

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención de título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:  
AUTOMATIZACIÓN DE UNA CORTADORA DE VAIVÉN KASTO EBS 320  
AU APLICANDO VISIÓN ARTIFICIAL**

**AUTOR:  
CHRISTIAN PAUL PROAÑO TIPANTASI**

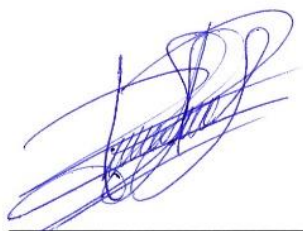
**TUTOR:  
EDUARDO RODRIGO TORRES SANTOS**

**Quito, agosto del 2018**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Christian Paul Proaño Tipantasi, con documento de identificación N° 1726628603, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “AUTOMATIZACIÓN DE UNA CORTADORA DE VAIVÉN KASTO EBS 320 AU APLICANDO VISIÓN ARTIFICIAL”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Christian Paul Proaño Tipantasi

C.I.: 1726628603

Quito, agosto del 2018.

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “AUTOMATIZACIÓN DE UNA CORTADORA DE VAIVÉN KASTO EBS 320 AU APLICANDO VISIÓN ARTIFICIAL” realizado por Christian Paul Proaño Tipantasi, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2018.



---

Eduardo Rodrigo Torres Santos  
C.I.: 1713654604

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de titulación a Dios, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

A mis padres José Proaño y Nancy Tipantasi por apoyarme incondicionalmente.

A mis hermanos Karla y Josué por ser mi motivación para seguir adelante.

A mis estimados amigos de la universidad: Jean, Luis y Marce por todos los memorables momentos obtenidos a lo largo de esta carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por encaminarme por el sendero correcto, darme la fortaleza y sabiduría para poder forjarme como profesional.

Agradezco a mis padres, que gracias a su confianza y apoyo han sido una base fundamental para mi formación como profesional, por sus consejos y orientación. Todos mis logros personales se los debo a ellos.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana y a sus docentes por los conocimientos impartidos.

De igual forma a mi tutor de tesis, Ingeniero Eduardo Torres, por su valioso asesoramiento en la culminación de este proyecto de titulación.

## ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos .....	2
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....	3
2.1 Mecanizado para el corte .....	3
2.2 Terminología de la hoja de sierra .....	3
2.3 Tipo de dentado .....	4
2.4 Tipo de triscado .....	5
2.5 Máquinas de corte.....	6
2.5.1 Sierra de cinta .....	6
2.5.2 Sierra de vaivén .....	6
2.6 Interfaz Hombre Máquina.....	9
2.7 Visión Artificial.....	10
2.7.1 Métodos de captación de imágenes digitales.....	10
2.8 OpenCV .....	11

