



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TEMA:

**“Estudio y diseño de automatización de máquina rayadora y
eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado”**

AUTOR:

Parra Pingel, Luis David

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELÉCTRO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Ing. Orlando Philco Asqui, MSc.

Guayaquil - Ecuador

2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad, por **Parra Pingel Luis David**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**.

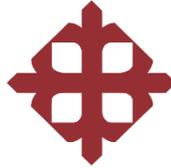
Guayaquil, a los 18 días del mes de marzo del año 2019

TUTOR

Ing. Luis Orlando Philco Asqui, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Heras Sánchez Miguel Armando, MSc.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Parra Pingel, Luis David**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio y diseño de automatización de máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado**, 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, a los 18 días del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR

Parra Pingel, Luis David



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Parra Pingel, Luis David**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio y diseño de automatización de máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 18 días del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR

Parra Pingel, Luis David

REPORTE URKUND

URKUND		Lista de fuentes	Bloques	Orlando Philco Asqui (orlando.philco)
Documento	TESIS LUIS PARRA FINAL.odt (D48194439)	100%	una buena conexión Figura 12-2. Dimensionamiento para el pelado de cables Fuente:	<input type="checkbox"/>
Presentado	2019-02-21 23:53 (-05:00)	100%	LA figura 13-2 muestra el lugar donde deben ir los conectores para energizar la pantalla HMI T...	<input type="checkbox"/>
Presentado por	orlandophilco_7@hotmail.com	100%	cuidado de conectar el panel operador con una fuente de alimentación mal dimensionada;	<input type="checkbox"/>
Recibido	orlando.philco.ucrg@analysis.urkund.com	97%	Se debe utilizar una fuente de alimentación de 24 Vdc de suficiente intensidad. 1. Introducir los	<input type="checkbox"/>
Mensaje	TESIS LUIS PARRA Mostrar el mensaje completo	97%	interface hombre maquina (HMI). 2. Enchufar un conector RJ45 al HMI. 3. Enchufar un conecto...	<input type="checkbox"/>
	4% de estas 37 páginas, se componen de texto presente en 2 fuentes.	96%	Basarse en el reconocimiento antes que en el recuerdo (ejemplo: elegir de entre una lista en lu...	<input checked="" type="checkbox"/>

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL TEMA: Estudio y diseño de automatización de máquina
rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado AUTOR: Parra Pingel, Luis David
Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Eléctrico-Mecánica TUTOR: Ing. Orlando
Philco Asqui, MSc. Guayaquil - Ecuador

II FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo
de titulación fue realizado en su totalidad, por Parra Pingel Luis David, como requerimiento para la obtención
del título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico. TUTOR _____ Ing. Luis Orlando Philco
Asqui, MSc. DIRECTOR DE LA CARRERA _____ Ing. Heras Sánchez Miguel Armando,
MSc.

III FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Yo, Parra Pingel,
Luis David DECLARO QUE: El Trabajo de Titulación, Estudio y diseño de automatización de máquina rayadora y
eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado, 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

Reporte Urkund del trabajo de titulación de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica, denominado: **Estudio y diseño de automatización de máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado**, del estudiante **Parra Pingel, Luis David** se encuentra al 4% de coincidencias.

Atentamente.

Ing. Orlando Philco Asqui

Revisor

DEDICATORIA

Esta tesis de la dedico a mi padre Luis Parra Paredes y a mi madre Miriam Pingel de Parra por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios y el coraje para seguir adelante siempre por el camino del bien.

AGRADECIMIENTO



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Manuel de Jesús Romero Paz, MSc.
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Orlando Philco Asqui, MSc.
COORDINADOR DE TITULACIÓN

Ing. Jimmy Alvarado Bustamante
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURA	XII
INDICE TABLA.....	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
GENERALIDADES	2
CAPÍTULO I:	2
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación	3
1.3 Planteamiento del Problema	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Metodología de investigación	4
CAPÍTULO 2:	5
MOTORES ELÉCTRICOS.....	5
2.2 Motor de Inducción Trifásico	9
2.3 Corriente del Motor	13
2.4 Motor de Inducción Monofásico	15
2.4.1 Inversión de un motor monofásico	17
2.4.2 Par Motor	18
2.5 Tipos de motores monofásicos y sus aplicaciones	19
2.5.1 Motor de Polo Sombreado	23

2.6 Clase de Aislamiento	24
2.6.1 Motores de arranque suave	32
2.6.2 Motores de velocidad variable	34
2.6.3 Frenado	38
CAPÍTULO III:	67
CARTÓN CORRUGADO	67
3.1 Estructura del cartón corrugado	67
3.1.1. Características del cartón corrugado	68
3.1.2. Principios de fabricación	70
3.1.3. Máquinas para la elaboración de cajas de cartón corrugado.....	71
3.1.4. Máquina de impresión.....	72
3.1.5. <i>Slotter</i>	73
3.1.6. Ranuradora	74
CAPÍTULO 4:	75
AUTOMATIZACIÓN DE ELABORACIÓN DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO	75
4.1 Diseño de Automatización de la Línea de Producción de Cajas de Cartón Corrugado para la Empresa CartoPacific.....	75
4.2. Diseño de Maquinaria.....	75
4.2.1. Diseño del alimentador automático de láminas de cartón corrugado	75
4.2.2. Diseño de la cinta transportadora ajustable	77
4.2.3. Máquina de rayado y cortado horizontal y vertical.....	78
4.2.4. Máquina de <i>slottado</i>	78

4.2.5. Pop Up Wheel Sorter	80
4.4. Diseño del Sistema de Control	82
4.4.1. Características del controlador	82
4.4.2. Diagrama de estados.....	82
4.4.3. Diagrama de FESTO	83
4.4.4. Diseño en Factory I/O.....	85
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89

INDICE DE FIGURA

Figura 2. 1 Partes de un motor eléctrico	6
Figura 2. 2 Rotor de un motor eléctrico.....	6
Figura 2. 3 Un motor eléctrico con una armadura.....	7
Figura 2. 4 Vista simplificada de un motor de inducción trifásico de 2 polos. .	9
Figura 2. 5 motor de 2 polos con los cables de fase B y C invertidos.....	11
Figura 2. 6 Jaula de ardilla dentro de un rotor con el eje y el núcleo de acero retirados.....	12
Figura 2. 7 Corriente se induce en la jaula de la ardilla	12
Figura 2. 8 Placa de características de un motor de inducción eléctrica.	13
Figura 2. 9 La corriente de arranque de un motor disminuye a medida que el rotor se acelera	15
Figura 2. 10 Motor de inducción monofásico de 2 polos.....	16
Figura 2. 11 Devanado de arranque al motor monofásico	17
Figura 2. 12 Inversión de un motor monofásico	17
Figura 2. 13 Torsión de un motor trifásico	18
Figura 2. 14 Torsión de motor monofásico mientras el rotor acelera de cero a la velocidad máxima	19
Figura 2. 15 devanados de un motor de inducción monofásico de fase dividida.....	20
Figura 2. 16 Motor de condensador dividido permanente con condensador	21
Figura 2. 17 Motor monofásico de condensador dividido permanente.....	21
Figura 2. 18 Motor monofásico de arranque.	22
Figura 2. 19 Motor monofásico de arranque por inducción.....	22

Figura 2. 20 Motor de inducción de condensador monofásico de dos valores.	23
Figura 2. 21 Motor de inducción de condensador monofásico de dos valores	23
Figura 2. 22 Polo monofásico sombreado	24
Figura 2. 23 Estator de un motor o generador	25
Figura 2. 24 Clase de aislante	26
Figura 2. 25 Un motor con carcasa abierta.	30
Figura 2. 26 Motor con un recinto antideslizante.	30
Figura 2. 27 Motor con carcasa totalmente cerrada, enfriada por ventilador (TEFC) Fuente. El autor.....	31
Figura 2. 28 Corriente de arranque de un motor regular y un motor de arranque suave Fuente. El autor.....	33
Figura 2. 29 Curva de par motor para un ventilador y un motor eléctrico	35
Figura 2. 30 La curva de par del motor se contrae a medida que se reduce la tensión de entrada al motor de condensador dividido permanente.....	36
Figura 2. 31 Ambiente integrado para la programación	40
Figura 2. 32 Barra de herramientas estándar de Logo Soft	41
Figura 2. 33 Barra de herramientas de Logo Soft	42
Figura 2. 34 Pantalla principal del software CaDe_SIMU	43
Figura 2. 35 Sensor Piroeléctrico.....	44
Figura 2. 36 Módulo Logo PLC	46
Figura 2. 37 Logo 12/24 RC.....	47
Figura 2. 38 Montaje en el perfil soporte.....	49
Figura 2. 39 Logo implementado	50
Figura 2. 40 Pantalla HMI modelo ktp600.....	51

Figura 2. 41 Pasos para montaje de la interface Hombre-Máquina.....	53
Figura 2. 42 Dimensionamiento para el pelado de cables	54
Figura 2. 43 Forma de conectar el HMI con una fuente de poder.....	55
Figura 2. 44 Enlaces Ethernet con diferentes equipos.....	57
Figura 2. 45 Módulo de entrada para LOGO PLC.....	61
Figura 2. 46 Partes de un final de carrera.....	63
Figura 2. 47 Pulsadores Industriales.....	64
Figura 2. 48 Diagrama de bloques de lazo cerrado	66
Figura 2. 49 Diagrama de bloques del control on/off	66
CAPÍTULO 3.	
Figura 3. 1 Cartón Corrugado	67
Figura 3. 2 resistencia vertical del cartón corrugado.....	68
Figura 3. 3 Resistencia al rasgado.....	70
Figura 3. 4 Alimentador de láminas de cartón corrugado	72
Figura 3. 5 Rodillo de impresión	73
Figura 3. 6 Slotter	74
Figura 3. 7 Ranuradora tipo caimán manual.....	74
CAPÍTULO 4.	
Figura 4. 1 Alimentador automático del cartón corrugado	76
Figura 4. 2 Cinta transportadora ajustable.....	77
Figura 4. 3 Rayadora y cortadora	78
Figura 4. 4 Easy Slott IV Slottadora (Ranuradora).....	79
Figura 4. 5 Pop Up Wheel Sorter.....	80

Figura 4. 6 Secuencia de funcionamiento del diseño de producción de cajas de cartón.....	81
Figura 4. 7 Diagrama de estados.....	83
Figura 4. 8 Diagrama de control de FESTO.....	83
Figura 4. 9 Inicio del sistema	84
Figura 4. 10 Funcionamiento de temporizadores.....	85
Figura 4. 11 Encendido de toda la maquinaria	85
Figura 4. 12 Visión superior del montaje final de la maquinaria.....	86
Figura 4. 13 Vista superior lateral de la planta.....	86
Figura 4. 14 Planta final	87
Figura 4. 15 Programación con el software LOGOSOFT.....	88

INDICE TABLA

CAPÍTULO 2.

Tabla 2. 1 Las cuatro principales clases de aislamiento	26
Tabla 2. 2 Características de la interface hombre máquina KTP-600.....	52

CAPÍTULO 4.

Tabla 4.1 Características de la <i>ranuradora Easy Slott IV</i>	79
---	----

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal la automatización de las máquinas rayadora y eslotadora en la empresa CartoPacific S.A para la producción de cajas de cartón corrugado el cual se provee a empresas de empaçado de banano. Se utiliza como métodos de investigación, el descriptivo para detallar operación de máquinas eléctricas giratoria y fijas, es decir de motores de inducción trifásicos y de las máquinas donde las láminas son rayadas y cortadas longitudinal y transversalmente de acuerdo a las medidas de las cajas que el cliente solicita. Se aplica también el método analítico para el diseño de control de arranque y velocidad de dos motores de inducción, es empírico porque se plantea una programación para el PLC Logo con el cual se controlará automáticamente los rodillos para marcar, cortar láminas de cartón, el resultado esperado es el diseño de un control On/Off de lazo cerrado donde los dispositivos de arranque utilizados para cerrar el ciclo de este sistema de control.

PALABRAS CLAVES: Maquina Rayadora, Slotadora, Motor Eléctrico, LOGO, Automatismo.

ABSTRACT

The main objective of the present work is the automation of the scoring and milling machines in the company CartoPacific S.A for the production of corrugated cardboard boxes which is supplied to banana packing companies. It is used as research methods, descriptive to detail operation of rotating and fixed electric machines, that is to say of three-phase induction motors and machines where the sheets are scratched and cut longitudinally and transversely according to the measurements of the boxes that the client requests. The analytical method for the start and speed control design of two induction motors is also applied, it is empirical because a programming for the PLC Logo is proposed with which the rollers will be automatically controlled to mark, cut cardboard sheets, the result expected is the design of a closed loop On / Off control where the starting devices used to close the cycle of this control system.

KEY WORDS: Striping Machine, Slot Machine, Electric Motor, LOGO, Automation.

CAPÍTULO I:

GENERALIDADES

1.1 Introducción

El desarrollo y crecimiento tecnológico día a día va en constate crecimiento, por ende, obliga a las empresas, fábricas y otros sectores de la producción a ir innovando y mejorando el proceso de elaboración de sus productos. La empresa CartoPacific S.A. elabora cartón corrugado pero continuos inconvenientes en ausencia laboral del personal de la producción del cartón corrugado, la producción de cartón corrugado se provee a empresas de empacado de banano el cartón donde se alojara dicha fruta, pero se cumple pedido con atrasos, lo cual genera malestar y multas a CartoPacific S.A.

La automatización industrial produce operación de máquinas con poca intervención de personal humano. La intervención de la mano del hombre, en un ambiente laboral puede producir estrés y cansancio físico del operador o trabajador. En el presente proyecto se trabaja con el diseño de automatización de la línea de elaboración de cajas de cartón corrugado para la empresa CartoPacific, ubicada en la vía a Daule de la ciudad de Guayaquil.

El diseño se basa en la utilización de máquinas con las que ya cuenta la empresa y donde solo se necesitaría la adaptación de las mismas para poder crear un proceso automático donde dependa en un menor porcentaje la intervención de la mano del hombre.

Con la automatización de este proceso se podrá evidenciar el crecimiento de producción de la empresa y ligado a esto, el aumento de las ganancias ya que con un menor tiempo de producción se puede abarcar mayor cantidad de pedidos y así satisfacer la creciente demanda.

1.2 Justificación

La automatización de máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado se justifica por cuanto no dependerá de operadores y otro personal. Con eso se pueden cumplir pedidos a tiempo, evitando multas o finalizaciones de contrato.

1.3 Planteamiento del Problema

La fabricación de la caja de cartón corrugado, se realiza transformando la lámina de cartón corrugado, pasándola por distintos procesos como impresión, corte, aplicación de goma, dobles y pegue. Cada uno de estos procesos los realizan manualmente por cada uno de los operarios con la ayuda de máquinas que también deben estar supervisadas por el operario. Desde sus inicios CartoPacific ha trabajado con este método tradicional de la fabricación de cajas de cartón corrugado, pero con el avance de la tecnología de la automatización, la empresa ha querido dar un gran paso como lo es la automatización del proceso de elaboración de las cajas de cartón corrugado. El problema que se presenta es la excesiva intervención de la mano del hombre en todo el proceso, lo que crea que los operarios manejen un ambiente laborar de atención a todas las maquinarias y personal que labora en la empresa.

Para contrarrestar el problema de la empresa, se presenta el diseño de la automatización de la línea de procesos de elaboración de cajas de cartón corrugado para la empresa CartoPacific S.A.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar el sistema automatizado para la elaboración de cajas de cartón corrugado para la empresa CartoPacific S.A.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Presentar detalles de las modificaciones de máquinas.
2. Diseñar máquinas en un software CAD para visualizar el posible diseño final.
3. Describir secuencialmente el proceso de funcionamiento del sistema ya automatizado.

1.5 Metodología de investigación

El tipo de investigación escogida para el presente trabajo de titulación corresponden al:

Método descriptivo; Por cuanto se describe maquinas eléctricas como el motor de corriente alterna trifásico

Empírico: Por cuanto se realiza cálculos para establecer etapas de automatización a máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado.

Analítico; Por cuanto aporta con análisis del algoritmo para programar un mini PLC LOGO el cual puede controlar la salida de dispositivos de corte y maniobra en la de máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado

CAPÍTULO 2: MOTORES ELÉCTRICOS

2.1 Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es un dispositivo para convertir energía eléctrica en energía mecánica. Un motor eléctrico intentará entregar la potencia requerida incluso a riesgo de autodestrucción. Por lo tanto, un motor eléctrico debe estar protegido de la autodestrucción.

Los motores pueden arruinarse por daño físico a los devanados, pero por lo general, el enemigo de un motor es el calor excesivo en los devanados. El sobrecalentamiento rompe el fino aislamiento de barniz en los devanados. Cuando el aislamiento falla, el motor falla. El sobrecalentamiento es el resultado de un flujo de corriente excesivo o una ventilación inadecuada. La acumulación de polvo y suciedad en y en el motor puede reducir la ventilación y la eliminación de calor. (Instrumentación Industrial , 2008).

2.1.1 Partes de un motor

Muchos tipos de motores eléctricos se utilizan para aplicaciones industriales y no todos son iguales. Sin embargo, todos los motores tienen algunas partes esenciales básicas, como se puede apreciar en la figura 2.1. El bastidor del motor mantiene todas las piezas en su lugar y proporciona un medio para montar el motor en la maquinaria.

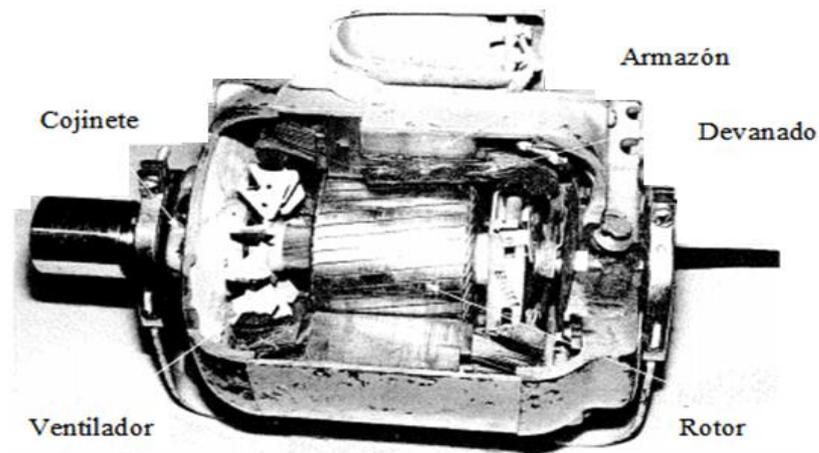


Figura 2. 1 Partes de un motor eléctrico

Fuente. El autor

También el marco conduce el calor producido dentro del motor al aire circundante. Algunos motores tienen aletas para ayudar a deshacerse del calor aún más rápido. El *estator* es un núcleo magnético laminado que sostiene los devanados eléctricos. La electricidad que fluye a través de estos devanados produce un campo magnético.

El *rotor* es la parte que gira y en la mayoría de los motores de granja, no tiene devanados, como se puede ver en la figura 2.2.

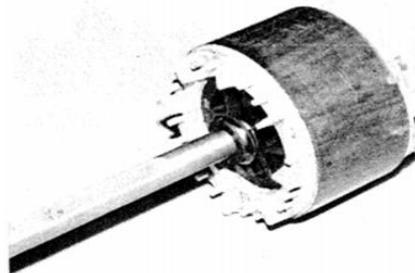


Figura 2. 2 Rotor de un motor eléctrico

Fuente. El autor

El eje del rotor se extiende desde un extremo del motor para la conexión al dispositivo impulsado o la máquina. Algunos motores, como una amoladora, tienen un eje que se extiende desde ambos extremos. Los motores de corriente continua (DC) y algunos motores de corriente alterna

(CA) tienen devanados en el rotor. Estos se llaman armaduras. Un extremo de la armadura tiene un conmutador y cepillos, tal como se muestra en la figura 2.3.

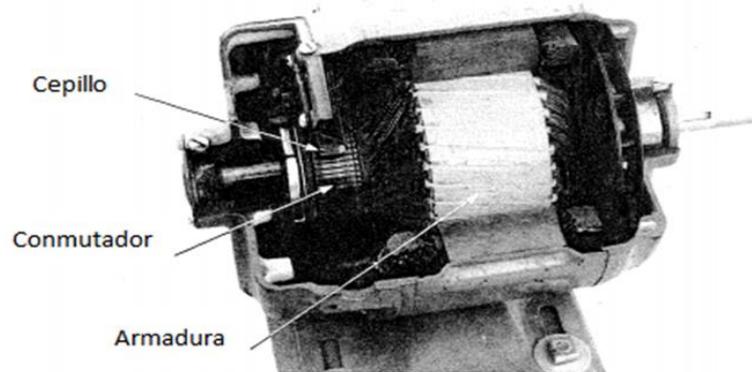


Figura 2. 3 Un motor eléctrico con una armadura

Fuente. El autor

Los *cojinetes* sujetan el eje giratorio al bastidor del motor. Los diferentes tipos son cojinetes de bolas, rodillos y rodamientos. La elección de los rodamientos depende de la aplicación y la posición de montaje del motor.

Un ventilador en el interior del motor mueve el aire sobre los devanados para eliminar el calor. El calor es producido por la resistencia de los devanados: $\text{Calor} = I^2 \times R \times t$; donde t = tiempo. En un motor abierto, el aire se introduce en un extremo, se desplaza sobre los devanados y se expulsa por el otro extremo. Para un motor totalmente cerrado, el aire recoge el calor de los devanados y lo lleva al bastidor, donde llega al exterior por conducción.

Se proporciona una carcasa de terminal de motor para conectar los cables del circuito de derivación a los cables de las conexiones del motor. También se requiere un medio para terminar el cable de conexión a tierra de 2 equipos en el alojamiento del terminal para los motores nuevos.

Una placa de identificación proporciona la información necesaria para la aplicación del motor y el cableado del circuito. La placa de identificación

también puede contener diagramas para conectar e invertir el motor. Esta información también se puede proporcionar en la carcasa del terminal.

2.1.2 Tipos de motores

En procesos industriales se utilizan tres tipos de motores: inducción, síncrono y corriente continua, los cuales se detallan a continuación.

❖ Motor de Inducción

El motor de inducción es el motor más utilizado en la industria. La velocidad de rotación de un motor de inducción es bastante constante, pero varía algo con la carga. A medida que se carga el motor, se ralentiza ligeramente. El motor de inducción se discute en detalle en esta unidad.

❖ Motor Síncronico

El motor síncrono funciona a una velocidad constante independientemente de la carga en el motor. Los motores síncronos suelen tener una armadura. La aplicación de granja más común de un motor síncrono es en un reloj o temporizador eléctrico.

