



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

**Diseño de un sistema de control eléctrico para el proceso de
estampado al calor del papel en máquina Heidelberg Minerva.**

AUTOR:

Torres Manzano, Marco Antonio

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo Mgs.

Guayaquil, Ecuador

4 de Marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Torres Manzano Marco Antonio**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA**.

TUTOR

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo Mgs

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando M.S.c

Guayaquil, 4 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN ELÉCTRICO MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Torres Manzano Marco Antonio**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: “**Diseño de un sistema de control eléctrico para el proceso de estampado al calor del papel en máquina Heidelberg minerva**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 4 de marzo del 2020

EL AUTOR:

f. _____

TORRES MANZANO MARCO ANTONIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Torres Manzano Marco Antonio**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño de un sistema de control eléctrico para el proceso de estampado al calor del papel en máquina Heidelberg minerva**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

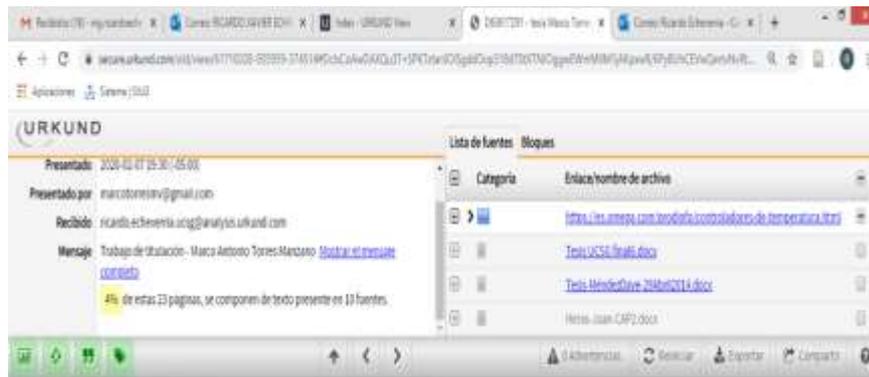
Guayaquil, 4 de marzo del 2020

EL AUTOR:

f. _____

TORRES MANZANO MARCO ANTONIO

REPORTE DE URKUND



FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

TEMA: “Diseño de un sistema de control eléctrico para el proceso de estampado al calor del papel en máquina Heidelberg Minerva”

AUTOR: Torres Manzano, Marco Antonio

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO ELECTRICO-MECANICO

TUTOR: Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, Ecuador 9 de febrero del 2020

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Marco Antonio Torres Manzano, como requerimiento para la obtención del Título de INGENIERO EN ELECTRICO-MECANICO

TUTOR:

Ing. Bayardo Bohórquez E.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres por ser mi guía en el camino de la vida y mis pilares fundamentales, de apoyo incondicional.

A mis compañeros del curso, por crear un vínculo de amistad en el tiempo, por todas las experiencias vividas dentro y fuera del curso.

De igual manera mis agradecimientos a la universidad Católica Santiago de Guayaquil, a la facultad de educación técnica para el desarrollo, a los docentes que conforman esta facultad, gracias a ellos por sus enseñanzas y paciencia.

Marco Antonio Torres Manzano

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Francisco y Paola y hermano, por su amor y sacrificio diario durante todo este trayecto de mi carrera profesional.

A mi enamorada, que supo estar conmigo en momentos difíciles y me alentó para continuar y no rendirme jamás.

A mis perritos, Cometa, Hugo y Bob, que se desvelaban junto a mí, sacándome una sonrisa en momentos de estrés.

Marco Antonio Torres Manzano



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Manuel De Jesus Romero Paz, Mgs.
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Orlando Philco, Msc.
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Orlando Philco, Msc.
OPONENTE

Índice General

CAPÍTULO 1.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.4 Objetivos del problema de investigación.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Metodología de investigación.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Maquina Heidelberg.....	6
2.2 Proceso de estampado al calor.....	7
2.3 Papel Foil.....	10
2.4 Clisé.....	10
2.5 Electricidad.....	11
2.5.1 Corriente alterna.....	11
2.5.2 Corriente Continua.....	12
2.6 Normas Ecuatoriana de Construcción.....	13
2.6.1 Equipos de protección personal.....	15
2.6.2 Disposiciones Generales.....	15
2.7 Sistema de control.....	15
2.8 Controles eléctricos.....	18
2.9 Elementos para realizar un sistema de control eléctrico.....	19
2.9.1 Gabinete o armario.....	19
2.9.2 Breaker.....	19
2.9.3 Contactores.....	20
2.9.4 Pulsadores.....	21
2.9.5 Indicadores luminosos.....	22
2.9.6 Variador de frecuencia.....	23
2.9.7 Transductores para temperatura.....	24
2.9.8 Relé estado sólido.....	31

2.9.9 Controlador PID.....	33
2.9.10 Motor eléctrico.....	35
CAPÍTULO 3.....	36
DESARROLLO.....	36
3.1 Análisis de datos	37
3.2 Cálculo K_p , T_i , T_d para controlador de temperatura.....	41
3.3 Diseño de sistema de control.....	44
3.3.1 Cálculo de potencia del motor.....	45
3.3.2 Cálculo de potencia de la plancha resistiva.....	48
3.3.3 Sistema de control máquina Heidelberg.....	50
3.4 Presupuesto	51
3.5 Diseño de armario eléctrico.....	52
3.6 Costo Beneficio	56
CAPÍTULO 4.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
4.1 Conclusiones.....	58
4.2 Recomendaciones.....	60
Referencias.....	61
Anexos:	66

Tabla de ilustraciones

<i>Figura 2.1:</i> Máquina Heidelberg Minerva.	7
<i>Figura 2.2:</i> Plancha con clisé.	7
<i>Figura 2.3:</i> Muestra de estampado al calor.	8
<i>Figura 2.4:</i> Máquina ZS-750.	9
<i>Figura 2.5:</i> Máquina manual ZS TYMC-1100.	9
<i>Figura 2.6:</i> Muestra de colores de foils.	10
<i>Figura 2.7:</i> Muestra de un cliché utilizado en el proceso de estampado al calor.	11
<i>Figura 2.8:</i> Generador alterno monofásico.	12
<i>Figura 2.9:</i> Gráfica de bloque de sistema lazo abierto.	17
<i>Figura 2.10:</i> Gráfica de bloque de sistema lazo cerrado.	17
<i>Figura 2.11:</i> Gabinete tipo metálico para uso eléctrico.	19
<i>Figura 2.12:</i> Componentes internos de un breaker.	20
<i>Figura 2.13:</i> Componentes de un contactor.	21
<i>Figura 2.14:</i> Pulsadores para sistemas de control.	22
<i>Figura 2.15:</i> Imagen referencial de luz piloto.	22
<i>Figura 2.16:</i> Variador de frecuencia ABB.	23
<i>Figura 2.17:</i> Diagrama de bloques del variador de frecuencia.	23
<i>Figura 2.18:</i> Gráfico relación mA vs C en transductores.	25
<i>Figura 2.19:</i> Dependencia de la resistencia con la temperatura NTC.	28
<i>Figura 2.20:</i> Dependencia de la resistencia con la temperatura PTC.	29
<i>Figura 2.21:</i> Efecto Seebeck en un termopar.	30
<i>Figura 2.22:</i> Diferencia entre tipos de termocupla en mili voltio vs grados Celsius.	30
<i>Figura 2.23:</i> Diagrama de bloque de un relé estado sólido.	33
<i>Figura 2.24:</i> Parámetros PID.	33
<i>Figura 2.25:</i> Pirómetro digital PID.	34
<i>Figura 2.26:</i> Sección de motor eléctrico jaula de ardilla.	36
<i>Figura 3.27:</i> Obtención de datos de temperatura con sensor LM35.	38
<i>Figura 3.28:</i> Arduino con sensor LM35 para toma de datos de temperatura vs tiempo.	38
<i>Figura 3.29:</i> Gráfica de datos obtenidos.	42
<i>Figura 3.30:</i> Gráfica en MATLAB función de transferencia.	43
<i>Figura 3.31:</i> Gráfica PID temperatura.	43
<i>Figura 3.32:</i> Curva característica del motor de inducción.	47
<i>Figura 3.33:</i> Relación Par- Velocidad cuando varía la frecuencia de alimentación.	47
<i>Figura 3.34:</i> Diseño de placa de aluminio.	48
<i>Figura 3.35:</i> Resistencia tubular.	49
<i>Figura 3.36:</i> Medición de amperaje en plancha resistiva.	49
<i>Figura 3.37:</i> Diseño del sistema de control.	50
<i>Figura 3.38:</i> Diseño de armario eléctrico para el sistema de control para el proceso de estampado al calor.	52
<i>Figura 3.39:</i> Conexión controlador PID temperatura.	53

<i>Figura 3.40:</i> Diseño del interior del armario eléctrico con los componentes eléctricos.....	53
<i>Figura 3.41:</i> Conexión del variador de frecuencia.	54
<i>Figura 3.42:</i> Placa resistiva utilizada en la máquina Heidelberg.	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características de los materiales RTD.	27
Tabla 2.2: Características de las termocuplas.	31
Tabla 3.3 Obtención de datos, relación tiempo temperatura.	38
Tabla 3.4: Datos de la máquina Heidelberg Minerva.	44
Tabla 3.5: Especificaciones del motor de accionamiento máquina Heidelberg.	45
Tabla 3.6: Especificaciones técnicas del Variador de frecuencia.	46
Tabla 3.7: Tabla de componentes para el sistema control eléctrico.	51
Tabla 3.8: Potencia total de la máquina Heidelberg.	55

Resumen

En el sector de imprenta gráfica de la ciudad de Guayaquil, no cuentan con una máquina específica para realizar el proceso de estampado al calor, por lo cual han adaptado las funciones de la máquina Heidelberg para incorporar dicho proceso; la cual está diseñada únicamente para el proceso de troquelado del papel. El principal motivo por el que los artesanos no cuentan con máquinas específicas para este servicio, es el alto costo de las mismas; frente a esta problemática, los artesanos han desarrollado un sistema casero que no cuenta con instalaciones eléctricas adecuadas y no dispone de ningún controlador. En el capítulo 3 se desarrolló un diseño de un sistema de control eléctrico confiable y seguro para mejorar el proceso de estampado al calor de la máquina Heidelberg Minerva. En primer lugar se especificaron los parámetros técnicos relacionados con el proceso de estampado al calor, luego se realizaron los cálculos pertinentes para la programación del controlador PID de temperatura, en conjunto con el cableado para el control eléctrico. Finalmente, el diseño del sistema de control para la máquina Heidelberg minerva permite controlar el arranque del motor con un variador de frecuencia y la temperatura con un controlador PID para el proceso de estampado al calor. A modo de recomendaciones, se plantean acciones secundarias para mejorar la calidad del proceso y un análisis de costo beneficio en comparación de adquirir una máquina exclusivamente para este proceso.

Palabras clave: Heidelberg minerva, estampado al calor, sistema de control, control PID.

Abstract

In the graphic printing sector in Guayaquil city, it has been identified that artisans don't have a specific machine to perform the hot stamping process, however the artisans has modified the Heidelberg Minerva, where the main function is the die cutting. But, due to the demand for this process, the absence of modern machine and its high international cost, the artisans developed a home system to carry out this process, in which it doesn't have adequate electrical installations and doesn't have any control system. In the chapter 3 of these research was to design a safely and reliable control system for the hot stamping process of the Heidelberg Minerva machine. First, the theoretical and technical parameters related to the hot stamping process will be determined. Then, the pertinent calculus for the PID controller programming were made, determining the K_p , T_i , T_d ; in conjunction with wiring for electrical control. Finally, the design of the control system for the Heidelberg Minerva machine allows you to control the motor starting with a frequency drive and temperature with a PID controller for the hot stamping process. As recommendations, secondary actions are proposed to improve the quality of the process.

Keywords: Heidelberg machine, hot stamping, control system, PID controller.

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción.

Mirar a nuestro alrededor es ser testigo de un mundo dinámico, por la búsqueda constante de mejoras de procesos industriales para la reducción de desperdicios y consumo eléctrico, optimizando la eficiencia de los equipos eléctricos y mejorando la calidad de los productos.

La temperatura, presión, caudal y la velocidad, son una de las variables que más frecuentemente aparecen en procesos industriales para ser controladas, con el fin de aumentar la eficiencia de una máquina y mejorar la calidad de un producto. Para alcanzar dicho objetivo se han desarrollado sistemas de control de lazo abierto o cerrado en procesos industriales, con el fin de medir, comparar, y actuar frente a errores o cambios, siendo esta un regulador de capacidad en procesos optimizando energía eléctrica.

El presente documento, tiene como enfoque revisar la aplicación de las variables de temperatura y velocidad del motor en el proceso de estampado de papel al calor que ocurre con la máquina Heidelberg minerva, para proponer un diseño eléctrico que permita controlar las variables antes mencionadas, contemplando los términos de seguridad para la instalación eléctrica y realizando mejoras para la reducción del consumo eléctrico.

1.2 Antecedentes.

En el sector de imprenta gráfica artesanal de Guayaquil, las pocas imprentas que dan servicio de troquelado y de estampado al calor del papel para artículos publicitarios, utilizan la maquina Heidelberg minerva. Esto ocurre principalmente porque en el mercado local, no hay máquina moderna específica para este proceso dado que su costo en el mercado es elevado. Por tal razón, los artesanos modificaron la Heidelberg para realizar el proceso de estampado al calor.

Los artesanos gráficos desconocen de estudios eléctricos y para realizar el proceso de estampado al calor a la máquina han adaptado una plancha resistiva de aluminio. La plancha de aluminio se le realiza un trabajo de fresado para colocar una resistencia tubular. Ésta resistencia le aplican 110V AC y por efecto joule, la plancha de aluminio aumenta de temperatura y se procede a la aplicación del estampado al calor.

Cabe recalcar que no se utiliza reguladores ni sensores de temperatura, también desconocen la potencia de la plancha. El trabajo lo realizan empíricamente, manipulando el tacto para saber si la plancha está a una temperatura adecuada.

Por lo antes expuesto, ésta modalidad de trabajo puede ocasionar daños físicos como quemaduras a la persona que opera la Heidelberg. Además, al conectar una carga resistiva, se produce un consumo elevado de corriente el cual no es controlado y se desconoce si las instalaciones están aptas para soportar la carga.

1.3 Planteamiento del problema.

La máquina Heidelberg Minerva no cuenta con ningún tipo de sistema de control eléctrico además, los operarios de estas máquinas utilizan métodos arcaicos y sin parámetros de medición para el proceso de estampado al calor.

1.4 Objetivos del problema de investigación.

1.4.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema de control eléctrico para el proceso de estampado al calor para la máquina Heidelberg minerva.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Diseñar diagramas de control eléctricos para el sistema de control.
- Seleccionar los equipos adecuados para el diseño del sistema de control eléctrico para el proceso de estampado al calor.
- Calcular valores de potencia de la plancha de aluminio, cálculo de conductores y equipos.

1.5 Hipótesis.

Las variable de temperatura que interactúa en el funcionamiento de la máquina Heidelberg Minerva para el proceso de estampado de papel al calor pueden mejorar a través de un sistema de control, lo que permitiría mejorar la calidad y acabado del producto obtenido en este proceso, así como la reducción de riesgos laborales, además una reducción del consumo energético en un 30% utilizando un variador de frecuencia como dispositivo de arranque para el motor.

1.6 Metodología de investigación.

Para el presente proyecto, se utilizará metodología cualitativa, documental y descriptiva las cuales aportarán un desarrollo total para el siguiente trabajo de investigación.

En sentido amplio, puede definirse la metodología cualitativa como la investigación que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable. (Lecanda & Garrido, 2015, p. 7)

La investigación documental o diseño documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. (Arias Fidiás, 2016, párr. 2).

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. (Deobold VanDalen, 2016, párr. 1)

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Maquina Heidelberg.

