las frecuencias y a todo el rango de temperaturas de servicio del PTFE. El PTFE es totalmente no flamable en todas las pruebas normales.
  
- ✓ **Estabilidad a Temperaturas Criogénicas:** El PTFE puede resistir extremos severos de temperatura. El PTFE industrial puede ser utilizado a temperaturas tan bajas como  $-270^{\circ}\text{C}/-454^{\circ}\text{F}$  (servicio con helio líquido).
  
- ✓ **Resistencia Química** El PTFE normalmente no es afectado por los ambientes químicos. Las únicas sustancias químicas y solventes comerciales capaces de afectar al PTFE son los metales alcalinos derretidos y los agentes fluorados altamente reactivos.

## El ensayo de tracción

La determinación de propiedades mecánicas de materiales consiste en la aplicación y medida de cargas, la medida de deformaciones, el establecimiento de relaciones cuantitativas entre las cargas y deformación, y el examen de las probetas ensayadas. Para la realización de los ensayos, generalmente se aplica un movimiento controlado de separación entre las mordazas y se determina la resistencia que ejercen los materiales a la acción de este desplazamiento.

Las propiedades mecánicas frecuentemente requeridas de los materiales, como el módulo elástico, el esfuerzo de cedencia, y el esfuerzo último son a menudo los resultados determinados en un ensayo de tracción. Cuando una carga axial  $P$  se aplica a una probeta, su longitud original  $L_0$ , cambia por una cantidad  $\Delta L$ . El ensayo de tracción se realiza aplicando fuerzas axiales al eje de la probeta o normales a



la sección que provocan cambios en la longitud y en su dimensión transversal.

**Figura 2** ilustración esquemática de un cuerpo ensayado a sollicitación uniaxial

El ensayo de tracción de un material consiste en someter una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta. Este ensayo mide

la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. El ensayo de tracción nos permite determinar diversas características de los materiales elásticos:

### **Módulo de elasticidad o Módulo de Young**

Cuantifica la proporcionalidad.

### **Coefficiente de Poisson**

Cuantifica la razón entre el alargamiento longitudinal y el acortamiento de las longitudes transversales a la dirección de la fuerza.

### **Límite de proporcionalidad**

Valor de la tensión por debajo de la cual el alargamiento es proporcional a la carga aplicada.

### **Límite de fluencia o límite elástico aparente**

Valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada.

### **Límite elástico**

Valor de la tensión, la cual produce un alargamiento prefijado de antemano (0,2%, 0,1%, etc.) en función del extensómetro empleado.

### **Carga de rotura o resistencia a tracción**

Carga máxima resistida por la probeta dividida por la sección inicial de la probeta.

### **Alargamiento de rotura**

Incremento de longitud que ha sufrido la probeta. Se mide entre dos puntos cuya posición está normalizada y se expresa en tanto por ciento.

### **Estricción**

Es la reducción de la sección que se produce en la zona de la rotura. Llegado un punto del ensayo, las deformaciones se concentran en la parte central de la probeta apreciándose una acusada reducción de la sección de la probeta, momento a partir del cual las deformaciones continuarán acumulándose hasta la rotura de la probeta por esa zona.

### **Fluencia o cedencia**

Es la deformación brusca de la probeta sin incremento de la carga aplicada. El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente. Alcanzado el límite de fluencia se logra liberar las dislocaciones produciéndose la deformación bruscamente.

La deformación en este caso también se distribuye uniformemente a lo largo de la probeta, pero concentrándose en las zonas en las que se ha logrado liberar las dislocaciones (bandas de Luders). No todos los materiales presentan este fenómeno, en cuyo caso la transición entre la deformación elástica y plástica del material no se aprecia de forma clara.

### **Deformaciones plásticas**

Si se retira la carga aplicada en dicha zona, la probeta recupera sólo parcialmente su forma quedando deformada permanentemente. Las deformaciones en esta región son más acusadas que en la zona elástica.

### **Deformaciones elásticas**

Las deformaciones se reparten a lo largo de la probeta, son de pequeña magnitud y si se retira la carga aplicada, la probeta recupera su forma inicial. El coeficiente de proporcionalidad entre la tensión y la deformación se denomina módulo de elasticidad o de Young y es característico del material. Así, todos los aceros tienen el mismo módulo de elasticidad, aunque sus resistencias

pueden ser muy diferentes. La tensión más elevada que se alcanza en esta región se denomina límite de fluencia y es el que marca la aparición de este fenómeno.

Pueden existir dos zonas de deformación elástica, la primera recta y la segunda curva, siendo el límite de proporcionalidad el valor de la tensión que marca la transición entre ambas. Generalmente, este último valor carece de interés práctico, se obtiene trazando una recta paralela al tramo proporcional (recto) con una deformación inicial igual a la convencional.

### **Proceso de termoformado**

El termo conformado o termoformado es un proceso consiste en calentar una plancha o lámina de termoplástico semi elaborado, de forma que al reblandecerse puede adaptarse a la forma de un molde por acción de presión vacío o mediante un contra molde.

Consiste en dar forma a una lámina plástica por medio de calor y vacío utilizando un molde o matriz. Un exceso de temperatura puede fundir la lámina y la falta de calor o una mala calidad de vacío incurrirá en una pieza defectuosa y sin detalles definidos.

Una restricción característica de este proceso es que la pieza a termoformar debe ser fácilmente desmoldable esto significa que la matriz debe ser más ancha en la base y más angosta en la parte superior. Esto comúnmente se denomina ángulo de desmolde o de salida.

### *Etapas*

Aunque el proceso tiene numerosas variantes que serán descritas posteriormente, cabe distinguir tres etapas fundamentales del proceso, que son:

1. Calentamiento del semi elaborado, ya sea por radiación, contacto o convección.
2. Moldeo del semi elaborado, que tras calentarse se estira adaptándose al molde por medio de diferentes procesos (presión, vacío, presión y vacío o un contra molde).

3. Enfriamiento del producto, que comienza cuando el termoplástico entra en contacto con el molde y es enfriado por un ventilador o a temperatura ambiente y termina cuando la temperatura es la adecuada para desmoldar la pieza sin deformarla.

### *Parámetros*

Además, en esta técnica de transformación de plástico deben tenerse siempre en cuenta una serie de parámetros, que son:

- Temperatura de conformado, que depende sobre todo del material a transformar, aunque también de la complejidad y el espesor de la pieza.
- Tiempo de calentamiento, que depende sobre todo del espesor del material, aunque también del coeficiente de transmisión del mismo. Este es de gran importancia, y ha de ser suficiente para que la lámina alcance uniformemente en superficie y espesor la temperatura de conformado.
- Tiempo de enfriamiento, que depende de los mismos factores que el tiempo de calentamiento, y ha de ser suficiente para que el elaborado final sea resistente y no se deforme al desmoldear.
- Presión o vacío, depende sobre todo del espesor de la lámina, aunque también de la complejidad de la pieza. Debe controlarse, ya que si es insuficiente no se obtendrán todos los detalles y si es excesiva se pueden producir agujeros o marcas.