❖ Motor de Corriente Continúa

Los motores de corriente continua se utilizan en vehículos eléctricos y para aplicaciones donde se requiere una velocidad variable. Una aplicación sería un motor de velocidad variable que opera una barrena para medir el suplemento de alta proteína en un sistema de alimentación de ganado. Aunque el motor requiere corriente continua, el suministro suele ser de corriente alterna. Un rectificador de estado sólido en el controlador del motor cambia de CA a CC.

Un tipo de motor de corriente continua también puede funcionar con corriente alterna. Este tipo se llama un motor universal. Su aplicación más común es en herramientas eléctricas como un taladro eléctrico. También se conoce como un motor de serie de herida. El devanado de estator o campo está cableado en serie con el devanado de armadura. La

velocidad de estos motores no es constante; Cuanto más se cargan, más lento giran.

Sin embargo, una gran ventaja es que desarrollan un par muy alto a velocidades bajas (el par es una fuerza de torsión). El par se observa cada vez que se fuerza un taladro eléctrico a través de un material resistente.

2.2 Motor de Inducción Trifásico

El motor de inducción trifásico más básico tiene tres conjuntos de devanados, con cada fase conectada a un conjunto diferente de devanados, figura 2.4. La corriente en cada devanado es 120 grados eléctricos desfasados con la corriente en los otros devanados. La corriente que fluye a través de los devanados crea un electroimán con un polo norte y un polo sur. Dado que este motor tiene un polo norte y un polo sur, es un motor de 2 polos.

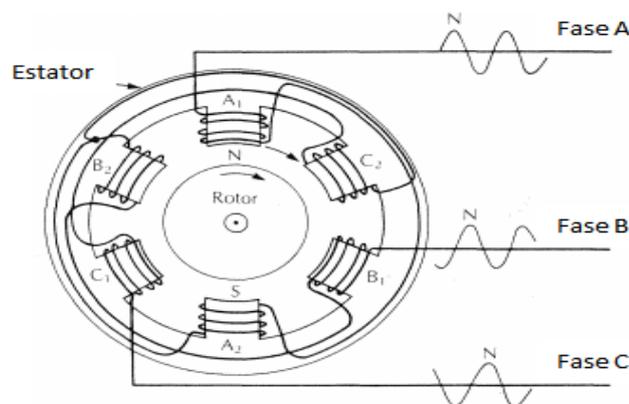


Figura 2. 4 Vista simplificada de un motor de inducción trifásico de 2 polos.

Fuente. El autor

Es un motor de 2 polos porque hay un polo magnético norte y uno sur. El campo magnético del estator girará de A 1 a B1 a C1 y luego regresará a a 1, 60 veces por segundo

Suponga que cuando la corriente alterna alcanza un máximo, se crea un polo norte fuerte en el devanado al lado del rotor, como se muestra en la figura 2.4. Observe que hay un polo norte en el polo del estator A 1, pero

no en el polo B 1 o el polo C1. A medida que avanza el tiempo, aparecerá un polo norte fuerte en el polo B 1 y luego en el polo C 1. Esta secuencia se repite 60 veces por segundo, o 3600 veces por minuto. El campo magnético en el estator gira alrededor del motor a una velocidad de 3600 r/min.

Un motor de 4 polos tiene el doble de devanados, y en realidad crea dos conjuntos de polos norte y sur al mismo tiempo. En un ciclo de corriente alterna, el polo se mueve a medio camino alrededor del estator. Se necesita un segundo ciclo de CA para que el campo magnético complete una revolución completa del estator. El campo magnético gira a 30 revoluciones por segundo, o 1800 revoluciones por minuto.

2.2.1 Inversión de la rotación

Ahora, se va a ver cómo se puede invertir el motor. La figura 2.5 muestra un motor de 2 polos con los cables de fase B y C invertidos. El polo norte se moverá del polo A1 del estator al polo C 1, y luego al polo B 1. El campo magnético ahora está girando en sentido contrario a las agujas del reloj.

En la figura 2.5 se muestra que el campo magnético está girando en sentido horario. Por lo tanto, la dirección de rotación del campo magnético para un motor de inducción trifásico se invierte cambiando cualquiera de los dos cables de fase de entrada.

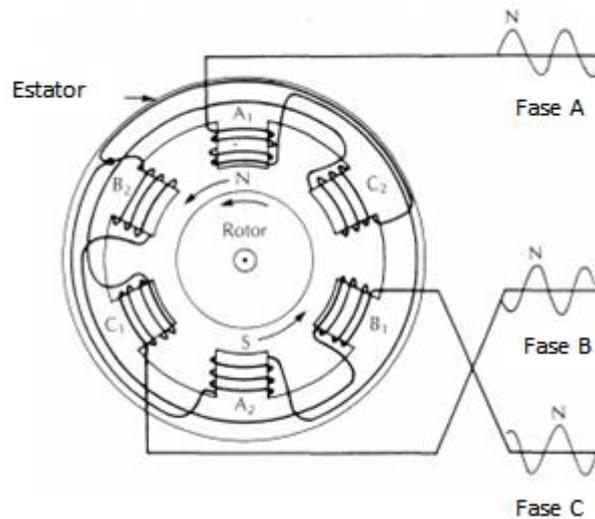


Figura 2. 5 motor de 2 polos con los cables de fase B y C invertidos

Fuente. El autor

La dirección de rotación del campo magnético se invierte invirtiendo cualquiera de los cables de dos fases de un motor de inducción trifásico. Compare la rotación de este motor con la de la Figura 2.5.

La energía eléctrica no se aplica directamente al rotor. La corriente eléctrica se produce en el rotor por inducción mutua, similar a un devanado primario de un transformador que produce corriente en el devanado secundario. El rotor realmente tiene un camino en el que la corriente puede fluir.

Esta forma de este camino es similar a una jaula de ardilla; así, el nombre del motor de jaula de ardilla, figura 2.6. La jaula de ardilla no es obvia porque está oculta por el acero laminado en el rotor. Este acero laminado es necesario para mantener el campo magnético fuerte y para dar peso al rotor como un volante.

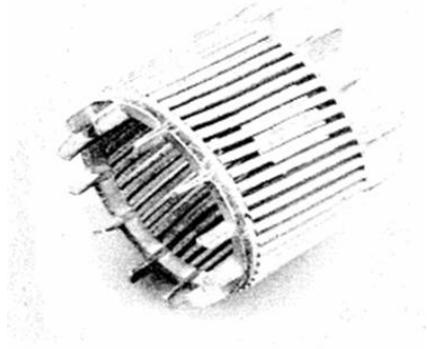


Figura 2. 6 Jaula de ardilla dentro de un rotor con el eje y el núcleo de acero retirados

Fuente. El autor

El campo magnético giratorio del estator atraviesa los conductores de la jaula de ardilla y la corriente se induce en la jaula de la ardilla. Esta corriente simplemente fluye de un extremo de la jaula de ardilla al otro, formando un bucle completo, Figura 2.7. La corriente que fluye en la jaula de ardilla produce su propio campo magnético. Este nuevo campo magnético trata de seguir el campo del estator giratorio. Por lo tanto, el rotor gira en la misma dirección que el campo magnético de rotación. Al invertir la rotación del campo se invierte la dirección del rotor.

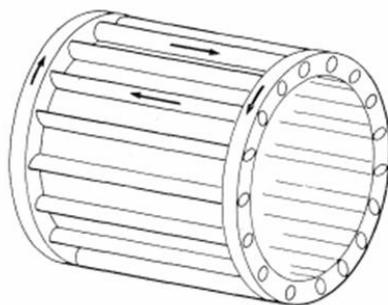


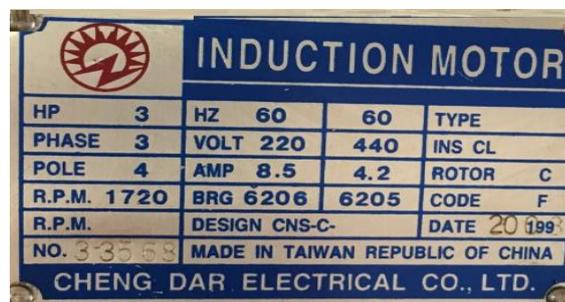
Figura 2. 7 Corriente se induce en la jaula de la ardilla

Fuente. El autor

El flujo de corriente se induce en la jaula de ardilla del rotor por el campo magnético giratorio creado por los devanados del estator.

El rotor de un motor de inducción nunca gira tan rápido como el campo magnético del estator. Esta diferencia de velocidad se llama

deslizamiento. Si el rotor girara a la misma velocidad que el campo, entonces el campo no estaría cortando a través de los conductores del rotor. Un cable debe estar cortando un campo magnético para que la corriente sea inducida en el cable. Por lo tanto, es imposible que el rotor de un motor de inducción esté en sincronización (girar a la misma velocidad) con el campo del estator. Debe haber deslizamiento. Observe la placa de identificación del motor en la Figura 2.8. El rotor gira a 1720 r/min cuando funciona a plena carga. El campo magnético del estator de este motor de 4 polos en realidad está girando a 1800 r/min.



INDUCTION MOTOR			
HP	3	HZ	60
PHASE	3	VOLT	220 440
POLE	4	AMP	8.5 4.2
R.P.M.	1720	BRG	6206 6205
R.P.M.		DESIGN	CNS-C-
NO.	33558	MADE IN	TAIWAN REPUBLIC OF CHINA
		DATE	20 1997
CHENG DAR ELECTRICAL CO., LTD.			

Figura 2. 8 Placa de características de un motor de inducción eléctrica.

Fuente. El autor

Un motor en marcha en vacío sin carga casi, pero no del todo, alcanzará la velocidad síncrona. El motor representado por la placa de características en la figura 2.8 probablemente girará en vacío a aproximadamente 1790 r/min. A medida que se carga el motor, se requiere más torque. El rotor se deslizará más y más, por lo tanto, ralentizando. El campo del estator corta la jaula de ardilla más rápido, produciendo así una mayor corriente del rotor. Esto produce más torque. Un motor de inducción girará cada vez más lento cuanto más se cargue.

2.3 Corriente del Motor

En el instante en que se enciende un motor, la corriente fluye a través de los devanados del estator. La cantidad de corriente depende de la impedancia de los devanados. El cable en el bobinado tiene resistencia, y eso limita el flujo de corriente. Pero la autoinducción también limita el flujo de corriente.

Un campo magnético se acumula alrededor de cada cable debido a la corriente que fluye en el cable. Este campo magnético atraviesa los cables adyacentes, induciendo un voltaje en los cables adyacentes. Esto se llama inducción y produce un voltaje en el cable opuesto al voltaje aplicado. Este voltaje auto inducido resiste el flujo de corriente. (Rodríguez, 2012).

El efecto combinado de la resistencia del cable y la autoinducción es la impedancia del Bobina que resiste el flujo de corriente. El consumo de corriente del motor sería constante, como se muestra en la figura 2.9, si el rotor no girara. Esto se denomina corriente de rotor bloqueado del motor. El rotor tiene un campo inducido por el campo magnético del estator (INTEC, 2018).

Cuando el rotor comienza a girar, su campo magnético atraviesa el devanado del estator estacionario. El campo magnético del rotor provoca una tensión en el devanado del estator que también se opone a la tensión aplicada. Cuanto más rápido gira el rotor, mayor es el voltaje inverso en el devanado del estator. El flujo de corriente en el devanado del estator disminuye hasta que el rotor alcanza la velocidad máxima de funcionamiento. Después de eso, la corriente del motor permanece constante. (González, 2000).

La línea continua en la figura 2.9 muestra la corriente real del motor durante el arranque. Esta puesta en marcha puede ocurrir en una fracción de segundo o puede tardar varios segundos, dependiendo de la carga. La corriente del rotor bloqueado es de aproximadamente cinco a seis veces la corriente de carga completa para la mayoría de los motores de inducción.

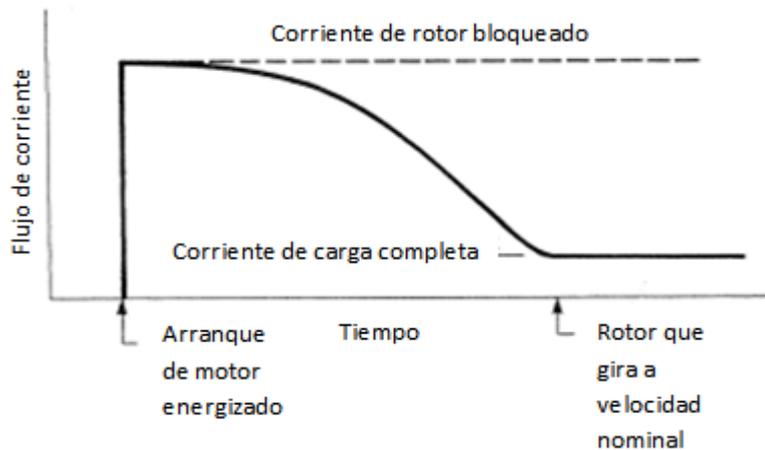


Figura 2. 9 La corriente de arranque de un motor disminuye a medida que el rotor se acelera

Fuente. El autor

2.4 Motor de Inducción Monofásico

El motor de inducción monofásico se usa comúnmente para aplicaciones industriales. En la figura 2.10 se aprecia el motor monofásico de 2 polos. A medida que la corriente de 60 Hz invierte la dirección, el polo norte y el polo sur de los devanados del estator se alternan. El campo magnético del estator parece alternar hacia adelante y hacia atrás en lugar de rotar, como en el caso del motor trifásico. El rotor no gira en ninguna dirección, permanece inmóvil (González, 2000).

En estas circunstancias un motor monofásico no arrancará, sin embargo, el motor funcionará una vez que el rotor haya comenzado a girar. El rotor puede arrancarse en sentido horario o anti horario, y girará en esa dirección. Por lo tanto, un motor monofásico necesita un método de arranque y a continuación, puede funcionar solo con alimentación monofásica.

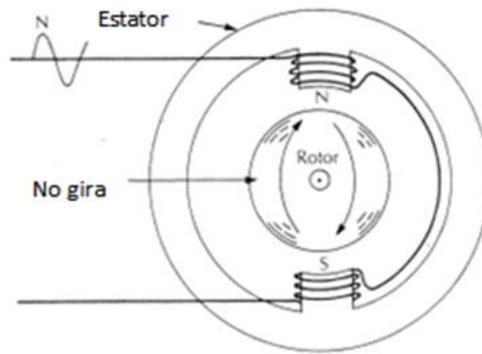


Figura 2. 10 Motor de inducción monofásico de 2 polos

Fuente. El autor

En la figura 2.10 se observa que los polos se alternan en un motor de inducción monofásico, pero no giran alrededor del estator. El rotor no gira en ninguna dirección.

Asimismo, se agrega un devanado de arranque al motor monofásico para ponerlo en marcha, tal como se muestra en la figura 2.11. La impedancia del devanado inicial se hace diferente del devanado principal. Esto hace que la corriente en el devanado inicial esté fuera de fase con la corriente en el devanado en marcha. Un motor monofásico se convierte temporalmente en un motor bifásico para que arranque. Ahora el campo magnético del estator girará. (Rodríguez, 2012).

No obstante, un condensador se usa comúnmente para desplazar la corriente en el devanado inicial fuera de fase con la corriente en el devanado en marcha. Este tipo de motor se llama arranque de condensador, motor de funcionamiento por inducción.

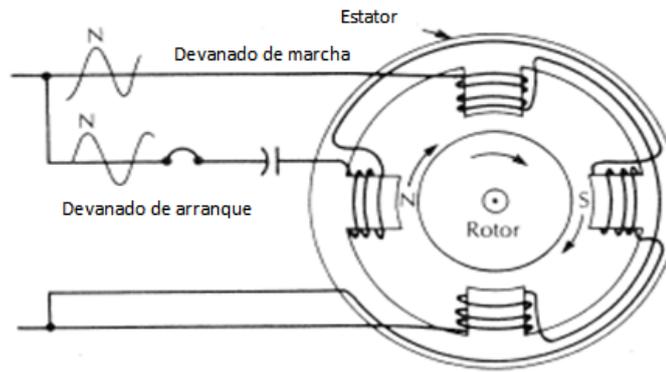


Figura 2. 11 Devanado de arranque al motor monofásico

Fuente. El autor

El capacitor en el devanado de inicio desplaza la corriente fuera de fase con el devanado en marcha, para que el campo magnético gire alrededor del estator, tal como se observa en la figura 2.11.

2.4.1 Inversión de un motor monofásico

Al invertir los cables conductores en el devanado de inicio, se invierte la dirección de rotación del rotor, como puede verse en la figura 2.12. Las indicaciones están contenidas en la placa de identificación para el giro en sentido horario y anti horario. Sin embargo, algunos motores eléctricos monofásicos no pueden invertirse de esta manera.

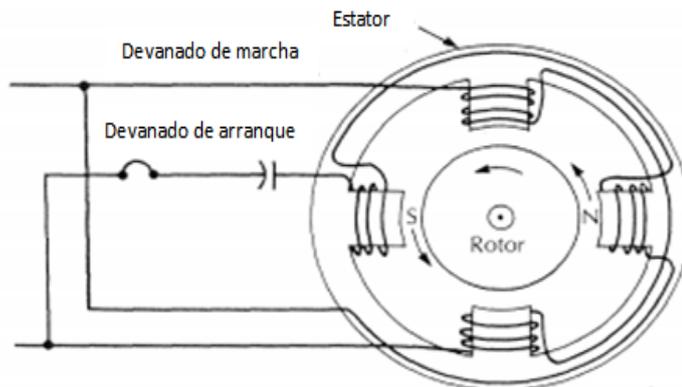


Figura 2. 12 Inversión de un motor monofásico

Fuente. El autor

Si se invierte el cable de enrollado inicial, el campo magnético gira alrededor del estator en la dirección opuesta.

2.4.2 Par Motor

Un motor debe desarrollar suficiente fuerza de giro para iniciar una carga y mantenerlo funcionando en condiciones normales. El fabricante diseña un motor eléctrico para producir un par de torsión adecuado para diferentes tipos de cargas. Se puede dibujar un gráfico del par desarrollado por el motor a varios r/min del rotor, como se aprecia en la figura 2.13. El par de rotor bloqueado es el par disponible para iniciar una carga o arrancar la máquina. Esta es una de las consideraciones más importantes al elegir un motor para una aplicación de granja.

Los motores monofásicos se detallan más adelante, desde el par de arranque más bajo hasta el más alto. El par de ruptura no es una consideración al seleccionar un motor. Sin embargo, es utilizado por los fabricantes para determinar la potencia nominal de un motor. Si el requisito de par de carga excede el par de ruptura, el motor se detendrá.

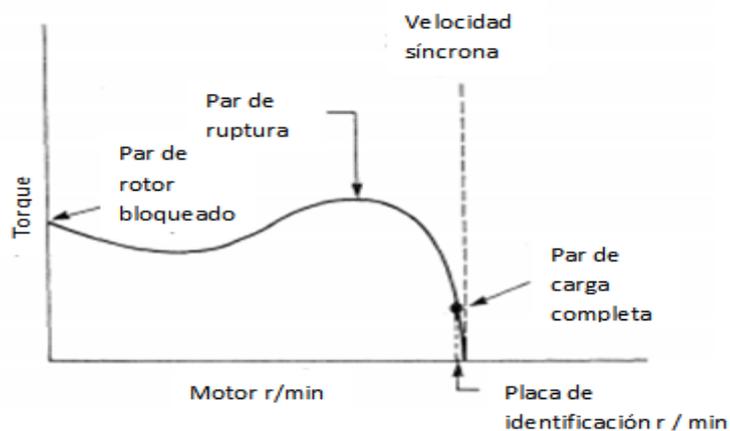


Figura 2. 13 Torsión de un motor trifásico

Fuente. El autor

Aquí se pudo observar la torsión de un motor trifásico y algunos motores monofásicos, ya que el rotor acelera de cero a la velocidad máxima.

No obstante, un motor está diseñado para funcionar con el par a plena carga. Del mismo modo, un motor de servicio continuo funcionará indefinidamente a un par de carga completa, sin sobrecalentamiento. Pero

si el motor está sobredimensionado para la carga, producirá menos que el par a plena carga. Asimismo, si el motor está sobrecargado, se desarrollará más que el par a plena carga.

A continuación, observe detenidamente la figura 2.13 y veras que el motor de inducción disminuye la velocidad cuando está sobrecargado y se acelera cuando está sobrecargado. Muchos motores monofásicos tienen un devanado de arranque que se desconecta cuando el motor alcanza aproximadamente tres cuartos de r/min de operación. Un interruptor centrífugo unido al eje del rotor se usa a menudo para desconectar el devanado de arranque. Este punto de conmutación es fácilmente perceptible en un gráfico de velocidad de torsión del motor de inducción monofásico. Véase la figura 2.14.

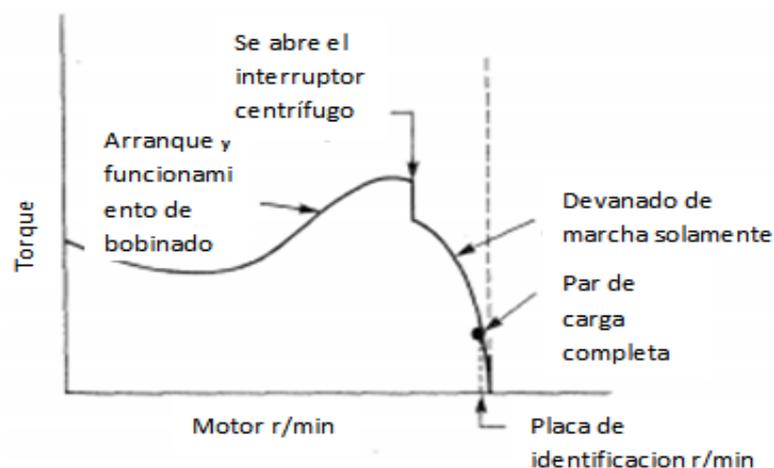


Figura 2. 14 Torsión de motor monofásico mientras el rotor acelera de cero a la velocidad máxima

Fuente. El autor

2.5 Tipos de motores monofásicos y sus aplicaciones

Los motores monofásicos son de varios tipos diferentes para satisfacer varios requisitos de carga. El motor debe tener suficiente par de arranque para la carga y debe ser lo más libre posible de problemas de mantenimiento, así como tener el costo más bajo.

El motor de inducción de fase dividida se usa comúnmente para cargas de arranque fácil. Una aplicación típica de la granja para motores con un par de arranque bajo es la alimentación de los ventiladores de ventilación. En la figura 2.15 se puede ver un motor de inducción de fase dividida. El bobinado de arranque tiene muchas vueltas de alambre de tamaño pequeño.