A lo largo de su recorrido por la historia de las artes gráficas la Minerva Heidelberg de aspas sigue siendo admirada por el sector gráfico en la ciudad de Guayaquil, por su capacidad para afrontar cualquier trabajo, fuerza, su suave operatividad y su fiable ajuste en el registro y durabilidad. Además, se la utiliza en diferentes procesos como troquelado de papel y estampado al calor.

Está compuesta por un mecanismo de aspas giratorias de dos pinzas. En el cierre la pinza tomadora introduce el pliego y lo apoya sobre el tímpano de la máquina, donde está el troquel. Luego, en la siguiente apertura suelta el pliego, ahora ya troquelado, sobre la pila.

Impulsada por un motor de 2 K W trifásico a 1800 rpm, la máquina cuenta con una dimensión de 1,45m x 2. El formato máximo del papel es de 34x46cm. Tiene un peso total de 2250 Kg. Con una cantidad de impresión de 2,300 pliegos por hora. En la actualidad no hay ninguna máquina que pueda sustituirla debido al abanico de posibilidades de producción y acabados que ofrece. (Original Heidelberg, 2014, p. 11).



Figura 2.1: Máquina Heidelberg Minerva.

Fuente: (Original Heidelberg, 2014, p. 11).

2.2 Proceso de estampado al calor.

El proceso de estampado al calor es una técnica de impresión en la cual un pigmento, generalmente de alta resolución, se transmite a la superficie de un objeto mediante un procedimiento basado en la alta temperatura. El diseño se graba en un clisé, generalmente realizada en materiales como estaño, bronce, magnesio, aluminio o silicona, en la siguiente figura se puede ver la máquina Heidelberg realizando el proceso de estampado al calor.

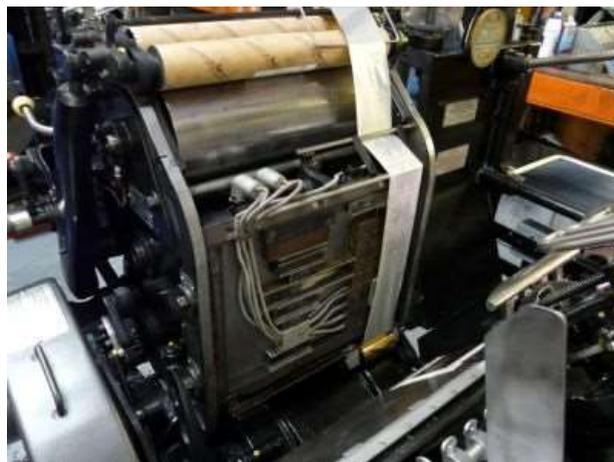


Figura 2.2: Plancha con clisé.

Fuente: (Norman Haynes Ltd., 2016, párr. 3)

Al colocar el papel en la máquina, se cierra la prensa y el foil queda prensado entre el clisé y el papel, de modo que se adhiere la capa del material sobre el papel, con el mismo dibujo que posee el clisé. (Fedrigoniclub, 2012).

La importancia de la temperatura radica en que ésta, unida a la presión, activa el adhesivo del foil y hace que se transfiera al papel. La temperatura que alcanza el proceso para que la grabación se efectúe tiene que ser de entre 100 y 150 grados centígrados, dependiendo del tipo de material a imprimir y el tamaño del diseño. Los colores más utilizados en este proceso son los metalizados, porque el contraste resulta más efectivo, pero en procedimientos de alta resolución se pueden utilizar otros colores e incluso jugar con las transparencias.

Esto hace que el proceso de estampado al calor sea extremadamente llamativo y utilizado en el sector de publicidad, por citar algunos de los usos más habituales de estampado al calor son: estampas de cajas, invitaciones, ilustraciones en libros, estampaciones en revistas o catálogos y otro tipo de publicaciones, tarjetas, sobres o empaque para cosméticos, como se puede ver en la siguiente figura, la aplicación de estampado al calor en tarjetas de presentación. (Carles, 2019, p. 13)



Figura 2.3: Muestra de estampado al calor.

Fuente: (Carles, 2019, p. 13)

En el mercado internacional, existen variedades de máquinas para la aplicación de este proceso tanto manuales como automáticas. En la siguiente figura se puede ver una máquina automática marca ZS modelo 750, utilizada para el proceso automático de estampado al calor y de troquelado del papel, con un valor de 33000 dólares americanos.



Figura 2.4: Máquina ZS-750.

Fuente: (Wenzhou zensen Machinery Co., Ltd, 2018a, p. 4)

En la siguiente figura se puede ver una maquina manual para aplicación de estampado al calor a otro tipo de materiales como, tela, agendas, entre otros. Con un precio de 6000 dólares americanos.



Figura 2.5: Máquina manual ZS TYMC-1100.

Fuente:(Wenzhou zensen Machinery Co., Ltd, 2018b, p. 11)

2.3 Papel Foil.

El papel foil es una lámina fina de poliéster termo-transferible mediante del proceso de estampado al calor utilizando un cliché caliente y una máquina especializada. Existen diferentes tipos de foil en varios colores para diversas aplicaciones y se venden por rollos de 64cm, 32 cm por 122 metros. Para más información revisar el anexo 2 del documento.(Carles, 2019, p. 9)



Figura 2.6: Muestra de colores de foils.

Fuente: (Carles, 2019, p. 9)

2.4 Clisé.

El cliché o clisé, hace referencia una placa o lámina de metal u otro material como estaño, bronce, magnesio, aluminio o silicona, el cual tiene el relieve de la impresión que se pretende imprimir en papel o cartón, utilizado para procesos de estampado al calor o relieve. Estos clisés son fabricados en impresoras tipo CNC.



Figura 2.7: Muestra de un cliché utilizado en el proceso de estampado al calor.

Fuente: (Folger, 2019, pág. 18)

2.5 Electricidad.

Según la guía técnica de prevención de riesgos eléctricos en obras de construcción, considera que la electricidad es “el conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de cargas eléctricas manifiesta en una gran variedad de fenómenos como los rayos la electricidad estática, la inducción electromagnética o el flujo de corriente eléctrica”. (Ministerio de Relaciones Laborales, 2013, p. 2).

Las cargas eléctricas producen campos electromagnéticos que interaccionan con otras cargas. Existen clases de energía eléctrica, puede ser alterna y continua.

2.5.1 Corriente alterna.

La corriente eléctrica alterna se caracteriza por su onda sinusoidal, en donde cambia periódicamente, siendo un tipo de corriente bidireccional. La corriente alterna se produce en generadores, donde el giro del devanado se presenta dentro de un campo magnético fijo en el estator del generador, además el devanado corta las líneas de campo magnético, en el cual se induce un voltaje en el mismo que varía con el tiempo debido a que existen puntos donde el devanado corta más líneas de flujo, además de que se

invierte la dirección del mismo, logrando ser en medio periodo positivo y el otro medio periodo negativo. (Villamizar & Rodríguez, 2010, pág. 61).

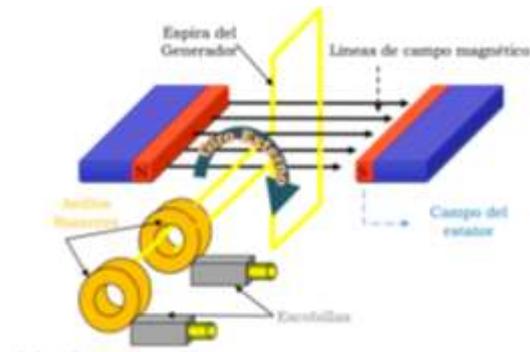


Figura 2.8: Generador alterno monofásico.

Fuente: (Villamizar & Rodríguez, 2010, pág. 61).

La corriente alterna cambia de polaridad cíclicamente siendo alternativamente positiva y negativa respectivamente. La forma de onda depende del generador que la produce, pero siempre hay una línea de cero voltios que divide a la onda en dos picos simétricos. Las características de la corriente alterna son: la frecuencia (ciclos en un segundo) y la tensión de pico a pico; aunque suele utilizarse el valor de tensión eficaz (tensión RMS). (Seat S.A, 1996, p. 10).

2.5.2 Corriente Continua

La corriente continua es aquella cuyos valores instantáneos a lo largo del tiempo son de la misma magnitud. Suele estar suministrado por pilas, baterías, dinamos, fuentes de alimentación de corriente continua. Una de las características fundamentales de la corriente continua es que tiene polaridad. Esto implica que los receptores deben conectarse de acuerdo a esa polaridad, de lo contrario podríamos obtener consecuencias no deseadas, y en el mejor de los casos no funcionarían.

La corriente continua (c.c.) es producida por generadores que siempre suministran la corriente en la misma dirección; tal es el caso de dinamos, células fotoeléctricas, pilas, etc. La corriente continua no varía su valor en función del tiempo: en la pantalla de un osciloscopio aparece como una línea horizontal referenciada a un nivel de cero voltios (línea de masa). La distancia de la línea de tensión a la línea de masa indica la magnitud (amplitud) de la tensión. La corriente alterna (c.a.) no puede almacenarse en baterías, pero es mucho más fácil y barata de producir gracias a los alternadores. (Seat S.A, 1996, p. 10) .

2.6 Normas Ecuatoriana de Construcción.

Según la norma ecuatoriana de construcción, se debe de seguir las siguientes normas para la instalación de tableros eléctricos: (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2013, p. 70)

15.1.6.0.1. Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella y deben proveer un alto nivel de seguridad y confiabilidad en la protección de personas e instalaciones.

15.1.6.0.2. La cantidad de tableros que sea necesario para el comando y protección de una instalación se determinará buscando salvaguardar la seguridad y tratando de obtener la mejor funcionalidad y flexibilidad en la operación de dicha instalación, tomando en cuenta la distribución y finalidad de cada uno de los ambientes en que estén subdivididos el o los edificios componentes de la propiedad.

15.1.6.0.3. Los tableros serán instalados en lugares seguros y fácilmente accesibles, no deben ubicarse en la parte posterior del tablero ningún artículo de vestuario ni ningún depósito, se debe tener en cuenta las condiciones particulares siguientes:

15.1.6.0.3.1. Los tableros de locales de reunión de personas se ubicarán en ambientes sólo accesibles al personal de operación y administración.

15.1.6.0.3.2. En caso de ser necesaria la instalación de tableros en ambientes peligrosos, éstos deberán ser construidos utilizando equipos y métodos constructivos acorde a las normas específicas sobre la materia.

15.1.6.0.4. Todos los tableros serán fabricados por una empresa calificada, y deberán llevar en forma visible, legible e indeleble la marca de fabricación, el voltaje de servicio, la corriente nominal y el número de fases. El responsable de la instalación deberá agregar en su oportunidad su nombre o marca registrada y en el interior deberá ubicarse el diagrama unifilar correspondiente.

15.1.6.0.5. El equipo colocado en un tablero debe cumplir con las normas NTE INEN correspondientes y los requisitos establecidos por las empresas de suministro de energía eléctrica. Los cargadores de baterías no deben instalarse en los tableros principales.

15.1.6.0.6. Los tableros deben permitir:

- Dar respuesta adecuada a especificaciones técnicas de cada proyecto.
- El uso óptimo de dimensiones y de distribución en el interior del panel.

- Utilizar componentes estandarizados.
- Facilidad de modificación.
- Fácil conexionado de potencia y auxiliares.
- Fácil evolución de la instalación a un costo controlado.

2.6.1 Equipos de protección personal.

Equipos de protección ante riesgos eléctricos frente a contactos eléctricos

- Guantes aislantes
- Manguitos aislantes
- Calzado dieléctrico

Frente a quemaduras por arco eléctrico

- Gafas inactínicas
- Pantalla facial con protección inactínica
- Pantalla facial junto pantallas inactínicas
- Guantes ignífugos
- Ropa de trabajo ignífuga

2.6.2 Disposiciones Generales.

Si una persona está sufriendo una descarga eléctrica, deberá apartarla de la fuente, utilizando elementos aislantes como pértigas, maderas, guantes aislantes. Cuando se vaya a realizar un trabajo con tensión, Nunca deberá llevar objetos metálicos (anillos, cremalleras).

2.7 Sistema de control.

Un sistema de control son pasos que se deben seguir bajo ciertas condiciones para la optimización de recursos y cumplir un objetivo. (Kuo, 1996, p. 26)

El objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control. Cuando se alude a un sistema de control para una maquina industrial, se considera un sistema de control a la unión de varios dispositivos

conectados entre sí, siendo estos sensores y controladores programables, de tal manera que puede controlar parámetros físicos, medir, y actuar frente a cambios.

Para poder realizar un sistema de control de una máquina, se debe saber qué tipo de señal es la que se va a medir. Existen seis tipos de señales tales como, mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y químicas. Para poder medir esas señales, se utilizan dispositivos llamados transductores.

Los transductores son dispositivos que convierten un tipo de energía en otro. Siendo una señal de entrada es siempre una energía o potencia y la señal de salida es cualquier forma física, a diferencia de los transductores, un sensor es un aparato eléctrico o análogo que mida un parámetro, ya sea humedad, temperatura, caudal, etc. A partir del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida con el fin de tener obtener información. Dicha información puede ser de dominio analógico, la información está en la amplitud de la señal y Dominio digital, las señales tienen solo dos niveles, On/Off.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

1. Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
2. Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
3. Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
4. Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

Existen tipos de sistemas de control:

Sistema de control lazo abierto, este sistema a lazo abierto no retroalimenta información, realiza un mismo bucle ya programado. Consta de dos partes, El controlador y el proceso controlado, donde una señal de entrada actúa en el controlador, la salida del controlador será el resultado de la variable controlada preestablecida.(Kuo, 1996, p. 33)

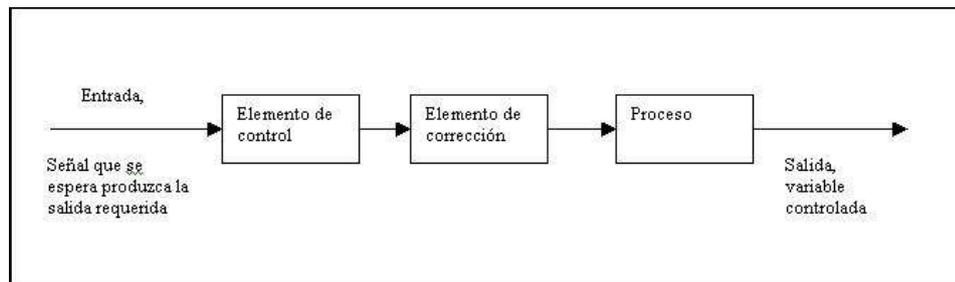


Figura 2.9: Gráfica de bloque de sistema lazo abierto.

Fuente: (Kuo, 1996, p. 33)

A diferencia del sistema lazo abierto, el sistema de control lazo cerrado utiliza la retroalimentación, La señal controlada deber ser realimentada y comparada con la entrada de referencia y se debe enviar una señal actuante proporcional a la diferencia de la entrada y la salida a través del sistema para corregir un error.(Kuo, 1996, p. 33)

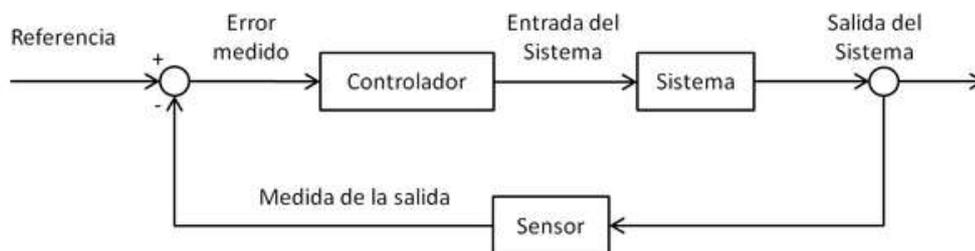


Figura 2.10: Gráfica de bloque de sistema lazo cerrado.