2.8.1 Escala de Grises .....	11
2.8.2 Detección de bordes .....	12
2.8.3 Reconocimiento de una circunferencia .....	12
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>14</b>
3.1 Hardware.....	14
3.1.1 Unidad principal de corte.....	14
3.1.2 Unidad de realimentación .....	15
3.1.3 Unidad de refrigeración .....	17
3.1.4 Sistema hidráulico.....	17
3.1.5 Unidad de mano .....	18
3.2 Implementación del nuevo tablero.....	18
3.3 Implementación del HMI.....	22
3.4 Descripción del Software.....	23
3.4.1 Diseño del HMI .....	23
3.4.2 Flujograma del diseño del HMI.....	28
3.4.3 Arduino .....	28
3.4.4 Raspberry pi 3 Modelo B+ .....	33
3.4.5 Medición del diámetro de materiales aplicando visión artificial .....	33
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
4.1 Puesta en marcha de la máquina .....	40
4.2 Intervalos de refrigeración .....	40
4.3 Ensayo 1.....	41
4.4 Ensayo 2.....	41
4.5 Ensayo 3.....	42
4.6 Ensayo 4.....	44
CONCLUSIONES .....	47
RECOMENDACIONES .....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Parámetros físicos de la lámina de corte.....	3
Figura 2.2	Parámetros físicos de los dientes de una lámina de corte.....	4
Figura 2.3	Sierra de cinta .....	6
Figura 2.4	Sierra de vaivén .....	7
Figura 2.5	Mecanismo biela-manivela.....	7
Figura 2.6	Trayectoria del mecanismo biela-manivela.....	8
Figura 2.7	Movimiento de balancín de la hoja de sierra.....	8
Figura 2.8	Bloque de adquisición y conversión de una muestra.....	10
Figura 2.9	Imagen RGB a escala de grises .....	11
Figura 2.10	Detección de borde usando el gradiente .....	12
Figura 2.11	Transformada Hough Circle .....	12
Figura 3.1	Máquina de corte marca KASTO EBS 320 AU .....	14
Figura 3.2	Unidad principal de corte.....	15
Figura 3.3	Ajuste de recorrido del marco de sierra.....	15
Figura 3.4	Vista superior de la cama.....	16
Figura 3.5	Unidad de realimentación de material .....	16
Figura 3.6	Unidad de refrigeración .....	17
Figura 3.7	Sistema hidráulico de la cortadora.....	18
Figura 3.8	Unidad de control de la cortadora KASTO EBS 320 AU .....	18
Figura 3.9	Tablero previo a la automatización.....	19
Figura 3.10	Desmontaje del tablero principal .....	19
Figura 3.11	Reconocimiento de los elementos .....	20
Figura 3.12	Desmontaje de elementos electromecánicos innecesarios.....	20
Figura 3.13	Desmontaje de interruptores y botones de la unidad de mando .....	21
Figura 3.14	Circuito diseñado en Proteus .....	21
Figura 3.15	Diseño de la placa.....	22
Figura 3.16	Vista de la placa 3D.....	22
Figura 3.17	Cuadro de Toolbox del software Nextion Editor.....	23
Figura 3.18	Cuadro de Attribute del software Nextion Editor.....	24
Figura 3.19	Panel de páginas del HMI.....	24
Figura 3.20	Pantalla de inicio de la HMI .....	25
Figura 3.21	Selección del modo manual .....	25



Figura 3.22 Selección del modo automático .....	26
Figura 3.23 Teclado numérico HMI.....	26
Figura 3.24 Condición para limitar el ingreso de datos .....	27
Figura 3.25 Ventana de error valor fuera de rango .....	27
Figura 3.26 Ventana de error por defecto .....	27
Figura 3.27 Selección del modo corte automático .....	28
Figura 3.28 Declaración de los pines físico para las entradas y salidas.....	28
Figura 3.29 Configuración de los pines como entradas y salidas .....	29
Figura 3.30 Función para de envío de datos al HMI.....	29
Figura 3.31 Envío de datos a una página específica del HMI.....	30
Figura 3.32 Reconocimiento de caracteres enviados del HMI .....	30
Figura 3.33 Función para activar o desactivar el contactor .....	31
Figura 3.34 Envío de datos a la función para levantar la sierra .....	31
Figura 3.35 Función para obtener el valor de distancia .....	32
Figura 3.36 Librerías usadas para el análisis y procesamiento de imágenes .....	34
Figura 3.37 Inicialización de parámetros de la cámara.....	34
Figura 3.38 Imagen obtenida por la cámara.....	34
Figura 3.39 Conversión de la imagen .....	34
Figura 3.40 Filtro Gaussiano.....	35
Figura 3.41 Búsqueda de contornos en la imagen .....	35
Figura 3.42 Transformada Hough.....	35
Figura 3.43 Operación para graficar los contornos de la sección de interés.....	36
Figura 3.44 Información exportada un documento de texto .....	36
Figura 3.45 Ventanas de visualización .....	37
Figura 3.46 Imagen original.....	37
Figura 3.47 Imagen en escala de grises y desenfoque Gaussiano.....	38
Figura 3.48 Imagen con algoritmo de detección de bordes .....	38
Figura 3.49 Detección de la circunferencia.....	39
Figura 4.1 Ensayo 1 .....	41
Figura 4.2 Ensayo 2 .....	42
Figura 4.3 Ensayo 3 .....	42
Figura 4.4 Ensayo 3 corte completo.....	43
Figura 4.5 Imagen original del acero de 70mm .....	44
Figura 4.6 Medición 1 del diámetro aplicando visión artificial .....	45