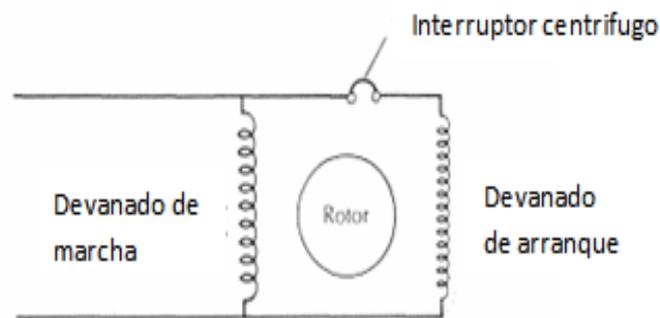


Figura 2. 15 devanados de un motor de inducción monofásico de fase dividida

Fuente. El autor

El devanado de arranque no está diseñado para un funcionamiento continuo; por lo tanto, un interruptor centrífugo desconecta el devanado antes de que el motor alcance la velocidad máxima de funcionamiento. El motor de inducción de condensador dividido permanente tiene un devanado de arranque que también actúa como un devanado en marcha, aparte del devanado principal. Este motor tiene un par de arranque ligeramente más alto que el tipo de fase dividida.

Un capacitor lleno de aceite está conectado al exterior del motor o, a veces, se coloca dentro del bastidor del motor, tal como se aprecia en la figura 2.16. Este tipo de motor no tiene un interruptor centrífugo, lo que reduce los problemas de mantenimiento. También, se usa comúnmente para alimentar ventiladores de velocidades variables y sopladoras en sistemas de calefacción.

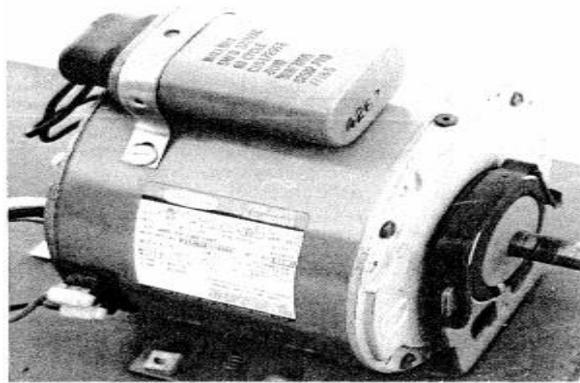


Figura 2. 16 Motor de condensador dividido permanente con condensador

Fuente. El autor

La fig.2.16 muestra un motor de condensador dividido permanente, el cual tiene un condensador lleno de aceite conectado en serie con el devanado auxiliar.

A continuación, en la figura 2.17 se puede observar un motor de condensador dividido permanente.

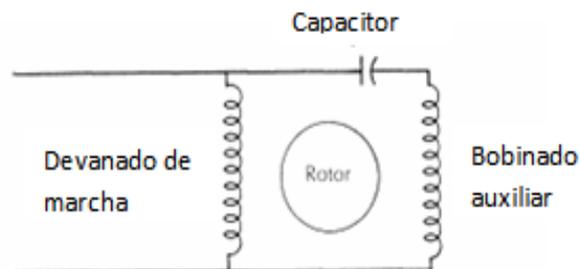


Figura 2. 17 Motor monofásico de condensador dividido permanente

Fuente. El autor

El arranque por capacitor, el motor de funcionamiento por inducción, detallado anteriormente, es probablemente el motor monofásico más utilizado para aplicaciones industriales y además posee un buen par de arranque. Se utiliza un condensador electrolítico en el devanado de arranque, que se desconecta antes de que el motor alcance la velocidad máxima de funcionamiento. El condensador a menudo está conectado a la superficie del motor, como se aprecia en la figura 2.18, pero a veces se coloca en la caja de terminales del motor o dentro del bastidor del motor.

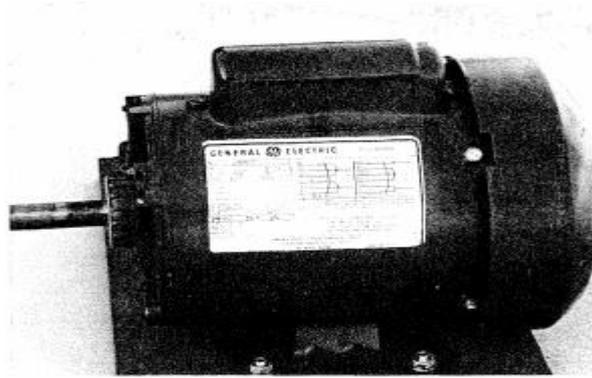


Figura 2. 18 Motor monofásico de arranque.

Fuente. El autor

Luego, en la figura 2.19 se puede apreciar un motor de arranque por inducción y funcionamiento por inducción.

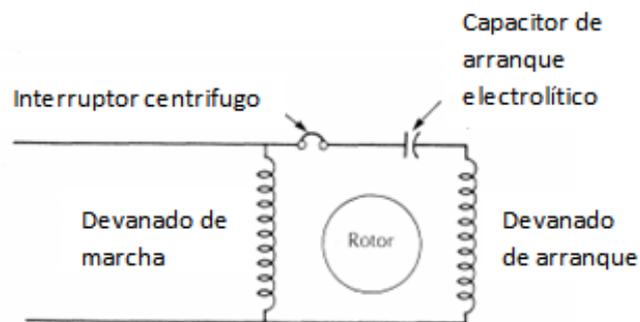


Figura 2. 19 Motor monofásico de arranque por inducción

Fuente. El autor

Los descargadores de silos, unidades de refrigeración, limpiadores de canaletas y cargas similares de arranque difícil, requieren un motor que desarrolle un par de arranque alto. El motor de funcionamiento de inducción de condensador de dos valores se usa con frecuencia para este tipo de carga. Se utiliza un bobinado auxiliar para el arranque, pero también se opera de forma continua. Estos motores están disponibles en tamaños más grandes que 1 HP, y usan condensadores tanto electrolíticos como llenos de aceite. Ambos tipos de condensadores se utilizan durante el arranque, pero un interruptor centrífugo desconecta los

condensadores electrolíticos antes de que el motor alcance la velocidad máxima de funcionamiento (González, 2000).

Los condensadores pueden unirse al exterior del motor, como puede verse en la figura 2.20, o pueden colocarse en la caja de terminales.

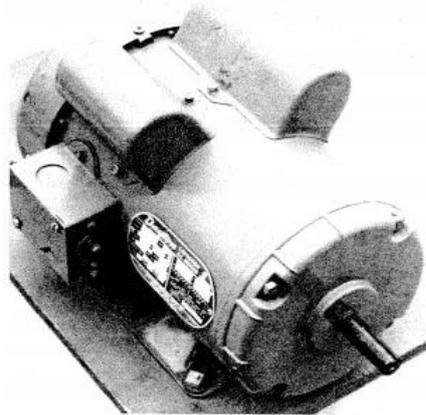


Figura 2. 20 Motor de inducción de condensador monofásico de dos valores.

Fuente. El autor

La figura 2.21 muestra un motor de funcionamiento por inducción de capacitores de dos valores.

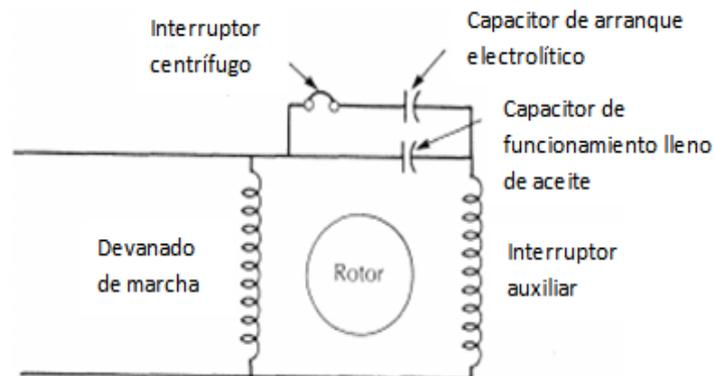


Figura 2. 21 Motor de inducción de condensador monofásico de dos valores

Fuente. El autor

2.5.1 Motor de Polo Sombreado

El motor del polo sombreado está disponible solo en tamaños muy pequeños, generalmente no más grande que 1/20 hp. Su aplicación más

frecuente es en ventiladores para campanas y baños, equipos eléctricos y aplicaciones similares. Los motores de polos sombreados tienen un lazo de cable especial unido a los polos del estator, tal como se puede observar en la figura 2.22. Estos motores son económicos de construir, pero desarrollan un par de arranque muy bajo. A veces, cuando no arrancan, la lubricación de los rodamientos resolverá el problema. Normalmente, estos motores no son reversibles.

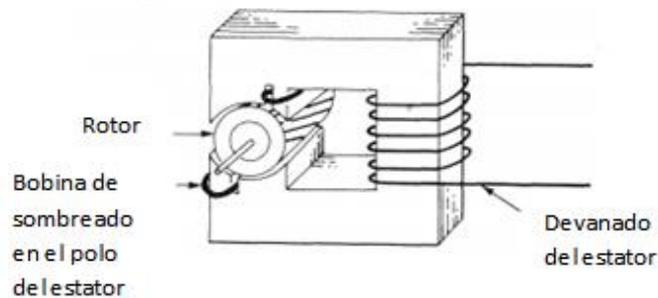


Figura 2. 22 Polo monofásico sombreado

Fuente. El autor

2.6 Clase de Aislamiento

Las máquinas eléctricas contienen materiales aislantes que buscan:

- Aislar las bobinas entre sí.
- Aislar las bobinas de diferentes fases.
- Aislar las bobinas de la carcasa de la máquina (se conoce como aislamiento a tierra o masa).
- Aislar las láminas del núcleo magnético.
- Ayudar en la transferencia de calor al exterior.
- Proveer soporte mecánico al bobinado.

La figura 2.23 muestra el detalle de un estator que puede ser parte de un motor o generador, el cual, se conoce como el Sistema de Aislamiento (Aislación) de la máquina. (Motor, 2013)

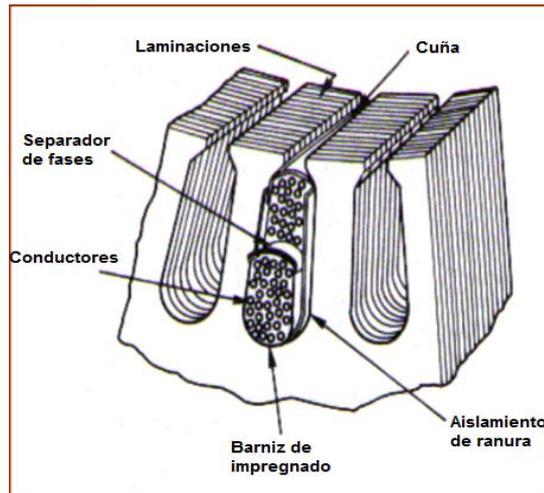


Figura 2. 23 Estator de un motor o generador

Fuente. (Motor, 2013)

Por lo general, se conoce como material aislante, aquellos cuya resistividad (la resistividad es la condición intrínseca cada material para oponerse al paso de una corriente eléctrica), está en rango superior a 10^{10} Ω m. Esto significa que son malos conductores eléctricos. Como comparación, un material conductor tiene una resistividad de 10^{-5} Ω m, o 0.00001 Ω m.

Sin embargo, varias de las aplicaciones de los materiales aislantes sólidos, permanecen definidas por la temperatura máxima que soporta. Por tanto, es fundamental conocer la clasificación térmica de los mismos, de forma que no se exponga a una temperatura superior a su capacidad. En este sentido, las dos principales normas de fabricación de máquinas eléctricas clasifican los aislantes, aunque no son completamente coincidentes en sus denominaciones.

Sin embargo, algunas de las clases de aislamiento son iguales, según el estándar NEMA MG-1 e IEC-85. La clase de aislamiento debe indicarse en la placa del motor o generador, según lo muestra la figura 2.24, tanto para equipos construidos según normas NEMA e IEC.

NOMBRE DEL FABRICANTE					
ORD. No.	1N4560981324				
TYPE	HIGH EFFICIENCY	FRAME	286T		
H.P.	42	SERVICE FACTOR	1.10	3 PH	
AMPS	42	VOLTS	415	Y	
R.P.M.	1790	HERTZ	60	4 POLE	
DUTY	CONT		DATE	01/15/2003	
CLASS INSUL	F	NEMA DESIGN	B	NEMA NOM. EFF.	95
DIRECCIÓN DEL FABRICANTE					

Figura 2. 24 Clase de aislante

Fuente. (Motor, 2013)

Asimismo, el aislamiento en el cable del motor se clasifica en varias clases, dependiendo de la temperatura de operación segura máxima que no causará una ruptura prematura. Las clases de aislamiento comunes son A, B, F y H. El aislamiento de clase A tiene la clasificación de temperatura más baja. La mayoría de los motores para labores industriales tienen aislamiento de clase A o B. La clase de aislamiento se considera cuando se asigna un factor de servicio del motor. La vida útil de un motor depende de la vida útil del aislamiento. El sobrecalentamiento frecuente del motor acortará la vida útil normal del motor.

La siguiente tabla detalla las cuatro principales clases de aislamiento, y que son coincidentes en las normas NEMA e IEC. También, describe los materiales aislantes usados, el impregnante o barniz; así como las aplicaciones más usados en máquinas eléctricas rotativas (Motores y Generadores) (Motor, 2013).

Tabla 2. 1 Las cuatro principales clases de aislamiento

Clase Aislamiento	Material Aislante	Impregnante o Barniz	Aplicaciones
A (105 °C)	Algodón, seda, rayón. Poliamida, acetato de celulosa.	Barnices naturales y sintéticos.	Recubrimiento conductores y ranuras. Tubos flexibles (Spaguetis).
	Esmaltes de resinas de poliéster		Recubrimiento de conductores
B (130 °C)	Tejidos fibra de vidrio y amianto. Mica, sola o con soporte de papel.	Barnices y resinas a base de: Epóxicos, melamina, poliéster reticulado.	Aislamiento de ranuras y bobinas. Separadores de delgas de colectores.
	Esmaltes a base de: Poliuretano y polivinilos. Caucho etileno-propileno. Cintas fibra de vidrio y mica.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.
F (155 °C)	Tejidos fibra de vidrio barnizados. Papeles de mica y amianto. Compuestos a base de poliamida.	Barnices y resinas a base de: Poliéster, poliuretano, epóxicas.	Recubrimiento de conductores y ranuras. Tubos flexibles. Sujeción de armaduras.
	Esmaltes y barnices a base de: Poliéster modificado, polietileno, poliuretano, poliamida. Resinas Epoxi.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.
H (180 °C)	Tejidos de fibra de vidrio, amianto, mica, impregnados con silicona.	Resinas de silicona.	Recubrimiento de conductores y ranuras. Tubos flexibles.
	Fibras de vidrio y caucho silicona. Esmaltes de silicona, poliéster, poliuretano y poliesterimida.		Recubrimiento de conductores e impregnación de bobinados.

Fuente. El autor

Diseño: Se puede entregar una carta de diseño en la placa de identificación o en la documentación del fabricante. Esta carta se asigna de acuerdo con las normas de diseño NEMA. La letra de diseño es una indicación de la forma del gráfico de par-velocidad del motor, el nivel de par de arranque y el nivel de corriente de arranque. La mayoría de los motores de inducción de jaula de ardilla son de diseño A o B. El motor de diseño B generalmente tiene una corriente de arranque más baja que el diseño A, con aproximadamente el mismo par de arranque.

Protección térmica: Muchos motores tienen protección térmica incorporada para desconectar la alimentación del motor en caso de que los devanados del motor se calienten demasiado. Algunos protectores térmicos detectan la corriente del motor, mientras que otro tipo es un interruptor sensible a la temperatura colocado en los devanados del motor. Algunos protectores térmicos se reinician manualmente, mientras que otros son automáticos. Con el tipo automático, el motor se reiniciará cuando se enfríe. Algunos motores de granja tienen un protector térmico

en los devanados que se debe conectar como parte del circuito de control. Estos cables estarán en la caja del terminal con los cables conductores y están marcados como protección térmica o termostato.

Eficiencia: Más de la mitad de la energía eléctrica se utiliza para alimentar motores eléctricos; por lo tanto, la eficiencia del motor es de vital importancia. Un motor eléctrico generalmente está diseñado para una máxima eficiencia cuando se opera al 80% al 100% de su carga nominal. Los motores de potencia fraccional a menudo alcanzan la máxima eficiencia del 100% al 120% de la carga total. La eficiencia disminuye rápidamente cuando un motor se opera significativamente bajo su carga nominal. Por lo tanto, hacer coincidir un motor con la carga es importante para lograr la máxima eficiencia.

Las tres fuentes principales de pérdidas del motor son:

- 1) pérdidas de bobinado,
- 2) pérdidas de núcleo magnético y,
- 3) pérdidas mecánicas.

Las pérdidas en los devanados se producen por la resistencia del alambre. A medida que la corriente fluye a través de los devanados, se produce calor. El fabricante selecciona el tamaño del alambre y los materiales para minimizar este efecto de calentamiento. El usuario de motores eléctricos puede mantenerlos limpios para que funcionen más fríos. Si se minimiza la temperatura de funcionamiento, se minimizará la resistencia del devanado.

Las pérdidas en el núcleo del estator y del rotor son controladas por el fabricante. Un motor de alta eficiencia será más caro porque el fabricante ha utilizado materiales en el motor con mejores cualidades magnéticas. El calor es producido en el núcleo por corrientes de Foucault, inducidas por los campos magnéticos giratorios. El núcleo está laminado con aislamiento entre cada capa, para reducir estas corrientes de *Foucault* que producen calor.

Las pérdidas mecánicas resultan de la fricción en los cojinetes, engranajes y transmisiones por correa y cadena. Los cojinetes deben lubricarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante para reducir las pérdidas. Esta práctica de lubricación se aplica a toda la máquina, no solo al motor. Las cadenas deben ajustarse a la tensión adecuada. Las transmisiones por correa no deben estar sueltas, pero tampoco deben estar ajustadas. El ajuste adecuado reducirá la fricción y las pérdidas.

Carcasa para motores: El tipo de caja del motor para una aplicación industrial es extremadamente importante. No se debe permitir que el polvo, la humedad excesiva y los roedores entren en un motor. Los roedores son un problema particular. Las aberturas en los motores no deben tener más de 1/4 pulg. (6,35 mm). Básicamente, si se puede insertar un lápiz en el motor, la abertura es demasiado grande. Las carcasas de motores comunes, utilizadas para las aplicaciones industriales son las de tipo abierto, antideslizante, a prueba de salpicaduras, totalmente cerradas o a prueba de explosiones. En la figura 2.25 muestra un motor con carcasa abierto. El aire se extrae a través del motor para enfriar los devanados. Estos motores solo se deben utilizar en el interior, donde no haya polvo. Se utilizan a menudo para los sopladores de horno. Estos motores no deben usarse donde se rociará agua para limpiar. En general, los motores abiertos no se recomiendan para uso en edificios industriales.

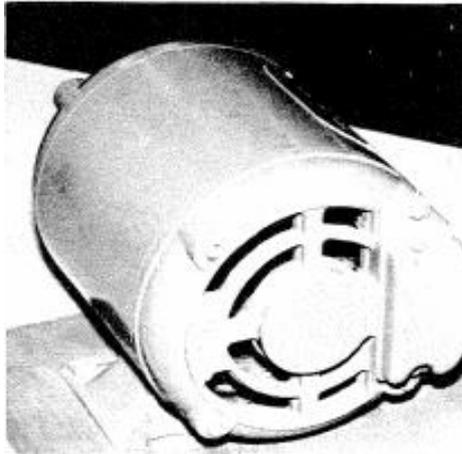


Figura 2. 25 Un motor con carcasa abierta.

Fuente. El autor

A continuación, en la figura 2.26 se muestra un motor a prueba de goteo. El aire pasa a través del motor para enfriar los devanados, pero las aberturas están ubicadas, de tal manera, que la lluvia no ingrese al motor. Estos motores son adecuados para uso externo, pero solo en áreas libres de polvo. Las aberturas deben ser lo suficientemente pequeñas para que los roedores no puedan entrar. Es posible que el agua se salpique en el motor. Un tipo similar es el motor a prueba de salpicaduras que tiene las aberturas ubicadas, de tal manera, que el agua no se pueda salpicar fácilmente en el interior.

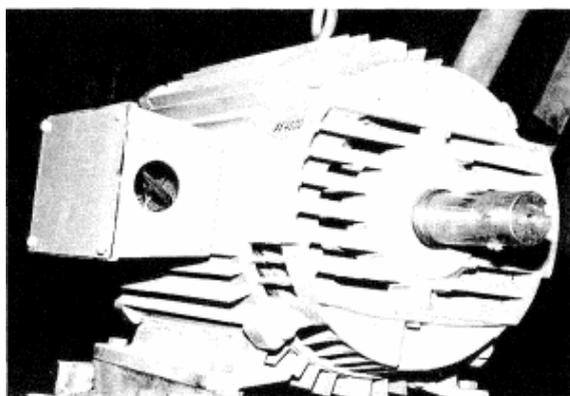


Figura 2. 26 Motor con un recinto antideslizante.

Fuente. El autor

Muchos motores a prueba de goteo son en realidad, motores a prueba de salpicaduras. Se permiten motores totalmente cerrados en áreas donde pueda haber polvo y asentamientos alrededor del motor. El aire no se extrae a través del motor para su enfriamiento.

En su lugar, el aire dentro del motor circula a través de los devanados que transportan calor a la caja donde se mueve hacia el exterior por conducción. Muchos motores totalmente cerrados tienen un ventilador en un extremo que sopla aire sobre la parte exterior de la caja, figura 2.27. Esto se llama un motor totalmente cerrado enfriado por ventilador (TEFC). Este tipo de caja de motor se recomienda para áreas polvorientas o húmedas en o alrededor de edificios de granjas.