### **Termoconformado al vacío**

Es uno de los procesos más extendidos, debido a que es enormemente versátil y más económico que otros procesos por presión o mecánicos. Consiste en sujetar el semi elaborado en una estructura y calentarlo hasta llegar al estado gomoeástico para colocarlo sobre la cavidad del molde y que se adapte a su geometría.

Se elimina el aire mediante vacío, que empuja la lámina contra las paredes y contornos del molde. Una vez que ha enfriado, se extrae la pieza. El equipo y las matrices son relativamente económicos, y se limita a diseños sencillos superficiales.

## **Desviación estándar**

La desviación como “la diferencia entre el valor observado y el verdadero valor del fenómeno en cuestión” (Hald, 1998, p.33)

En 1810 se produjeron numerosos avances, presentó un método de mínimos cuadrados y estableció que la ecuación de la desviación estándar con respecto a la media es igual que la desviación estándar de una distribución dividida por la raíz cuadrada del número de datos (Hart, 1983)

La desviación estándar de la población es simplemente la raíz cuadrada de la varianza de la población. Como la varianza es el promedio de las distancias al cuadrado que van desde las observaciones a la media, la desviación estándar es la raíz cuadrada del promedio de las distancias al cuadrado que van desde las observaciones a la media. La desviación estándar está en las mismas unidades que las que se usaron para medir los datos. La raíz cuadrada de un número positivo puede ser tanto positiva como negativa. Cuando tomamos la raíz cuadrada de la varianza para calcular la desviación estándar, los estadísticos solamente consideran la raíz cuadrada positiva.

Para calcular la varianza o la desviación estándar, construimos una tabla utilizando todos los elementos de la población.

### **Usos de la desviación estándar.**

La desviación estándar nos permite determinar, con un buen grado de precisión, dónde están localizados los valores de una distribución de frecuencias con relación a la media. El teorema de Chebyshev dice que no importa qué forma tenga la distribución, al menos 75% de los valores caen dentro de  $\pm 2$  desviaciones estándar a partir de la media de la distribución, y al menos 89% de los valores caen dentro de  $\pm 3$  desviaciones estándar a partir de la media.

Con más precisión:

- Aproximadamente 68% de los valores de la población cae dentro de  $\pm 1$  desviación estándar a partir de la media.
- Aproximadamente 95% de los valores estará dentro de  $\pm 2$  desviaciones estándar a partir de la media.

- Aproximadamente 99% de los valores estará en el intervalo que va desde tres desviaciones estándar por debajo de la media hasta tres desviaciones estándar por arriba de la media.

### **Resultado estándar**

La desviación estándar es también útil para describir qué tan lejos las observaciones individuales de una distribución de frecuencias se apartan de la media de la distribución. Una medida que se conoce como resultado estándar nos da el número de desviaciones estándar que una observación en particular ocupa por debajo o por encima de la media

### **Retorno de la inversión**

Es un indicador que permite saber cuánto dinero la empresa perdió o ganó con las inversiones hechas. De esta forma, puedes saber cuáles inversiones valen la pena y cómo optimizar aquellas que ya están funcionando para que tengan un rendimiento todavía mejor.

La métrica es importante porque permite que evalúe cómo ciertas iniciativas contribuyen con los resultados, también es posible planificar metas basadas en resultados tangibles y entender si vale la pena o no invertir en determinados canales.

### **Cómo calcular el Retorno de la inversión**

Existe una fórmula simple para calcular el ROI, que consiste en:

$$\text{Retorno de la inversión} = \frac{\text{ganancia} - \text{inversion}}{\text{inversion}}$$

### **Costos de materiales**

Son los principales recursos que se usan en la producción; estos se transforman en bienes terminados con la ayuda de la mano de obra y los costos indirectos de fabricación.

1. Directos: Son todos aquellos que pueden identificarse en la fabricación de un producto terminado, fácilmente se asocian con éste y representan el principal costo de materiales en la elaboración de un producto.
2. Indirectos: Son los que están involucrados en la elaboración de un producto, pero tienen una relevancia relativa frente a los directos.

### **Costos de mano de obra**

Es el esfuerzo físico o mental empleados para la elaboración de un producto.

1. Directa: Es aquella directamente involucrada en la fabricación de un producto terminado que puede asociarse con este con facilidad y que tiene gran costo en la elaboración.
2. Indirecta: Es aquella que no tiene un costo significativo en el momento de la producción del producto.

### **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.**

## **Método de la investigación**

Este proyecto se desarrolla desde el enfoque cuantitativo experimental, seguidamente de detalla la metodología empleada:

### **Enfoque de la investigación**

Con base a los objetivos planteados, esta investigación es experimental ya que, para generar una solución al problema planteado se rediseñó un horno. Para verificar su correcta funcionalidad se realiza muestras de unidades, las cuales serán sometidas a pruebas destructivas, inspecciones visuales y pruebas destructivas para determinar las condiciones de cada pieza evaluada. Esto se ratifica según la comparación de las etapas de investigación de los procesos cuantitativo y cualitativo, del libro “Metodología de la Investigación” de Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.15).

### **Tipo de investigación**

El presente trabajo es de tipo cuantitativo experimental, los estudios experimentales “Realiza una acción y observa las consecuencias - Manipula intencionalmente la variable” según el libro “Metodología de la Investigación” de Hernández, Fernández y Baptista (2014).

### **Tipo de muestra**

En esta investigación de tipo experimental, la muestra utilizada del sub tipo experimentos puros “Manipulación de la variable, control y validez, grupos de comparación” según el libro “Metodología de la Investigación” de Hernández, Fernández y Baptista (2014).

Debido a eso se realiza unidades cambiando las variables del equipo, estas serán posteriormente sometidas a pruebas destructivas.

### **Fuentes de información.**

Para la obtención de datos se cuenta con distintas fuentes de información tanto primarias como secundarias.

Como fuentes primarias, las cuales corresponden a información de primera mano se cuenta con los datos obtenidos de las preguntas evaluadas con el equipo de Ingeniería de la empresa, de las cuales resultaron el diseño del horno.

Como fuentes secundarias, es decir información procesada y analizada, se tomó de apoyo bibliotecas digitales, libros de texto, uso del Internet.