Fuente: (Kuo, 1996, p. 33)

El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable, al encargarse de obtener unas condiciones de operaciones estables, y corregir toda desviación que se pudiera producir en ellas respecto a los valores de ajuste.(Mavainsa, 2009, p. 1)

2.8 Controles eléctricos.

Los controles eléctricos son conexiones eléctricas o electrónicas hechas para controlar y procesar la entrada de los impulsos eléctricos en equipos sencillos o más complejos. Son utilizados para arranques de equipos, tales como, bombas, aparatos mecánicos, refrigeradores, motores, generadores. Es decir, se emplean para controlar el flujo de corriente eléctrica en aparatos de uso industrial o doméstico.

Para la implementación de un sistema de control eléctrico automatizado, se debe de realizar dos sistemas que son: sistema de control y sistema de fuerza. El sistema de control está conformado por varios dispositivos que sirven para manejar la energía eléctrica que se suministra a diferentes aparatos, este a su vez maneja conjuntos de varios elementos tanto eléctricos o electrónicos, y su principal función es de ceder o interrumpir la energía eléctrica al equipo. El sistema de Fuerza se encarga al igual que el sistema de control a proteger el equipo, suministrando la cantidad de energía necesaria. (Venemedia Comunicaciones C.A., 2015)

2.9 Elementos para realizar un sistema de control eléctrico.

2.9.1 Gabinete o armario.

Los armarios eléctricos están diseñados especialmente para el alojamiento de todo el contenido necesario para la automatización y el control de sistemas aplicados a la industria.

Para su fabricación, se emplean diversos tipos de materiales; chapa de hierro, acero inoxidable, poliéster.(Disai Automatic Systems, 2013, párr. 4).



Figura 2.11: Gabinete tipo metálico para uso eléctrico.

Fuente: (Disai Automatic Systems, 2013, párr. 4).

2.9.2 Breaker.

Un interruptor termo magnético también conocido como breaker, es un dispositivo que interrumpe la corriente eléctrica de un circuito cuando por este dispositivo fluye una corriente mayor a su capacidad máxima. Estos dispositivos de protección son utilizados tanto en el sector industrial como residencial, ya que sirve para proteger un circuito eléctrico de sobrecargas y cortocircuitos, además evita incendios y daño al equipo. El interruptor termo magnético está compuesto por una parte magnética y otra térmica en el cual la dilatación de un bimetálico por el cual circula una corriente y en una fuerza de

atracción que generan los campos magnéticos provocando la apertura de un circuito. (Grupo Navarro, 2018, sec. 4).

Estos dispositivos deben cumplir algunas características técnicas establecidas por la norma IEC-60898-1 para brindar seguridad las cuales son:

- Tensión de operación
- Capacidad de corriente de operación
- Curva de característica de disparo
- Capacidad de corriente de cortocircuito

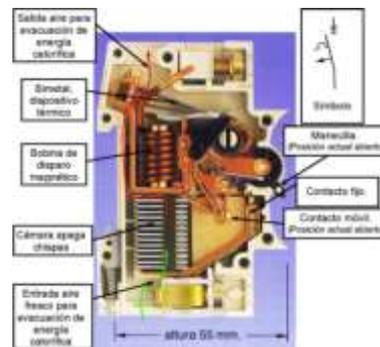


Figura 2.12: Componentes internos de un breaker.

Fuente: (Grupo Navarro, 2018, sec. 4).

2.9.3 Contactores.

El contactor es un dispositivo eléctrico mecánico que se utiliza para abrir o cerrar el paso de corriente en un circuito eléctrico a través de un sistema de control por el que alimenta una bobina. La bobina funciona como un electroimán para abrir o cerrar las cuchillas de contacto de fuerza del contactor. (Comtois et al., 2002, p. 7)

A continuación las partes de un contactor:

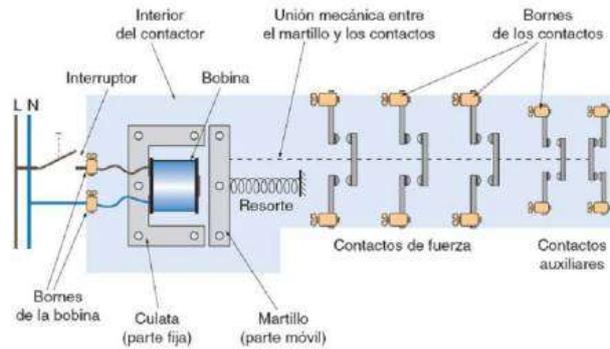


Figura 2.13: Componentes de un contactor.

Fuente: (Comtois et al., 2002, p. 7)

2.9.4 Pulsadores.

Los pulsadores son aparatos mecánicos que permiten abrir o cerrar un circuito de control cuando este es presionado. Los pulsadores se clasifican según su posición, pulsador normalmente abierto y pulsador normalmente cerrado.

Los pulsadores normalmente abiertos, como su nombre lo indica, en su estado de reposo no permite el paso de corriente, al ser accionado permite el paso de corriente. Estos se utilizan para accionamientos de circuitos. (Canales & Martínez, 2010, p. 237)

Los pulsadores normalmente cerrados, en su estado de reposo, permite el paso de corriente y al ser accionado, corta el paso de corriente. Estos pulsadores se los utiliza para parar un circuito. (Canales & Martínez, 2010, p. 237)



Figura 2.14: Pulsadores para sistemas de control.

Fuente: (Canales & Martínez, 2010, p. 237)

2.9.5 Indicadores luminosos.

Los indicadores luminosos o luces pilotos, son señales luminosas que proporcionan avisos de posibles fallas o de un accionamiento de un sistema de control de equipos eléctricos. Dependiendo del diseño eléctrico, las luces piloto color verde indican que el equipo está encendido, y las luces piloto color rojo, indicaran si el equipo se encuentra detenido. Existen diferentes presentaciones en el mercado. Los más usado en la actualidad, es el indicador luminoso de 22 mm y led incorporado y en una amplia gama de colores y voltajes para cualquier tipo de aplicación.(Electrónica unicrom, 2017, párr. 3)



Figura 2.15: Imagen referencial de luz piloto.

Fuente: (Electrónica unicrom, 2017, p. 5)

2.9.6 Variador de frecuencia.

Un variador de frecuencia por definición es un dispositivo regulador electrónico que se encuentra entre la alimentación energética y el motor, utilizado para regular la velocidad de los motores eléctricos de inducción.



Figura 2.16: Variador de frecuencia ABB.

Fuente: (ABB Drives, 2015, p. 3).

Los variadores de frecuencia están contruidos en dos bloques, el bloque rectificador y el bloque inversor en donde la energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.

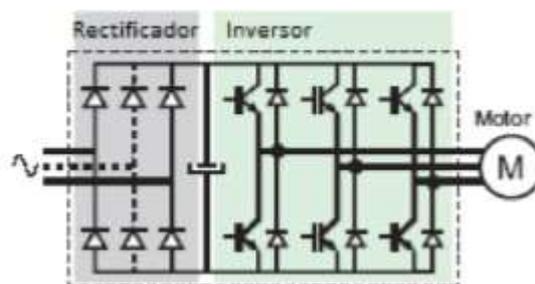


Figura 2.17: Diagrama de bloques del variador de frecuencia.

Fuente: (ABB Drives, 2015, p. 4).

El uso de variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas por fallo en motores. (ABB Drives, 2015). Para seleccionar un variador se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Características del motor:
- Tipo de carga: Par constante, Par variable, Potencia constante
- Par en el arranque: no exceda el límite del equipo.
- Frenado regenerativo: Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.
- Condiciones ambientales: Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.
- Aplicación multimotor: Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.(Rueda, 2015, p. 25)

2.9.7 Transductores para temperatura.

Los transductores transforman una magnitud física en una señal eléctrica en donde estas magnitudes se convierten en señales normalizadas en mA. Estos dispositivos hoy en día son indispensables para procesos y sistemas de automatización y control, tanto en el sector de calefacción, ventilación o climatización, o cualquier otro lugar donde es necesario controlar la temperatura en un proceso de producción. Sin embargo, para el control de temperatura, la elección de un transductor dependerá del rango de temperatura a medir, por lo que se necesitaría revisar cual transductor se acopla mejor para el proceso a controlar. (PCE Instruments, 2014, p. 2).

Los transductores utilizan señales análogas para transmisión de comunicación desde 4mA hasta 20mA. Donde 20mA corresponde al fondo de escala y 4mA a la ausencia de información tal como muestra la figura 14. Se utilizan estos valores por la existencia de ruidos electromagnéticos y la necesidad de minimizar su incidencia en las señales. Además, estos valores están certificados por las normas ANSI/ISA-50.1-1982 (R1992) "Compatibility of Analog Signal for Electronic Industrial Process Instruments".

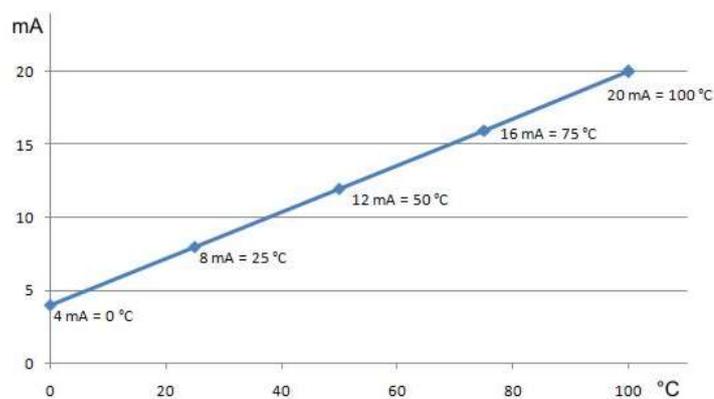


Figura 2.18: Gráfico relación mA vs C en transductores.

Fuente: (PCE Instruments, 2014, p. 2).

A continuación, se mencionará los transductores más utilizados para módulos de control de temperatura:

Transductor de temperatura de resistencia (RTD)

Los transductores de resistencia también conocidos como resistance temperatura detector (RTD), funcionan por un coeficiente de temperatura donde la variación de la resistencia en Ohms del metal, dependerá de cada grado que cambia su temperatura. La dependencia con la temperatura de una resistencia se puede expresar como:

$$R_t = R_0(1 + a t)$$

- R_0 = Resistencia en ohms a $0\text{ }^\circ\text{C}$
- R_T = Resistencia en ohms a $T\text{ }^\circ\text{C}$
- a = coeficiente de temperatura
- t = variación de temperatura

Para explicar la dependencia de la resistencia con la temperatura, se debe analizar la conducción eléctrica de los metales de un conductor. Donde el número de electrones en un conductor no cambia con la presencia de la temperatura. Pero, al tener un incremento de temperatura, los átomos del metal aumentan las vibraciones, motivo por el cual el conductor permite un flujo eficaz a los electrones. (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 220).

Para la construcción de estos sensores RTD, se utilizan metales tales como cobre, níquel y platino. El PT100 es RTD más utilizados, cuya denominación es el platino (Pt) y el número 100 indica el valor resistivo del elemento a $0\text{ }^\circ\text{C}$. (Ing. Pablo Morcelle del Valle, 2014, p. 15). A continuación se muestra una tabla con los tipos de materiales de los transductores RTD y su rango de temperatura.

Tabla 2.1: Características de los materiales RTD.

Material	Rango Temp. (°C)	Variación (%/°C) a 25 °C
Platino	-200 a 850	0.39
Níquel	-80 a 320	0.67
Cobre	-200 a 260	0.38
Níquel - acero	-200 a 260	0.46

Fuente: (Silva, 2007, p. 4)

Estos transductores resistivos tienen ciertas ventajas como su sensibilidad diez veces mayor que los termopares, alta repetibilidad y exactitud en el caso del platino y el bajo coste en el caso del cobre y níquel.

No obstante, poseen algunas limitaciones tales como no se puede medir temperatura próxima ni superior a la de fusión del conductor, evitar deformaciones mecánicas que provocaría un cambio en la resistencia del transductor y el tiempo de respuesta está comprendido entre 0.5 y 5 segundos.

Termistores

Los termistores proceden del término Thermally sensitive resistor, (resistor térmicamente sensible) son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia tanto negativo NTC (Negative Temperature Coefficient) como positivo PTC (Positive Temperature Coefficient). Siendo uno de los sensores más precisos permitiendo detectar pequeños cambios de temperatura.(Omega Engineering, 2019, párr. 15).

Para la fabricación de termistores se utilizan cerámicas semiconductoras, que consisten en una mezcla de óxidos metálicos de

manganeso, níquel, cobalto, cobre y hierro.(Ing Pablo Morcelle del Valle, 2014, p. 17). Son dispositivos no lineales por lo que varía su resistencia diez veces más que un RTD para un mismo cambio en la temperatura.

Estos termistores poseen múltiples ventajas como lo son, la alta sensibilidad, alta velocidad de respuesta y bajos costo. A continuación, se describirá los termistores tipo NTC y PTC.

Termistor NTC:

Los NTC (negative Temperature coefficient), se fabrican a base de mezclar y sintetizar óxidos dopados de metales tales como níquel, cobalto, manganeso, hierro y cobre. La proporción de óxidos determina la resistencia y el coeficiente de temperatura. (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 224). Estos termistores presentan un cambio en la resistencia en proporción a un aumento de la temperatura. En donde el número de portadores provoca la reducción de la resistencia, por tal razón se presenta un coeficiente de temperatura negativo. Estos termistores representan un cambio de resistencia no lineal, reduciendo su valor resistivo en proporción del incremento de la temperatura como se observa en la siguiente figura.

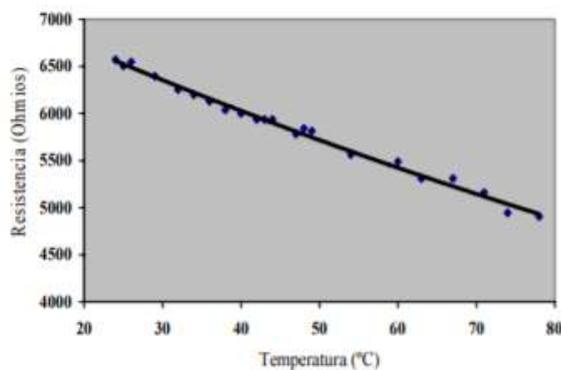


Figura 2.19: Dependencia de la resistencia con la temperatura NTC.

Fuente: (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 224).

Termistor PTC

Estos termistores presentan un cambio en la resistencia en proporción a un cambio de temperatura, en donde la resistencia del termistor aumenta al aumentar la temperatura. Esta dependencia varía con el número de impurezas, y si el dopado es muy intenso, el semiconductor adquiere propiedades metálicas, presentando un coeficiente de temperatura positivo. (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 224).

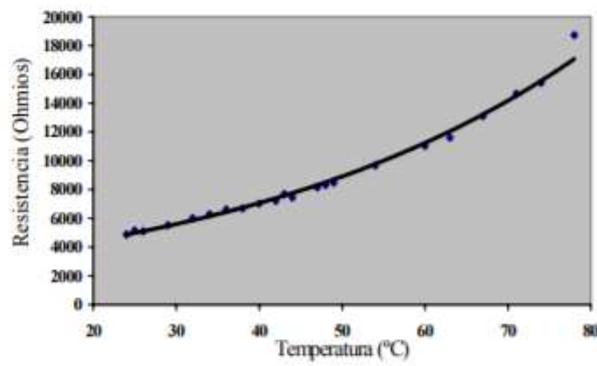


Figura 2.20: Dependencia de la resistencia con la temperatura PTC.

Fuente: (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 224).