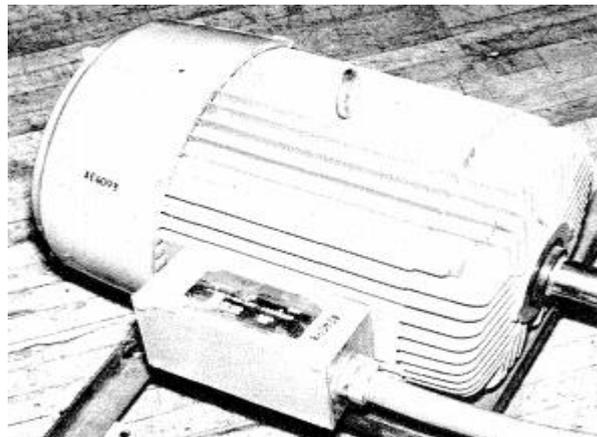


Figura 2. 27 Motor con carcasa totalmente cerrada, enfriada por ventilador (TEFC)

Fuente. El autor

Los motores a prueba de explosiones deben usarse en áreas donde los vapores peligrosos podrían causar una explosión o incendio. Un ejemplo característico, es un motor en una bomba dispensadora de combustible. El cableado en áreas donde hay vapores peligrosos presentes, se llama cableado de Clase I. También, la gasolina se identifica como un vapor del Grupo D, Sección 500-2 de NEC. Un motor a prueba de explosiones indicará "adecuado para áreas de Clase I", en la placa de identificación.

Si se va a utilizar en un área donde hay vapores de gasolina, la placa de identificación también debe indicar que el motor es adecuado para los vapores del Grupo D. (Motor, 2013).

2.6.1 Motores de arranque suave

La alta corriente de arranque de un motor grande puede ser hasta seis veces la corriente nominal. Esta alta corriente de arranque puede causar una caída excesiva de voltaje en las líneas primarias del proveedor de energía eléctrica. El resultado es el parpadeo de voltaje. El efecto más notable es una atenuación de las luces incandescentes mientras el motor arranca, o la disminución de la imagen de un televisor en la pantalla.

El problema es que esta atenuación también se produce para los clientes eléctricos vecinos. Si el parpadeo de voltaje se vuelve molesto para los clientes, el proveedor de energía impondrá un límite al tamaño máximo del motor en toda la línea que un cliente puede instalar. Un cliente industrial puede estar limitado a la cantidad de veces en día, día y horas en que se puede arrancar un motor grande.

Un arrancador de motor en toda la línea es uno que recibe voltaje de operación total. Una técnica común de arranque del motor a menudo aceptable para el proveedor de energía es arrancar el motor a voltaje reducido. (González, 2000)

El motor consume mucha menos corriente de arranque, cuando se arranca a una tensión reducida, como se aprecia en la figura 2.28. El par de arranque también se reduce, por eso, este tipo de arranque no funcionará en algunas cargas de la granja.

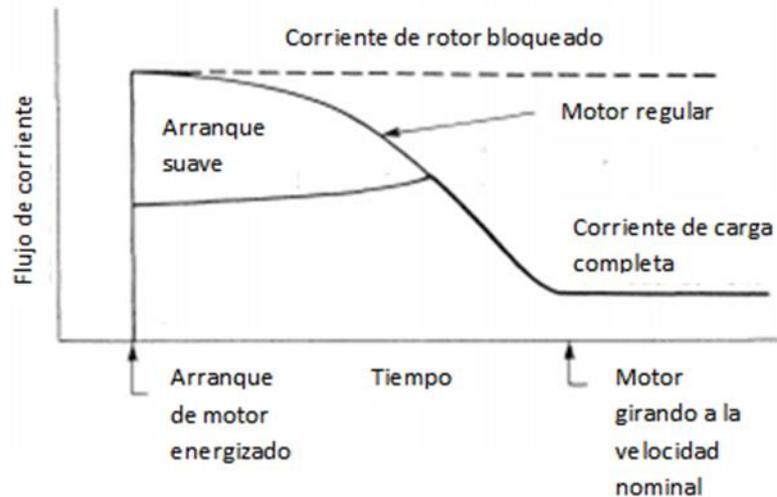


Figura 2. 28 Corriente de arranque de un motor regular y un motor de arranque suave
Fuente. El autor

Un motor monofásico de arranque suave tiene un control especial que limita el consumo de corriente del motor durante el arranque. Estos motores están disponibles en tamaños de hasta 50 HP. Se debe contactar al proveedor de energía eléctrica antes de comprar un motor de gran tamaño para asegurarse de que los cables primarios y el transformador sean adecuados.

Un motor trifásico que opera desde un convertidor de fase, también consume menos corriente durante el arranque que el mismo motor que opera directamente de la energía trifásica suministrada por la red pública. Existen arrancadores especiales disponibles que arrancan un motor, de tal manera, que la corriente de entrada es limitada. Los métodos o motores de arranque con corriente de arranque reducida son:

- 1) devanado directo,
- 2) estrella-triángulo,
- 3) resistencia primaria,
- 4) arranque automático del transformador.

La técnica estrella-delta funciona solo con motores trifásicos, mientras que las otras funcionan con motores monofásicos y trifásicos.

2.6.2 Motores de velocidad variable

La velocidad variable puede ser conveniente para algunas aplicaciones industriales. En tanto, un taladro eléctrico es un motor universal y su velocidad puede variarse, reduciendo el voltaje de entrada. Por lo general, la velocidad en un taladro eléctrico se controla con un dispositivo electrónico de estado sólido, llamado rectificador controlado por silicio (controlador SCR). La corriente de entrada del motor tiene mucha similitud con la del atenuador de luz.

Los motores de corriente continua se pueden usar para aplicaciones especiales, como la medición de suplementos de alimentación, donde la velocidad variable es deseable. La velocidad puede variarse continuamente con una transmisión de correa variable. Se gira un asa que cambia el diámetro de una polea en la unidad de accionamiento. Este tipo de unidad es más deseable cuando se requieren requisitos de alta potencia.

El motor siempre está funcionando a la velocidad nominal máxima, aunque la velocidad del eje de salida es variable. Esto asegura un par de apriete adecuado para la carga.

En un momento dado, los motores de inducción de corriente alterna generalmente no eran capaces de una variabilidad de velocidad significativa, pero los dispositivos electrónicos han superado esa barrera. Un motor de condensador dividido permanente es capaz de cierta variación de velocidad. Una aplicación común es un ventilador de velocidad variable.

La potencia de entrada al motor se controla de manera similar al atenuador de luz. Se usa un termistor, en lugar de una resistencia variable, para controlar la velocidad del ventilador. Un termistor es una resistencia cuya resistencia cambia a medida que cambia la temperatura. Se puede usar una resistencia variable en lugar de un termistor en el circuito electrónico para seleccionar la velocidad deseada. Para

comprender cómo funciona el motor de condensador dividido permanente de velocidad variable, es necesario comprender el par de torsión requerido para hacer girar un ventilador a diferentes velocidades. Un ventilador requiere muy poco torque para comenzar, pero a medida que gira más rápido, empuja más aire y requiere más torque.

La figura 2.29 muestra una curva de par motor para un ventilador y un motor eléctrico. El punto de operación es donde la curva de carga del ventilador y la curva de par del motor se cruzan. Los fabricantes de equipos industriales deben asegurarse de que este punto de operación sea igual o inferior al par de torsión a plena carga del motor.

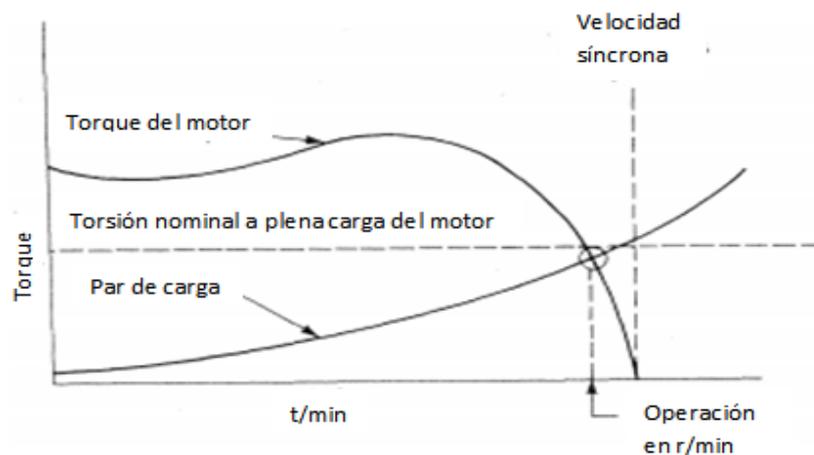


Figura 2. 29 Curva de par motor para un ventilador y un motor eléctrico

Fuente. El autor

La velocidad de operación ocurre cuando la curva de par-velocidad del motor y la curva de par de carga se cruzan.

Sin embargo, reducir la tensión a un motor de condensador dividido permanente, hace que la curva de par-velocidad del motor se contraiga, tal como muestra en la figura 2.30. La curva de carga del ventilador y la curva de par-velocidad del motor, se cruzan a una menor rpm; por tanto, el ventilador se ralentiza. Así, reduciendo aún más la tensión de entrada, el ventilador se ralentiza aún más. El motor tiene menos par disponible a medida que se reduce la tensión.

Por lo tanto, para variar la velocidad de un motor de inducción, esta técnica, por lo general funciona solo cuando se encienden ventiladores. La velocidad de rotación de un motor de inducción trifásico se puede variar cambiando la frecuencia al motor. Un controlador especial rectifica la entrada de 60 Hz AC a DC. Un inversor electrónico cambia la corriente continua nuevamente a corriente alterna, pero a una frecuencia diferente. Si la frecuencia de entrada de 60 Hz se cambia a 40 Hz, el motor girará más lentamente. Si la entrada de 60 Hz aumenta a 70 Hz, el motor girará más rápido (González, 2000).

No obstante, la tensión del motor también varía para evitar el sobrecalentamiento del motor, debido a demasiada corriente. Por lo general, la variación de velocidad puede oscilar entre el 20% y el 110% de la velocidad de carga completa de la placa de identificación del motor. Para un motor clasificado a 1725 rpm, esto sería una variación de velocidad de 345 rpm a 1900 rpm. Dependiendo de la aplicación, se puede obtener una variación de velocidad mucho más amplia.

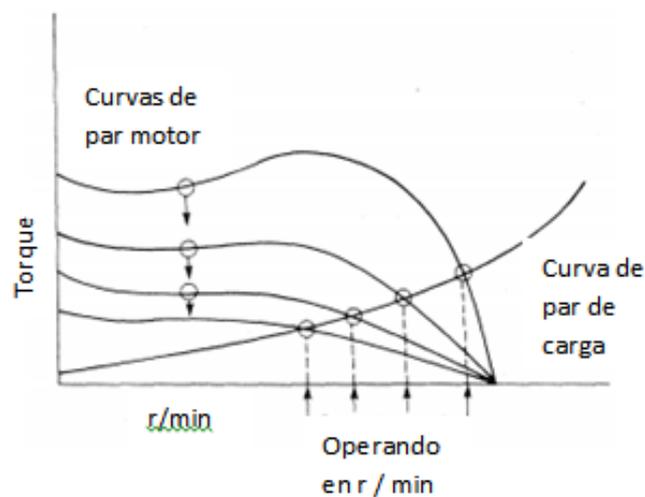


Figura 2. 30 La curva de par del motor se contrae a medida que se reduce la tensión de entrada al motor de condensador dividido permanente.

Fuente. El autor

El controlador electrónico de velocidad generalmente mantiene un par de salida constante del motor. Pero, la potencia es proporcional a los tiempos de torsión r/min , tal como puede verse en la ecuación 2.1. Asimismo, la

potencia del motor disminuye a medida que se reduce la rpm, y la potencia del motor aumenta a medida que aumenta la r/min. Los controladores de velocidad variable para motores de inducción deben adaptarse cuidadosamente al tipo de carga. Estos controladores son más adecuados para cargas, como ventiladores, soplores y algunas bombas.

$$\text{Horsepower} = \frac{6.28 \times \text{torque} \times r/\text{min}}{33000} \quad (2.1)$$

Por consiguiente, el par se mide en libras-pies.

Los motores de inducción están disponibles con múltiples velocidades. Estos motores cambian el número de polos del estator magnético. Un motor de inducción de 2 polos gira a aproximadamente 3450 rpm. Un motor de 4 polos gira a aproximadamente 1725 rpm. La ecuación 2.2 muestra la velocidad aproximada de un motor de inducción en función del número de polos magnéticos del estator.

$$\text{Motor rpm} = \frac{2 \times 3450}{\text{Numero de polos}} \quad (2.2)$$

Un motor de inducción de 6 polos giraría a aproximadamente 1150 r/min.

$$\text{Motor } \frac{r}{\text{min}} = \frac{2 \times 3450}{6} = 1150 \text{ rpm}$$

Sin embargo, un motor típico de dos velocidades es capaz de operar con cuatro o seis polos. Sus dos velocidades de operación son entonces 1725 rpm y 1150 rpm. Si el motor también pudiera conectarse con ocho polos, entonces podría operarse a 1725 rpm o 862 rpm.

Cojinetes

Los cojinetes sujetan el rotor giratorio o la armadura del motor al bastidor. Los rodamientos comunes son el tipo de manguito y el tipo de bola. Los motores con cojinetes de manguito están diseñados para funcionar con el eje en posición horizontal. Están lubricados por una fina película de aceite que se introduce en el espacio entre el eje y los rodamientos. Por lo

general, hay un depósito de aceite debajo de los cojinetes y una mecha mantiene el aceite al lado de los cojinetes. Este depósito de aceite debe montarse debajo del eje. Si el motor está montado en una pared, la campana de extremo del motor debe girarse de manera que el depósito de aceite esté hacia abajo.

Los motores con cojinetes de bolas son más caros que aquellos con cojinetes de manguito, pero se pueden montar en cualquier posición. Están lubricadas con grasa, por lo que no hay peligro de que el lubricante se derrame fuera del rodamiento. La mayoría de los rodamientos de bolas están pre lubricado y funcionarán durante años antes de que sea necesario abrirlos y volver a empaquetarlos con grasa.

2.6.3 Frenado

En ocasiones, es deseable frenar una máquina rápidamente cuando está apagada, especialmente desde un punto de vista de seguridad. La mayoría de las máquinas industriales experimentan una alta fricción y por lo tanto, se detienen rápidamente cuando se desconecta la alimentación. Las máquinas rotativas con mucho peso tienen una inercia de giro considerable y se necesita algún tipo de frenado para detenerlas rápidamente. Se entiende por un tipo de frenado, un freno de fricción, similar al de un automóvil. Una zapata de freno entra en contacto con un tambor de acero o un disco entra en contacto con una placa. El freno de fricción se puede agregar a la máquina o los motores con frenos incorporados que están disponibles.

Por lo tanto, el frenado dinámico es otro método que se usa comúnmente en los motores de CA. Pues, se requiere de un control especial y una fuente de poder. Por lo general, estos se suministran como parte de un panel de control dinámico. Cuando se desconecta la alimentación de CA, se aplica CC a los devanados de campo. Esto crea un fuerte campo magnético que no gira. Como resultado, el rotor se detiene rápidamente. Cuanto más fuerte sea el campo magnético de CC, más rápido dejarán de

girar el rotor y la máquina. Otros métodos de frenado también están disponibles.

2.7 LOGO!Soft Comfort

Logo Soft, es la interfaz donde se realiza toda la lógica de programación correspondiente al logo PLC. En ella se puede programar en formato ladder o en diagrama de bloques (FUP). Pues, se recomienda estar familiarizado con cualquiera de los dos formatos para no tener inconvenientes al momento de programar en otros autómatas (Siemens AG, 2016). La mayor parte de la pantalla la ocupa el área dedicada a la creación de esquemas de conexiones. Esta área se denomina interfaz de programación; en esta se disponen los símbolos y enlaces del programa.

Para no perder la vista de conjunto, especialmente en el caso de programas grandes, en los extremos inferior y derecho de la interfaz de programación se dispone de barras de desplazamiento que permiten mover el programa en sentido horizontal y vertical (Siemens AG, 2003, p.38).

En la figura 2.31 se puede observar las partes del ambiente integrado para desarrollar un programa en Logo Soft. Es una pantalla amigable con el programador, ya que para desarrollar un programa se necesita seleccionar el bloque que se va a utilizar y arrastrarlo hacia la parte derecha.

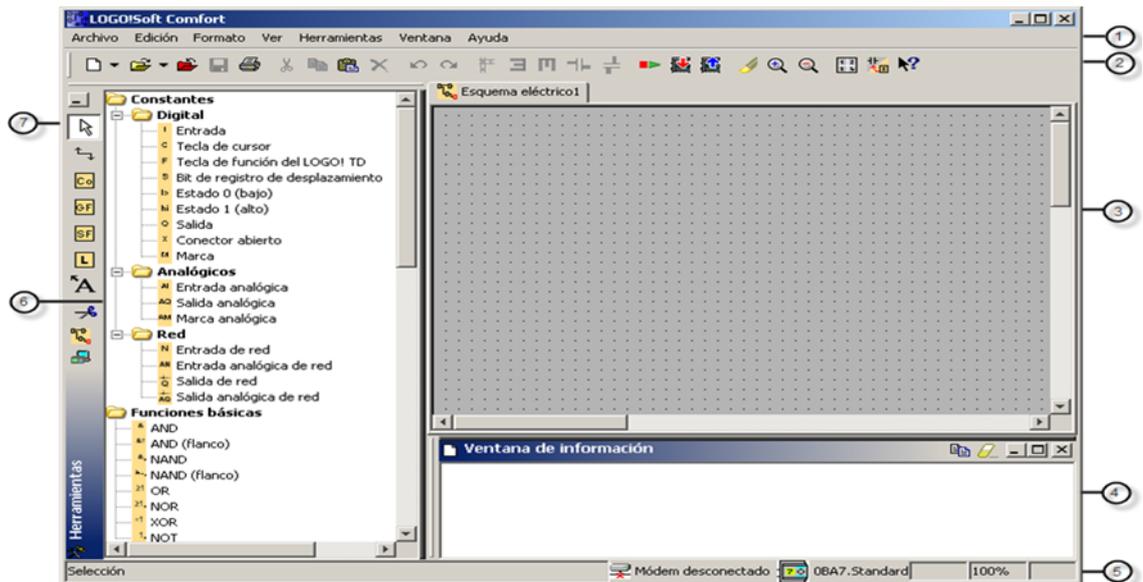


Figura 2. 31 Ambiente integrado para la programación

Fuente. (Siemens AG, 2016)

- ① Barra de menús
- ② Barra de herramientas "Estándar"
- ③ Interfaz de programación
- ④ Ventana de información
- ⑤ Barra de estado
 - Constantes y conectores
 - Funciones básicas (sólo editores FUP y UDF)
- ⑥ Funciones especiales
 - Perfil de registro de datos (sólo editores FUP y KOP)
 - UDF (sólo editores FUP y UDF)
- ⑦ Barra de herramientas "Herramientas".

2.7.1 Barra de menús

En la parte superior de la ventana de LOGO!Soft Comfort se encuentra la barra de menús. Ésta contiene los distintos comandos para editar y gestionar los programas, incluyendo también ajustes predeterminados y

funciones para transferir el programa al LOGO! (Siemens AG, 2016).

2.7.2 Barras de herramientas

LOGO! Soft Comfort proporciona tres barras de herramientas, los cuales son:

- ✓ Barra de herramientas "Estándar"
- ✓ Barra de herramientas "Herramientas"
- ✓ Barra de herramientas "Simulación"

2.7.3 Barra de herramientas "Estándar"

La barra de herramientas "Estándar" está por encima de la interfaz de programación. Al iniciar aparece una barra de herramientas "Estándar" reducida a las funciones esenciales (Siemens AG, 2016)

De acuerdo a Siemens AG (2016), la barra de herramientas "Estándar" proporciona acceso directo a las principales funciones de LOGO!Soft Comfort.

Asimismo, según a Siemens AG (2003), la barra de herramientas "Estándar" completa aparece tan pronto como se accede a un programa para su edición en la interfaz de programación.

La figura 2.32 muestra la barra de herramientas estándar.



Figura 2. 32 Barra de herramientas estándar de Logo Soft

Fuente. (Siemens AG, 2016)

A través de los botones de esta barra pueden realizarse, entre otras, las siguientes acciones: crear un programa; cargar, guardar o imprimir un programa existente; cortar, copiar y pegar objetos de un circuito o transferir datos desde y hacia el LOGO!

La barra de herramientas "Estándar" se puede seleccionar y mover con el ratón. Si cierra la barra de herramientas "Estándar", ésta permanecerá siempre acoplada a la barra de menús (Siemens AG, 2003, p.21).

2.7.4 Barra de herramientas "Herramientas"

La barra de herramientas "Herramientas" está en el borde izquierdo de la pantalla. Los botones dispuestos en esta barra permiten cambiar a diferentes modos de edición para crear o procesar programas de forma rápida y sencilla (Siemens AG, 2016)

En la figura 2.33 muestra la barra de herramientas de Logo Soft, donde comprende algunas herramientas necesarias para la programación.

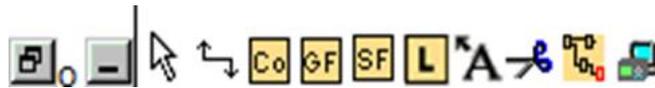


Figura 2. 33 Barra de herramientas de Logo Soft

Fuente. (Siemens AG, 2016)

2.7.5 Software de simulación CaDe SIMU

El simulador CaDe_SIMU es gratuito y sin licencia, se puede descargar con facilidad buscando en el navegador de internet. Es un programa pequeño y sencillo pero perfecto para la simulación de control de motores. Además ofrece la oportunidad de realizar diagrama de Fuerza y control y realizar pruebas piloto.

Por lo tanto, CaDe SIMU es un programa de CAD electrotécnico que permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación. (Criollo Bohórquez, 2016)

El programa en modo simulación visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando está activado al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica.

Por medio del interface CAD, se puede dibujar el esquema de una corriente eléctrica. Por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento.

Actualmente se dispone de las siguientes librerías de simulación:

- ✓ Alimentaciones tanto de CA como de CC.
- ✓ Fusibles y seccionadores.

- ✓ Interruptores automáticos, interruptores diferenciales, relé térmico, y disyuntores.
- ✓ Contactores e interruptores de potencia.
- ✓ Motores eléctricos.
- ✓ Variadores de velocidad para motores de CA y CC.
- ✓ Contactos auxiliares y contactos de temporizadores.
- ✓ Contactos con accionamiento, pulsadores, sets, interruptores, finales de carrera y contactos de relés térmicos.
- ✓ Bobinas, temporizadores, señalizaciones ópticas y acústicas.
- ✓ Detectores de proximidad y barreras fotoeléctricas.
- ✓ Conexionado de cables unipolares y tripolares, mangueras y regletas de conexión.

En la figura 2.34 muestra el entorno de trabajo del CaDe_SIMU, el editor de diagramas y la ventana del área de trabajo donde se realizan los circuitos.