### Unidades de análisis

**Tabla 1: Variables del proceso a tratar**

Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Temperatura	Grados centígrados	Es la medida de la energía cinética media de las moléculas que la forman. Es decir, los movimientos de las partículas en su interior.	Se medirá con una termocupla.	Utilización de una termocupla tipo J modelo 71XJSGA096A
Tiempo	Segundos	Es la magnitud que sirve para medir la duración o la separación de uno o más acontecimientos.	Se medirá el tiempo mediante un cronometro.	Medición con cronometro calibrada marca Fisherbran, modelo Big-Digit Dual Channel Timer
Tensión mecánica	Newtons	Es la magnitud que representa la fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre una superficie real o imaginaria de un medio continuo	Se va a utilizar una máquina que indica la tensión aplica según parámetros previamente computarizados.	Utilización de una maquina marca TESTRESOURCES modelo 220 Series Frame
Unidades de rechazo	Cantidad de unidades rechazadas	Es un elemento diferenciado y completo	Las unidades de rechazo se registrarán en un Excel	Utilización de la aplicación de SFA utilizada en la compañía.

		que forma parte de una serie o de un conjunto.	obtenidos de una aplicación de la empresa.	
Costo material	Colones	Es el valor de las materias primas y otros materiales menos importantes, que se usan en el proceso de producción.	Valor monetario de un artículo, datos aproximados.	Utilización de Microsoft Excel.
Costo mano de obra	Colones	Es el esfuerzo tanto físico como mental que se aplica durante el proceso de elaboración de un bien	Valor monetario pagado al personal productivo, datos aproximados.	Utilización de Microsoft Excel.
Distancia	metros	Distancia que la luz recorre en el vacío durante un intervalo de tiempo de 1/299792353 segundos. (Raymond, 2001, pp3-4)	Se tomarán diferentes medidas de los componentes diseñados.	Utilización de un Caliper marca MITOTUYO modelo CD-6" ASX

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## Descripción de la empresa

La empresa se ubica en la Zona Franca El Coyol, como su nombre lo menciona se encuentra en el Coyol de Alajuela, se dedica a la producción de diferentes dispositivos médicos utilizados para tratamientos relacionados con el corazón.

**Figura 3. Ubicación satelital Zona franca Coyol.**



Fuente: (Google Earth, sf.).

## Desarrollo

### Explicación del proceso

En una línea de producción de industria médica se tiene un proceso en el cual se debe de añadir mediante el proceso de refluído la punta a un catéter. Este dispositivo médico tiene la función de guiar en la vena a los otros dispositivos ya sea de diagnóstico o correctivos.

La punta que debemos de unir consta de 6 componentes, los cuales al adherirse de manera homogénea entre sí. Estos componentes son un alambrado metálico, un anillo plástico, un anillo metálico, el plástico PTFE, material plástico negro, material plástico gris y un anillo de titanio.

Este último mencionado es el cual nos muestra la ubicación del dispositivo, ya que es el que se muestra en la pantalla del médico o persona que lo esté manipulando.



**Figura 4 Unidad con componentes internos (trenzado, anillo plástico, plástico PTFE, anillo metálico y anillo de titanio)**



**Figura 5 Unidad material externo (componentes plásticos)**

Como parte del proceso de manufactura, al inicio de cada lote de producción se debe de realizar 2 pruebas de tensión y una prueba de integridad para asegurar que la unión entre la punta y el resto del catéter sea la correcta y no se vaya a despegar en ninguna otra operación o inclusive cuando sea usado por el personal médico.

## Proceso de caracterización de temperatura

A partir de 233°C y hasta 260°C en pasos de 13 grados obteniendo un total de 30 muestras evaluadas para el experimento. Todas las muestras se inspeccionaron visualmente según el procedimiento de manufactura en los cuales se detalla y especifica qué condiciones pasan o no pasan los estándares del producto. Los resultados de estas inspecciones son tabulados y a partir de ahí se selecciona un rango de proceso.

El número de pieza seleccionado para este estudio es un número de material el cual es el que más problemas a nivel de proceso presenta ya que este número de pieza es el modelo que entra en las tres configuraciones diferentes.

Este número de material seleccionado tiene el diámetro más bajo en comparación con el resto de los números de modelo, esta condición es un factor físico que afecta directamente a la fuerza de unión en el proceso de pegado entre el material del trenzado y el material plástico.

Finalmente, el rango de temperatura se basa en dos afirmaciones, la primera como línea base del proceso se consideró el ajuste de temperatura actual utilizado en los otros Hornos y también la referencia de la especificación de los componentes del material plástico utilizados en el proceso.

Además, todas las muestras se evaluaron con un ensayo de tracción según el método de ensayo utilizado en la línea de producción. El rango de proceso propuesto se considera aceptable si todas las muestras de la temperatura cumplen con los criterios de inspección visual (especificados anteriormente) y también con los resultados de la prueba de tracción que debe de ser mayor a 22.25 N.

La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba del proceso de unión con el Horno doble utilizando diferentes valores de ajustes de temperatura de entrada (°C) empezando por 233°C y hasta 260°C en pasos de 13°C aproximadamente.

Un total de 6 grupos de 5 unidades fueron procesados usando el Horno doble con temperaturas en grupos de 233°C a 260°C. La inspección visual se realizó como se requiere en el procedimiento de manufactura que aplica a la operación y a partir de esta inspección visual, los grupos unidos con temperaturas de 233°C y 238 °C fueron descartados y los grupos unidos con temperaturas de 244°C a 260 °C fueron aceptados.

**Tabla 2: Resultado inspecciones visuales del muestreo**

Temperatura aplicada	Observaciones
233 °C a 238 °C	Unidades no pasan el criterio de inspección visual. Pruebas no aceptadas
244 °C	Unidades pasan el criterio de inspección visual. Datos altos en prueba de tensión. No se llega a normalidad. Pruebas no aceptadas.
249 °C a 260 °C	Unidades pasan el criterio de inspección visual y de tensión. Pruebas aceptadas.