Termocuplas

Las termocuplas o también llamados termopares son transductores de temperatura autogeneradores, motivo por el cual generan una señal eléctrica en función de la temperatura sin necesidad de alimentación eléctrica, este fenómeno es conocido como efecto Seebeck. (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 235). El Efecto Seebeck consiste en la unión de dos metales tales como hierro y aleación de cobre y níquel (constantan), en el cual, estos metales se someten a un cambio de temperatura y se produce una tensión termoeléctrica en los extremos de los conductores, como se muestra en la siguiente figura. (Silva, 2007, p. 1).

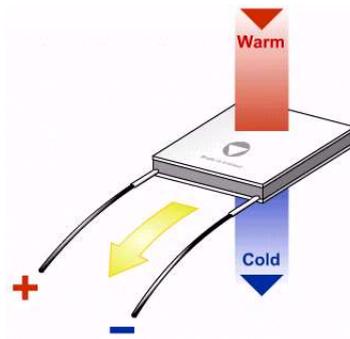


Figura 2.21: Efecto Seebeck en un termopar.

Fuente: (Silva, 2007, p. 1).

Los termopares son los transductores más utilizados para la medida de temperatura por su versatilidad, además por el efecto Seebeck no depende de la resistividad, ni de la sección, ni de la distribución o gradientes de temperatura, solo depende de la diferencia de temperatura entre las uniones y de la naturaleza de los metales. (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 236).

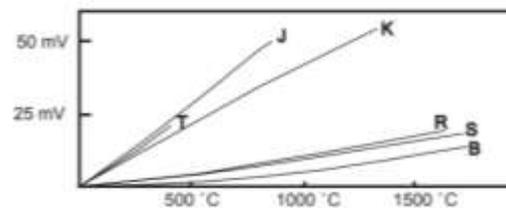


Figura 2.22: Diferencia entre tipos de termocupla en mili voltio vs grados Celsius.

Fuente: (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2015, pág. 236).

Existen muchos tipos de termocuplas en el mercado y se clasifican según el rango de temperatura, el tiempo de respuesta y las condiciones ambientales.

Tabla 2.2: Características de las termocuplas.

Composición		Rango típico de temperatura de aplicación (°C)	Variación de la tensión en el rango (mV)	Designación ANSI
Positivo	Negativo			
Platino-6% Rodio	Platino-30% Rodio	38 a 1800	13.6	B
Tungsteno-5% rodio/	tungsteno-26% rodio	0 a 2300	37.0	C
Cromel	Constantan	0 a 982	75.0	E
Hierro	Constantan	-184 a 760	50.0	J
Cromel	Alumel	-184 a 1260	56.0	K
platino-13% rodio	Platino	0 a 1593	18.7	R
platino-10% rodio	Platino	0 a 1538	16.0	S
Cobre	Constantan	-184 a 400	26.0	T

Fuente: (Ing Pablo Morcelle del Valle, 2014, p. 13)

La elección de un tipo de termopar dependerá del rango de temperatura a medir, por lo que se debe revisar la tabla anterior.

2.9.8 Relé estado sólido.

El SSR (Solid State Rele) también conocido como relé de estado sólido, es un elemento que permite aislar eléctricamente el circuito de entrada y de salida por un semiconductor. Todos los elementos que forman parte de este relé son enteramente estáticos, su elemento de medida está constituido por elementos inmóviles transistorizados. (Corrales Murillo & Minotta Orobato, 1990, p.33).

Estos dispositivos están conformados por diferentes partes como son:

Circuito de entrada, aislamiento, detector paso por cero, circuito de salida y protección frente a transitorios.

- El aislamiento por lo general se encuentra protegido por un acoplamiento de material semiconductor como por ejemplo: fototriac, fotodiodo, entre otras.
- Detector paso por cero: este componente comienza a funcionar cuando detecta que la tensión alterna este llegando a cero.

La ventaja de este componente es que resisten a las corrientes parasitas de entrada y esto genera bajas radiaciones al cambio de tensiones bajas. Un relé de estado sólido con función de paso por cero opera cuando la tensión de la carga (tensión alterna) se acerca o alcanza el punto cero.

Los relés con esta función tienen una buena inmunidad a los parásitos de entrada y producen unas bajas radiaciones parásitas al conmutar tensiones bajas. Además, estos dispositivos son adecuados para cargas resistivas, capacitivas y cargas inductivas con un factor de potencia entre 0,7 y 1. Para carga resistiva, la relación entre el pico de corriente en la conmutación y la corriente nominal es 1.

En este caso la corriente y la tensión están en fase de manera que no hay problemas en el funcionamiento. Una típica carga resistiva es un calentador que se suele combinar con un controlador de temperatura con salida en tensión.(OMRON ELECTRONICS, S.A., 2017, p. 5)

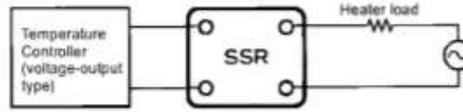


Figura 2.23: Diagrama de bloque de un relé estado sólido.

Fuente: (OMRON ELECTRONICS, S.A., 2017, p. 5)

2.9.9 Controlador PID.

Un controlador PID, es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación entre un valor medido y el valor deseado, para aplicar una acción correctiva que ajusta el proceso, Utiliza un algoritmo proporcional, integral y derivativo. (Castro, 2015, p. 6)

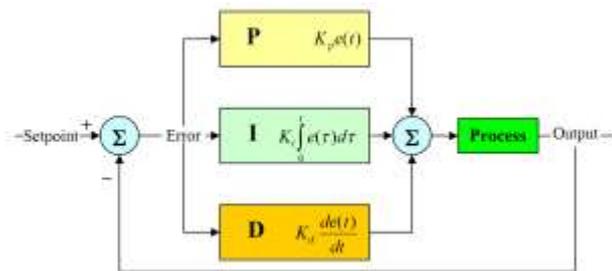


Figura 2.24: Parámetros PID.

Fuente: (Castro, 2015, p. 6)

El desempeño del sistema de control dependerá de la sintonización de los parámetros. En donde la acción proporcional corrige los picos y las oscilaciones de la respuesta del sistema. La acción integral corrige el error en el estado estable aproximándolo a cero. La acción derivativa se encarga de corregir los cambios rápidos en el transitorio. (Sierra & Ortega, 2010, p. 19).

Existen controladores PID para temperatura también llamados pirómetros, en donde se puede regular la temperatura de salida, con respecto al transductor de entrada. Estos dispositivos pueden funcionar con un

contactor o un relé estado sólido y es el encargado de controlar el tiempo que permanece encendida la resiste de calentamiento. Existen diferentes tipos de controladores, que dependerán del modo de control de la temperatura:



Figura 2.25: Pirómetro digital PID.

Fuente: (Sierra & Ortega, 2010, p. 19).

Controlador de temperatura proporcional

El control de temperatura proporcional elimina el ciclo asociado del control On - Off. Un controlador proporcional disminuye la potencia media suministrada al calentador cuando la temperatura se aproxima al punto de ajuste así mantiene una temperatura estable. (Omega Company, 2017, sec. 4).

La proporcionalidad del tiempo varía la relación de tiempo de encendido y apagado del control de temperatura. En donde la acción proporcional se produce dentro de un rango de proporcionalidad en torno a la temperatura establecida. Fuera de este rango, el controlador de temperatura se comportaría como una unidad encendido/apagado, en la cual, si la temperatura está lejos del punto establecido, el cierre y corte variarán en proporción a la diferencia de temperatura. Si la temperatura está por debajo

del punto de ajuste, la salida estará encendida durante más tiempo, y si la temperatura es demasiado alta. La salida cambiara a apagado hasta que se estabilice la temperatura.

Controlador de temperatura PID

El control de temperatura PID, ofrece una combinación del proporcional con control integral y derivativo, que ayuda a la unidad automáticamente a compensar los cambios en el sistema. Estos ajustes, integral y derivativo, se expresan en unidades basadas en el tiempo, también se les nombra por sus recíprocos, RATE y RESET, respectivamente. Los términos proporcional, integral y derivativo se deben ajustar de manera individual mediante el método prueba y error, también existen controladores con auto tune de las variables Integral y derivativa.

El regulador proporcional es el control más preciso y estable en equipos de control, y se utiliza comúnmente en sistemas que tienen una masa relativamente pequeña, que son aquellos que reaccionan rápidamente a cambios en la energía añadida al proceso. Se recomienda en sistemas en los que la carga cambia a menudo y no se espera que el controlador lo compense automáticamente.(Omega Company, 2017, sec. 5).

2.9.10 Motor eléctrico.

Un motor eléctrico es una maquina eléctrica que transforma la energía eléctrica en energía mecánica a través de la acción del campo magnético. (Chapman, 2012). Existen motores eléctricos para corriente continua y para corriente alterna y se clasifican en motores síncronos o asíncronos.

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos son los más utilizados en las industrias por su facilidad de uso, poco mantenimiento y bajo coste de fabricación. Este motor eléctrico consta de un circuito magnético y circuito eléctrico.

El circuito magnético está formado por chapas apiladas en forma de cilindro en el rotor y en forma de anillo en el estator. El circuito eléctrico y su funcionamiento se basan en la acción del flujo giratorio generado en el circuito estatórico sobre las corrientes inducidas en el rotor, inducción electromagnética.

Los motores de corriente alterna asíncronos, tienen una velocidad inferior a la velocidad de sincronismo. Para que se produzca una fuerza electromotriz en los conductores del rotor ha de existir un movimiento relativo entre los conductores y el flujo giratorio, el cual produce un par motor que hace que el rotor gire. (Enrique Marrufo Gonzáles & Juan Castillo Pedrosa, 2018, p. 10)



Figura 2.26: Sección de motor eléctrico jaula de ardilla.

Fuente: (Enrique Marrufo Gonzáles & Juan Castillo Pedrosa, 2018, p. 10)

CAPÍTULO 3

DESARROLLO

3. 1 Análisis de datos

Para realizar el sistema de control para el proceso de estampado al calor de la máquina Heidelberg, se procedió a tomar datos de temperatura vs tiempo a la placa de aluminio utilizada en este proceso. Para la obtención de datos se utilizó un sensor LM35 y un microprocesador Arduino uno y se cargó la siguiente programación:

```
float temp;
void setup() {
  Serial.begin(9600);}
void loop() {
  temp = temp * 0.48828125;
  Serial.print("Temperatura; ");
  Serial.print(temp);
  Serial.print("°C");
  Serial.println();
  delay(1000);}
```

El sensor lm35 es un circuito integrado con un voltaje de salida linealmente proporcional a la temperatura en escala Celsius, teniendo un rango de temperatura de -55 °C a 150 °C, con un factor de escala de 100mV/°C, en la programación se multiplicó la variable temperatura por 0.48828125, siendo este el factor de conversión de señal analógica a digital. Este valor que se obtiene en dividir 5 V_{DC} de alimentación del sensor entre 1024 bits y multiplicado por 100 por la relación 100mv /°C de una salida de voltaje linealmente proporcional a grados centígrados.

$$\frac{5V * 100}{1024Bits} = 0.48828125$$

Además, se configuró el Arduino para tomar datos de temperatura cada un segundo, para luego ser analizados. A continuación, en las figuras, se puede observar el dispositivo utilizado para la adquisición de datos y cómo se tomó los datos de la placa a calentar de la máquina.



Figura 3.27: Obtención de datos de temperatura con sensor LM35.

Fuente: El Autor

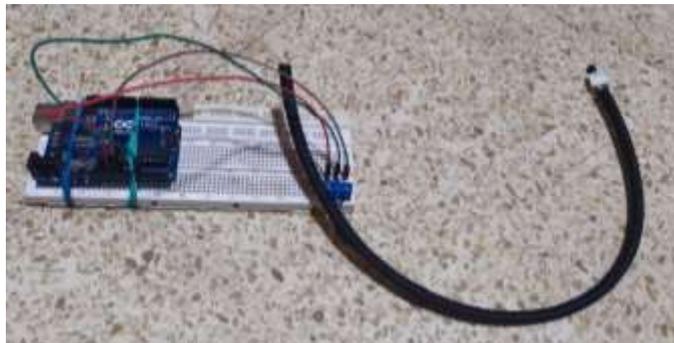


Figura 3.28: Arduino con sensor LM35 para toma de datos de temperatura vs tiempo.

Fuente: El Autor

Tabla 3.3 Obtención de datos, relación tiempo temperatura.

Tiempo (s)	Temperatura (C)
0 - 37	27,83
38 - 53	28,32
54- 64	28,81
65- 69	29,3
70- 76	29,79
77-83	30,27

84-86	30,76
87-94	31,25
95- 100	31,74
101-104	32,23
105-109	32,71
110-113	33,2
114-118	33,69
119-122	34,18
123-125	34,67
126-130	35,16
131-134	35,64
135-140	36,13
141-144	36,62
145-149	37,11
150-154	37,6
155-159	38,09
160-165	39,06
166-167	39,55
168-169	40,04
170-172	40,53
173-174	41,02
175-178	41,5
179-180	41,99
181-182	42,48
183-185	42,97
186-189	43,46
190-191	43,95
192-194	44,43
195-196	44,92
197-199	45,41
200-202	45,9
203-205	46,39
206-209	46,88
210-211	47,36
212-216	47,85
217-223	48,34
224-229	49,8
230-233	50,29
234-238	50,78
239-242	51,27
243-245	51,76
246-249	52,25
250-252	52,73
253-254	53,22
255-256	53,71
257-258	54,2
259-261	54,69
262-263	55,18

264-267	55,66
268-270	56,15
271-272	56,64
273-275	57,13
276-278	57,62
279-280	58,11
281-283	58,59
284-286	59,08
288-293	60,06
294-297	60,55
298-299	61,04
300-302	61,52
303-304	62,01
305-306	62,5
307-309	62,99
310-311	63,48
312-313	63,96
314-315	64,45
316-317	64,94
318-320	66,41
321-324	67,38
325-326	67,87
327-328	68,36
329-330	68,85
331-332	69,34
333-334	69,82
335-336	70,31
337-338	70,8
339-340	71,29
341-342	71,78
343-344	72,27
345-346	72,75
347-348	73,24
349-350	73,73
351-352	74,22
353-354	74,71
355-359	75,68
360-362	76,17
363-364	76,66
365-366	77,15
367-368	77,64
369-370	78,12
371-373	78,61
374-376	79,59
377-378	80,08
379-380	81,05
381-382	81,54
383-385	82,03

386-388	82,52
389-390	83,01
391-392	83,5
393-394	83,98
395-397	84,47
398-399	85,45
400-402	86,43
403	87,89
404	88,87
405	89,36
406	89,84
407-408	90,33
409-411	90,82
412-413	91,31
414	91,8
415	92,29
416	93,75
417	97,17
418	99,61
419	101,56
420	103,03
421	104,49
422	105,47
423	106,45
424	107,42
425	107,91
426	108,4
427	109,37
428	109,86
429	110,35
430	110,84

Fuente: El Autor

En la tabla anterior, se observa la toma de datos analógica a través del micro controlador Arduino por el puerto serial.

3.2 Cálculo Kp, Ti, Td para controlador de temperatura.

Una vez obtenido los datos de entrada y salida, se realizó una tabla con los datos obtenidos y se realizó el siguiente gráfico con respecto a los valores de la tabla mostrada en la Figura.