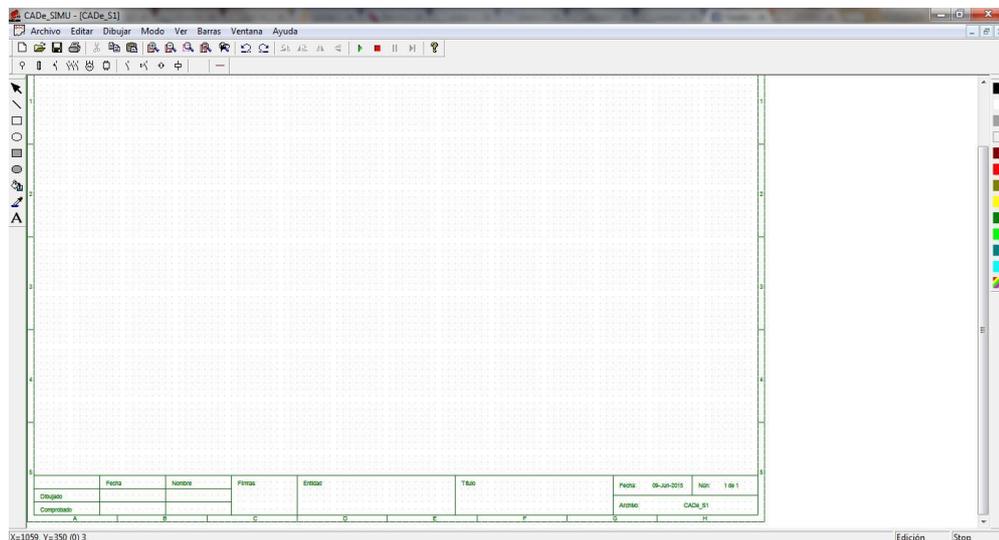


Figura 2. 34 Pantalla principal del software CaDe_SIMU

Fuente. (Siemens AG, 2016)

2.8 Hardware

2.8.1 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura es llamado también termómetros de radiación, son dispositivos que miden indirectamente la temperatura a partir de la medición de la radiación térmica infrarroja que emiten los cuerpos calientes. Los termostatos, termoresistencias y sensores de silicio son dispositivos generalmente invasivos, es decir deben estar en contacto físico con la sustancia u objeto cuya temperatura se desea medir. Los pirómetros de radiación, por su parte, son dispositivos invariablemente no invasivos, es decir realizan la medición a distancia. Estos últimos se utilizan principalmente para la medición de temperaturas muy altas o en situaciones donde los sensores anteriores no pueden ser empleados, por ejemplo, cuando el objeto o medio caliente se está moviendo, es muy pequeño, tiene una forma irregular, es inaccesible o puede ser contaminado por el contacto con el sensor. (Amilkar Piroeléctricos, 2010) & (Aguilar, 2016).

En la figura 2.35 muestra el pirómetro que se utiliza en el sistema de control de temperatura.



Figura 2. 35 Sensor Piroeléctrico

Fuente. (Aguilar, 2016)

El sensor mide temperaturas desde -20°C a 500°C y dispone de salidas de 4-20mA. Este rango de salida es compatible con la mayoría de los indicadores, controladores, registradores, logo PLC, etc., sin necesidad de una interconexión especial o acondicionamiento de señal. Son adecuados para la mayoría de las materias, tales como alimentos, papel, telas, plásticos, cuero, tabaco, medicinas, productos químicos, caucho, carbón y

asfalto; sin embargo, no los son para materiales con una baja emisividad, como por ejemplo, los materiales pulidos. (Aguilar, 2016).

2.8.2 Características de pirómetro

Se indican las siguientes características:

Precisión

+1% de lectura o $\pm 1^{\circ}\text{C}$

Repetibilidad

+0,5% de lectura o $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Emisividad

0,95

Tiempo de respuesta

240 ms que corresponde al 90% de respuesta

Tensión de alimentación

24 Vcc, máximo 28 Vcc

Tensión del sensor

6 Vcc como mínimo

Impedancia máxima del circuito

900 ohmios

Impedancia de salida

56 ohmios

Mecánica Construcción

Acero inoxidable

Dimensiones

18 mm de diámetro x 103 mm

Longitud del cable

1 metro

Ambiente

Valoración ambiental

IP65, indica que está totalmente protegido contra el polvo y contra el lanzamiento de agua desde todas las direcciones

Gama de temperatura ambiental

0 °C a 70°C

Humedad relativa

95% máximo sin condensación. (Aguilar, 2016)

2.8.3 Logo PLC

El PLC de Siemens Logo, es un autómata muy usado para procesos industriales, los cuales posee 8 entradas, que pueden ser de 24 Vcd, 110 VAC o 220 VAC y 4 salidas de relé que manejan hasta 8 A de corriente alterna. Por tanto, el Logo tiene una pantalla de cristal líquido a través de la cual se puede introducir alguna de las funciones digitales. La forma de programación es en *ladder* o en diagrama de bloques (Siemens AG, 2016).

Asimismo, el Logo puede conectarse a una red que permite a los nuevos PLC'S de Siemens hacer las conexiones de salidas y de entradas.

En la figura 2.36 muestra el logo PLC que se utiliza en el sistema de control de temperatura.



Figura 2. 36 Módulo Logo PLC

Fuente. (Siemens AG, 2016)

2.8.3.1 Características de Logo! Soft Comfort V7

Las principales características de Logo! Soft Comfort V7, incluyen:

- Tarjetas SD estándar para almacenar instrucciones.
- Comunicación con equipos Simatic, paneles y servidores OPC

basados en protocolo S7.

- Los programas pueden ser de hasta 400 bloques de función en todos los equipos Basic.
- 64 marcas analógicas.
- 64 marcas digitales.
- registros de desplazamiento con 8 bits cada uno.
- Función de reloj astronómico que permitirá usar el logo para el encendido y apagado de luces.
- Funciones de diagnóstico
- Tiempo de arranque configurable de 1 a 10 segundos
- Zona de direccionamiento de periferia ampliada (24 DI, 20 DO, 8 AI y 8 AO)
- Representación gráfica integrada para las señales analógicas con el LOGO!

2.8.3.2 Estructura de Logo PLC

La estructura del Logo PLC abarca la parte mecánica; como la carcasa, las entradas, las salidas, las teclas, entre otros.

En la figura 2.37 muestra la estructura mecánica del Logo PLC, como así las partes que lo constituyen.

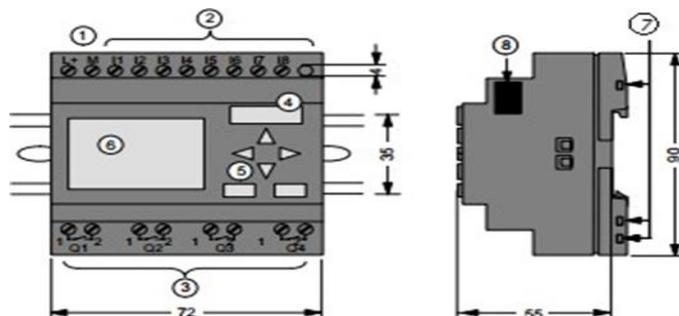


Figura 2. 37 Logo 12/24 RC

Fuente. (Siemens AG, 2016)

- 1) Alimentación de tensión
- 2) Entradas

- 3) Salidas
- 4) Receptáculo de modulo con revestimiento
- 5) Panel de manejo
- 6) Pantalla LCD
- 7) Indicador de estado RUN/STOP
- 8) Codificación mecánica

2.8.3.3 Montaje y cableado de Logo PLC

Según (Siemens AG, 2016), al momento de realizar el montaje y cableado, se sugiere tener en consideración las siguientes recomendaciones:

- Utilizar conductores con la sección adecuada para la respectiva intensidad. Logo PLC se puede conectar con cables de una sección entre 1.5 mm^2 y 2.5 mm^2 .
- No apretar excesivamente los bornes de conexión. Par de torsión máximo: 0.5 Nm.
- Los conductores deben tenerse lo más cortos posible. Si se requiere conductores más largos, es necesario utilizar cable apantallado. Los cables se deben tender por pares: un conductor neutro junto con un conductor de fase o una línea de señal.

Desconectar:

- ✓ El cableado de corriente alterna.
- ✓ El cableado de corriente continua de alta tensión con secuencia rápida de operación de los contactos.
- ✓ El cableado de señal de baja tensión.
- ✓ Prever un alivio de tracción adecuado para los conductores.
- ✓ No conectar una fuente de alimentación externa a una carga de salida paralela de corriente continua. De lo contrario podría crearse una corriente inversa en la salida.

2.8.3.4 Montaje en el perfil soporte

Para montar un Logo PLC y un módulo de expansión, es importante seguir los siguientes pasos:

- Colocar el Logo sobre el perfil soporte.
- Girar el Logo hasta introducir en el perfil soporte.

En la figura 2.38 muestra el montaje del Logo PLC sobre un riel DIN utilizado frecuentemente en la industria.

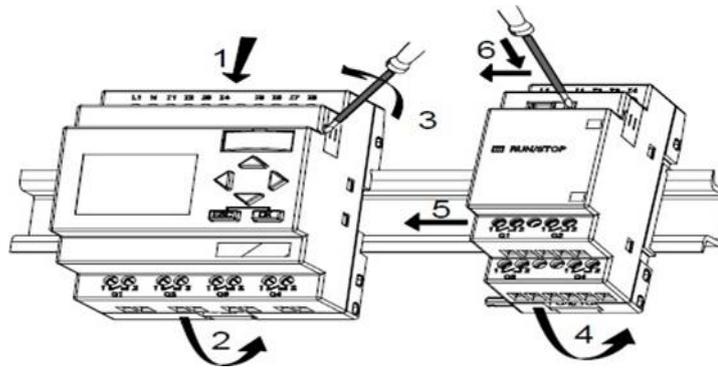


Figura 2. 38 Montaje en el perfil soporte

Fuente. (Siemens AG, 2016)

1. Retirar la tapa del conector del lado derecho del Logo y del módulo de ampliación.
2. Colocar el módulo de expansión a la derecha de Logo sobre el perfil de soporte.
3. Deslice el módulo hacia la izquierda hasta alcanzar el Logo.
4. Con un destornillador, presione la guía deslizante integrada y empújela hacia la izquierda.

Igualmente, es importante tener precaución al momento de montar el Logo PLC sobre el perfil de soporte, ya que puede romper los seguros que se encuentran la parte de atrás del autómata. Cuando alcance la posición final, la guía deslizante se engatillará en el Logo. En la figura 2.39 muestra el logo implementado, en el perfil de soporte.

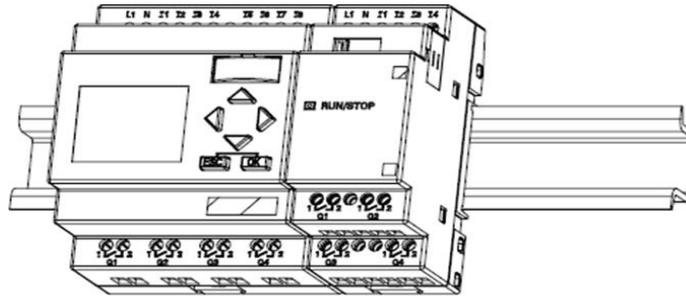


Figura 2. 39 Logo implementado

Fuente. (Siemens AG, 2016)

2.8.3.5 Conexión de las entradas de Logo

A las entradas se conectan sensores, como pulsadores, interruptores, barras fotoeléctricas, reguladores de luz natural, entre otros.

Siempre que se necesite una salida de relé se puede utilizar un Logo PLC, ya sea para uso industrial o para uso doméstico, como es el caso. En la primera opción se lo puede utilizar por su bajo costo y su versatilidad de uso, ya que es posible realizar ciertos tipos de control, ya sea un control PI, ON/Off etc., sin ningún tipo de problema. Para el uso doméstico, es muy utilizado en la implementación de sistemas demóticos.

2.8.4 Interfaz hombre máquina (HMI)

El ser humano está continuamente interactuando con los objetos que le rodean, y crea expectativas sobre cómo éstos deben comportarse, basadas en pasadas experiencias con estos objetos u otros similares. Cuando los seres humanos y los computadores interactúan lo hacen a través de un medio o interfaz hombre – máquina, que se conoce como HMI.

No obstante, la HMI es el punto en el que los seres humanos y los computadores se ponen en contacto, transmitiéndose mutuamente la información, órdenes y datos como sensaciones, intuiciones y nuevas formas de ver las cosas. Por otro lado, la interfaz es también un límite a la comunicación en muchos casos, ya que aquello que no sea posible expresar a través de ella permanecerá fuera de nuestra relación mutua. Es así como en muchos casos la interfaz se convierte en una barrera

debido a un pobre diseño y una escasa atención a los detalles de la tarea a realizar. La interfaz forma parte de un entorno cultural, físico y social y por tanto hay que tener en cuenta una serie de factores en el momento de diseñarlas. Si la interfaz está bien diseñada, el operador encontrará la respuesta que espera a su acción; si no es así, puede ser frustrante para el operador, que habitualmente tiende a culparse a sí mismo por no saber usar el objeto (Aguilar, 2016, pág. 19)

En la figura 2.40 muestra las partes de la interfaz entre hombre máquina, y lo que se va a utilizar en un sistema de control de cualquier variable (por ejemplo; temperatura).



Figura 2. 40 Pantalla HMI modelo ktp600

Fuente. (Siemens AG, 2016)

2.8.4.1 Partes de la interfaz hombre máquina

A continuación se especifican las partes principales que hay que tener en cuenta al momento de adquirir una pantalla de interfaz HMI.

1. Display/Pantalla táctil.
2. Escotaduras para las mordazas de fijación.
3. Junta de montaje.

4. Teclas de función.
5. Interfaz profinet.
6. Conexión para la fuente de alimentación.
7. Placa de características.
8. Nombre del puerto.
9. Guías para las tiras rotulables.
10. Conexión para tierra funcional.

Pues, dependiendo de la aplicación que se va a usar, se debe comprar la pantalla. La interfaz que se adquirió es una pantalla completamente táctil, lo suficientemente funcional para suplir la necesidad del control y monitoreo de temperatura.

2.8.4.2 Características de la interface hombre maquina

La tabla 2.2 indica como ejemplo; las características de la interfaz HMI, utilizada en el sistema de control de temperatura.

Tabla 2. 2 Características de la interface hombre máquina KTP-600

Datos Técnicos	
Peso sin embalaje	aprox. 1070 gr
Pantalla	
Tipo	LCD-TFT
Área activa del display	115,2 mm x 86,4mm (5,7")
Resolución, pixeles	320 x 240
Colores representables	256
Regulación de contraste	No
Categoría de error de pixel según DIN EN ISO 13406-2	II
Retroiluminación	CCFL
Half Brightness Life Time; típico	50000 h
Unidad de entrada	
Tipo	Pantalla analógica resistiva
Teclas de función	6
Tiras rotulables	Si
Memoria	
Memoria de aplicación	512 Kbytes
Interfaces	
1 x RS 422/RS 485	
1 X Ethernet	RJ45 10/100 Mbits/s
Tensión de alimentación	
Tensión Nominal	24 VDC

Rango admisible	De 19,2 V a 28,8 V (-20%, +20%)
Transitorios, máximo admisible	35 V (500ms)
Tiempo entre dos Transitorios, mínimo	50 s
Consumo	
Típico	aprox. 350 mA
Corriente continua max	aprox. 550 mA
Corriente transitoria de Conexión I2t	aprox. 0,5 A2s
Fusible interno	electrónico
Otros componentes	
Reloj tiempo real	Sí, no respaldo

Fuente. El autor

2.8.4.3 Pasos necesarios para instalar el interfaz hombre maquina

En la figura 2.41 se describen los pasos a seguir cuando se va a conectar la HMI a una fuente de energía eléctrica.

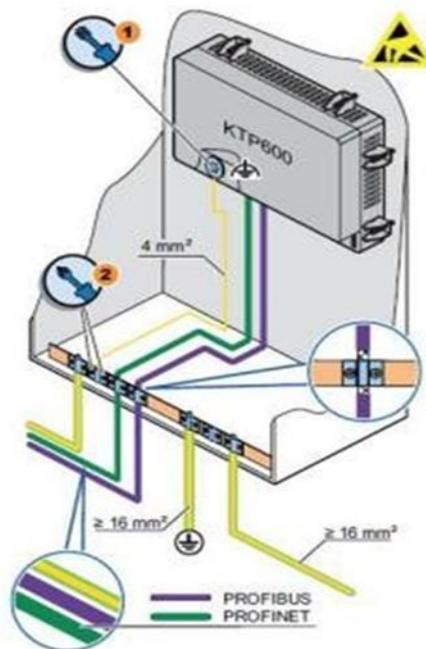


Figura 2. 41 Pasos para montaje de la interface Hombre-Máquina

Fuente. (Siemens AG, 2016)

1. Conectar la conexión de tierra funcional del panel operador con un cable de tierra, sección 4 mm².
2. Conectar el cable de tierra del panel operador con la barra de equipotencialidad.

2.8.4.4 Conexión de la fuente de alimentación.

Antes de proceder a conectar se debe tener en cuenta las características técnicas de la fuente de alimentación para evitar algún daño al equipo operador.

Se utiliza cables con sección mínima de 1,5 mm².

Considerar los siguientes pasos para tener un contacto óptimo con los extremos de los cables:

1. Pelar los extremos de dos cables de la fuente de alimentación a una longitud de 6 mm.
2. Aplicar punteras o pines a los extremos de los cables.
3. Fijar los pines en los extremos de los cables con la machinadora.

En la figura 2.42 muestra la longitud de cable que se debe pelar para conectar la alimentación de la interfaz HMI. Es más, se puede ver que es necesario pelar 6 centímetros la punta del cable, para remachar los pines y así pueda realizar una buena conexión.

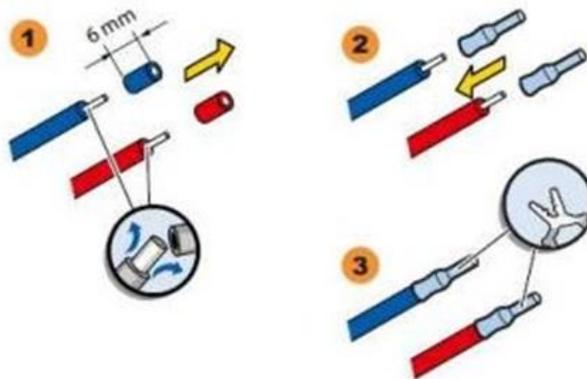


Figura 2. 42 Dimensionamiento para el pelado de cables

Fuente. (Siemens AG, 2016)

La figura 2.43 muestra el lugar donde deben ir los conectores para energizar la pantalla HMI. Toda pantalla de interfaz HMI viene con sus

conectores respectivos para la alimentación.

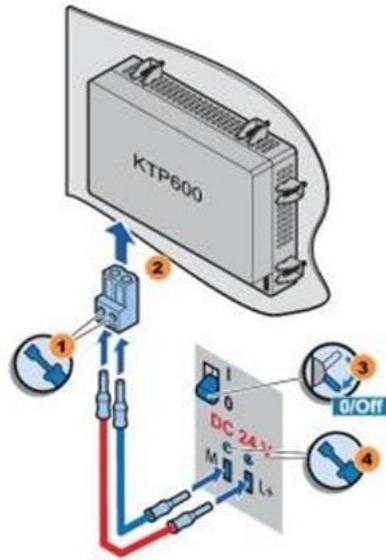


Figura 2. 43 Forma de conectar el HMI con una fuente de poder

Fuente. (Siemens AG, 2016)

Procedimiento: En primer lugar, se debe tener en cuenta y cuidado de conectar el panel operador con una fuente de alimentación mal dimensionada, pues puede causar daños irreparables al equipo. Igualmente, se debe utilizar una fuente de alimentación de 24 Vdc, de suficiente intensidad.

- ✓ Introducir los dos cables de la fuente de alimentación en el borne de conexión de red y fijarlos un destornillador plano.
- ✓ Conectar el borne de conexión de red con el panel de operador.
- ✓ Desconectar la fuente de alimentación.
- ✓ Introducir los otros dos extremos de los cables en las conexiones de la fuente de alimentación y fijarlos con destornillador plano. Hay que supervisar que la polaridad sea correcta.

2.8.4.5 Conexión con Logo PLC, PC y HMI a través de Ethernet.

En la figura 2.44 muestra la forma que se debe conectar un logo PLC y una HMI con un ordenador. Existen números infinitas de conexiones para la comunicación entre estos equipos, pero la que se va a utilizar es la conexión *ethernet*.

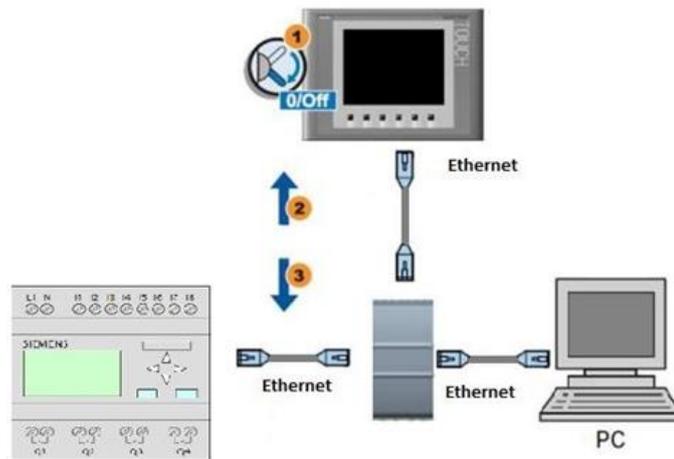


Figura 2. 44 Enlaces Ethernet con diferentes equipos

Fuente. (Aguilar, 2016)

Procedimientos:

- ✓ Desconectar el panel de la interface hombre máquina (HMI).
- ✓ Enchufar un conector RJ45 al HMI.
- ✓ Enchufar un conector al RJ45 al switch.
- ✓ Tomar un conector RJ45 de la salida del switch y conectar al Logo PLC.
- ✓ Tomar el otro cable RJ45 y conectar al Logo PLC.

Reglas para el diseño de interfaces

- Dar control al operador.
- Reducir la carga de memoria del usuario.
- Consistencia.

Dar control al operador: Se debe dar al operador la posibilidad de hacer su trabajo, en lugar de suponer qué es lo que éste desea hacer. La interfaz debe ser suficientemente flexible para adaptarse a las exigencias de los distintos usuarios del programa.

1. Usar adecuadamente los modos de trabajo.
 2. Permitir al operador interrumpir su tarea y continuarla más tarde.
 3. Utilizar mensajes y textos descriptivos.
 4. Permitir deshacer las acciones, e informar de su resultado.
 5. Permitir una cómoda navegación dentro del producto y una fácil salida del mismo.
 6. Hacer transparente la interfaz al operador, que debe tener la impresión de manipular directamente los objetos con los que está trabajando.
 7. Permitir al operador manipular directamente los objetos de la interfaz.
- (Aguilar, 2016)

Reducir la carga de memoria del usuario: La interfaz debe evitar que el operador tenga que almacenar y recordar información. Pues, debe basarse en el reconocimiento, antes que en el recuerdo (ejemplo: elegir de entre una lista en lugar de teclear de nuevo).