Gráfica 1 Análisis estadístico realizado en Minitab

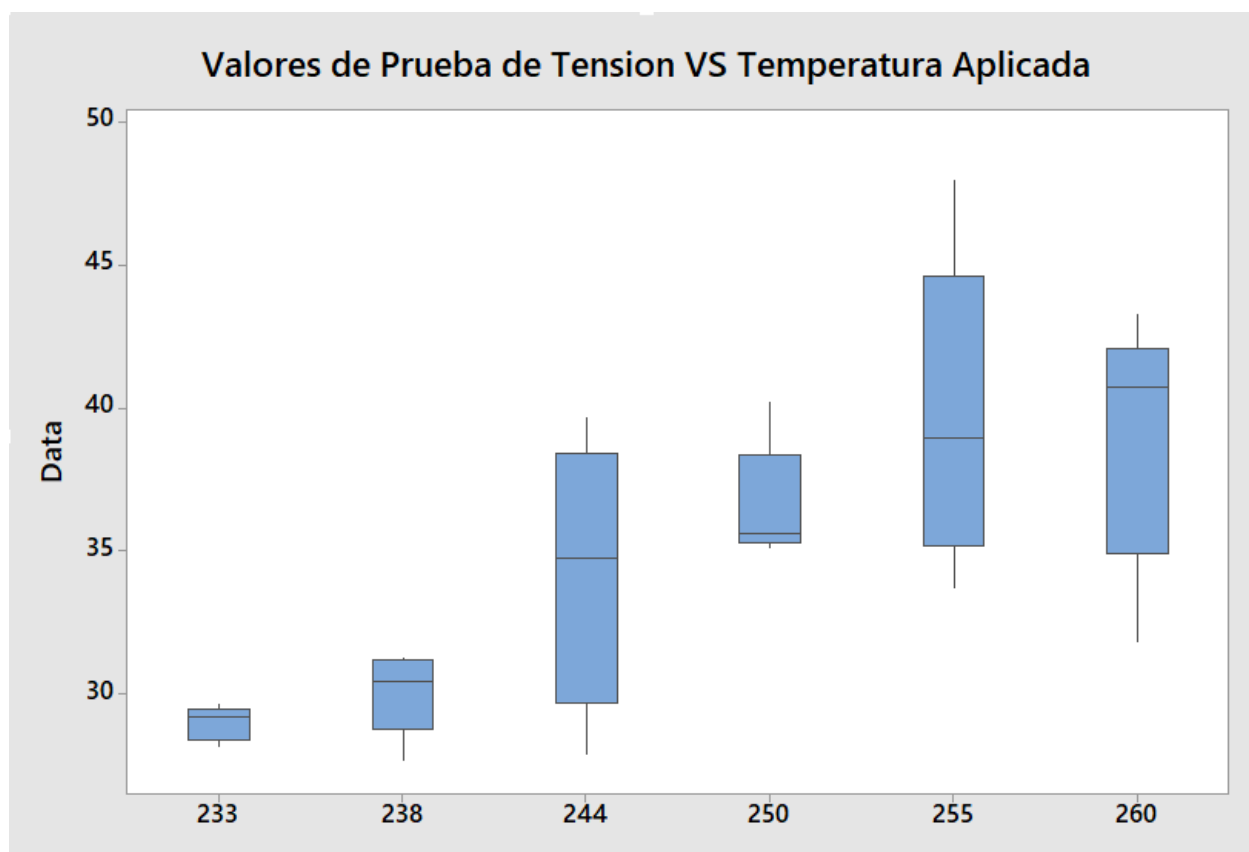


Tabla 3: Resultado pruebas de tensión del muestreo

Temperatura (°C)	Cantidad	Inspección Visual		Prueba de tensión (Newtons)				
		Unidades buenas	Unidades fallidas	Numero de muestra				
				#1	#2	#3	#4	#5
233	5	0	5	29.23	28.59	29.31	29.67	28.22
238	5	0	5	30.44	29.84	31.15	27.72	31.28
244	5	5	0	37.17	27.91	31.51	34.76	39.69

250	5	5	0	36.5 6	35.6 5	40.2 3	35.4 4	35.1 7
255	5	5	0	36.6 6	47.9 7	41.2 5	38.9 6	33.7 6
260	5	5	0	38.0 4	31.8 4	43.2 8	40.9 4	40.7 5

## **Horno por implementar**

El Horno doble se utiliza para unir los componentes del introductor para diferentes productos. La máquina utiliza troqueles calentados para cerrar alrededor de una pieza y calentar durante un tiempo determinado a una temperatura específica.

La misma está equipada con un tope duro para la colocación del producto dentro de la máquina. Además, el tiempo y la temperatura son controlados por la máquina sin la influencia del operador. La máquina está equipada con matrices de acero inoxidable que se calientan mediante cartuchos calentadores insertados en cada matriz.

Los cartuchos calefactores se controlan mediante reguladores de temperatura con una retroalimentación de termopar. Las termocuplas escogidas son tipo J de marca Watlow modelo 71XJSGA096A y un control Marca Watlow modelo 935A-1CD0-000R el cual se configura la temperatura y el tiempo exacto con el cual se va a operar el sistema.

Las matrices se accionan por aire para cerrarse durante un tiempo determinado controlado por un controlador lógico programable contenido en la caja de control. Cuando se completa el ciclo, las matrices se retraen y la pieza puede ser retirada de la máquina. Esta función se realiza mediante el PLC seleccionado marca MicroLogix modelo 1100.

Este PLC se utilizó debido al reloj en tiempo real integrado y módulo de memoria opcional para generar copia de seguridad del programa externo, para el transporte del programa y la transferencia a otro controlador.

El programa y los datos en el programa y los datos en el controlador también están respaldados por baterías para un almacenamiento seguro. La protección de descarga de archivos de datos evita

que los datos críticos del usuario sean alterados a través de descargas de programas desde ordenadores de programación o módulos de memoria



**Figura 6 PLC**

Todos los elementos calientes y móviles de la máquina están protegidos por una protección para proteger a la máquina y al personal. La máquina también está equipada con dos medidas de seguridad para el manejo manual de seguridad; la máquina tiene dos sensores de arranque que deben ser accionados para que la máquina inicie el ciclo de funcionamiento, primero se debe de accionar el que está más cerca de las zonas calientes y luego el más alejado sin dejar de tocar el primero.

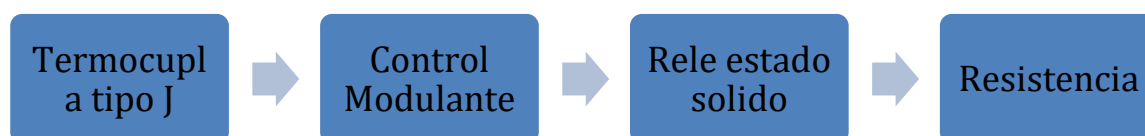
Esto para garantizar que ninguna de las manos quede libre al momento que el Horno cierre y así evitar cualquier accidente ya sea por quemaduras o atrapamientos.



**Figura 7 Horno doble**

### Escogencia del sistema

El Horno doble posee el siguiente diagrama de bloques para su funcionamiento



### Termocupla Tipo J modelo 71XJSGA096A

**Tabla 4: Detalles de la termocupla.**

Termocupla Tipo J MODELO 71XJSGA096A	
Criterio	Significado siglas según especificación
Detalle de construcción	71 = Termopar de boquilla
Diámetro	X = No aplicable
Calibración	J = Tipo J
Protección del cable	S = Fibra de vidrio con sobretrenzado de acero inoxidable (calibre 24 trenzado)
Empalme	G = Conectado a tierra
Acero inoxidable 304, tamaño del tornillo	A = 1/4 pulgadas x 28 UNF, 3/8 pulgadas de profundidad de rosca
Longitud del plomo (pulgadas)	96
Terminales/Opciones	A = Estándar, 2 1/2 pulgadas



**Figura 8 Termocupla seleccionada.**

#### **Control Watlow 935A-1CD0-000R**

##### Precisión

- $\pm 0,25\%$  de amplitud, o

##### Sensores/Entradas

- Intervalo de muestreo de entrada de sensor: 10 muestras/segundo (10 Hz).
- Termopares de tipos E, J, K, N, S y T, punta conectada a tierra o sin ella.
- Resistencia (DIN) de base de  $100\Omega$  de dos hilos, RTD.
- Entrada de punto de control remoto, seleccionable en el campo, 0-5 V = (cc), de escala ajustable, impedancia de entrada de 10 k $\Omega$ .