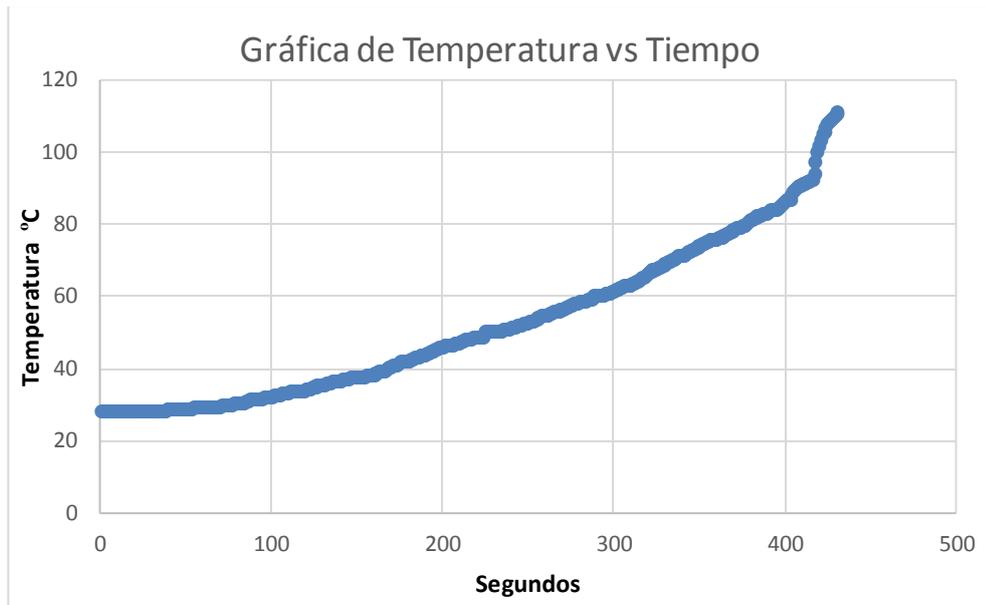


Figura 3.29: Gráfica de datos obtenidos.

Fuente: El Autor

Además, se utilizó el programa MATLAB para el cálculo de la función de transferencia. LM35. Luego se obtuvo la curva de relación de la variable de entrada y la variable de salida, en este caso tiempo y temperatura. Se identificó la curva de la función de transferencia, teniendo un 89,33% de coincidencia. La función de transferencia relaciona la entrada y salida del sistema, el cual permite hacer una relación matemática.

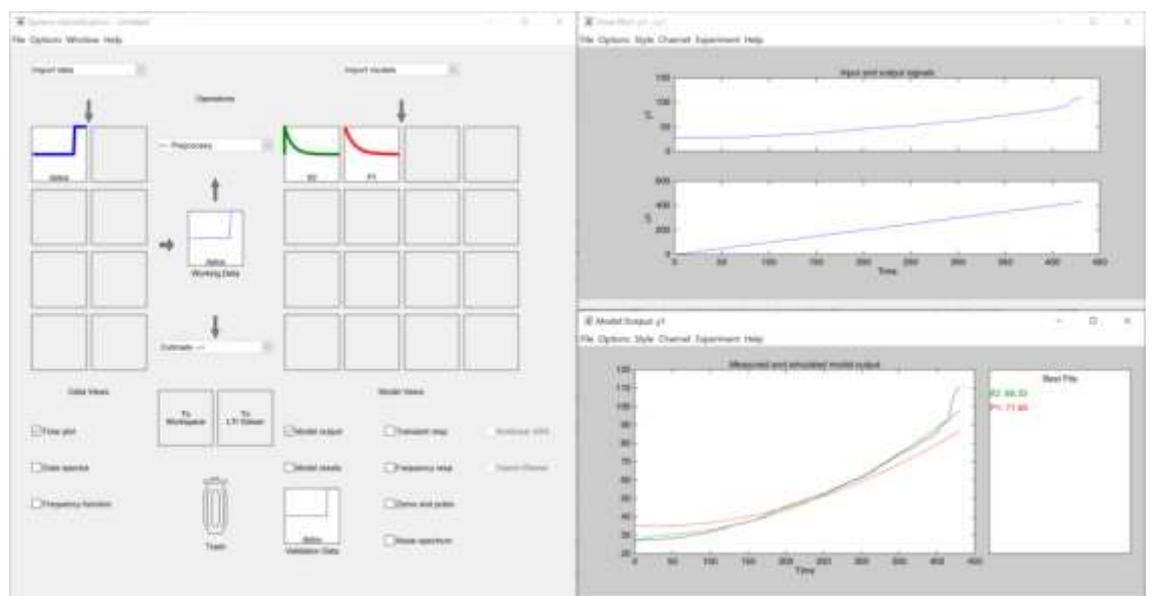


Figura 3.30: Gráfica en MATLAB función de transferencia.

Fuente: El Autor

Después de hallar la curva de la relación de transferencia, se utilizó el comando IDENT en el programa de Matlab y dio la ecuación de la función de transferencia siendo esta;

$$G = \frac{5.445^{-5}}{S^2 + 0.06902 S + 8.988^{-11}}$$

Para obtener los datos PID, se utilizó Simulink de Matlab, con el comando PID tuner, donde se obtuvo la siguiente Figura 23. En donde se puede observar la curva de escalón, amplitud sobre tiempo del lazo cerrado del controlador PID.

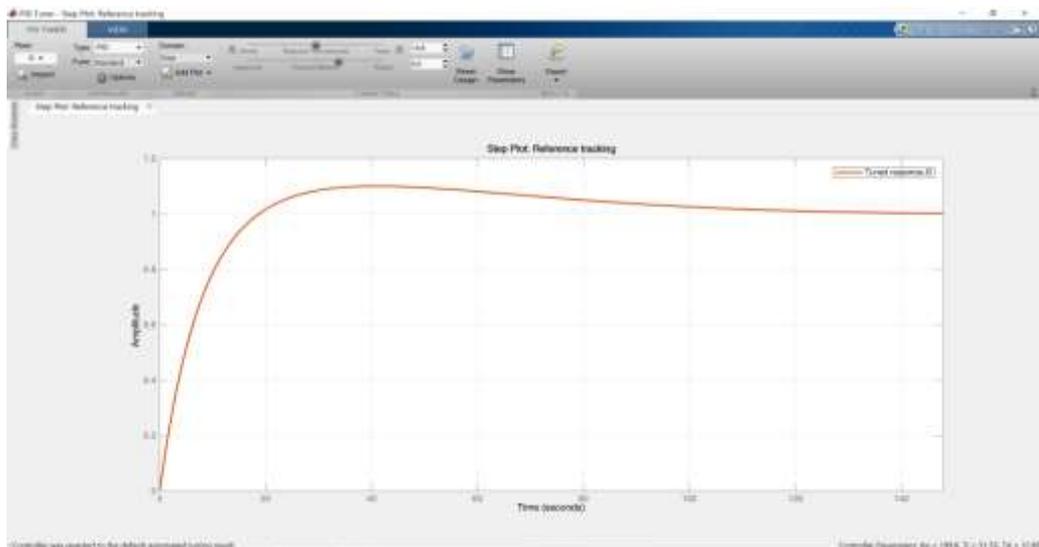


Figura 3.31: Gráfica PID temperatura.

Fuente: El Autor

$$Kp = 199,8$$

$$Ti = 51,55$$

$$Td = 12,89$$

3.3 Diseño de sistema de control.

Teniendo en cuenta los parámetros que se requieren para el proceso de estampado al calor, se realizó una tabla de datos mostrada a continuación.

Tabla 3.4: Datos de la máquina Heidelberg Minerva.

Parámetro	Magnitud y unidades
RPM del Motor	1800 rpm
Temperatura de estampado	100<x< 150 °C
Presión	1 a 10 KgF/cm²

Fuente: El Autor.

3.3.1 Cálculo de potencia del motor.

Para poder controlar el arranque del motor trifásico de la máquina Heidelberg, se realizó una tabla de datos técnicos del motor, que se muestra a continuación:

Tabla 3.5: Especificaciones del motor de accionamiento máquina Heidelberg.

Parámetros	Magnitud y unidades
Velocidad de rotación	1800 rpm
Voltaje	380 / 220
Corriente	3,5/ 6 A
Frecuencia	60 Hz

Fuente: El Autor.

Por motivos de acometida eléctrica, se deberá utilizar una conexión delta a 220V, por ende, se calculó la potencia del motor y su respectivo conductor y protección a 220V.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\phi$$

$$P = \sqrt{3} * 220 * 6 * 0.89$$

$$P = 2034,81W$$

$$I_{nom} = 6 A$$

$$Calibre\ conductor = I_{nom} * 1,25$$

$$Calibre\ conductor = 6 * 1,25$$

$$Calibre\ conductor = 7,5 A$$

$$Breaker\ para\ motor = 1.5 * I_{nom}$$

$$Breaker\ para\ motor = 1.5 * 6$$

$$Breakerr\ para\ motor = 9 A$$

Se utilizaría un conductor concéntrico, Cu AWG 3 #14 para la instalación del motor 3Ø y para la protección del motor se utilizará un breaker de 3 P 10 A S/P.

Para reducir el consumo de energía eléctrica por arranque directo del motor, se diseñará un arranque de motor por medio de un variador de frecuencia, con el fin de aumentar la vida útil de motor, el variador a utilizar deberá cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 3.6: Especificaciones técnicas del Variador de frecuencia.

Variador ABB ACS355-03X-09A8-2	
Potencia VDF	2,2KW
Voltaje de Alimentación	220V AC, 3Ø
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal (I_{2N})	9.8 A
Capacidad de sobrecarga	1.5x I_{2N}
	1.8x I_{2N} En arranque

Fuente: El autor

En un arranque directo puede ser estrella o delta, según se suministra el voltaje nominal al motor para dar giro al rotor, el pico de corriente de este arranque puede llegar a ser siete veces el valor de la corriente nominal del motor, por lo que este arranque se utiliza en motores de baja potencia.

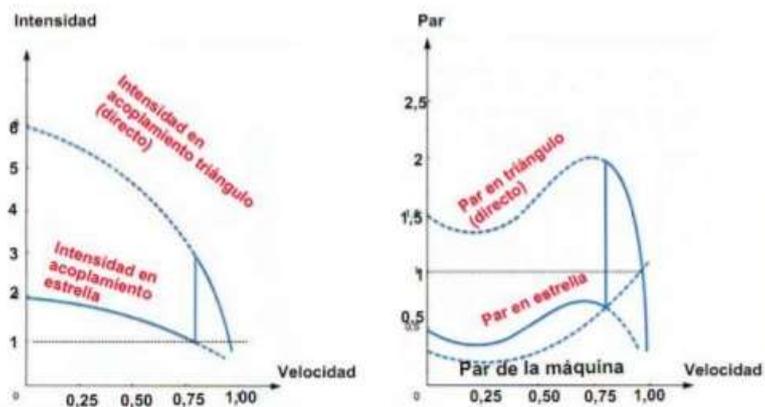


Figura 3.32: Curva característica del motor de inducción.

Fuente: (Ing. Alberto Sandoval Rodriguez, 2018, p. 3)

A diferencia, los variadores de velocidad, pueden ser programados para llevar al motor a una velocidad precisa, detenerlo en una posición precisa, o aplicar un valor específico de torque. (Ing. Alberto Sandoval Rodriguez, 2018, p. 4)

Son muy utilizados para arrancar y frenar motores, el cual es un momento crítico para el motor debido a las altas corrientes que circulan por él. Además, es muy beneficioso el uso de este método de cara al ahorro de energía, dado que solo usamos la potencia necesaria en cada momento.

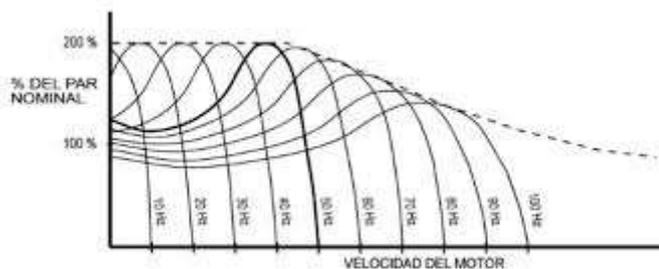


Figura 3.33: Relación Par- Velocidad cuando varía la frecuencia de alimentación.

Fuente: (Ing. Alberto Sandoval Rodriguez, 2018, p. 6)

3.3.2 Cálculo de potencia de la plancha resistiva.

Para el proceso de estampado al calor, se utiliza una placa de aluminio con un fresado donde se ubica una resistencia tubular. En la siguiente Figura, se utilizó el programa SolidWorks para poder dibujar la placa de aluminio y poder observar el trabajo de fresado (parte celeste) que se realiza.

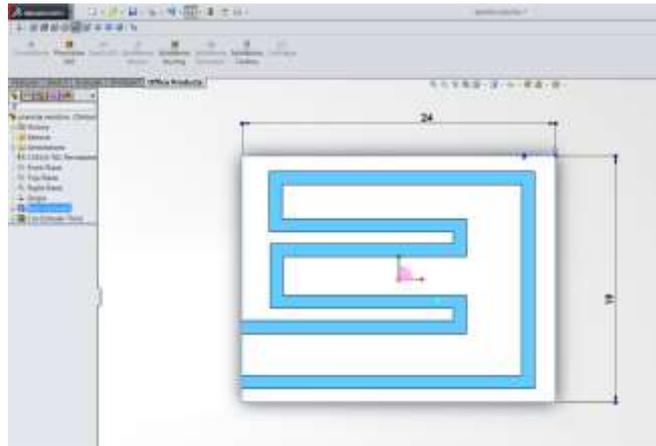


Figura 3.34: Diseño de placa de aluminio.

Fuente: El Autor

Se realiza este tipo de plancha para poder transferir el calor al clisé y además completar el espacio entre el tímpano y la mesa de trabajo donde se ejerce presión la máquina para realizar el proceso de estampado al calor.

Se utiliza una resistencia tubular, ésta es utilizada para procesos industriales tipo hornos, planchas o secadoras industria textil. Está formado por un hilo resistivo aislado con oxido de magnesio y blindado en acero inoxidable. La potencia de cada resistencia tubular, varía según la longitud y diámetro. (BrotoTermic, 2014, p. 63)



Figura 3.35: Resistencia tubular.

Fuente: El Autor

No obstante, se realizó unas pruebas eléctricas para obtener datos de voltaje y corriente, para poder calcular la potencia, en la cual se obtuvo:



Figura 3.36: Medición de amperaje en plancha resistiva.

Fuente: El Autor

$$P = V \times I$$

$$P = 115 \times 13,62$$

$$P = 1566,3 \text{ Watts}$$

La potencia de la plancha resistiva es de 1566,3 W a 120V.

Con el fin de reducir el consumo eléctrico de esta máquina Heidelberg, y dado que la resistencia tubular soporta un voltaje superior, se hará los cálculos pertinentes de conductor y protección para la plancha, utilizando tensión 220V donde;

$$\frac{1500}{220} = 6,81A$$

$$Conductor = 6,81 * 1,25$$

$$Conductor = 8.51A$$

$$Protección = 6.81 * 1,5$$

$$Protección = 10.21$$

Se utilizará un conductor recubierto de silicona con fibra de vidrio resistente a altas temperaturas, de AWG 2 #14, con un breaker de protección de dos polos, 15A.