1. Proporcionar indicaciones visuales de dónde está el operador, qué está haciendo y qué puede hacer a continuación.
2. Proporcionar funciones deshacer, rehacer y acciones por defecto.
3. Asociar acciones a los objetos

4. Presentar al usuario sólo la información que necesita
5. Hacer clara la presentación visual

Consistencia: Permite al operador utilizar conocimiento adquirido en otros programas. Ejemplo: mostrar siempre el mismo mensaje ante un mismo tipo de situación, aunque se produzca en distintos lugares (Aguilar, 2016)

Principios:

- Consistencia en la realización de las tareas: proporcionar al operador indicaciones sobre el proceso que está siguiendo.
- Consistencia en los resultados de las interacciones: la misma respuesta ante la misma acción. Los elementos estándar del interfaz deben comportarse siempre de la misma forma.
- Consistencia de la apariencia estética (iconos, fuentes, colores, distribución de pantallas).
- Fomentar la libre exploración de la interfaz, sin miedo a consecuencias negativas.

2.8.4.6 Análisis y modelización de tareas

Una HMI permite la automatización de tareas que se realizan en forma no computarizada. Antes de su diseño es imprescindible hacer un análisis de las tareas que el operador desempeña en su actividad actual. Además, se debe conocer y comprender las tareas que realizan los humanos en el entorno a considerar, para poder transformarlas en un conjunto de tareas que se implementan en la HMI. Un enfoque alternativo para el análisis de tareas es el orientado a los objetos, donde se debe observar los objetos físicos utilizados por el futuro operador y las acciones que se aplican a cada objeto. Una vez que cada tarea o acción se ha definido se puede iniciar con el diseño de la interfaz, que puede realizarse siguiendo el siguiente orden (Aguilar, 2016)

- Establecer los objetivos e intenciones de cada tarea.
- Asignar a cada objetivo/intención una secuencia de acciones específicas.
- Especificar la secuencia de acciones tal y como se ejecutarán en el nivel de interfaz.
- Indicar el estado del sistema, es decir, qué aspecto tiene la interfaz en el momento en que se ejecuta una acción de la secuencia.
- Definir los mecanismos de control, es decir, los dispositivos y acciones accesibles al operador para modificar el sistema.
- Indicar cómo afectan los mecanismos de control al estado del sistema.
- Indicar cómo interpreta el usuario el estado del sistema a partir de la información suministrada a través de la interfaz.

2.8.5 Módulos de entradas analógicas

Los sistemas analógicos trabajan con señales de tipo continuo, con un margen de variación determinado. Dichas señales suelen representar magnitudes físicas del proceso, tales como presión, temperatura, velocidad, nivel, entre otros., mediante una tensión o corriente proporcionales a su valor que pueden ser de 0-10V o de 4-20mA.

Sin embargo, una de las dificultades es que algunos sensores trabajan con valores de corriente de 4-20mA; en estos casos de debe realizar el correcto acondicionamiento de la señal para trabajar con los voltajes necesarios.

En la figura 2.45 se puede apreciar el módulo de entradas analógicas que se utiliza para la lectura de la temperatura en el sistema.



Figura 2. 45 Módulo de entrada para LOGO PLC

Fuente. (Siemens AG, 2016)

En cambio, los sistemas digitales trabajan con señales, todo o nada, llamadas también binarias, que solo pueden presentar dos estados o niveles: abierto o cerrado, conduce o no conduce, entre otros.

Los sistemas de controles actuales, con un cierto grado de complejidad y en particular los PLC's, son casi siempre híbridos, es decir, sistemas que procesan a la vez señales analógicas y digitales. Por lo tanto, tiende que la unidad de control sea totalmente digital y basada en un microprocesador, que aporta la capacidad de cálculo necesaria para tratar las señales todo o nada en forma de bits y las señales analógicas numéricamente (Aguilar, 2016)

Dado que muchos de los sensores normalmente utilizados, suministran señales de tipo analógico y las interfaces de estas señales deben realizar una conversión analógico-numérica, llamada normalmente conversión analógico-digital, para que puedan ser tratadas por la unidad de control.

También puede ser necesario disponer de señales analógicas de salida, para ciertos indicadores o para control de ciertos servos sistemas externos. En tal caso, el sistema de control debe disponer de interfaces para la conversión digital-analógica, capaces de suministrar dichas señales a partir de los

valores numéricos obtenidos por la unidad de control.

2.8.6 Finales de carrera

Se denomina final de carrera, al dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. Con frecuencia, una condición de cambio se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). Además, puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica). Los sensores posibilitan la comunicación entre el mundo físico y los sistemas de medición y/o de control, tanto eléctricos como electrónicos, utilizándose extensivamente en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición, control y procesamiento (Aguilar, 2016)

2.8.6.1 Finales de carrera mecánico

El movimiento mecánico en forma de leva o empujador, actúa sobre la palanca o pistón de accionamiento del interruptor de posición, haciendo abrir o cerrar un contacto eléctrico del interruptor. Esta señal eléctrica se usa para posicionar, contar, parar o iniciar una secuencia operativa al actuar sobre los elementos de control de la máquina.

En la figura 2.46 muestra los finales de carrera, utilizados en el sistema de control de temperatura, para establecer el área de trabajo del rodillo de arropo en el sistema. Estos finales de carrera determinan el arropo mínimo y el arropo máximo de papel.



Figura 2. 46 Partes de un final de carrera

Fuente. El autor

Ventajas:

- Facilidad de uso.
- Operación sencilla y visible.
- Cierres herméticos para una operación confiable.
- Elevada resistencia a las distintas condiciones ambientales.
- Pérdidas de voltajes mínima.
- Ausencia de corriente de fuga.

2.8.6.2 Sensores Capacitivos

Los sensores capacitivos al igual que los inductivos, tienen una distancia máxima de accionamiento, que depende en gran medida del área de la cabeza de sensor que puede ser una bobina o electrodo. Por ello, a mayor diámetro, mayor distancia máxima.

2.8.7 Interruptores Industriales

Un pulsador, es un interruptor de encendido o apagado que conectado a un componente eléctrico, hace funcionar o apagar el mismo. En los pulsadores hay diversas formas y tamaños que se encuentran en diferentes equipos electrónicos, pero también muy usados en el campo de la electricidad industrial.

En la figura 2.47 muestra los diferentes pulsadores que se utilizan en el campo industrial. Pues, hay pulsadores para un sinnúmero de aplicaciones, ya sea para el campo industrial como doméstico. Por ejemplo: Pulsador tipo hongo: Usado para paradas de emergencia y de color rojo.

El selector: Se usa para mostrar una posición requerida en el sistema, éstos pueden ser fijos o con retorno a cero. Para brindar seguridad también existen selectores con llave de seguridad.

El pulsador: dependiendo de la marca, existen varios modelos. En la figura 2.47 se puede ver la marca Telemecanique.



Figura 2. 47 Pulsadores Industriales

Fuente. El autor

2.9 Técnicas de Control

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de tal manera que regulan o dirijan su actuación por sí mismos; es decir, sin intervención de agentes exteriores, incluido el factor humano, corrigiendo los posibles errores que se presenten en su funcionamiento. En la actualidad, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial, presenta una parte actuadora, que

corresponde al sistema físico que realiza la acción y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo. (Criollo Bohórquez, 2016)

Los sistemas de control deben cumplir los siguientes objetivos:

- ❖ Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- ❖ Ser eficiente, según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

Sistema de control de lazo cerrado

Los sistemas de control de lazo cerrado alimentan al controlador con la señal de error de actuación que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término de lazo cerrado siempre implica una acción de control realimentado para reducir el error del sistema (Aguilar, 2016). Véase la figura 2.48.

El control en lazo cerrado es indispensable cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- ❖ Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- ❖ Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- ❖ Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

- ❖ Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- ❖ La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.

- ❖ Su propiedad de retroalimentación.
- ❖ Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.



Figura 2. 48 Diagrama de bloques de lazo cerrado

Fuente. El autor

2.9.2 Control ON-OFF

En la acción de control encendido-apagado el elemento de actuación tiene dos posiciones fijas on-off. Este control es relativamente simple y barato, por lo cual su uso es muy extendido en sistemas de control de tipo industrial.

En la figura 2.49 muestra el diagrama de bloques para el control on/off del sistema.

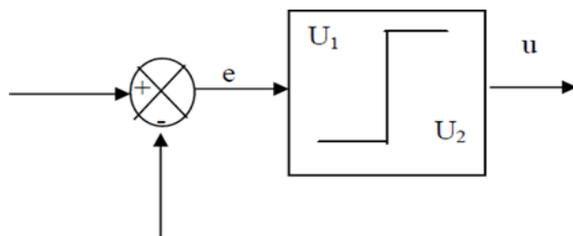


Figura 2. 49 Diagrama de bloques del control on/off

Fuente. El autor

CAPÍTULO III: CARTÓN CORRUGADO

3.1 Estructura del cartón corrugado

El cartón corrugado es una estructura que está constituida por un nervio central de papel ondulado (Papel Onda), reforzado externamente por dos capas de papel (Papeles liners o tapas) pegadas con adhesivo en las crestas de la onda. Es un material liviano, cuya resistencia se basa en el trabajo conjunto y vertical de estas tres láminas de papel. Para obtener su mayor resistencia, la onda del cartón corrugado tiene que trabajar en forma vertical. (Cajas Mex, 2014)

Asimismo, el cartón corrugado está compuesto por tres elementos: dos caras de Cartón Plano o Liners separadas entre sí, por un núcleo de papel corrugado en forma de onda, denominado Corrugado Medio. La figura 3.1 muestra una gráfica del papel corrugado.

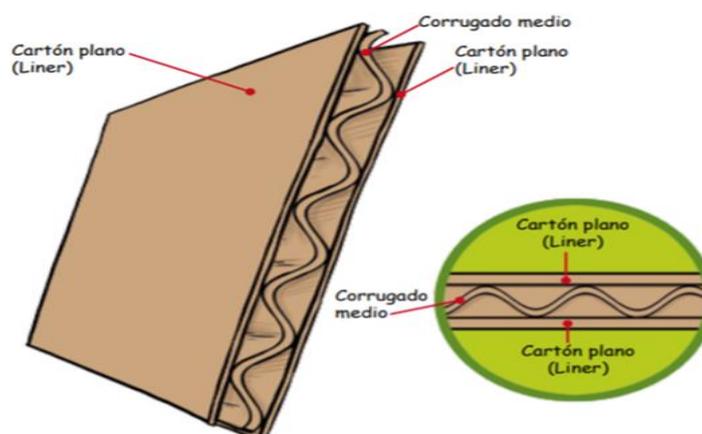


Figura 3. 1 Cartón Corrugado

Fuente. (Cajas Mex, 2014)

Éste es uno de los materiales más utilizados para envasar y embalar, ya que tiene muchas ventajas, como la protección de su contenido durante su transporte y almacenamiento; identificación e imagen; economía.

Como así también, por su naturaleza reciclable y reciclada. (Cartopel, 2017)

3.1.1. Características del cartón corrugado

El cartón corrugado es más resistente que el cartón normal. Las características del cartón ondulado, especialmente la resistencia, dependen de la altura de la onda y del tipo de papel empleado en la fabricación. (Cartonaje S.L., 2017)

Resistencia al aplastamiento vertical: Durante el diseño y fabricación de la caja, el 'cartón corrugado' se instala con las ondulaciones del 'corrugado medio' en sentido vertical, funcionando como un gran número de columnas para soportar el peso de los arrumes durante el bodegaje y transporte. Esta esencia se denomina, resistencia al aplastamiento vertical y establece la calidad, peso y rigidez de los materiales utilizados y, al mantenimiento de la separación entre las dos caras planas de cartón (Cartopel, 2017).

La figura 3.2 muestra la resistencia vertical del cartón corrugado.

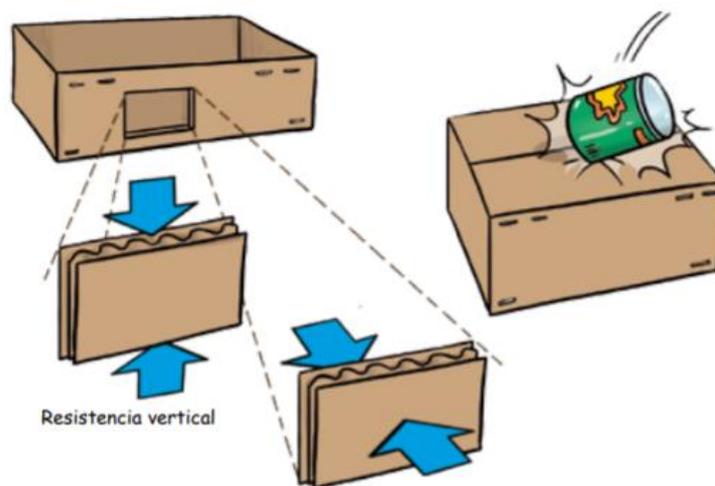


Figura 3. 2 resistencia vertical del cartón corrugado.

Fuente. (Cartopel, 2017)

Esta cualidad se aprovecha al máximo, cuando durante su almacenamiento en bodega y transporte, la caja se pone de acuerdo a su diseño estructural, es decir, con las ondas corrugadas en sentido vertical.

Resistencia al aplastamiento horizontal: En sentido horizontal, la separación entre las dos caras planas de cartón y las ondulaciones del corrugado medio, forman resistentes arcos que proveen de amortiguamiento y protección al producto. Los golpes externos y movimientos bruscos, generados durante el manejo y transporte quedan minimizados. Un golpe contra el exterior de la caja es parcialmente absorbido por la estructura ondulada y los canales de aire que ésta forma. Esta propiedad se denomina resistencia al aplastamiento horizontal y depende principalmente de la selección de los materiales utilizados en la fabricación del corrugado medio.

Resistencia al rasgado: Estructuralmente, en las cuatros esquinas de la caja se concentra la mayor resistencia para soportar el peso en los arrumes verticales, pero al mismo tiempo, estas zonas son susceptibles a rasgarse cuando se ven sometidas a exagerados esfuerzos de tensión durante el armado, llenado, cerrado y manipuleo. Por tanto, para prevenir este fenómeno se denomina resistencia al rasgado y depende exclusivamente de la calidad y composición de los cartones planos utilizados en la fabricación del cartón corrugado.

Estas propiedades miden la presentación y depende de las materias primas seleccionadas, los procesos de fabricación del cartón plano y las técnicas de Diseño Gráfico e Impresión utilizadas (Cartopel, 2017). Véase en la figura 3.3 la resistencia al rasgado.

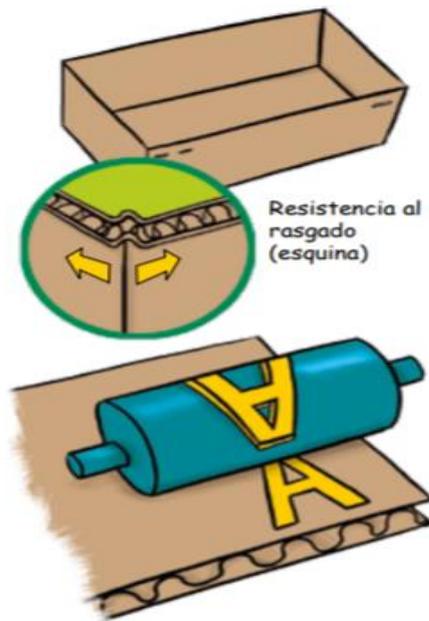


Figura 3. 3 Resistencia al rasgado

Fuente. (Cartopel, 2017)

No obstante, para conseguir y mantener una excelente apariencia visual, tanto de la caja, como de su impresión, es indispensable que la superficie expuesta del cartón sea plana, uniforme en su color y resistencia al roce.

3.1.2. Principios de fabricación

El plegado de una plancha de cartón rígido requiere un aplastamiento localizado en el lugar del futuro doblez: es la operación de hender y de ranurar.

La fabricación de un embalaje normalmente comienza por la impresión de la plancha. Luego, vienen las operaciones de ranurado, hendido de las aristas y troquelado.

Por lo tanto, para alcanzar las cuatro caras laterales (o paneles) del embalaje, es imprescindible doblar la plancha de cartón siguiendo las 4 líneas hendidas; 3 aristas + la pestaña de unión. La realización de las solapas con sus dimensiones definitivas y el cierre de los paneles, necesitan un corte en las extremidades de las cuatro líneas hendidas y el troquelado de una pestaña o junta de unión.

Para facilitar el envío, es necesario reagrupar los embalajes por lotes, contarlos, empaquetarlos y paletizarlos; estas son las etapas de empaquetado y paletización. Cada operación se realiza en una máquina de trabajo o cuerpo, que puede ser individual y separada o, más a menudo, ir asociada con otros cuerpos en el caso de las máquinas 'en línea' o acoplables.

Sin embargo, para instalar la plancha de cartón en la máquina de transformación, es necesario tener en cuenta:

- El empuje, es decir, la dirección en la que avanza la plancha en el interior de la máquina, dentro de las posibilidades de ésta en cuanto a sus límites máximo y mínimo.
- La apertura o el ancho máximo que permite la máquina. Mientras que en la onduladora, los canales son perpendiculares al sentido longitudinal de fabricación del cartón, en las máquinas de transformación suelen presentarse en el sentido longitudinal (paralelamente al sentido del movimiento de la máquina de transformación).

Cuando se introduce la plancha con la acanaladura perpendicular al sentido de traslado, se conoce como una caja a contracanal. Para asegurar un ritmo elevado de producción, toda operación de transformación requiere:

- Un apilamiento homogéneo y regular de las planchas en el punto de alimentación de la máquina: la introducción.
- Un dispositivo de recepción y apilamiento de las planchas transformadas al salir de la máquina: el apilador (Asimag Servicios Empresariales S.L., 2016)

3.1.3. Máquinas para la elaboración de cajas de cartón corrugado

❖ Cargador (o auto *feeder*)

Habitualmente, antes de cargar las planchas de cartón en la máquina, es necesario desapilarlas. Para la misma, se utilizan los cargadores, que introducen automáticamente las planchas en la máquina. La pila se divide

en paquetes y las planchas se introducen por intervalos regulares. Los cargadores son indispensables en las máquinas de transformación de grandes formatos. (Hexpol Compounding, 2019)

❖ Tipo de introducciones

Alimentación manual. El operario introduce las planchas uno a uno. Este sistema se utiliza cada vez menos.

Alimentación automática.

- Sin marcación; el dispositivo constituido por una banda, correas o rodillos, introduce las planchas en forma continua, una detrás de otra.
- Con marcación (caso más frecuente); el dispositivo introduce las planchas de manera regular, ajustándose al movimiento de la máquina.



Figura 3. 4 Alimentador de láminas de cartón corrugado

Fuente. (Hexpol Compounding, 2019)

3.1.4. Máquina de impresión

La operación de impresión, normalmente se hace uno o varios módulos de impresión y en la mayoría de los casos, están adheridos a las máquinas de transformación o *Slotters*.

Función: Reproducir directamente sobre la plancha de cartón (caras exteriores del embalaje), un grafismo de uno o varios colores.

Principios: La impresión del cartón ondulado es parecida a la de los materiales en hojas (papeles, películas plásticas, aluminio, etc.)

Por tanto, en la fabricación del cartón ondulado se ha llamado 'tipo o tipografía' a la impresión realizada con clichés y tintas grasas de secado lento. Este procedimiento todavía se utiliza en las slotters-impresoras más antiguas y en las impresoras rotativas tipográficas.

En la actualidad, el flexo (la flexografía), ha reemplazado a la tipografía y es la única que existe en el mercado. Sin embargo, la técnica de impresión en relieve, es la misma que en la tipografía, sólo se distinguen por la naturaleza de las tintas que utilizan, sobre todo, en la composición de éstas y el tiempo de secado, el cual, es más rápida en flexografía.



Figura 3. 5 Rodillo de impresión

Fuente. (Hexpol Compounding, 2019)

3.1.5. Slotter

Las funciones del *Slotter* son:

- Cortar, de una sola vez, la plancha de cartón, según la forma geométrica correspondiente a la forma del embalaje deseado (pestaña, solapas, perímetro).
- Hender parcialmente el cartón por las 4 líneas de plegado, que forman las aristas verticales del embalaje y de la pestaña.

La *slotter* está formada por portacuchillas circulares rotativos, que tienen cuchillas de corte y hendedores acoplados en dos pares de distintos ejes. El ranurado y el hendido van en línea: las solapas se cortan siguiendo la línea de plegado de las aristas verticales del embalaje. Algunas *slotters* pueden desplazar el ranurado con respecto al hendido.

No obstante, la *slotter* determina las dimensiones del embalaje: largo, ancho y perímetro ($2b+2l$). (Asimag Servicios Empresariales S.L., 2016)

En la figura 3.6 se puede observar la Slotter.



Figura 3. 6 Slotter

Fuente. (Hexpol Compounding, 2019)

3.1.6. Ranuradora

En el proceso de ranurado, el operario ingresa la plancha de cartón con las dimensiones finales. Dicho ranurado, se lo realiza para diferencias y dar forma a las solapas de la tapa de la caja de cartón corrugado. El proceso involucra que el operario calibre las cuchillas, ingrese el cartón y espere que las cuchillas remuevan una pequeña porción de la plancha de cartón. En la figura 3.7 puede ver una ranuradora.



Figura 3. 7 Ranuradora tipo caimán manual

Fuente. El autor

CAPÍTULO 4:

AUTOMATIZACIÓN DE ELABORACIÓN DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO

4.1 Diseño de Automatización de la Línea de Producción de Cajas de Cartón Corrugado para la Empresa CartoPacific

El diseño del proceso Automatizado para la elaboración de Cajas de Cartón Corrugado para la empresa CartoPacific, está basado en la utilización de maquinaria con la que ya cuenta la empresa y cuya estructura tendrá que ser modificada para el correcto funcionamiento. Además, la adquisición de cintas transportadoras como medio de movimiento de las láminas de cartón corrugado y una nueva ranuradora cilíndrica.

Por lo tanto, para el correcto funcionamiento del diseño, la empresa tendrá que pasar por una etapa de adaptación y de corrección de errores, ya que como se ha mencionado, el diseño es adaptado a maquinaria existente. (GrupoMCR, 2018)

4.2. Diseño de Maquinaria

4.2.1. Diseño del alimentador automático de láminas de cartón corrugado

El alimentador automático estará diseñado para que distribuya una lámina de cartón con un cierto espacio entre lámina y lámina para que no existan problemas al momento de la entrada a la rayadora/cortadora. También, para que el sensor de conteo pueda diferenciar entre una lámina y otra.