Figura 4.7 Imagen original del acero de 60mm .....	45
Figura 4.8 Medición del diámetro aplicando visión artificial.....	46
Figura 4.9 Datos exportados .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros de una lámina de sierra.....	4
Tabla 2.2 Forma de paso de los dientes en una hoja de corte .....	5
Tabla 2.3 Tipo de triscado en una hoja de sierra.....	5
Tabla 3.1 Especificaciones Nextion NX8048T070.....	23
Tabla 3.2 Tiempos de refrigeración en base al diámetro del material .....	32
Tabla 3.3 Comparación entre la RPi 3 B+ Vs. RPi 3 B .....	33
Tabla 4.1 Intervalos de refrigeración .....	40
Tabla 4.2 Tiempo de medición y corte de las piezas mediante un operador .....	41
Tabla 4.3 Tiempo de corte de las piezas en modo automático.....	43
Tabla 4.4 Cálculo del error absoluto .....	44

## RESUMEN

La Empresa IIP (Insumos Industriales Proaño), es una empresa que basa sus servicios en la venta de aceros y bronces para maquinado, para ello realizan cortes del material a pedido del cliente. La Empresa IIP posee múltiples cortadoras de tipo circular y cortadoras de vaivén. La cortadora de vaivén marca KASTO EBS 320 AU Automatic, mediante la adaptación de equipos electrónicos y eléctricos, logró un equipo que permite realizar múltiples cortes sin la necesidad de un operario que supervise el proceso de medición o de corte. La implementación de la automatización en la cortadora, realizada por la Empresa IIP garantiza un bajo margen de error en cada una de las piezas cortadas, evitando así un desperdicio de materia prima, reduciendo pérdidas para la empresa. Adicionalmente, el proceso de automatización aportó a la reducción de los tiempos de corte, de esta forma optimiza el tiempo de trabajo de la máquina. El proceso de automatización de la cortadora a través de un controlador permite, además, eliminar el cableado excesivo recurrente al uso de elementos electromecánicos tales como temporizadores, contactores, pulsadores e interruptores.

Mediante el HMI se facilita el manejo de la cortadora reemplazando los interruptores y pulsadores por un conjunto de botones en la interfaz gráfica añadiendo leyendas de funcionamiento para facilitar la interacción entre el operario y la máquina. El resultado de la implementación del proceso de medición aplicando visión artificial contribuye a la disminución de personal administrativo y personal de planta al momento de realizar el inventario en la empresa.

## **ABSTRACT**

The Company IIP (Insumos Industriales Proaño), is a company that based their service on the sale of steels and bronzes for machining, for these they make cuts at request of their clients, The IIP company have many cutters of circular and reciprocating cutters. The KASTO EBS 320 AU Automatic hacksaw, though the adaptation of electronic and electrical equipment, achieved a machine that allows multiple cuts without the need of an operator to supervise the measurement or the cutting process. The implementation of the automation in the hacksaw, made by the company IIP guarantees a margin of error in each of the pieces cut, avoiding a waste of material, reducing economic losses for the company. Additionally, the automation process contributed to the reduction of the cutting times, this way optimizing the working time of the machine. The automation process of the hacksaw through a controller also allows eliminate the excessive wiring due to the use of electromechanical elements such as timers, contactors, pushbuttons and switches.

HMI facilitates the operation of the hacksaw replacing the switches and pushbuttons with a block of buttons in the graphical interface, improving the interaction between the operator and the machine. The result of the implementation measurement process applying artificial vision contributes to the decrease of staff administrative and warehouse staff at the moment of carrying out the inventory in the company.

## INTRODUCCIÓN

IIP, es una empresa ubicada al sur de Quito, ofrece servicios de mecanizado en torno, fresado, rectificando y corte de acero especiales. En la estación de corte, cuenta con 5 cortadoras destinadas al corte de broce, ejes acerados, aceros especiales y barras perforadas.

El proceso de medición se efectúa de forma manual, en donde el operario coloca la materia prima en la máquina y procede a obtener una medida de la cantidad de material a ser cortado; en consecuencia, la medición del material va a ser afectada por la pericia del operario, lo cual, en muchos casos, representa una pérdida económica para la empresa por error en la medición del corte de la materia prima.