3.3.3 Sistema de control máquina Heidelberg

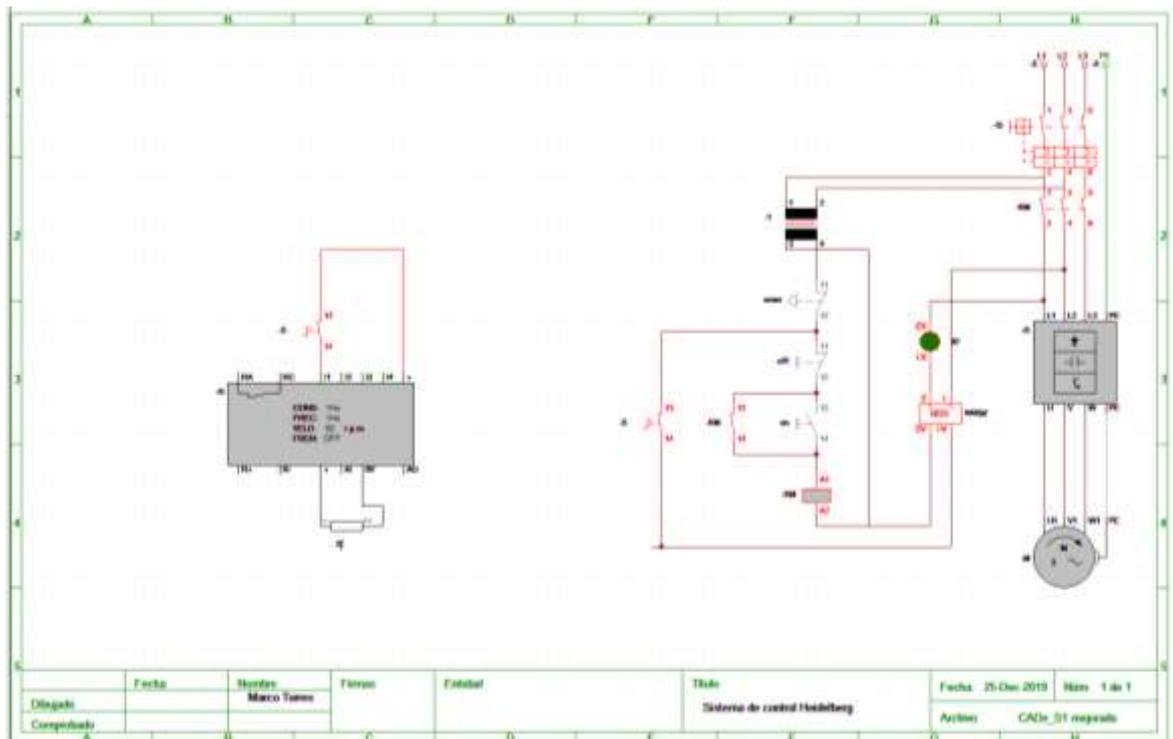


Figura 3.37: Diseño del sistema de control.

Fuente: El Autor

Como se puede observar en la Figura, se realizó un diseño de un sistema de control para la máquina Heidelberg en el programa cadeSimu basado en la mejora del proceso artesanal del estampado al calor. En el cual se controlará el arranque del motor de la máquina y la temperatura de la placa

metálica, cuenta también con los dispositivos de protección y pulsadores de accionamiento y paro del sistema y un paro de emergencia para protección del operario de dicha máquina.

3.4 Presupuesto

Para el diseño del sistema de control para la máquina Heidelberg se necesitará de los siguientes materiales:

Tabla 3.7: Tabla de componentes para el sistema control eléctrico.

Elemento	Valor
Armario eléctrico	100
Breaker principal	15
Conductores	60
Riel	3
Conectores glándula	5
Bornera de alimentación	3 c/u
Canaletas	7,50 x m
Botones de control	8
Luz piloto	15
Variador de frecuencia	250
Controlador PID temperatura	55
Termopar tipo K	10
Relé estado sólido AC	10
Contactador	25
Total	\$566,50

Fuente: El Autor

3.5 Diseño de armario eléctrico

Para el sistema de control se debe realizar un armario, en donde se instale los dispositivos previamente presupuestados. Este diseño de armario se lo realizo en el programa Autocad.



Figura 3.38: Diseño de armario eléctrico para el sistema de control.

Fuente: El Autor

En el cual se colocará el controlador PID, y los pulsadores de paro y marcha. A continuación se detallará la instalación del pirómetro.

En la siguiente Figura, se muestra la conexión del controlador PID de temperatura en el cual se requiere de un relé estado sólido de 10A, un termopar tipo K, módulo PID y conductores brevemente calculados.

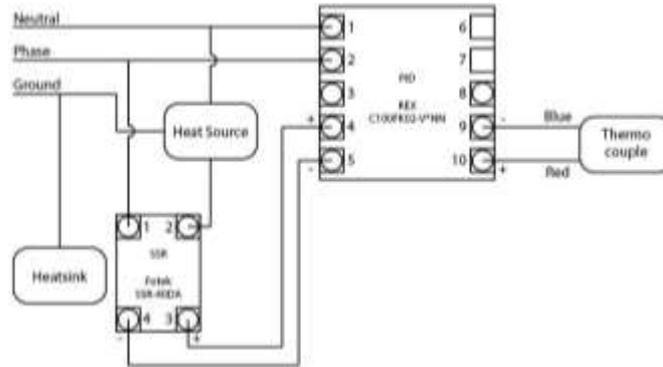


Figura 3.39: Conexión controlador PID temperatura.

Fuente: El Autor

Dentro del armario eléctrico se deberá instalar los siguientes elementos sobrepuestos, como el breaker, contactor, conectores, relé estado sólido y un variador de frecuencia, como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 3.40: Diseño del interior del armario eléctrico con los componentes eléctricos.

Fuente: El Autor

En el siguiente diagrama de conexión, se utilizó el programa Cadesimu, para simular la conexión del variador de frecuencia al motor trifásico de la

máquina Heidelberg Minerva, en donde el variador de frecuencia deberá ser para un motor de 2kW, y contará con arranque y paro del motor por pulsadores ubicado en un panel de control, ubicado en un lugar de fácil acceso para su operación.

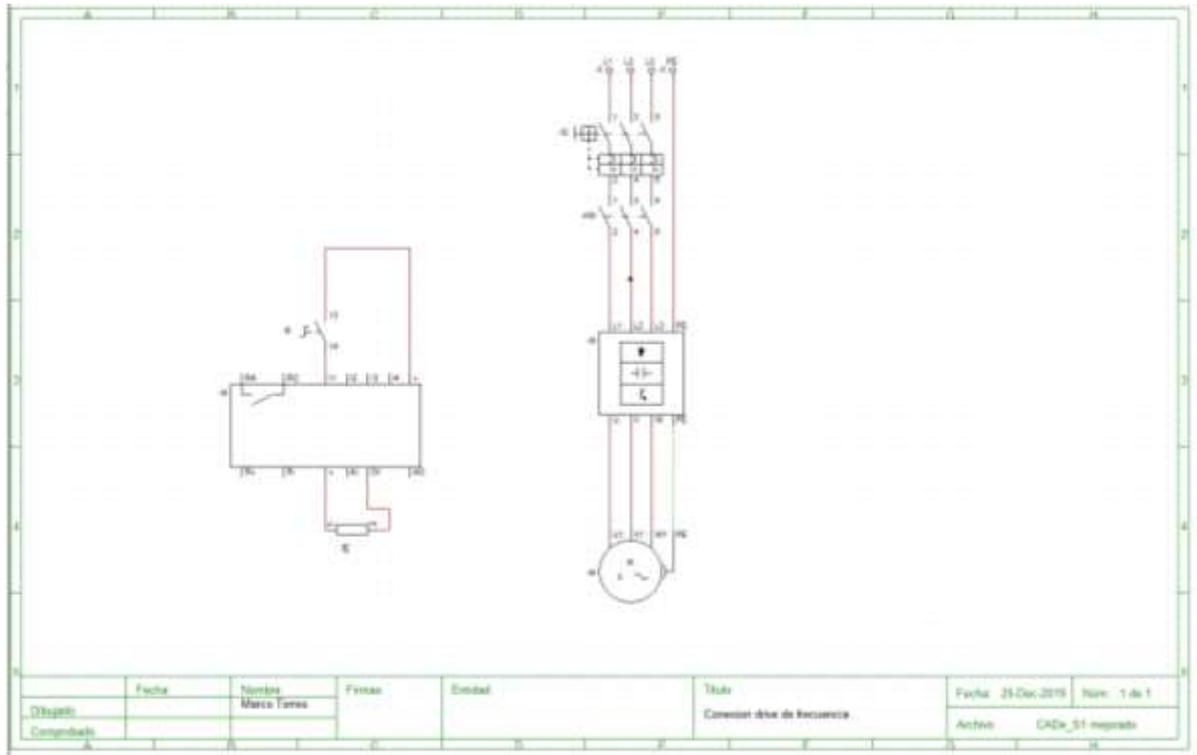


Figura 3.41: Conexión del variador de frecuencia.

Fuente: El Autor

También, Se debe de realizar una mejora en cuanto a la conexión a la placa, además se deberá instalar el termopar, de tal manera que no interfiera con el proceso de estampado al calor.

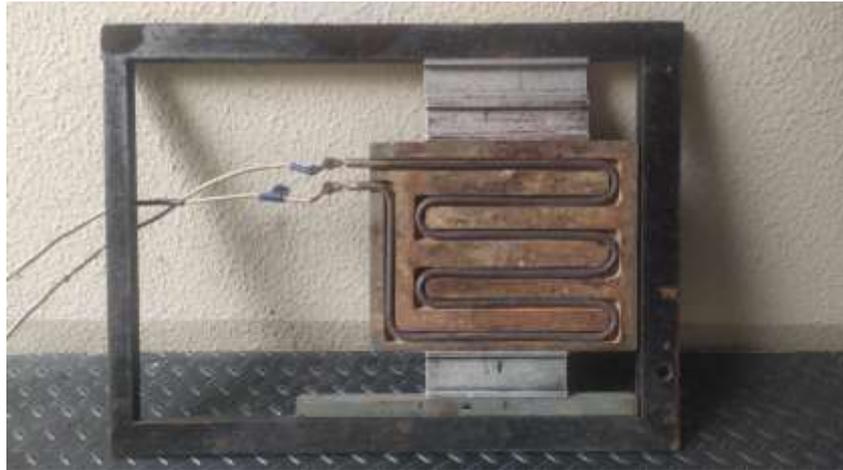


Figura 3.42: Placa resistiva utilizada en la máquina Heidelberg.

Fuente: El Autor

Este sistema de control eléctrico acarreará con una carga total de aproximadamente 4kW y se trabajará en 220V.

Tabla 3.8: Potencia total de la máquina Heidelberg.

Cargas	Potencia
Motor	2kW
Plancha resistiva	1,56kW
Elementos de control	300W
Total	3,86kW

Fuente: El autor

3.6 Costo Beneficio

Desde el escenario macro, del punto de vista económico, adquirir una nueva máquina que permita controlar todas las variables que se proponen en el sistema, objeto del presente documento, le representaría al artesano incurrir en altos costos económicos, dado que los precios de las máquinas que existen en el mercado extranjero fluctúan entre seis mil dólares americanos para las máquinas manuales de estampado al calor y treinta y dos mil dólares americanos las máquinas automáticas para el proceso de estampado al calor y demás, valores a los cuales es preciso añadir los trámites aduaneros y de instalación de la maquinaria. Sin embargo, para la incorporación del sistema de control referido en el capítulo 3 del presente documento, representaría para el artesano un valor aproximado de quinientos sesenta y seis dólares americanos. Este sistema de control puede utilizarse para el proceso de troquelado y para el proceso de estampado al calor para la máquina Heidelberg.

Es decir a modo de resumen, la inversión para la adecuación de un sistema de control es ínfima vs la adquisición de una nueva maquinaria. Considerando el entorno y realidad de los artesanos del sector gráfico de Guayaquil, no es viable la adquisición de una nueva maquinaria.

Desde el escenario micro, que evalúa los beneficios directos de la incorporación del sistema de control, constan las variables de calidad, energía y recursos.

La calidad del trabajo, es una variable cualitativa, sin embargo, puede llegar a mejorar de forma considerable. El consumo de energía, se reduciría

en un 50%, reduciendo el amperaje de 13,7 a 6A de energía en la resistencia tubular conectándola a 220V. Y, finalmente, permitiría la optimización de recursos, de papel y tiempo, dado que actualmente al encender la maquinaria Heidelberg las personas deben probar en al menos 40 pliegos de papeles la temperatura correcta para empezar con el trabajo, lo cual representa el desperdicio del 4% de los materiales, así mismo, el tiempo de espera hasta cuadrar la temperatura idónea retrasa el inicio de la producción, por lo cual con el sistema de control se controlarán estas variables.

Finalmente, por lo antes expuesto, al revisar la variable dinero, la incorporación de un sistema de control resulta mucho más económico para los artesanos; así mismo el menor consumo de energía y recursos se traduce al final en ahorro económico y mejorara calidad del producto final, es una variable cualitativa que será valorada por los clientes.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

Actualmente los artesanos del sector gráfico de Guayaquil, mantienen máquinas que han superado la vida útil e inclusive las han adaptado para inclusión de otros procesos, esto surge principalmente por los elevados costos de compra e importación de maquinarias nuevas que tengan todas las funcionalidades integradas. Ante el inminente y latente problema al que se enfrentan los artesanos con la operación de la máquina Heidelberg, surge la necesidad de diseñar un sistema de control que permita disminuir el riesgo y optimizar recursos como materia prima y energía.

El sistema de control eléctrico planteado en el presente documento tiene como consecuencia 3 beneficios principales. El primero, está directamente enfocado con mejorar la calidad de los productos elaborados a partir del proceso de calor con la máquina antes referida. Esto se da a partir de que es posible tener un control constante y certero sobre la temperatura a la cual se encuentran expuestos los materiales a estampar; así se evita que el control quede a criterio del operario, quienes a la fecha lo realizan de forma manual. El controlador PID de temperatura mantiene esta variable establecida de una manera proporcional, integral y derivativa, evitando picos de corriente producidos por conexiones directas de la plancha resistiva, como se lo realiza actualmente con la ausencia de este diseño.

El segundo beneficio, está ligado a la eficiencia en recursos, dado que permite reducir el consumo eléctrico y el desperdicio de materiales que hoy en día es usado por los artesanos para testear la temperatura idónea para realizar el trabajo. Así mismo, el uso de variador de frecuencia para arranque de motor, evita los picos de arranque directo, ya que, con el uso del variador de frecuencia, la velocidad del motor aumenta gradualmente, reduciendo el desgaste de los cojinetes del motor por fricción extendiendo la vida útil del motor; lo que se traduce en reducción de consumo de energía.

El tercer beneficio, afecta a un tercero, en este caso al operario de la maquinaria, quien actualmente se encuentra expuesto a accidentes laborales por la adaptación de la máquina; así el operario no estará expuesto a un riesgo laboral, ya que no debe controlar la temperatura de la plancha resistiva manualmente. También, con este diseño de control se evitaría riesgos eléctricos, incendios por sobrecargas de líneas en tomacorrientes, ya que con la implementación de este sistema de control eléctrico, se dispondrá de los cálculos pertinentes de equipos de protección y calibre de conductores, dando seguridad tanto para la máquina como para el operario.

Por lo antes expuesto, es posible concluir que utilizar un sistema de control eléctrico para una máquina resulta importante ya que facilita la corrección de fallas, reduce el consumo de energía eléctrica, previene de riesgos laborales y facilita el uso de la máquina a los operarios.

En resumen, La máquina Heidelberg minerva de 1955 por su durabilidad y su variedad de usos, es la recomendable para adaptar el proceso de estampado al calor, siempre y cuando se mitiguen los riesgos y se

implemente el sistema de control. Adicional, desde un punto de vista económico resulta más factible la implementación del diseño planteado en este reporte, que la adquisición de una máquina en el mercado internacional, por la coyuntura y situación del país.

4.2 Recomendaciones.

- Se recomienda a las empresas del sector gráfico a adecuar correctamente las instalaciones eléctricas para el uso de maquinaria.
- Se recomienda que las imprentas dedicadas al estampado al calor adquiera este sistema de control ya que da beneficios tanto a seguridad, como mejora de calidad a la impresión.
- Se recomienda que el estado ecuatoriano haga un plan de financiamiento a dueños de imprenta para renovar la maquinaria del sector gráfico ya que la mayoría de las máquinas son del siglo XX.
- Se recomienda para futuros estudios de investigación, se implemente el sistema de control eléctrico y se realice un análisis comparativo de la máquina Heidelberg con el sistema de control versus la máquina sin el sistema de control donde se evalúen la eficiencia.