### Intervalo de Entrada

- Los intervalos de temperatura especificados representan la amplitud de operación del controlador.

### Termopar

- Tipo J de 0 a 750 °C

### Salida de Control

- Intervalo de actualización de salida: 1/segundo (Hz).

### Salida 1/Entrada Remota

- Señal lógica de corriente continua, 5 V = (cc) a 25 mA nominal, protegida contra corto circuito, no aislada.

### Salida 2

- Señal lógica de corriente continua, 6 V = (cc) a 60 mA nominal, protegida contra corto circuito (compatible con el controlador de energía Watlow DIN-A-MITE®).
- Relé de estado sólido, Forma A, 0,5 A, 24 a 264 V ~ (ca), sin supresión de contacto.

### Duración de Ciclo de Salida

- Relé de estado sólido y corriente continua; 5,0 segundos de default, 0,1 segundo mínimo.

### Voltaje de la red/Corriente

- 100 - 240 V ~ (ca) + 10%, - 15%; (85 - 264 V ~ [ca], 50/60 Hz,  $\pm$  5%).
- 24 - 28 V @ (ca/cc) + 10%, - 15%; (20 - 31 V @ [ca/cc], 50/60 Hz,  $\pm$  5%).

- Tipo de retraso protegido internamente por fusibles (reemplazable en fábrica solamente), 2A, 250 V.
- Consumo de corriente, 6 VA máximo.
- Retención de datos al interrumpirse la corriente vía memoria no volátil.



**Figura 9 Control seleccionado.**

## Relé estado sólido marca OMRON G3NE-210T-US

**Tabla 5: Detalles del relé de estado sólido.**

Relé estado sólido G3NE-210T-US	
Criterio	Significado siglas según especificación
G3NE	Relé de estado sólido
Tensión nominal de alimentación de la carga	200 VAC
Corriente nominal de carga	10= 10 A
Tipo de terminal	T: Terminales de conexión rápida
Función de cruce de cero	En blanco: Equipado con función de paso por cero
Especificaciones especiales	En blanco: Modelos estándar
Certificación	US: Certificado por UL, CSA y TÜ



**Figura 10 Relé estado sólido seleccionado.**

### **Resistencia Firebrod 1025**

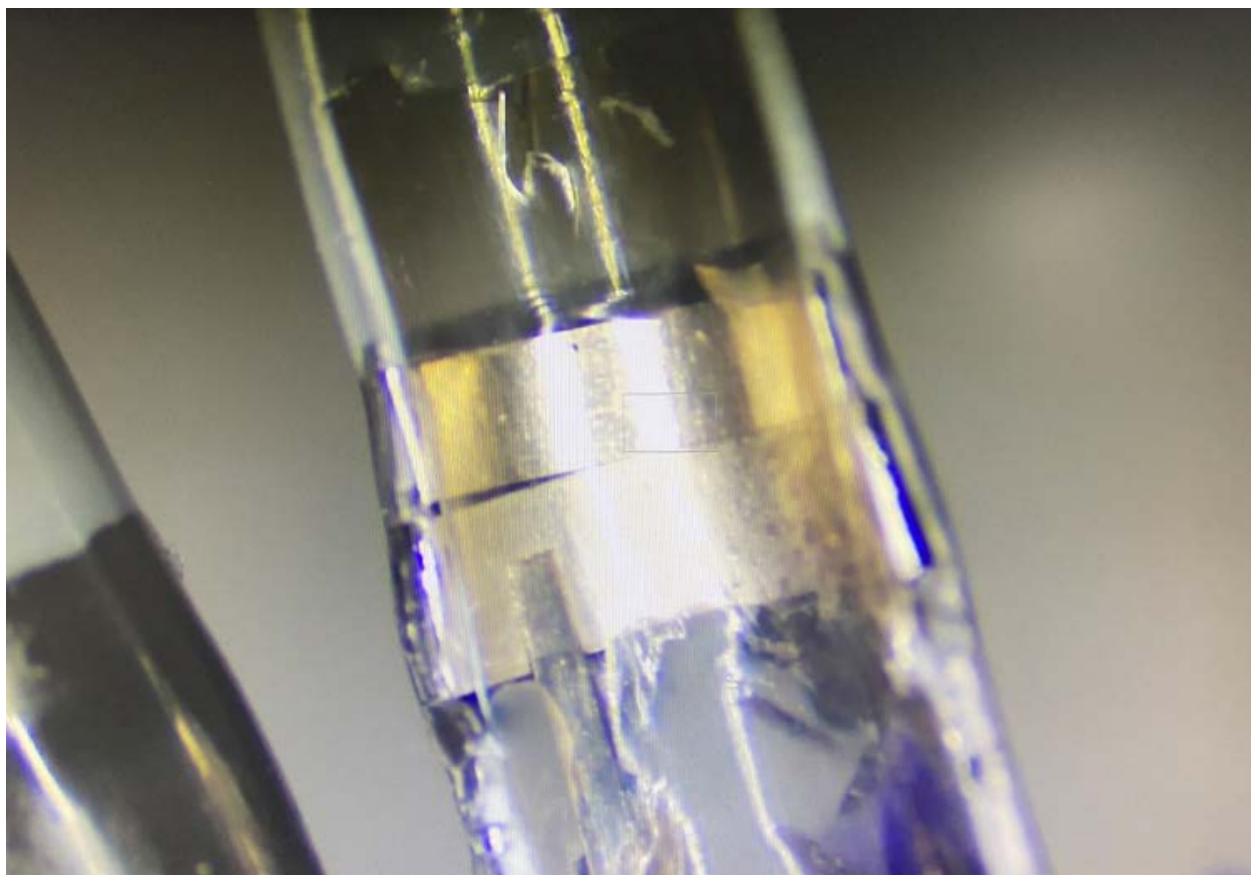
Se utiliza una resistencia de 120 V-200 Watts, 72 ohms tipo bayoneta porque es el que mejor se amolda a los bloques debido a su forma.



**Figura 11 Resistencia seleccionada.**

### **Prueba de integridad**

Para verificar la correcta unión y posición de los componentes tanto plásticos como metálicos, se realiza una prueba que consiste en abrir la punta a la mitad para verificar visualmente que al ejercer el plástico hacia atrás no se despegan ninguno de los componentes.