El primer capítulo describe los antecedentes del proyecto técnico y se detalla el problema de estudio, la justificación, objetivos y metodología.

El segundo capítulo presenta el marco teórico y la información recolectada para el desarrollo de la automatización de una cortadora de vaivén aplicando visión artificial.

El tercer capítulo analiza el estado actual de la medición en el proceso de corte en la empresa IIP. Adicional se detalla el proceso de diseño e implementa del sistema de corte aplicando visión artificial para llevar un registro del material cortado.

Por último, se presentan las pruebas que cercioran la mejora del proceso de medición y corte de materiales, mediante pruebas de funcionamiento.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El proceso de medición y corte en ejes especiales en la Empresa IIP, produce una pérdida económica, ya que al momento la maquinaria depende de un operario para medición y supervisión del proceso de corte. La presencia de un operador es vital durante todo el proceso de corte por lo cual limita en la capacidad de crecimiento, porque existe personal que podría ser empleado en otras ramas de la empresa.

El proceso de corte empieza cuando el operario monta el eje de acero en la máquina de corte que dependiendo de la longitud del eje el operario puede o no recurrir al uso de un tecla eléctrico para movilizar el eje hasta la cortadora.

Cuando el material está montado en la máquina de corte, el operario procede a tomar una medición del eje a ser cortado. Este proceso de medición se realiza de forma manual, mediante el uso de un calibrador o de un flexómetro, el operario obtiene la medida para lograr un corte con la mayor precisión. Este proceso demora dependiendo de la longitud y diámetro del eje montado en la cama de la cortadora.

Una vez realizado el proceso de medición se efectúa el corte, de igual forma el tiempo de corte depende del diámetro y tipo del material que se está cortando. Durante todo el proceso de corte es necesario que un operario suministre un refrigerante a la sección de corte, esto con el fin de reducir el desgaste de la sierra y evitar un sobrecalentamiento. El proceso de refrigeración se debe realizar periódicamente y es indispensable para que no exista un gasto excesivo en los dientes de la sierra y depende del diámetro del material la cantidad de refrigerante que se necesite para suministrar a la sierra.

## **1.2 Justificación**

Actualmente la Empresa IIP, no trabaja con un margen de error estable en los cortes realizados, lo cual ha registrado pérdidas económicas referentes a los informes de ventas. Mediante la automatización del proceso para la medición y corte, se contribuirá a la disminución en los tiempos de corte y reducción de pérdidas de materia prima. Además de eliminar la dependencia del uso de elementos electromecánicos innecesarios tales como temporizadores, contactores, pulsadores, etc., lo cual permite identificar algún daño que exista en la máquina para posteriormente corregirlo.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Automatizar una cortadora de vaivén KASTO EBS 320 AU aplicando visión artificial para el corte de ejes acerados y análisis de la producción.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el funcionamiento y estado actual de la máquina KASTO EBS 320 AU para identificar las averías y requerimientos de automatización.
- Desarrollo de un sistema de control para automatizar las secuencias de refrigeración y velocidad de la máquina.
- Desarrollo de un algoritmo para la medición de materiales aplicando visión artificial.
- Elaborar el instructivo de funcionamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina de KASTO EBS 320 AU para uso del personal técnico.
- Realizar un estudio comparativo entre el proceso de corte manual y automático para determinar el impacto de la acción realizada sobre el proceso productivo.



## CAPÍTULO 2

### MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se detalla los distintos tipos de mecanizado que existe para el corte de materiales, se describe el principio de funcionamiento de una operación de mecanizado por corte mediante el uso de una sierra de vaivén, y se presenta las ventajas que se obtiene con la implementación de una Interfaz Hombre Máquina (HMI) para el control de procesos en la industria.