Referencias

- Areny, R. P. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal* (cuarta ed.). Barcelona, España: Marcombo
- Arias Fidias. (2016, Julio 2). Investigación Documental. *Investigación Documental ~ Introducción a la Investigación*.
<http://ustminvestigacion.blogspot.com/2016/06/investigacion-documental.html>
- ABB Drives. (2015, marzo 11). *Qué es un variador de frecuencia | ABB*.
<https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- BrotoTermic. (2014). Resistencias eléctricas calefactoras. En *Resistencias eléctricas calefactoras* (Vol. 1).
<http://www.brototermic.com/docs/catalogo-resistencias-calefactoras.pdf>
- Canales, A. R., & Martínez, J. M. M. (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*. Marcombo.
- Carles. (2019, marzo 7). *Hot stamping*. Proprintweb.
<https://www.proprintweb.com/blog/que-es-el-hot-stamping>
- Castro, A. A. (2015). *CONTROL PID PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA*. Recuperado 18 de diciembre de 2019, de https://www.academia.edu/24427964/CONTROL_PID_PARA_EL_CONTROL_DE_TEMPERATURA
- Comtois, P., Larcher, P., Moreux, A., & Perrocheau, R. (2002). *Electromechanical contactor* (United States Patent N.º US6411184B1).
<https://patents.google.com/patent/US6411184B1/en>

- Corrales Murillo, L. E., & Minotta Orobato, J. (1990). *Rele electrónico de sobrecorriente* [Corporación universitaria autónoma de occidente].
<http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/2775/1/T0001053.pdf>
- Deobold VanDalen. (2016, septiembre 12). *LA INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA*. noemagico.
<https://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigacion-descriptiva.php>
- Disai Automatic Systems. (2013). *Armarios Eléctricos*. Disai Automatic Systems. <https://www.disai.net/producto/armarios-electricos/>
- Electrónica unicrom. (2017, enero 12). *Luz piloto de baja potencia*. Electrónica Unicrom. <https://unicrom.com/luz-piloto-de-baja-potencia/>
- Enrique Marrufo Gonzáles, & Juan Castillo Pedrosa. (2018). *Instalaciones eléctricas básicas* (1.^a ed.). McGraw Hill.
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>
- Fedrigoniclub. (2012, julio 27). *¿Sabes cómo imprime el hot stamping?* Fedrigoni Club. <http://www.fedrigoniclub.com/catalogo/sabes-como-imprime-el-hot-stamping/>
- Grupo Navarro. (2018, julio 11). *El Interruptor Termomagnético*. Grupo Navarro. <https://gruponavarro.pe/electricidad-domiciliaria/interruptor-termomagnetico/>
- Ing. Alberto Sandoval Rodríguez. (2018). *Beneficios de los variadores de velocidad*. cenytec.
<http://www.cenytec.com/Publicaciones/VARIADORES-TECNOLOGIA.pdf>

- Ing Pablo Morcelle del Valle. (2014). *Transductores Instrumentación*. Universidad Nacional de la Plata. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69655/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO*. (2014, octubre 8). <https://comofunciona.co/un-interruptor-termomagnetico/>
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de control automático* (séptima). Pearson Educación.
- Lecanda, R. Q., & Garrido, C. C. (2015). *Introducción a la metodología de investigación cualitativa*. 36.
- Mavainsa. (2009). *Controladores de procesos industriales*. http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentacion_industrial4.php
- Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. (2013, enero). *INSTALACIONESELECTROMECHANICAS*. <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>
- Ministerio de Relaciones Laborales. (2013, agosto 13). *Prevencion Riesgos Electricos en Construccion*. <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/NT-39-Prevencion-Riesgos-Electricos-en-Construccion.pdf>
- Norman Haynes Ltd. (2016). *Letterpress, Die Cutting & Foiling Archives*. <http://normanhaynes.co.uk/shop/category/letterpress-die-cutting-foiling/>

- Omega Company. (2017, marzo 6). *Control de temperatura | Reguladores y controladores.* Controladores de temperatura. <https://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>
- Omega Engineering. (2019, abril 18). *Termistor.* <https://es.omega.com/prodinfo/termistores.html>
- OMRON ELECTRONICS, S.A. (2017). *Guía rápida Relé de estado sólido.* <http://www.reitec.es/Pdf/documentacion6.pdf>
- Original Heidelberg. (2014, julio 13). *Manual Original Heidelberg.* Google Docs. https://drive.google.com/file/d/0B-hUL_Al6R8uYzU5MTdINGYtYjg0ZC00YjA1LTkzMDktOTE3MTZjNTA4ZjBk/view?usp=drive_open&hl=en&usp=embed_facebook
- PCE Instruments. (2014, septiembre 30). *Transductores.* <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/transductores.htm>
- Rueda, J. M. P. (2015). *Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia* [Universidad de Sevilla]. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90201/fichero/proyecto.pdf>
- Seat S.A. (1996). *Conceptos basicos de electricidad* (1.^a ed.). http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula_virtual/Cursos/Topicos%20de%20EyE/Electronica%20-%20Conceptos%20basicos%20de%20electricidad%20-%20Curso%20seat.pdf
- Sierra, H. I. R., & Ortega, M. F. M. (2010). *MODELAMIENTO Y CONTROL DIGITAL DE TEMPERATURA PARA HORNO ELECTRICO.* 84. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7044/tesis489.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Silva, C. A. (2007). *JOSE WILLIAM MONTES OCAMPO*. 34, 6.

Tabla-de-ampacidad-para-cable-AWG-o-MCM.pdf. (2016). Recuperado 3 de enero de 2020, de <http://www.ilumeyco.com/descargas/tabla-de-ampacidad-para-cable-AWG-o-MCM.pdf>

Venemedia Comunicaciones C.A. (2015). *Definición de Controles Eléctricos, Qué es, su Significado y Concepto*. <https://www.definicion.xyz/2018/06/controles-electricos.html>

Wenzhou zensen Machinery Co., Ltd. (2018). *Automatic Hot Foil Stamping Die Cutting Machine Zs-750*. https://www.alibaba.com/product-detail/Automatic-Hot-Foil-Stamping-Die-Cutting_62227766986.html?spm=a2700.7735675.normalList.14.1c713be3OtpIlgS&s=p

Wenzhou zensen Machinery Co., Ltd. (2018). *Hand operated hot foil stamping machine*. Zensen Machines. https://www.zensenmachine.com/pd.jsp?id=106#_pp=0_367_43

Anexos:

Tabla Ampacidad de conductores

TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)						
AMPACIDAD DE THW, THHN- THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
			DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA			
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULGADAS)	THHN- THWN,XHHW (PULGADAS)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
14 AWG	20 A	-	1/2	1/2	0.4762	0.4167
12 AWG	25 A	20 A	1/2	1/2	0.3125	0.2632
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677
8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
2 AWG	115 A	90 A	1 1/4	1	0.0370	0.0323
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114
350 MCM	310 A	250 A	2 1/2	2 1/2	0.0121	0.0106
400 MCM	335 A	270 A	3	2 1/2	0.0115	0.0091
500 MCM	380 A	310 A	3	3	0.0101	0.0088
600 MCM	420 A	340 A	3	3	0.0094	0.0082
700 MCM	460 A	375 A	3 1/2	3	0.0089	0.0077
750 MCM	475 A	385 A	3 1/2	3 1/2	0.0086	0.0075
1000 MCM	545 A	445 A	4	3 1/2	0.0079	0.0069

Fuente: (Tabla-de-ampacidad-para-cable-AWG-o-MCM.pdf, 2016, p. 1)

Anexo 2:

Ficha técnica 1. Tipos de Foil para estampado al calor

FOIL PARA PAPEL HOT STAMPING

El film FOIL es una lámina fina de poliéster termo-transferible mediante del proceso de hot stamping. Ofrecemos diferentes tipos de FOILS y en varios colores para diversas aplicaciones.

El proceso de impresión hot stamping es usado para la decoración de hojas de libro, etiquetas, afiches, tapas, menú de restaurantes, etc., utilizando un cliché caliente y una máquina especializada.

Tipos de film FOIL para PAPEL y similares disponibles:

M816

- Sustratos destacados: papel y cartón en general, con o sin barniz calendario o agua-basados. Laminado en mate y brillante BOPP, placas de polipropileno.
- Despliegue: Medio / Suave.
- Clichés indicados: todos los empleados en el área gráfica (zinc, cobre y latón)
- Temperatura indicada: 90°C a 120 °C tarjetas y hasta 150 ° C en BOPP laminado.

En el caso de BOPP bien asesorado para elevar la temperatura para mejorar el brillo y la adherencia.

WA

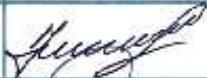
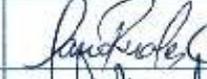
- Sustratos destacados: papel y tarjetas en general, con o sin la laminación de BOPP. Brillo del barniz a base de agua adecuado para estampación en caliente.
- Despliegue: Medio / Suave.
- Clichés indicados: todos los empleados en el área gráfica (zinc, cobre y latón)
- Temperatura indicada: 120 a 150 ° C (se requiere prueba).



Anexo 3:

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-008
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15	

Datos generales del documento				
ELABORACIÓN	X	ACTUALIZACIÓN		ELIMINACIÓN
Nombre del documento:	Instructivo de seguridad contra riesgo eléctrico			
Código:	IT-RSC-RES-008			
Versión:	01			
Proceso / Subproceso:	Responsabilidad Social Corporativa/Responsabilidad Social Corporativa			
Observación:				

	Nombre y Apellido	Cargo	Firma
Elaborado por:	Jorge Moscoso	Profesional de Mantenimiento	
	Miguel Menéndez	Profesional de Alumbrado Público - GYE	
	Freddy Lorentty	Profesional de Seguridad Industrial - GYE	
	Ubaldo Salderrriaga	Profesional de Gestión de Procesos - GYE	
Revisado por:	David Ruales	Director de Gestión de Procesos	
	Joffre Mieles	Director de Mantenimiento	
Aprobado por:	Enrique Veloz	Director de Responsabilidad Social, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	
Fecha de aprobación:		13 ABR 2018	



	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15	

1 Objetivo

Describir las actividades necesarias que permitan asegurar que un trabajo con riesgo eléctrico se ejecute en forma segura, protegiendo el medio ambiente y sin obstaculizar las operaciones de CNEL EP.

2 Alcance

El presente documento es de aplicación obligatoria para los servidores públicos del área de Distribución, Responsabilidad Social, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, Contratistas y/o Subcontratistas y todo el personal que ejecute trabajos eléctricos en la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP.

3 Definiciones

ANCLAJES: Punto utilizado para conectar líneas de vida, líneas de seguridad y equipos de protección personal de caídas. Deberá ser independiente de cualquier otro anclaje usado para soportar o suspender plataformas y capaz de soportar, por lo menos, 5000 libras (22,2kN) por empleado conectado. Las columnas, vigas, postes, crucetas, abrazaderas que normalmente son consideradas puntos seguros para fijar.

ARCO ELÉCTRICO: Es la descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial y colocados en el seno de una atmósfera gaseosa.

ARNÉS DE CUERPO COMPLETO: Equipo de protección personal utilizado para detener y distribuir las fuerzas generadas por una caída en piernas, pelvis y tórax. La fuerza máxima de arresto de una caída con arnés de cuerpo completo será de 1.800 libras.

CAÍDA LIBRE: Es la distancia recorrida desde el punto donde el trabajador comienza a caer hasta el punto donde el equipo de desaceleración llega a su nivel más bajo.

CINCO REGLAS DE ORO EN TRABAJOS SIN VOLTAJE:

- **Primer Paso.-** Abrir con corte visible todas las fuentes de voltaje a través de interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.
- **Segundo Paso.-** Bloquear y etiquetar los equipos de maniobra y protección.
- **Tercer Paso.-** Verificar correctamente la ausencia de voltaje.
- **Cuarto Paso.-** Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de voltaje.
- **Quinto Paso.-** Colocar las señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

CINTA DE ANCLAJE GRADUABLE TIE OFF: Adaptador de anclaje dieléctrico graduable fabricado en reata poliéster, con argolla tipo D en un extremo, resistente a 5000 lbs. (22, 2kN).






	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15	

CONECTORES (MOSQUETONES): Los conectores son equipos utilizados para acoplar partes de los sistemas personales de protección contra caídas y posicionamiento. Estos pueden ser componentes independientes del sistema como son los conectores (mosquetones) o pueden ser un componente integral del sistema (Mosquetones integrados a las líneas de posicionamiento, a los absorbedores de caída, a las líneas de vida retractiles etc.). Tendrán resistencia a 5000 lbs. (22,2 kN).

CLASE DE AISLAMIENTO PARA GUANTES DIELECTRICOS: Según el nivel de voltaje se considera su clasificación de acuerdo a la siguiente tabla:

TIPO	NIVEL DE VOLTAJE
CLASE 00	Hasta 500 V de CA
CLASE 0	Hasta 1000 V de CA
CLASE 1	Hasta 7,5 kV de CA
CLASE 2	Hasta 17 kV de CA
CLASE 3	Hasta 26,5 kV de CA
CLASE 4	Hasta 36 kV de CA

ESLINGA: Línea flexible de cuerda, cable de acero o cinta de material sintético, que cuenta con conectores (mosquetones) en sus extremos.

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP): Los equipos de protección personal comprenden aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones. Los equipos de protección personal a utilizar son:

-
- a) Zapatos de seguridad dieléctrico antideslizante
 - b) Guantes de PVC
 - c) Guantes de cuero
 - d) Guantes aislantes: Clase 00, 0, 1, 2, 3, 4
 - e) Eslingas
 - f) Lentes de seguridad contra impacto
 - g) Ropa de trabajo
 - h) Careta facial anti arco voltaico
 - i) Casco dieléctrico con barbiquejo
 - j) Detector personal de voltaje
 - k) Cinturón, arnés y faja de seguridad
 - l) Mascarillas para polvos
 - m) Chalecos reflectivos

EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA: Se definen como equipos de protección colectiva a aquellos, cuyo objetivo es la protección simultánea de varios trabajadores expuestos a un determinado riesgo. Los equipos de protección colectiva a utilizar son:

- a) Conos de seguridad

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15	

- b) Detector de voltaje para uso con pértiga.
- c) Cintas de seguridad
- d) Luces de emergencia y/o señalización
- e) Botiquín de primeros auxilios
- f) Bolsas de polietileno para desechos
- g) Paños absorbentes
- h) Extintor polvo químico seco y/o CO2
- i) Equipos de puesta a tierra temporal

INSTALACIÓN ELÉCTRICA: El conjunto de los materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante los que se genera, convierten, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica; se incluyen las baterías, los condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica

LÍNEA DE VIDA: Es un conjunto de elementos conectados a un sistema de anclajes y que según su uso y ubicación se dividen en horizontales y verticales estas se usan para conectar los componentes del sistema de protección contra caídas.

PROTECTOR FACIAL CONTRA ARCO ELECTRICO: Equipo de protección personal destinado a brindar seguridad a la cara del usuario y contra el arco eléctrico del cortocircuito, proyección de partículas, golpes, salpicaduras de líquidos, quemaduras, calor, deslumbramientos y radiaciones.

TÉCNICO COMPETENTE O CALIFICADO: Aquel trabajador que a más de los conocimientos y experiencia en el campo de su actividad específica, los tuviera en la prevención de riesgos dentro de su ejecución, deben poseer certificado de competencia laboral.

Handwritten marks: a circle with a dot, a plus sign, and a signature.

4 Desarrollo

ORGANIZACIÓN PREVIA

Análisis de riesgo de trabajo y dialogo periódico de seguridad

- 4.1 Antes de realizar el trabajo el Jefe de grupo efectúa un análisis de riesgos del medio (estructuras, circuitos, cajas de conexiones, cubiertas, equipos, ambiente de trabajo, etc.) donde se intervendrá de acuerdo con el Anexo 1 "Parámetros de análisis de riesgos" y otros factores de riesgo.
- 4.2 El Jefe de grupo determina los peligros y características del área donde se realizará el trabajo, con el fin de definir la necesidad de asegurar el área de trabajo.
 - 4.2.1 Si las condiciones meteorológicas no son las adecuadas, tales como presencia de garúas o lluvias repentinas, neblinas, condensación por humedad excesiva u otros factores de riesgo, el Jefe de grupo contando con la autorización del Profesional a cargo de la zona o sector donde se realizan los trabajos suspende las labores y efectúa una reprogramación de las actividades a fin de concluir la programación inicial.