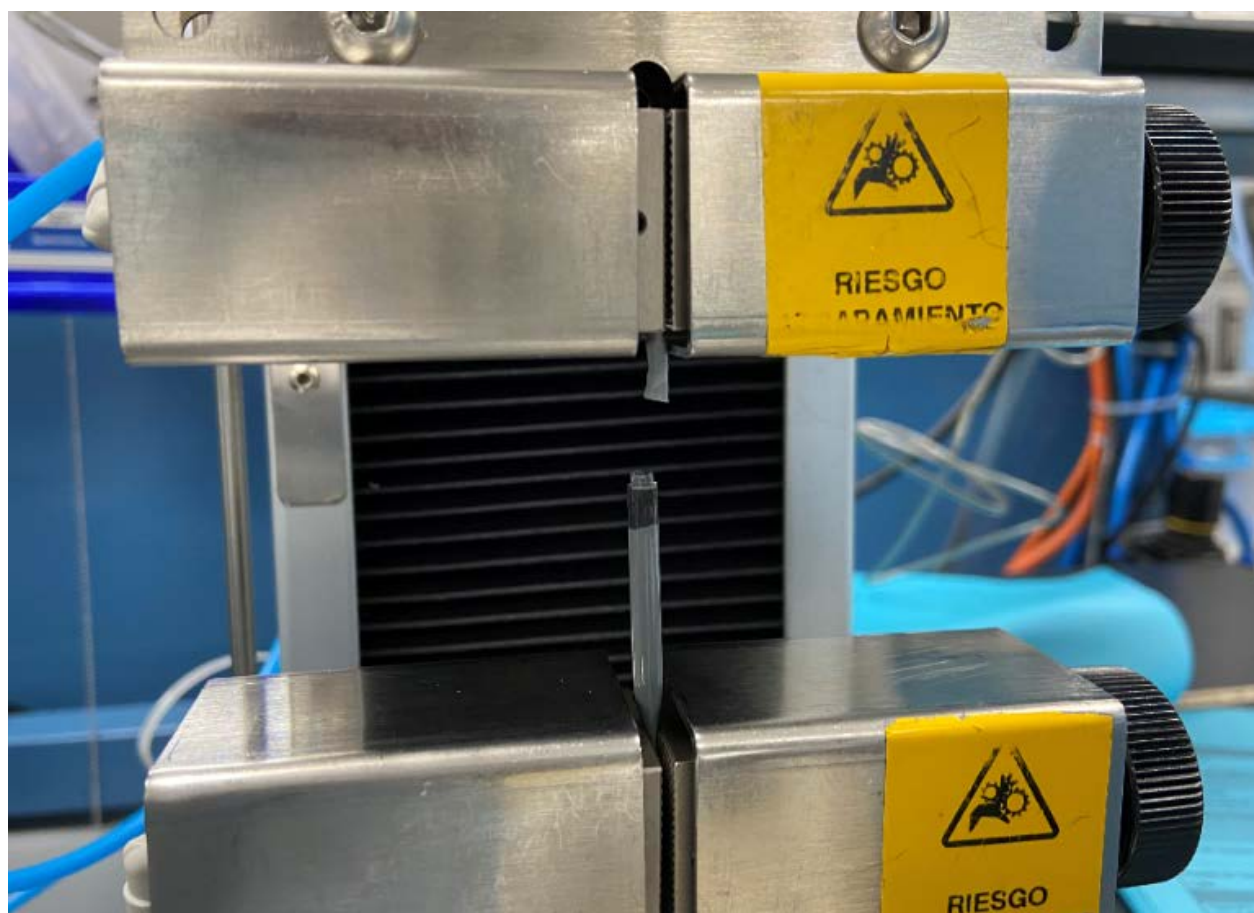


**Figura 12 Unidad utilizada para prueba de integridad.**

### **Prueba de tensión**

La prueba de tensión consta de ubicar dentro de unas mordazas especiales en una máquina de tensión la punta unida en el Horno, en una mordaza se coloca la parte del cuerpo de la unidad y en la otra la punta de la unidad que se refluye en el Horno.

De esta manera, la máquina ejerce presión al estirar la unidad y se detiene hasta que la unidad llegue al punto elástico o de ruptura más alto. Luego de esto la pantalla del equipo muestra el valor de tensión utilizado en esa muestra en específico.



**Figura 13 Unidad utilizada prueba de tensión.**

### **Inspección visual**

Las siguientes imágenes fueron utilizadas como referencia de rechazos por burbujas y alambrado expuesto.



**Figuras 14 Unidades con burbujas.**



**Figuras 15 Unidades con alambrado expuesto.**

### Proyección financiera

Basándose en los datos del último trimestre y el mes de junio que fue el mes de implementación, se observa que con solo un mes después del cambio hay una mejora en el rechazo de unidades y el retorno de la inversión se recupera en ese mismo mes.

Para corroborar estos datos se analizaron las unidades rechazadas tanto en porcentaje como en costo en colones para identificar cuanto representaba a nivel de mes.

Luego se restó el promedio de los meses de marzo, abril y mayo con los resultados obtenidos en el mes de junio y de esta manera se obtiene la ganancia que se obtuvo en ese mes.

Las cifras son confidenciales y por lo tanto se alteró el valor real de las muestras, pero que sí se respetó la proporcionalidad en los valores y en el retorno de inversión.

**Tabla 6: Detalle rechazos según código por unidades.**

Codigo de rechazo	Mes (unidades)				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Burbujas	104	150	74	20	16
Alambrado expuesto	500	710	670	220	218

**Tabla 7: Detalle eficiencias últimos 5 meses.**

Mes	Unidades entrantes	Burbujas	Alambrado	Otros defectos	Eficiencia por mes
Marzo	10000	104	500	217	91.79%
Abril	10000	150	710	110	90.30%
Mayo	10000	74	670	70	91.86%
Junio	10000	20	220	150	96.10%
Julio	10000	16	218	150	96.16%

**Tabla 8: Detalle de rechazo según código, últimos 5 meses.**

Mes	Burbujas	Rechazo Burbujas	Alambrado	Rechazo Alambrado	Otros defectos	Rechazo Otros Defectos
Marzo	104	1.04%	500	5.00%	217	2.17%
Abril	150	1.50%	710	7.10%	110	1.10%
Mayo	74	0.74%	670	6.70%	70	0.70%
Junio	20	0.20%	220	2.20%	131	1.31%
Julio	16	0.16%	218	2.18%	131	1.31%