#### 2.1 Mecanizado para el corte

Es un proceso de mecanizado de materiales aplicado en múltiples áreas del sector industrial, consiste en el uso de cintas o reglas dentadas para arrancar pequeñas virutas de la materia prima, este movimiento opuesto de los dientes de la sierra, produce un corte del material por fricción. En cada sierra se determina la cantidad de dientes y el ángulo dependiendo del material que se requiera cortar, por ende, es necesario verificar la dureza de la materia prima, para determinar un tipo adecuado de hoja de sierra. (Bertol, 2017)

#### 2.2 Terminología de la hoja de sierra

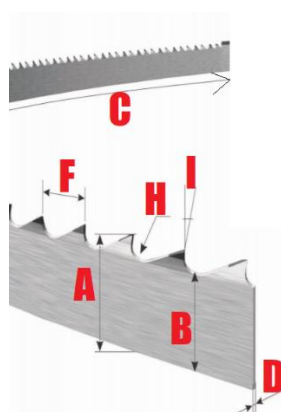
La hoja de sierra usada para el corte, debe cumplir con ciertos parámetros en función del tipo de material, velocidad y frecuencia de corte. Esto con el fin de prolongar por más tiempo la vida útil de la lámina, ciertas características físicas de la hoja de corte se visualizan en la Figura 2.1 y Figura 2.2, su respectivo detalle se expresa en la Tabla 2.1. (Starrett, 2017)

Figura 2.1 Parámetros físicos de la lámina de corte



Parámetros físicos de la lámina de corte (Starrett, 2017, pág. 8)

Figura 2.2 Parámetros físicos de los dientes de una lámina de corte



Parámetros físicos de los dientes de una lámina de corte (Starrett, 2017, pág. 6)

Tabla 2.1 Parámetros de una lámina de sierra



Letra	Nombre	Descripción
A	Ancho	Distancia entre la espalda de la hoja a la punta del diente
B	Cuerpo de la sierra	Medida entre el borde de la hoja y el fondo de la garganta
C	Longitud	Distancia longitudinal de la hoja
D	Espesor	Grosor de la hoja
E	Espalda	Lado opuesto a la sección dentada
F	Paso	Medida longitudinal entre puntas de la hoja
G	Dentición	Número de dientes en una pulgada
H	Garganta	Sección curva entre tomada de dos dientes
I	Cara del diente	Punta del diente donde se produce la deformación del material por corte de viruta
J	Traba	Desviación de los dientes para permitir el ingreso de la hoja
K	Ángulo de salida	Parte posterior de diente de la hoja

Descripción de las etiquetas de las Figuras 2.1 y 2.2 (Starrett, 2017, pág. 7)

### 2.3 Tipo de dentado

El tipo de dentado es un parámetro de la hoja de sierra que está en función del área de corte, algunos de los dentados de la cinta de corte se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Forma de paso de los dientes en una hoja de corte






Tipo de Dentado		Descripción
Paso Constante		La distancia entre las puntas de la hoja de sierra es uniforme. Es usada en cortes de materiales macizos
Paso Variable		Consiste en repetir en intervalos regulares un tipo de dentado específico esto con el fin de reducir la resonancia y la vibración que se produce mientras se corta el material. Es usada principalmente para cortes de materiales perforados.

Tipo de dentado en una hoja de sierra (Starrett, 2017, pág. 8)

## 2.4 Tipo de triscado

Mediante los arreglos de posición de los dientes es posible evacuar la viruta para que esta no vuelva a ingresar en la sección de corte. Existen diversos tipos de triscado, los cuales se visualizan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Tipo de triscado en una hoja de sierra

Tipo de Triscado		Descripción
Regular		Cuenta con un diente desviado a la derecha, seguido de uno desviado hacia la izquierda y un diente recto que permite remover restos de viruta y mejorar la penetración de la cinta de corte en el eje.
Progresivo		Los dientes son similares al triscado regular, mas su inclinación es de manera progresiva.
Ondulado		Son grupos de dientes que apuntan a una dirección seguidos por otro grupo que apunta en dirección contraria.
Alternada		Dientes colocados para alternar la dirección con respecto al diente anterior
Trapezoidal		Los dientes tiene aleaciones con otros materiales para resistir impactos y por ende un corte mas agresivo

Tipo de triscado en una hoja de sierra (Starrett, 2017)