Las dimensiones de la máquina estarán acorde a las dimensiones máximas de las láminas de cartón corrugado con las que trabaja la empresa. La estructura y componentes como motor y variador de frecuencia se ajustarán a las dimensiones y pesos de carga de la banda de despacho, para que pueda cumplir las funciones programadas de manera óptima.

A continuación, en la figura 4.1 se puede observar el alimentador de cajas desarmadas, cuya estructura será un diseño base para ejecutar la nueva estructura para despachar las láminas de cartón corrugado.



Figura 4. 1 Alimentador automático del cartón corrugado

Fuente. El autor

Las láminas apiladas: El apilado de láminas de cartón será diseñado en forma de bandeja para que se puedan apilar las láminas necesarias para la producción total, para evitar estar recargando de materia prima. Pues, el sistema funcionará a manera de las bandejas de alimentación de las impresoras básicas, donde un rodillo o banda hala una lámina y la hace avanzar hasta una cinta transportadora para llevarla a la siguiente fase.

Barrera distribuidora: El diseño de este tipo de barrera es para evitar que avance más de una lámina de cartón. Las dimensiones se ejecutarán de acuerdo con el grosor de la lámina que esté pasando en ese momento, que por lo general, es un grosor estándar, pero por razones de un diseño abierto a cambios el alto para el pase de las láminas será ajustable.

Espacio entre láminas: El espacio se generará por el funcionamiento a diferentes velocidades de las cintas transportadoras, espacio necesario

para evitar problemas al momento de la entrada de las láminas al cortador/rayador.

Lámina de cartón: Las láminas de cartón entrarán en su tamaño completo para posteriormente ser cortadas y rayadas verticalmente.

4.2.2. Diseño de la cinta transportadora ajustable

Para el movimiento de las láminas de cartón, se usará una cinta transportadora de aproximadamente 3 a 4 metros de largo y un ancho y altura acorde a la mesa de entrada a la máquina rayadora/cortadora horizontal.

La cinta estará generando el movimiento gracias a un motor trifásico con su respectivo variador de frecuencia con el que se podrá regular la velocidad de la cinta transportadora y calibrarla para que no existan los inconvenientes de ingreso de la lámina de cartón a la mesa de rayado y cortado.

Como característica extra, la cinta tendrá unos laterales ajustables con los que se podrá graduar el tamaño de entrada de la lámina. Este dispositivo servirá de guía en todo el trayecto de la cinta y deberá ser ajustado previo al inicio del proceso. A continuación, en la figura 4.2 se puede ver una cinta transportadora ajustable.



Figura 4. 2 Cinta transportadora ajustable

Fuente. El autor

4.2.3. Máquina de rayado y cortado horizontal y vertical

Este tipo de máquina es una máquina básica con la que ya cuenta la empresa y que deberá tener modificaciones para poder adaptarse a las bandas de entrada y salida que se ubicarán conjuntamente a ésta.

La calibración de los discos de corte y rayado se mantendrá de manera manual, pero se lo realizará una sola vez antes de cada diseño de caja para poder empezar la producción.

La máquina cortadora horizontal, se ubicará en primer lugar luego del distribuidor de láminas de cartón. A la salida de la máquina rayadora se ubicará una nueva cinta de transporte con laterales ajustables y fijadores superiores para evitar que la lámina ya cortada y rayada, salga a una excesiva velocidad y se mantenga firme contra la cinta de transporte.

El proceso continúa hasta que esta lámina cortada horizontalmente ingresa a la cortadora/rayadora vertical, siguiendo los mismos pasos que se hicieron previamente en el cortado horizontal.

A la salida de la máquina, se ubicará una nueva cinta de transporte, la cual se encargará de llevar la lámina al último paso del proceso, que es el slottado. (Grabcad Community, 2017)

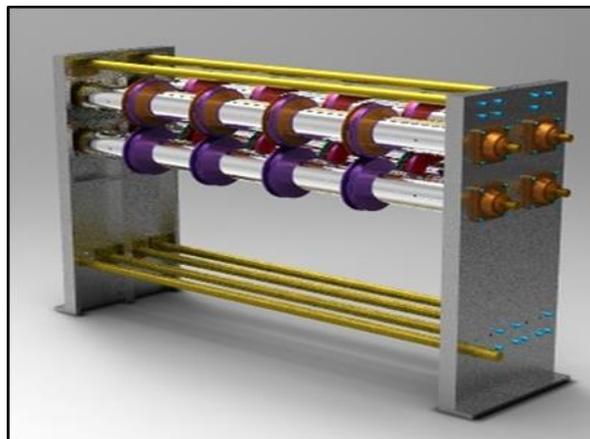


Figura 4. 3 Rayadora y cortadora

Fuente. (Grabcad Community, 2017)

4.2.4. Máquina de *slottado*

La máquina de *slottado* (ranurado) con la que cuenta *CartoPacific*, es de tipo caimán muy básica y manual, por lo que la automatización de este

proceso no será factible con la máquina mencionada, por lo que se tendrá que adquirir una ranuradora de modelo Easy Slott IV de la empresa Marvi, la cual tiene la entrada de la lámina de cartón al igual que las cortadoras, que facilitará el proceso, teniendo así a la salida la apilada de cajas de cartón corrugado desarmadas.

A continuación, en la tabla 4.1 se puede ver las principales características de la ranuradora Easy Slott IV, de la empresa Marvi:

Tabla 4.1 Características de la ranuradora *Easy Slott IV*

MEDIDA	MODELO EASY SLOTT IV	
	120 x 220 cm	160 x 260 cm
Tamaño máx. de lámina (cm)	115 x 210	155 x 250
Tamaño mín. de lámina (cm)	35 x 60	42 x 60
Ancho de ranura (mm)	7	7
Velocidad máx. (láminas/hora)	3,600	3,600
Potencia eléctrica (KW)	3	3
Dimensiones (m)	3.2 x 3.4 x 1.8	3.7 x 3.6 x 2
Peso aprox. (Kg)	2,000	3,000

Fuente. El autor

Luego, en la figura 4.4 se puede apreciar un *Easy Slott IV Slottadora*.



Figura 4. 4 Easy Slott IV Slottadora (Ranuradora)

Fuente. El autor

4.2.5. Pop Up Wheel Sorter

Esta sección de la cinta transportadora unirá y cambiará el sentido, en el que circulan las láminas de cartón corrugado para que así puedan ingresar directamente a la rayadora vertical.

El funcionamiento de este tramo de cinta está basado en ruedas que giran, unas en sentido del avance de las láminas, mientras que otras funcionan de manera perpendicular a las mencionadas, lo que genera que la lámina cambie de dirección dejándola así la lista para ingresar a la rayadora y en un siguiente paso a la ranuradora (Factory I/O, 2017). La figura 4.5 muestra un Pop Up Wheel Sorter.



Figura 4. 5 Pop Up Wheel Sorter

Fuente. (Factory I/O, 2017)

4.3. Secuencia de funcionamiento de la maquinaria

En la figura 4.6 muestra la secuencia de funcionamiento del diseño de producción de cajas de cartón.

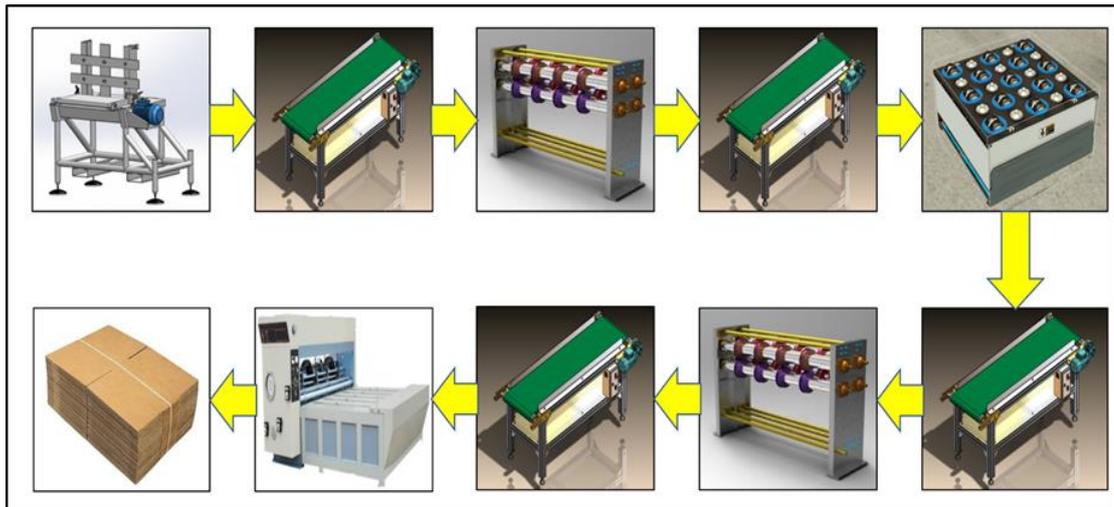


Figura 4. 6 Secuencia de funcionamiento del diseño de producción de cajas de cartón

Fuente. El autor

La secuencia empieza con la calibración de las cuchillas de corte, rayado y ranurado, acorde a las dimensiones de las cajas a producir en aquel lote.

Una vez terminada la calibración se procederá al encendido de la maquinaria, cuyo proceso será apoyado con arrancadores suaves y variadores de frecuencia para poder evitar los picos de corriente que generan al momento del encendido.

Terminado el proceso de encendido, se procederá a colocar la pila de láminas de cartón en el alimentador automático, el cual, mediante su funcionamiento, se encargará de ir enviando lámina por lámina con cierta distancia para que un sensor pueda detectar y contar la cantidad exacta de láminas que van pasando por la cinta.

Ya que han sido contadas las planchas de cartón, estas siguen su proceso hasta ingresar a la primera cortadora y rayadora vertical, la cual dejará en dimensiones exactas (verticalmente) la plancha de cartón y para evitar que la plancha salga a una velocidad excesiva, la máquina contará con unas bandas superiores que mantendrán la lámina contra la cinta transportadora.

Finalizando el rayado vertical, la lámina cambia de sentido de avance para poder ingresar a la cortadora y rayadora horizontal, repitiendo el mismo procedimiento que el anterior.

Como penúltimo paso, se tiene el ingreso a la zona de ranurado donde la lámina ingresa a través de la mesa de alimentación y sale al otro lado, ya con los cortes necesarios y donde podrán ir siendo apiladas todas las láminas para que posteriormente pueda ser empaquetadas.

4.4. Diseño del Sistema de Control

4.4.1. Características del controlador

El uso de LOGO! 8 de *Siemens* facilitará la integración de control de cada uno de los actuadores, el juego de relés y protección.

Con las nuevas actualizaciones de este dispositivo, se conoce los módulos adicionales y se puede extender las entradas y salidas a 20 digitales y 8 analógicas, para realizar la programación y definir las como I/O digitales.

LOGO! 8 de Siemens constituye la solución para tareas de automatización básicas. Es destacable por su capacidad de integración en buses estándares industriales, así como en KNX, bus específico para automatización de edificios. (Siemens, 2018)

4.4.2. Diagrama de estados

En el diagrama de estados se puede visualizar cómo es la activación de cada uno de los actuadores del sistema. Se realizan con un respectivo temporizador para evitar el arranque de todos los elementos al mismo tiempo, evitando de esa manera, el disparo del pico de corriente.

Una vez iniciados los elementos podrán ser parados únicamente con un paro de emergencia o cuando el contador de unidades producidas llegue al valor configurado que se va a producir en ese momento.

En la figura 4.7 se puede ver un diagrama de estados.

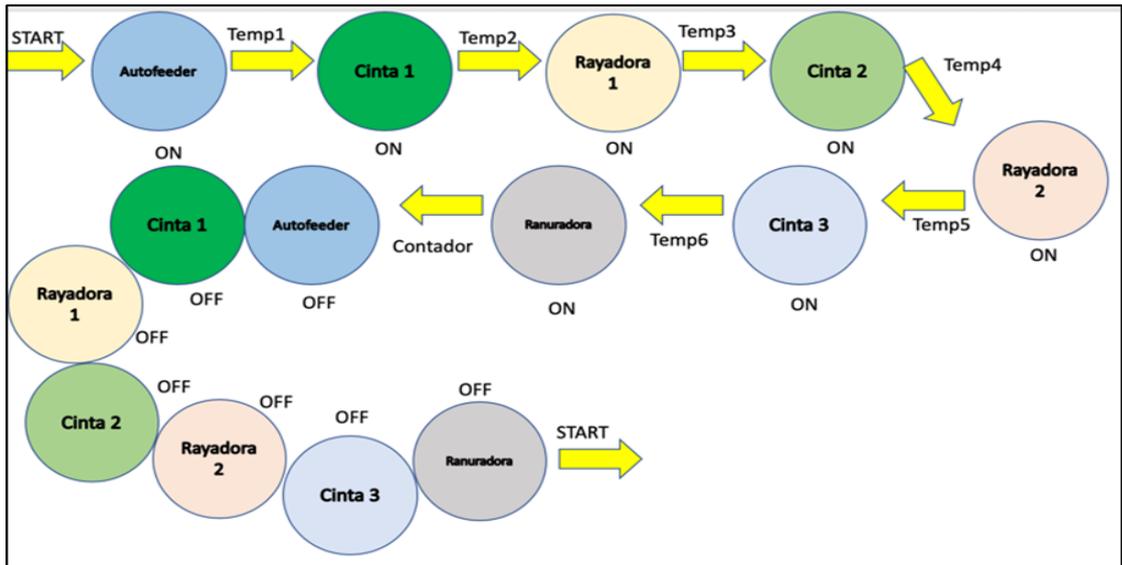


Figura 4. 7 Diagrama de estados

Fuente. El autor

4.4.3. Diagrama de FESTO

Para realizar el diagrama de FESTO, se ha realizado la activación de actuador por actuador, por razones antes mencionadas. Además, en el diagrama se puede observar (ver figura 4.8) la activación de cada una de las bobinas de los contactores que accionarán los motores.

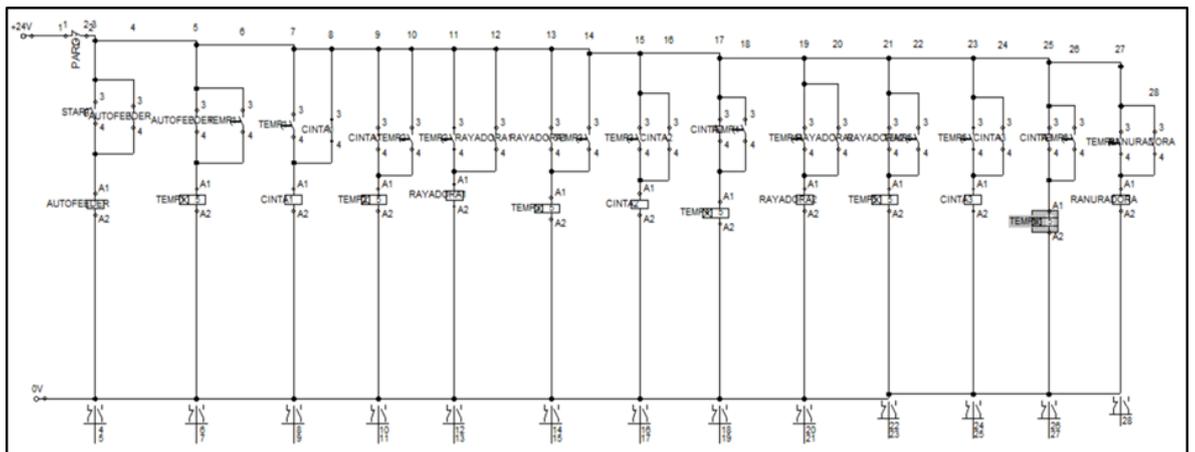


Figura 4. 8 Diagrama de control de FESTO

Fuente. El autor

Como se puede observar en la figura 4.8, al presionar el pulsador de START empezó la activación de los contactores en forma de cascada, separados por temporizadores entre motor y motor, dando un tiempo de 5 segundo aproximadamente para que el motor anterior que se encendió quede funcionando a las revoluciones establecidas y salga en su totalidad del reposo.

Cada uno de los motores contará un con arrancador suave y sus debidas protecciones térmicas y breakers, para que, de esta manera, se proteja al dispositivo y al sistema en general.

A continuación, se puede ver en la figura 4.9 el inicio del sistema (encendido de máquina por máquina)

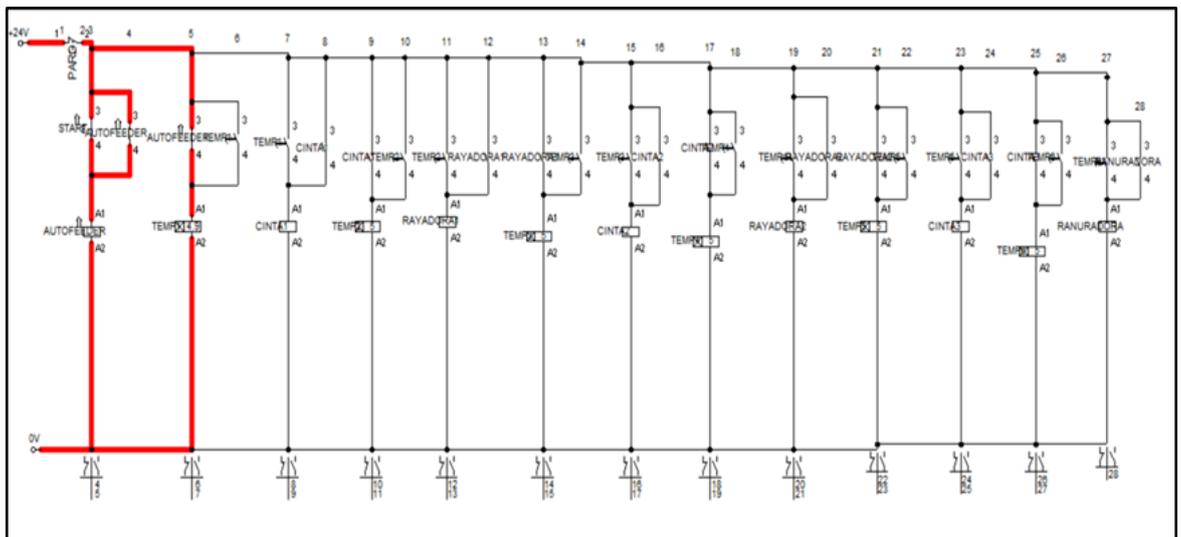


Figura 4. 9 Inicio del sistema

Fuente. El autor

Luego, en la figura 4.10 se puede observar el funcionamiento de temporizadores.

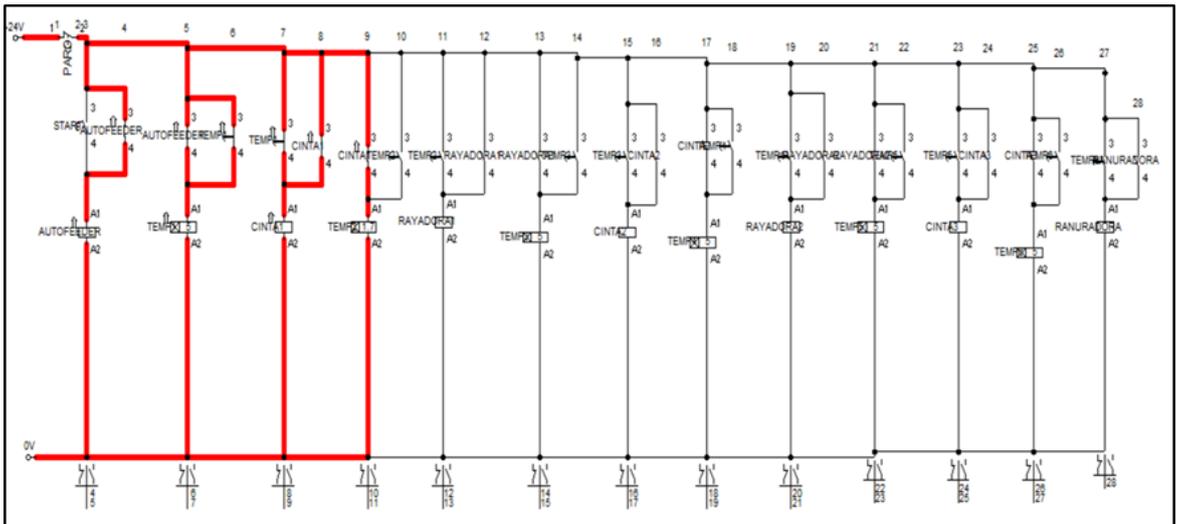


Figura 4. 10 Funcionamiento de temporizadores

Fuente. El autor

Posteriormente, se puede apreciar en la figura 4.11 el encendido de toda la maquinaria.

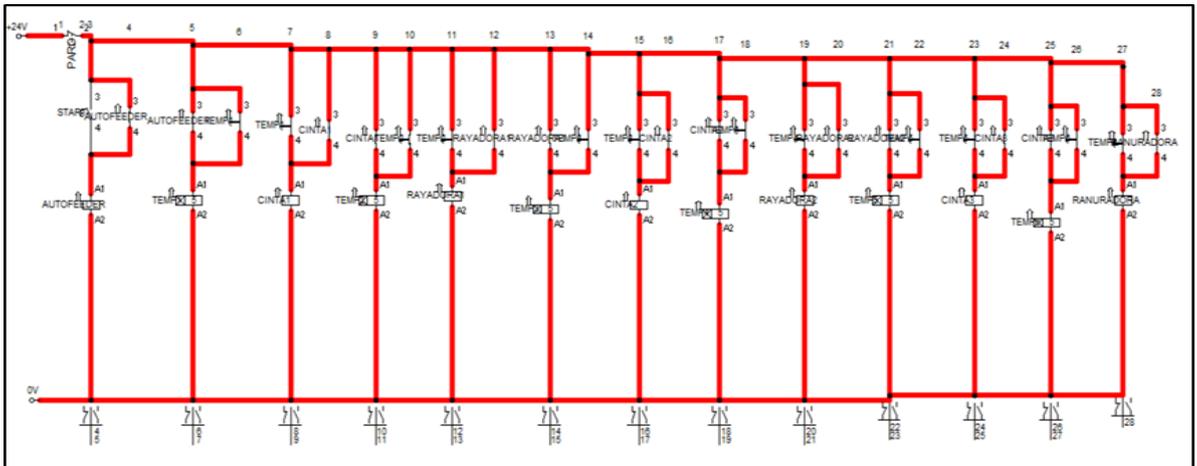


Figura 4. 11 Encendido de toda la maquinaria

Fuente. El autor

4.4.4. Diseño en Factory I/O

Por medio del diseño en Factory I/O, un software de simulación para industrias 4.0, se ha diseñado una visión general de cómo podría verse el sistema ya unificado, tomando en cuenta la ubicación de la maquinaria y un diseño sugerido.