**Tabla 9: Detalle disminución de rechazo según código.**

Antes de implementacion		Despues de implementacion		Diferencia en %
Prom burbujas	1.09%	Prom burbujas	0.18%	0.91%
Prom alambrado	6.30%	Prom alambrado	2.19%	4.11%
Prom defectos	1.32%	Prom defectos	1.31%	0.01%

$$\text{Retorno de la inversión} = \frac{\text{¢}49,600,000.00 - \text{¢}14,640,000.00}{\text{¢}14,640,000.00}$$

$$\text{Retorno de la inversión} = 2.38798$$

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## Conclusiones

1. Se logró aumentar la cantidad de producción mediante un rediseño de un Horno y optimización de las variables de para eliminar el cuello de botella de la estación y asegurar que las unidades fabricadas sean aceptables y no presenten ningún defecto funcional o estético.
2. Se logró establecer las variables a controlar son temperatura y tiempo, el tiempo a 90 segundos y la temperatura a 255 °C eso permitió solucionar las condiciones previamente explicadas en este trabajo; a través de un análisis de proceso para garantizar un correcto acabado en el producto.
3. Se aumentó la producción de unidades mediante un rediseño del horno debido a la disminución de defectos producido, se aumentó 500 unidades aproximadamente al mes. Y con la implementación de la segunda línea se aumentó la producción en 200 unidades por día.
4. Se validó el funcionamiento del equipo, se comprobó los resultados y se obtuvo en una mejora en el rechazo de burbujas de 0.89% y alambrado 4.10%.
5. Se realizó una evaluación de la mejora en el aumento de producción se determinó que las unidades rechazadas antes de los cambios fueron en promedio por mes de burbujas 109 y alambrado 627 y la actual por mes es de burbujas 20 unidades y alambrado 220 unidades.
6. Se realizó una proyección financiera de los ahorros con base en el último cuatrimestre se obtuvo que el rechazo promedio era de burbujas 1.09% y de alambrado 6.30% y en el mes de junio fue de burbujas 0.20 % y de alambrado 2.20% por lo tanto se proyecta un ahorro de colones ₡25,000,000.00 aproximadamente por mes.

## **Recomendaciones**

1. Se recomienda hacer un estudio de otros defectos que afecten la producción o a la eficiencia del producto y así tener una ganancia superior.
2. Se recomienda tomar este proyecto como un análisis piloto que se pueda utilizar en otras líneas de producción y que generen diferentes tipos de ganancias o beneficios.
3. Se recomienda no realizar más modificaciones al Horno, ya que por distancia entre cada bloque se impráctica la inserción de unidades a las personas que operan el Horno.
4. Se recomienda implementar los Hornos futuros con esta configuración para que se aproveche al máximo el tiempo del personal directo y se tenga el control sobre los defectos analizados.
5. Se recomienda bloquear los controles del sistema para que no puedan ser modificados por personal no calificado o sin autorizado.

## REFERENCIAS

(n.d.).

Florian, J., Practical Thermoforming, 1996.

Gruenwald, G, Thermoforming: A Plastics Processing Guide, 1998

Lobato Flores, Arturo. Hornos metalúrgicos industriales. Lima : San Marcos (s. f.)

Allen, F., Myers, S., & Brealey, R. A. (2010). *PRINCIPIOS DE FINANZAS CORPORATIVAS (Novena Edición)*. México: Mc Graw Hill.

CA PECUARIA INTEGRADA DE EARTH. *Tierra Tropical*, 132-133.

Descripción del indicador: Ganancias y costo de la mano de obra. Retrieve from <https://ilostat.ilo.org/es/resources/concepts-and-definitions/description-earnings-and-labour-cost/>

Rodrigues Guerrero, Ana Rita. CONFORMACIÓN, MECANIZACIÓN Y UNIÓN DE PLÁSTICOS. APLICACIONES.

Esquén Zamora, B. (2018). “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FUNDICIÓN Y MOLDEADO, PARA LA ELABORACIÓN DE ACCESORIOS DE

Armijos Mora, Freddy. PLÁSTICO RECICLABLE CON FINES DIDÁCTICOS PARA EL AEIRNNR - UNL” . Loja-Ecuador.

Malay K. Ghosh. Polyimides: Fundamentals and Applications. Retrieved from [https://books.google.co.cr/books?hl=en&lr=&id=WESPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Florian,+J.,+Practical+Thermoforming,+1996.&ots=v9pTsI0Qmk&sig=z7tcKiiZintsP2pAXcO\\_LdBoFDI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.cr/books?hl=en&lr=&id=WESPEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Florian,+J.,+Practical+Thermoforming,+1996.&ots=v9pTsI0Qmk&sig=z7tcKiiZintsP2pAXcO_LdBoFDI#v=onepage&q&f=false)

Floyd, T. L. (2007). *Principios de Circuitos Eléctricos*. México: Prentice Hall.

P. Neogi. Diffusion in Polymers. Universidad de Missouri. Missouri Retrieved from <https://books.google.co.cr/books?hl=en&lr=&id=j9XcvXNDwtQC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Florian,+J.,+Practical+Thermoforming,+1996.&ots=0hXAf1LNmu&sig=DL6UKAMGhdkFXQapUWUnnrP2Cr4#v=onepage&q&f=false>

# ANEXOS

## Anexo 1. Especificación material plástico

### Pebax® 7233 SP 01

#### PRODUCT TEXT

Polyether block amide **Pebax® 7233 SP 01 resin** is a thermoplastic elastomer made of flexible polyether and rigid polyamide.  
This SP grade has been developed to be heat and UV resistant.

#### PRODUCT TEXT

##### Main applications:

- Athletic foot wear components
- Ski shoes
- Zip fasteners
- Hook and loop fasteners

##### Packaging:

This grade is delivered dried in sealed packaging (20 or 25 kg bags) ready to be processed.

##### Shelf Life:

Two years from the delivery. For any use above this limit, please refer to our technical services.

#### Other text information

##### Processing conditions:

- Typical melt temperature (Min / Recommended / Max) : 230°C / 260°C / 290°C.

- Typical mold temperature : 25 - 60°C.

- Drying time and temperature (only necessary for bags opened for more than two hours) : 5-7 hours at 70-80°C.

##### Processing conditions:

- Typical melt temperature (Min / Recommended / Max) : 220°C / 235°C / 250°C.

- Drying time and temperature (only necessary for bags opened for more than two hours) : 5-7 hours at 70-80°C.

## Anexo 2. Termocupla seleccionada

### General Applications

#### Nozzle Style



The nozzle thermocouple has a short installation depth and a low profile thus allowing control of thin sections of platens.

\* Only available with 24 gauge wire.

### Rapid Ship Sensors

Rapid Ship sensors come with 24 gauge stranded fiberglass lead with stainless steel overbraid, grounded junction and a split lead termination.