## **2.5 Máquinas de corte**

Las máquinas de corte reducen el desperdicio de material y aceleran el proceso de cortado, constituyen una herramienta muy eficaz para las industrias debido a la precisión con la que se obtiene el corte. Existen múltiples herramientas usadas para el corte por aserrado, entre estas se tienen los siguientes tipos de sierras mecánicas. (Bertol, 2017)

### **2.5.1 Sierra de cinta**

Es una máquina que se encuentra conformada por una sierra de tipo banda, la cual se encuentra acoplada mediante poleas a un motor eléctrico, como se puede visualizar en la Figura 2.3. Se emplea para cortar material de tipo tubular y sólido, se caracteriza por la velocidad de corte en comparación con otras sierras mecánicas. (Bertol, 2017)

Figura 2.3 Sierra de cinta



Máquina cortadora mediante sierra tipo banda. Fuente: (Bertol, 2017)

Esta máquina es usada en múltiples ramas de la industria debido a que la sierra no suele superar los 3mm de grosor, lo cual beneficia a la reducción de desperdicio de material por corte. Otra ventaja de la cortadora de cinta es que el uso de refrigerante no es indispensable, de tal forma que la máquina puede operar sin recalentar la cinta de sierra, ya que el calor se dispersa a través de la misma. (Bertol, 2017)

### **2.5.2 Sierra de vaivén**

Una máquina de sierra de vaivén simula el movimiento manual que se realiza al momento de ejecutar un corte por serrado manual. La cortadora consta de una cama donde reposa el material, sobre este y acoplado a un motor mediante poleas, se encuentra un arco con una sierra dentada, como se muestra en la Figura 2.4. (Bertol, 2017)

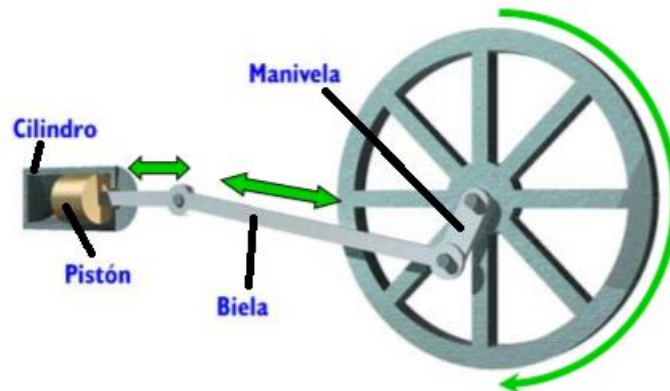
Figura 2.4 Sierra de vaivén



Máquina cortadora de vaivén (KASTO, 2018)

El principio de funcionamiento de la sierra de vaivén se basa en un mecanismo de biela-manivela, este consiste en el movimiento de una manivela, que posee una trayectoria circular, acoplada a una barra que también se le conoce como biela. Ambos mecanismos se juntan a través de articulaciones, a un extremo de la manivela se encuentra la biela, y esta a su vez a unas guías, como se puede observar en la Figura 2.5. (Pelandintecno, 2011)

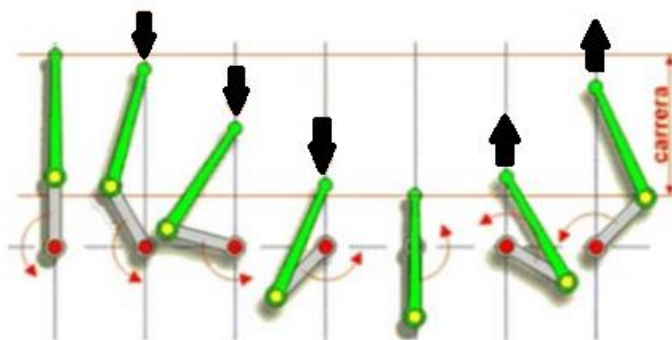
Figura 2.5 Mecanismo biela-manivela



Transmisión de un movimiento circular a lineal o viceversa (Pelandintecno, 2011)

Con este mecanismo se puede transformar un movimiento lineal en un circular o viceversa, en la Figura 2.6 se muestra el movimiento de vaivén que realiza el pistón en consecuencia de girar una manivela a la cual se encuentra acoplado una biela. (Pelandintecno, 2011)