Un dato importante es que las imágenes que se muestran comprenden elementos parecidos a los que se usarían en la realidad, por lo que no se puede realizar una simulación y ver el funcionamiento del proceso. En la figura 4.12 se puede ver el montaje final de la maquinaria.

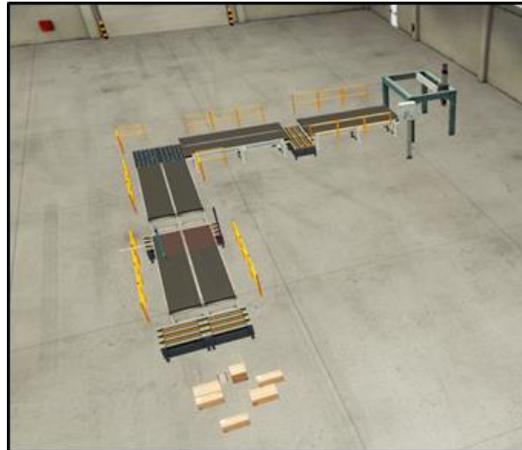


Figura 4. 12 Visión superior del montaje final de la maquinaria

Fuente. El autor

En la figura 4.13 se observa una vista superior de la planta.

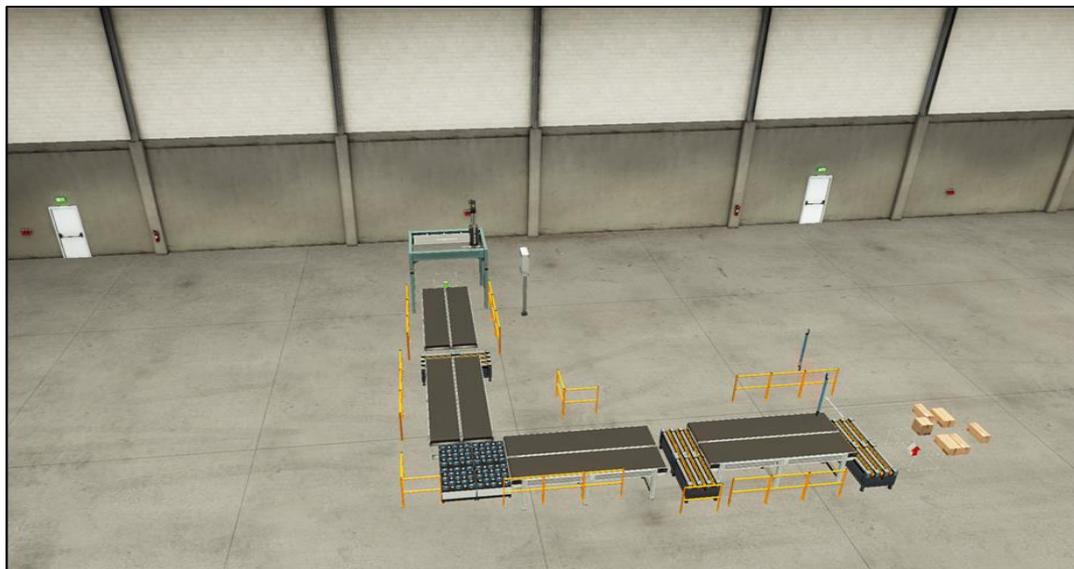


Figura 4. 13 Vista superior de la planta

Fuente. El autor

En la figura 4.14 se aprecia la planta final.

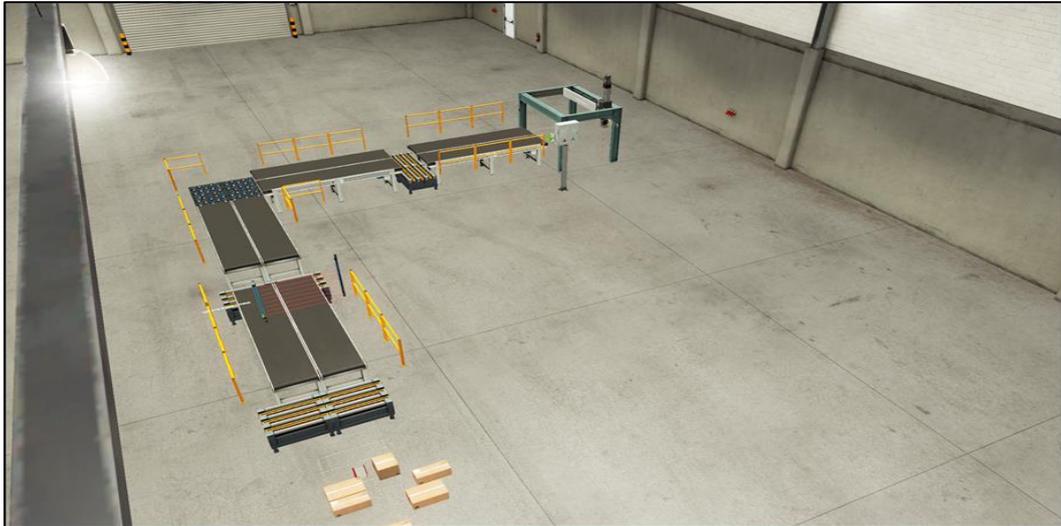


Figura 4. 14 Planta final

Fuente. El autor

Como muestra en las figuras 4.13 y 4.14 sobre las simulaciones de la línea de proceso de cajas de cartón corrugado, adquiriendo cada uno de los elementos que se han mencionado en los apartados anteriores. Dichas simulaciones realizadas, ayudan a tener una idea más clara, acertada y amplia de cómo podría ser una implementación en el área.

4.5 Programación con el software LOGOSOFT!

A continuación, en la figura 4.15 se puede visualizar la unión de cada uno de los bloques de programación, los cuales mediante un cable ethernet pueden ser subidos al Logo y empezarán a activarse las diferentes salidas que este posee. Asimismo, existe una parte de entrada digital (trabaja con altos o bajos) la cual sirve de lectura del sensor digital que funciona como contador que una vez que su valor haya llegado al valor del SET toda la línea de proceso se detendrá porque la producción ha cumplido su objetivo.

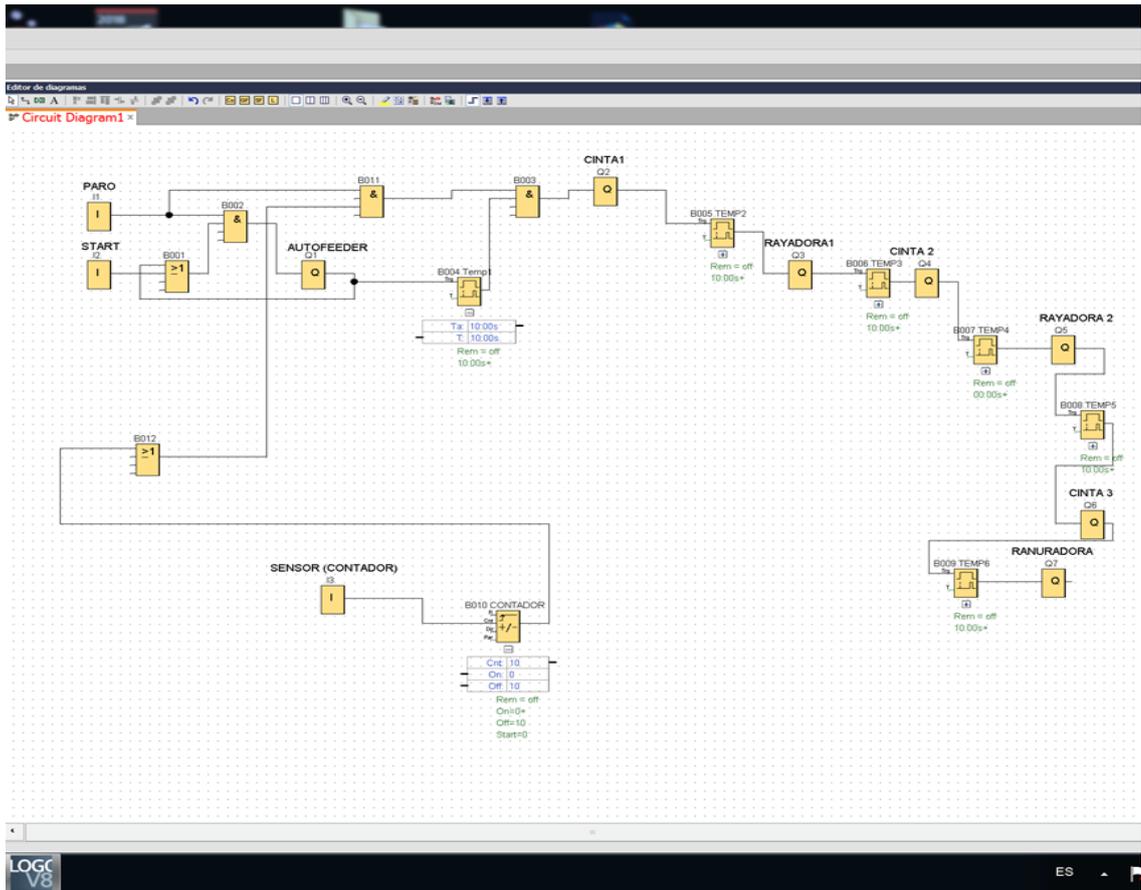


Figura 4. 15 Programación con el software LOGOSOFT

Fuente. El autor

En el anexo 1, se muestran pasos para programar el LOGO!

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La empresa CartoPacific deberá realizar modificaciones a sus máquinas para poder crear un acople en una sola línea de proceso automatizado.
- La adquisición de máquinas para poder realizar la automatización de la línea de elaboración de cajas de cartón corrugado es necesaria ya que ciertas máquinas con las que ya cuenta la empresa tienen operaciones netamente manuales.
- Automatizado el proceso de elaboración de cajas de cartón corrugado, la empresa tendrá una producción continua y por ende podrá irse vinculado a producciones de mayor cantidad.
- En el diagrama de estados se puede visualizar cómo es la activación de cada uno de los actuadores del sistema. Se realizan con un respectivo temporizador para evitar el arranque de todos los elementos al mismo tiempo, evitando de esa manera, el disparo del pico de corriente.
- Cada uno de los motores contará un con arrancador suave y sus debidas protecciones térmicas y breakers, para que, de esta manera, se proteja al dispositivo y al sistema en general

5.2 RECOMENDACIONES

- A los directivos de la empresa CartoPacific, analizar los pro y contras de realizar la automatización del proceso de producción de cajas de cartón corrugado.
- Realizar las adaptaciones de energía eléctrica para evitar sobrecargas y por ende daños en los dispositivos de oficina o de planta.
- Realizar una maqueta para conocer realmente como va a funcionar el proceso e ir puliendo ideas optimizándolo mucho más.
- Considerar la compra de una sola máquina con que puede realizar el proceso completo desde la alimentación, impresión rayado, cortado, troquelado y pegado de cajas.
- Se recomienda al personal técnico calificado que en cada mantenimiento planificado se realice un chequeo preventivo de los diferentes equipos del sistema para preservar la vida útil de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA LA MÁQUINA ORRUGADORA DE LA INDUSTRIA CARTONERA "INCARPALM"*. Obtenido de <http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5995/1/108T0163.pdf>
- Asimag Servicios Empresariales S.L. (2016). *Manual de Elaboración del cartón ondulado*. Obtenido de <https://docplayer.es/5637394-Manual-elaboracion-del-carton-ondulado-tomo-1.html>
- Cajas Mex. (2014). *Cartón Corrugado*. Obtenido de <http://www.cajasmex.com/informacion/carton-corrugado.html>
- Cartonaje S.L. (2017). *QUÉ ES EL CARTÓN CORRUGADO Y CÓMO SE FABRICA?*
- CartoPacific. (2018). *CartoPacific*. Obtenido de CartoPacific: <http://cartopacific.com>
- Cartopel. (2017). *Cartopel*. Obtenido de Cartopel: <http://www.cartopel.com/i/files/fabricacioncajas.pdf>
- Criollo Bohórquez, H. (2016). *"DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE BOBINA EN UNA INDUSTRIA GRÁFICA"*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97419/D-103507.pdf>
- Docplayer. (2016). *ASIMAG Servicios empresariales*. Obtenido de Docplayer: <https://docplayer.es/5637394-Manual-elaboracion-del-carton-ondulado-tomo-1.html>
- Factory I/O. (2017). *CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES*. Obtenido de <https://factoryio.com/es/features/>
- FactoryIO. (2018). Obtenido de FactoryIO: <https://factoryio.com/es/features/>

- González, E. (2000). *Sistemas de recuperación de energía en motores de inducción rotor devanado con regulación de velocidad*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/6219/1/1080092543.PDF>
- Grabcad. (2018). *Grabcad*. Obtenido de Grabcad: <https://grabcad.com/library/belt-conveyor-esteira-transportadora-3>
- Grabcad Community. (2017). *Cinta Transportadora*. Obtenido de <https://grabcad.com/library/belt-conveyor-esteira-transportadora-3>
- GrupoMCR. (2018). *GrupoMCR*. Obtenido de GrupoMCR: <https://www.mcr.es/automatizacion-industrial-como-funciona/>
- Hexpol Compounding. (2019). *Rodillos de impresión*. Obtenido de <http://www.hexpolcompounding.com/es/mercado-de-rodillos/productos/rodillos-de-impresi%C3%B3n/>
- Instituto de energía y termodinámica - UPB. (2015).
- Instrumentación Industrial . (2008). *Compresores Neumáticos*. Obtenido de Elementos finales de control: <http://instrumentacionindustrial2007ii.blogspot.com/2008/03/compresores-neumticos.html>
- INTEC. (2018). *APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA EN LA INDUSTRIA*. Obtenido de <https://suministointec.com/aplicaciones-neumatica-industria/>
- Motor. (2013). *Clase de aislamiento*. Obtenido de <http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2013%20AGO%20-%20Clase%20de%20Aislamiento%20-%20Materiales.pdf>
- Mundo Compresor. (2018). *La filtración en las líneas de aire comprimido*. Obtenido de <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/filtracion-lineas-aire-comprimido>
- Rodríguez, M. (2012). *F.M.M. y campo magnético en el entrehierro de las máquinas eléctricas simétricas*. Obtenido de Universidad de Cantabria:

<http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/campo%20magn%20entrehierro%20caminos.pdf>

Siemens. (2018). *Controladores Modulares*. Obtenido de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/logo/pages/default.aspx#Caracter_c3_adsticas_20Generales

Siemens. (2018). *Siemens*. Obtenido de Siemens: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/logo/pages/default.aspx#Caracter_c3_adsticas_20Generales

Siemens AG. (2016). *LOGO*. Obtenido de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/LOGO/Documents/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

ANEXO 1: Programación básica del PLC LOGO!

1. Localice el programa simulador del PLC LOGO! en la computadora.
2. Localice el icono del LOGO! y haga doble clic sobre él. Debe aparecer en la pantalla que se muestra en la figura 4.15.

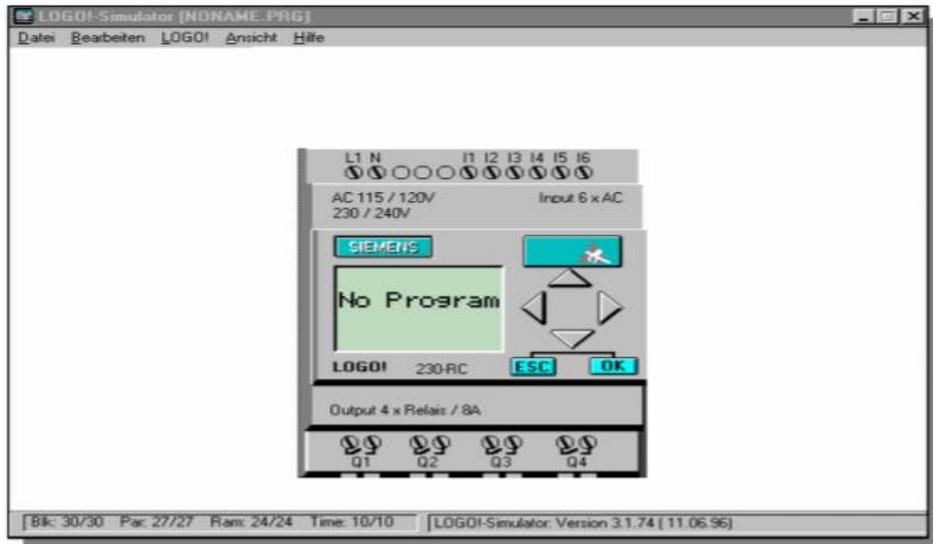


Figura A1. Pantalla del simulador del PLC LOGO

Fuente. El autor

3. Como se puede observar, el LOGO! posee 4 teclas para desplazamiento, una tecla OK y otra tecla ESC. A través de todas estas teclas se puede hacer la programación. Para poder programar el LOGO! se utiliza una combinación de teclas (de tal forma que ningún operario pueda entrar sin autorización al programa y cambiarlo). Como eso era difícil hacerlo en un programa, se entra al menú que se muestra en la figura A2. Escoja la opción programar del menú principal.



Figura A2. Menú para programar

Fuente. El autor

4. Proceda al borrado de cualquier programa previo, utilizando la función Clear Prg.

5. Utilizando las teclas de desplazamiento en el simulador del PLC LOGO!, y conociendo que los programas en el PLC LOGO! se introducen desde la salida hacia la entrada, proceda a introducir el circuito digital que se muestra en la figura A3.

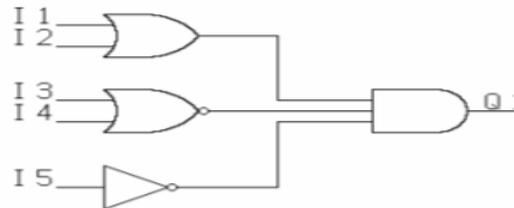


Figura A3 Circuito digital a implementar en el simulador del PLC LOGO!.

Fuente. (Siemens, 2018)

6. Para facilitar la programación del circuito en el simulador, se pueden señalar los siguientes aspectos de programación:

- La programación se hace de izquierda a derecha, o sea de la salida hacia las entradas.

- Las teclas principales para hacer toda la programación son: Las 4 teclas de desplazamiento, la tecla OK para elegir una función específica y la tecla ESC para salirse de alguna función.

- Algunas de las funciones del PLC LOGO! son: Co que significa contacto, GF que significa funciones generales y SF que significa funciones especiales. Consulte en el caso de desconocimiento para encontrar cualquiera de las funciones del PLC LOGO!.

No obstante, en la figura A4 muestran algunos de los bloques que se deberán introducir para que funcione el programa.

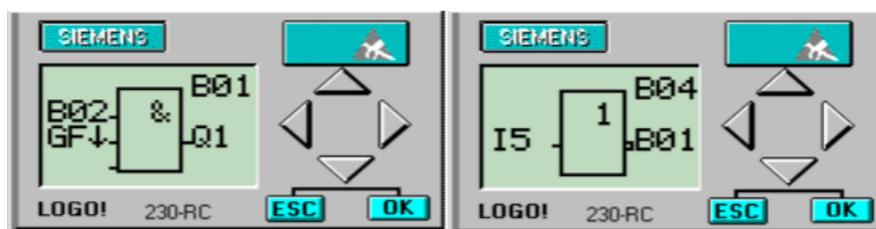


Figura A4. Bloques a introducir en el simulador del PLC LOGO!.

Fuente. El autor

7. Cuando haya finalizado de introducir todo el programa, Regrese con la pulsación de varios OK hasta que se llegue con el cursor hasta donde dice Q1 y luego presione ESC.

8. Una vez almacenado el programa en el autómata, proceda a entrar al modo de prueba del Status.

9. Regrese al menú principal y escoja la función Start, en pantalla deberá aparecer un diagrama con la forma de conectar el PLC, lo cual se muestra en la figura A5.

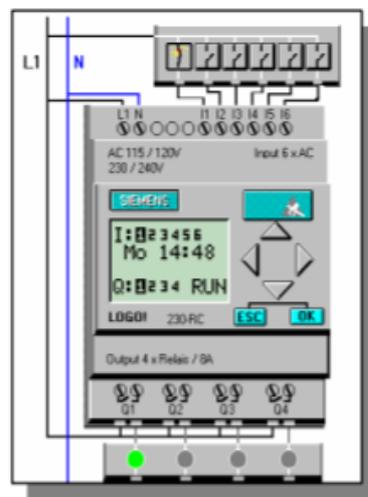


Figura A5 Modo de prueba del simulador del PLC LOGO!.

Fuente. El autor

10. Efectúe la prueba del programa y observe que funcione correctamente. Consulte en el caso de tener dudas con respecto al funcionamiento.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Parra Pingel Luis David** con C.C: 0912376175 autor del trabajo de titulación: **Estudio y diseño de automatización de máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico** 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 vigente.

Guayaquil, 18 de marzo del 2019

Parra Pingel, Luis David

C.C: 0912376175



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Estudio y diseño de automatización de máquina rayadora y eslotadora para la producción de cajas de cartón corrugado.		
AUTOR(ES)	Parra Pingel, Luis David		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Orlando Philco Asqui, MSc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico-Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	18 de marzo del 2019	No. PÁGINAS:	110
ÁREAS TEMÁTICAS:	Máquinas eléctricas, Mediciones eléctricas, Eficiencia		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Maquina Rayadora, Slotadora, Motor Eléctrico, LOGO, Automatismo.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo tiene como objetivo principal la automatización de las máquinas rayadora y eslotadora en la empresa CartoPacific S.A para la producción de cajas de cartón corrugado el cual se provee a empresas de empaqueo de banano. Se utiliza como métodos de investigación, el descriptivo para detallar operación de máquinas eléctricas giratoria y fijas, es decir de motores de inducción trifásicos y de las máquinas donde las láminas son rayadas y cortadas longitudinal y transversalmente de acuerdo a las medidas de las cajas que el cliente solicita. Se aplica también el método analítico para el diseño de control de arranque y velocidad de dos motores de inducción, es empírico porque se plantea una programación para el PLC Logo con el cual se controlará automáticamente los rodillos para marcar, cortar láminas de cartón, el resultado esperado es el diseño de un control On/Off de lazo cerrado donde los dispositivos de arranque utilizados para cerrar el ciclo de este sistema de control.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-992565388	E-mail: luis_parra_p@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Orlando Philco Asqui		
	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):			