Calibration	Bolt Size	Lead Length in. (mm)	Part Number
J	1/8 in. x 28 UNF	48 (1219)	71XJSGA048A
		96 (2438)	71XJSGA096A
	M6 x 1	48 (1219)	71XJSGM048A
		96 (2438)	71XJSGM096A

**Custom Ordering Information**—Items in **Bolded Green Type** are preferred with shorter lead times.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	7	1	X			G					
<b>1-2. Construction Style</b>	71 = Nozzle thermocouple										
<b>3. Diameter</b>	X = Not applicable										
<b>4. Calibration</b>	J = Type J      T = Type T K = Type K      E = Type E										
<b>5. Lead Protection</b>	F = Fiberglass (24 gauge stranded) S = Fiberglass with stainless steel overbraid (24 gauge stranded) P = Fiberglass (20 gauge stranded) B = Fiberglass with stainless steel overbraid (20 gauge stranded) T = PFA (24 gauge stranded) U = PFA with stainless steel overbraid (24 gauge stranded) V = PFA (20 gauge stranded) W = PFA with stainless steel overbraid (20 gauge stranded)										
<b>6. Junction</b>	G = Grounded										
<b>7. 304 SS, Bolt size</b>	A = 1/8 inch x 28 UNF, 1/8 inch thread depth B = 8-32 thread C = 10-32 thread M = M6 x 1										
<b>8-10. Lead Length (inches)</b>	012, 024, 036, 040, 048, 060, 072, 079, 096 and 120 Available lengths: 006 to 360, over 360 consult factory										
<b>11. Terminations/Options</b>	A = Standard, 2 1/2 inch split leads B = 2 1/2 inch split leads with #6 spade lugs C = 2 1/2 inch split leads with #6 spade lugs and BX connector D = Standard male plug, quick disconnect E = Standard female jack, quick disconnect F = Miniature male plug, quick disconnect G = Miniature female jack, quick disconnect H = 1/2 inch push-on connector										

## Anexo 3. Control Modulante seleccionado



### Especificaciones

(1150)

#### Modo de Control

- Autoajuste PID.
- PID, PD, PI, on/off.
- Temporizador de conteo regresivo; horas: minutos, minutos: segundos.
- Modos de salida del temporizador; Retardo Off, Retardo On, Señal Off, Señal On.

#### Aprobaciones de Agencias

- UL/C-UL 508, Archivo #E102269.
- Aprobado por CE Directiva de Compatibilidad Electromagnética 89/336/EEC:
  - EN 50081-2: Emisiones 1994;
  - EN 50082-2: Inmunidad 1995.
- 73/23/EEC Directiva de Bajo voltaje:
  - EN 61010-1: Seguridad 1993.
- Panel frontal clasificado NEMA 4X<sub>2</sub>(IP65).

#### Interfaz del operador

- Pantalla digital, individual, de siete segmentos, roja o verde seleccionable en fábrica.
- Anunciadores de salidas/operación, tres LED discretos.
- Tres interruptores momentáneos de retroalimentación táctiles.
- Cierre de contacto seco de bloqueo de panel frontal que desactiva la operación del panel frontal.

#### Precisión

- $\pm 0,25\%$  de amplitud, o
- Termopares de tipos T y S a  $<200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 0,32\%$  de amplitud típica.

#### Rechazo del Ambiente

- $<0,15\text{ }^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$  de elevación en el ambiente, o
- Termopares de tipos T y S,  $<0,47\text{ }^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$  de elevación en ambiente típico.

#### Sensores/Entradas

- Intervalo de muestreo de entrada de sensor: 10 muestras/segundo (10 Hz).
- Termopares de tipos E, J, K, N, S y T, punta conectada a tierra o sin tierra.
- Resistencia (DIN) de base de  $100\Omega$  de dos hilos, RTD.
- Entrada de punto de control remoto, seleccionable en el campo, 0-5 V = (cc), de escala ajustable, impedancia de entrada de  $10\text{ k}\Omega$ .

#### Intervalo de Entrada

Los intervalos de temperatura especificados representan la amplitud de operación del controlador.

#### Termopar

Tipo E	-328	a	1470 °F
	(-200	a	799 °C)
Tipo J	-32	a	1382 °F
	(0	a	750 °C)
Tipo K	-328	a	2282 °F
	(-200	a	1250 °C)
Tipo N	-32	a	2282 °F
	(0	a	1250 °C)

Tipo S	32	a	2642 °F
	(0	a	1450 °C)
Tipo T	-328	a	662 °F
	(-200	a	350 °C)

#### Resolución RTD (DIN)

1°	328	a	1292 °F
	(-200	a	700 °C)
0.1°	-199.9	a	999.9 °F
	(-128.8	a	537.7 °C)

#### Salida de Control

- Intervalo de actualización de salida: 1/segundo (Hz).

#### Salida 1/Entrada Remota

- Señal lógica de corriente continua, 5 V = (cc) a 25 mA nominal, protegida contra corto circuito, no aislada.

#### Salida 2

- Señal lógica de corriente continua, 6 V = (cc) a 60 mA nominal, protegida contra corto circuito (compatible con el controlador de energía Watlow DIN-A-MITE®).
- Relé electromecánico<sub>1</sub>, Forma A, 2A, 240 V - (ca), sin supresión de contacto<sub>3</sub>.
- Relé de estado sólido, Forma A, 0,5 A, 24 a 264 V ~ (ca), sin supresión de contacto<sub>3</sub>. Impedancia de salida de estado abierto de  $31\text{ M}\Omega$ .

#### Duración de Ciclo de Salida

- Relé de estado sólido y corriente continua; 5,0 segundos de default, 0,1 segundo mínimo.
- Relé electromecánico; 30,0 segundos de default, 5,0 segundos mínimo.

#### Voltaje de la red/Corriente

- 100 - 240 V ~ (ca) + 10%, - 15%; (85 - 264 V ~ [ca], 50/60 Hz,  $\pm 5\%$ ).
- 24 - 28 V @ (ca/cc) + 10%, - 15%; (20 - 31 V @ [ca/cc], 50/60 Hz,  $\pm 5\%$ ).
- Tipo de retraso protegido internamente por fusibles (reemplazable en fábrica solamente), 2A, 250 V.
- Consumo de corriente, 6 VA máximo.
- Retención de datos al interrumpirse la corriente vía memoria no volátil.

#### Ambiente de Operación

- 32 a 149 °F (0 a 65 °C).
- 0 a 90% H.R., sin condensación.

#### Temperatura de almacenamiento

- -40 a 185 °F (-40 a 85 °C).

#### Terminales

- Tipo de tornillo de fijación seguro al tocarse, acepta hilos de calibre 22 a 12.

#### Peso del Controlador

- 4.0 onzas (113,4 g).

#### Peso de embarque

- 7.3 onzas (208 g).

#### ADVERTENCIA:

En este manual se usa coma como separador decimal en los valores del sistema métrico y punto en los valores del sistema inglés.