Handwritten signature.

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15	

- 4.3 El Jefe de grupo realiza una charla de mínimo 5 minutos sobre seguridad en la zona de trabajo, explicará los riesgos potenciales de la tarea y el entorno, las medidas de control y prevención a tomar, el método de trabajo a seguir y asignación de responsabilidades a fin de evitar accidentes laborales.
- 4.4 El Jefe de grupo para reforzar la charla utiliza el plano o croquis, diagrama unifilar, orden de trabajo, "Instructivo de trabajo seguro en altura" IT-RSC-RES-007, el presente instructivo y además asegura la participación de todos los miembros del grupo de trabajo.
- 4.5 Para el cumplimiento de requisitos y medidas de seguridad, el grupo de trabajo aplica lo señalado en: Anexo 2 "Requerimientos de seguridad industrial para realizar trabajos eléctricos", "Instructivo de trabajo en altura" IT-RSC-RES-007 y el presente instructivo.

VERIFICACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE SEGURIDAD

- 4.6 El Jefe de grupo en conjunto con los Técnicos asignados a realizar el trabajo verifican que existan y que estén en buen estado los equipos de protección personal y los equipos de protección colectiva necesarios tales como: arneses dieléctricos, andamios, escaleras, ganchos, conectores (mosquetones), línea de vida, eslingas, carros canastas, protector facial dieléctrico, guantes dieléctricos, gafas contra impacto y rayos UV, cinta de anclaje graduable y otros equipos que se utilicen.

EJECUCIÓN DE TAREAS

- 4.7 El Ingeniero a cargo del trabajo en conjunto con el Jefe de grupo definen y planifican si el trabajo se lo va a realizar con voltaje o sin voltaje de acuerdo a las condiciones de riesgo existentes.

Trabajo sin voltaje (Desenergizado)

- 4.8 El grupo de trabajo para las labores que se realicen con líneas sin voltaje aplica las 5 reglas de oro

Distancias de seguridad

- 4.9 El Técnico designado por el Jefe de grupo, efectúa el trabajo guardando las distancias de seguridad según el Anexo 3 "Tabla de distancias de seguridad contra riesgos eléctricos".

Trabajo con voltaje (Energizado)

- 4.10 Los Técnicos designados por el Jefe de grupo, efectúan el trabajo utilizando los equipos y herramientas con el aislamiento requerido de acuerdo al nivel de voltaje de operación de la red eléctrica.

	INSTRUCTIVO DE SEGURIDAD CONTRA RIESGO ELÉCTRICO			Código: IT-RSC-RES-08
				Versión: 01
Elaborado por: RSC/CDG/TEC	Revisado por: RSC	Aprobado por: RSC	Fecha de Emisión: 2018-03-15	

CONTROL

4.11 El Profesional de Seguridad de manera aleatoria realiza la verificación del cumplimiento de las medidas de Seguridad Industrial en el trabajo a través del Anexo 4 "Lista de chequeo para evaluar riesgos de seguridad en el trabajo" FO-RSC-RES-016.

5 Documentos de referencia

Para la elaboración del documento, se consideró las disposiciones y normativas que se detallan a continuación:

- Homologación de Unidades de Propiedad, Catálogo Digital, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, vigente desde el 3 de junio de 2011 y sus actualizaciones.
- Decreto Ejecutivo 2393 "Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo", vigente desde el 17 de noviembre de 1986.
- Acuerdo N°. 013 "Reglamento de Seguridad del Trabajo Contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica", vigente desde el 22 de enero de 1998.
- Acuerdo N°. 00174 "Reglamento de Seguridad y Salud Para la Construcción y Obras Públicas, vigente desde el 10 de enero de 2008.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional de Cnel EP, vigente desde noviembre 2014.

Handwritten notes:
D
A
Handwritten signature

6 Registros

Código	Nombre o Descripción
FO-RSC-RES-016	Lista de chequeo para evaluar riesgos de seguridad en el trabajo

7 Anexos

- 7.1. **Anexo 1.** Parámetros de Análisis de Riesgos.
- 7.2. **Anexo 2.** Requerimiento de seguridad industrial para realizar trabajos eléctricos.
- 7.3. **Anexo 3.** Tabla de distancia de seguridad contra riesgos eléctricos.
- 7.4. **Anexo 4.** FO-RSC-RES-016 "Lista de chequeo para evaluar riesgos de seguridad en el trabajo".

Handwritten signature

ANEXO 1
Parámetros de Análisis de Riesgos

TIPO DE RIESGO	Instalación, mantenimiento y retiro de luminarias	Montaje de tensores y andajes para bajo y medio voltaje	Cambio de aisladores PIN	Instalación, mantenimiento o retiro de seccionadores	Instalación, mantenimiento o retiro de pararrayo	Montaje y desmontaje de transformadores en líneas sin tensión	Transporte, izado, aplomado y retiro de postes
Identificación incorrecta de transformador que alimenta el circuito	X			X	X	X	X
Líneas de bajo voltaje en mal estado (picadas)	X	X					
Líneas de medio voltaje en mal estado (picadas)		X	X	X	X		
Descargas imprevistas por equipos defectuoso	X	X		X	X	X	X
Electrocución y arco eléctrico	X	X	X	X	X	X	X
Golpe por caída de objetos	X	X	X	X	X	X	X
Caídas por mal uso de herramientas u otros	X	X	X	X	X	X	X
Red de telecomunicaciones	X	X				X	X
Deshidratación	X	X	X	X	X	X	X
Traumatismos	X	X	X	X	X	X	X
Sobreesfuerzos por posición inadecuada	X	X	X	X	X	X	X
Daños a terceros	X	X	X	X	X	X	X
Caída al mismo nivel	X	X	X	X	X	X	X
Caída a diferentes niveles	X	X	X	X	X	X	X
Picaduras de insectos	X	X	X	X	X	X	X
Atropellamiento	X	X	X	X	X	X	X

ANEXO 2

Requerimiento de seguridad industrial para realizar trabajos eléctricos

REQUERIMIENTO DE TRABAJO SIN VOLTAJE

Para los trabajos sin voltaje el personal Técnico debe aplicar las 5 reglas de oro:

1. **Corte efectivo de todas las fuentes de alimentación:** Efectuar la desconexión mediante el uso de interruptores y demás equipos de seccionamiento. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que permita identificar claramente las posiciones de apertura y cierre de manera que se garantice que el corte sea efectivo.
2. **Enclavamiento o bloqueo de los aparatos de corte:** Operación que impide la reconexión del dispositivo sobre el que se ha efectuado el corte efectivo, permite mantenerlo en la posición determinada e imposibilita su cierre intempestivo. Para su materialización se puede utilizar candado de condenación y complementarse con la instalación de las tarjetas de aviso. En los casos en que no sea posible el bloqueo mecánico, deben adoptarse medidas equivalentes como, por ejemplo, retirar de su alojamiento los elementos extraíbles.
3. **Verificación de ausencia de voltaje:** Haciendo uso de los elementos de protección personal y del detector de voltaje, se verificará la ausencia de la misma en todos los elementos activos de la instalación o circuito. Esta verificación debe realizarse en el sitio más cercano a la zona de trabajo. El equipo de protección personal y el detector de voltaje a utilizar deben ser acordes al nivel de voltaje del circuito. El detector debe probarse antes y después de su uso para verificar su buen funcionamiento.
4. **Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de voltaje que inciden en la zona de trabajo, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:**
 - ✓ El equipo de puesta a tierra temporal debe estar en perfecto estado, los conductores utilizados deben ser adecuados y tener la sección suficiente para que soporten la corriente de cortocircuito de la instalación en que se utilizan.
 - ✓ Se debe usar los elementos de protección personal.
 - ✓ Debe guardarse las distancias de seguridad dependiendo del nivel de voltaje.
 - ✓ El equipo de puesta a tierra se conectará primero a la malla o electrodo de puesta a tierra de la instalación, luego a la silleta equipotencial (si se utiliza) y después a las fases que han de aterrizar iniciando por el conductor o la fase más cercana.
 - ✓ Para su desconexión se procederá a la inversa.
 - ✓ Los conectores del equipo de puesta a tierra deben asegurarse firmemente.
 - ✓ Siempre que exista conductor de neutro, se debe tratar como si fuera una fase.
 - ✓ Evitar bucles o bobinas en los conductores de puesta a tierra
5. **Señalizar y demarcar la zona de trabajo:** Esta actividad debe garantizarse desde el arribo o ubicación en el sitio de trabajo y hasta la completa culminación del mismo.

[Handwritten signature]

REQUERIMIENTO DE TRABAJO CON VOLTAJE

- Para la ejecución de trabajos con líneas energizadas con voltajes entre 0 a 600 V, el personal deberá utilizar el equipo de protección personal y las herramientas con aislamiento de un 1 kV, manteniendo las distancias de seguridad de acuerdo a la tabla de distancias de seguridad.
- Para la ejecución de trabajos con líneas energizadas de medio voltaje de 15 kV, el personal deberá utilizar el equipo de protección personal y las herramientas con aislamiento de 17 kV, *[Handwritten signature]*

ANEXO 2

Requerimiento de seguridad industrial para realizar trabajos eléctricos

manteniendo las distancias de seguridad de acuerdo a la tabla de distancias de seguridad.

- Para la ejecución de trabajos con líneas energizadas de medio voltaje de 22 kV, el personal deberá utilizar el equipo de protección personal y las herramientas con aislamiento de 26,5 kV, manteniendo las distancias de seguridad de acuerdo a la tabla de distancias de seguridad.
- Para la ejecución de trabajos con líneas energizadas de medio voltaje de 34,5 kV, el personal deberá utilizar el equipo de protección personal y las herramientas con aislamiento de 36 kV, manteniendo las distancias de seguridad de acuerdo a la tabla de distancias de seguridad.
- Siempre considerar que todos los puntos de la red están energizados, aun cuando existan cortes de energía.
- Todos los vehículos (carros o canastas) que intervengan en los trabajos deben ser conectados a tierra.
- Todas las herramientas manuales menores deben tener aislamiento mínimo para 1000 voltios.
- El grupo de trabajo debe conocer las cargas máximas mecánicas que soportan cada una de las herramientas que se utilicen de acuerdo con las fichas técnicas y nunca sobrepasar dicha carga.
- Los cabos dieléctricos deben ser almacenados, transportados en recipientes plásticos que permitan cubrirse o aislarse del medio externo. Durante su uso se debe evitar el contacto directo con el suelo u otros productos que deterioren el elemento. Estas deben manipularse con guantes limpios, libres de polvo y grasa.

Handwritten notes:
⊕
+
Seguridad

REQUERIMIENTO DE DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENERGIZADAS

Al trabajar cerca de partes energizadas se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Antes de iniciar los trabajos verificar si la instalación o equipos están energizados y el nivel de voltaje al cual se encuentran operando.
- Toda línea o equipo eléctrico se consideraran energizados mientras no hayan sido desconectados, puestos a tierra y cortocircuitados, por lo que deberán guardarse las distancias de seguridad correspondientes.
- Todas las partes metálicas no aterrizadas de equipos o dispositivos eléctricos se consideran como energizadas al nivel de voltaje más alto de la instalación.
- Al conectar equipotencialmente líneas o equipos se mantendrán las distancias de seguridad, mientras dichas líneas o equipos no hayan sido efectivamente desenergizados y puestos a tierra.

Estas distancias se mantendrán también respecto a conectores y conductores eléctricos de los propios equipos de puesta a tierra, por lo que se instalarán con pértigas aisladas y guantes dieléctricos según el nivel de voltaje.

ANEXO 2

Requerimiento de seguridad industrial para realizar trabajos eléctricos

- Cuando los trabajadores realicen sus actividades deben mantener las distancias de seguridad entre las partes energizadas y objetos que son o contienen materiales considerados conductores de la electricidad, mientras manipulen herramientas metálicas, cables, alambres, etc.
- Cuando se instalen o remuevan postes en la cercanía de líneas o equipos energizados estos se considerarán energizados al mismo nivel de voltaje de operación de la línea o equipos, por tal motivo se aplicarán las medidas de prevención de accidentes en trabajos con redes energizadas.
- Para el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad, se considerarán no solamente los actos voluntarios de los trabajadores, sino los posibles actos involuntarios o accidentales como: resbalones, pérdida del equilibrio, caídas al mismo o diferente nivel, olvido o descuido momentáneo, extensión inconsciente de los brazos, piernas, entre otros.
- Cuando se trabaje en líneas o redes cercanas a circuitos energizados (que se cruzan o son paralelos) y no se garanticen las distancias mínimas establecidas se debe suspender el servicio en el circuito mencionado y se instalará el equipo de puesta a tierra.
- Se considera de alto riesgo si cualquier persona, equipo, herramienta, vehículo o parte de ellos están o pudieran estar más cerca de las distancias especificadas, respecto de cualquier línea, equipo, conexión o parte energizada, indicadas en el Anexo 3 "Tabla de distancias de seguridad contra riesgo eléctrico".
- En caso de que estas distancias no puedan mantenerse y no puedan adoptarse medidas complementarias que garanticen la Seguridad del Trabajo tales como: aislantes, protectores (mantas dieléctricas) y vigilancia constante del Jefe de grupo, este solicitará la consignación de las instalaciones requiriendo la desconexión respectiva.
- Si la instalación está en consignación deben mantenerse estas distancias de seguridad, mientras no se haya verificado la ausencia de voltaje y colocados los equipos de puesta a tierra y en corto circuito.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Torres Manzano Marco Antonio**, con C.C: # 0919892539 autor/a del trabajo de titulación: “**Diseño de un sistema de control eléctrico para el proceso de estampado al calor del papel en máquina Heidelberg Minerva**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 4 de marzo del 2020

f. _____

Nombre: **Torres Manzano Marco Antonio**

C.C: 0919892539

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de un sistema de control eléctrico para el proceso de estampado al calor del papel en máquina Heidelberg Minerva.		
AUTOR(ES)	Marco Antonio Torres Manzano		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Mgs.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	4 de marzo del 2020	No. DE PÁGINAS:	77
ÁREAS TEMÁTICAS:	Control, electricidad, procesos.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Heidelberg minerva, estampado al calor, sistema de control, control PID.		
RESUMEN/ABSTRACT:			
<p>En el sector de imprenta gráfica de la ciudad de Guayaquil, no cuentan con una máquina específica para realizar el proceso de estampado al calor, por lo cual han adaptado las funciones de la máquina Heidelberg para incorporar dicho proceso; la cual está diseñada únicamente para el proceso de troquelado del papel. El principal motivo por el que los artesanos no cuentan con máquinas específicas para este servicio, es el alto costo de las mismas; frente a esta problemática, los artesanos han desarrollado un sistema casero que no cuenta con instalaciones eléctricas adecuadas y no dispone de ningún controlador. En el capítulo 3 se desarrolló un diseño de un sistema de control eléctrico confiable y seguro para mejorar el proceso de estampado al calor de la máquina Heidelberg Minerva. En primer lugar se especificaron los parámetros técnicos relacionados con el proceso de estampado al calor, luego se realizaron los cálculos pertinentes para la programación del controlador PID de temperatura, en conjunto con el cableado para el control eléctrico. Finalmente, el diseño del sistema de control para la máquina Heidelberg minerva permite controlar el arranque del motor con un variador de frecuencia y la temperatura con un controlador PID para el proceso de estampado al calor. A modo de recomendaciones, se plantean acciones secundarias para mejorar la calidad del proceso y un análisis de costo beneficio en comparación de adquirir una máquina exclusivamente para este proceso.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-994692396	E-mail: marcotorresmv@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando, Mgs.		
	Teléfono: +593-980960875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			