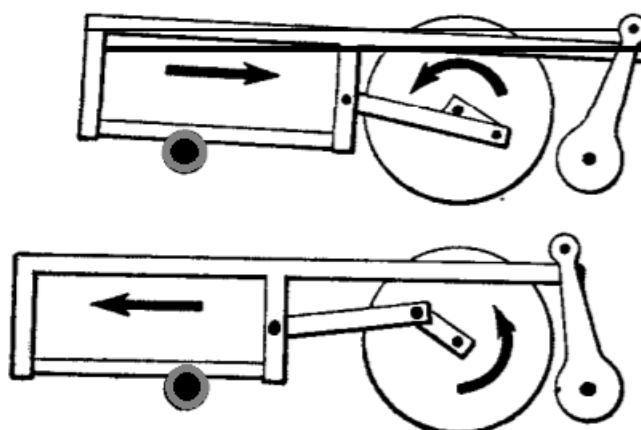
Figura 2.6 Trayectoria del mecanismo biela-manivela



Movimiento producido por un movimiento circular acoplado a un eje (Pelandintecno, 2011)

El movimiento es producido por el movimiento circular acoplado a un eje que genera una acción de balancín que en la cortadora mantiene la hoja rígida y al mismo tiempo permite que pueda avanzar y retroceder paralelamente a la base, como se muestra en la Figura 2.7.

Figura 2.7 Movimiento de balancín de la hoja de sierra



Movimiento de balancín de la hoja de sierra (Workshopping, 2017)

La máquina cortadora de vaivén consta de las siguientes partes:

- Motor eléctrico
- Poleas
- Correa o banda
- Hoja de sierra
- Arco
- Cama

- Tornillo
- Cama
- Unidad de mano
- Refrigeración

La cortadora de vaivén es usada para cortes en madera, aceros, tubos de PVC, etc. Aporta con ciertas ventajas notables sobre otras sierras, tales como: (Workshopping, 2017)

- Simplicidad en el diseño
- Se puede obtener un corte con buen acabado superficial
- No requiere personal altamente capacitado
- El tiempo de corte es bajo
- Baja inversión inicial

A continuación, se detalla las desventajas de la cortadora de vaivén: (Workshopping, 2017)

- La hoja de sierra debe ser cambiada y calibrada tras un ciclo de operación
- Mucha de la energía se desperdicia en forma de calor
- El arranque usado para el motor principal es directo, lo que genera altos picos de corriente

## **2.6 Interfaz Hombre Máquina**

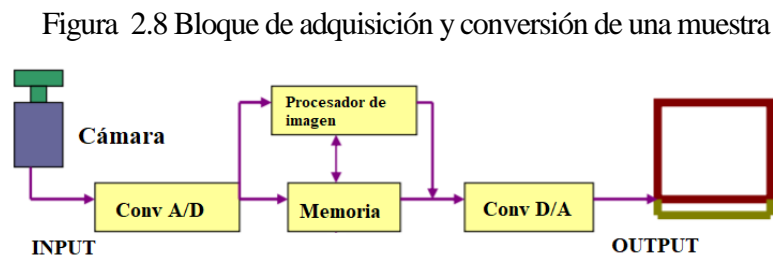
Una Interfaz Hombre Máquina (HMI) es un intermediario en un sistema que permite una interacción entre la persona y una máquina. Tradicionalmente para que un operador pueda cambiar parámetros en un proceso, era necesario el uso de pulsadores, temporizadores, contadores, etc. Hoy en día se puede facilitar mediante la integración de elementos de control y visualización se puede implementar una interfaz gráfica que permita una mejor interpretación del proceso a controlar. (Torres Santos & Vásquez Galarza, 2002)

## 2.7 Visión Artificial

Es una aplicación muy usada en el campo de la Inteligencia Artificial. Esta permite obtener, procesar y analizar información en base a imágenes de tipo digital. (Centro Integrado Politécnico , 2017)

### 2.7.1 Métodos de captación de imágenes digitales

Mediante un muestreo en un intervalo de tiempo, siendo el valor muestreado un número entero y positivo; el valor que toma esta en cada punto depende de la imagen original. Una imagen es considerada una cuadrícula y un pixel forma cada elemento de esta. El medio por el cual se puede obtener una muestra se hace a través de una cámara, la muestra obtenida por la cámara se convierte en un módulo de digitalización de una señal analógica a una de tipo digital. Una vez obtenido la muestra de la cámara de tipo digital, estos valores son almacenados en una memoria para su próximo análisis y procesamiento. Finalmente, se debe convertir nuevamente la señal digital en una señal analógica para visualizar la imagen procesada en un monitor de TV. (Centro Integrado Politécnico , 2017)



Bloque de adquisición y conversión de una imagen (Centro Integrado Politécnico , 2017)

Mediante la visión artificial es posible automatizar procesos industriales con aplicaciones tales como: (Centro Integrado Politécnico , 2017)

- Reconocimiento de objetos
- Medición de longitudes en un espacio tridimensional
- Relación de las coordenadas con un objeto referencial
- Revisión de calidad de un producto



## 2.8 OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library), es una herramienta usada en aplicaciones de visión artificial, es biblioteca de código libre, la programación generada es de libre uso para empresas y usuarios. (OpenCV, 2018)

Alguna de las aplicaciones más comunes donde se utiliza OpenCV van desde generación de algoritmos para identificación de objetos, rastrear objetos que se encuentre en movimiento, crear ambientes virtuales mediante la recopilación de varias imágenes, reconocimiento facial, aprendizaje de movimientos, aplicación de filtros a imágenes, desarrollo de aplicaciones para realidad aumentada, etc. (OpenCV, 2018)

El lenguaje nativo de OpenCV está escrito en C++, trabaja con interfaces en Python, Java, Matlab, y C++, además es compatible con la mayoría de sistemas operativos como Windows, MacOS, Linux y Android. (OpenCV, 2018)

### 2.8.1 Escala de Grises

Una muestra obtenida por una cámara debe pasar ciertos procesos de filtrado con el fin de mejorar la calidad de la muestra para obtener un resultado favorable. El proceso de suavizado de una imagen implica como paso primordial convertir la imagen original en escala de grises de esta forma se trabaja con una sola imagen, a diferencia de trabajar con una imagen en RGB que implica trabajar con tres imágenes al mismo tiempo. (OpenCV, 2014)

Figura 2.9 Imagen RGB a escala de grises



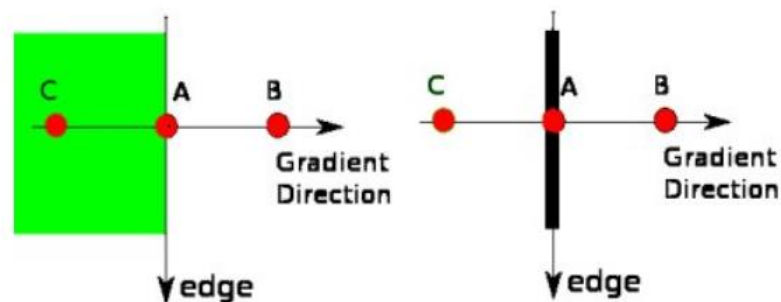
Conversión de imagen RGB a escala de grises. Elaborado por: Christian Proaño

### 2.8.2 Detección de bordes

Existen varias herramientas que permiten obtener la detección de bordes que basan su funcionamiento en algoritmos matemáticos. (OpenCV, 2014)

El método de detección de bordes mediante el cálculo de la gradiente de la intensidad de la imagen, obtiene dos imágenes la primera mediante la derivada de la dirección vertical y la segunda de igual usando la derivada de la dirección vertical. Con ambos valores se puede encontrar la dirección del cada uno de los píxeles y el gradiente de borde. (OpenCV, 2014)

Figura 2.10 Detección de borde usando el gradiente



Detección de borde en base al método del cálculo del gradiente (OpenCV, 2014)

### 2.8.3 Reconocimiento de una circunferencia

Mediante el algoritmo de la Transformada Hough Circle se puede detectar circunferencias en una imagen, para ello requiere definir tres parámetros, que serían centro de la circunferencia en el eje de coordenadas de las abscisas, centro de la circunferencia en el eje de las ordenadas y el radio del círculo. (OpenCV, 2014)

Figura 2.11 Transformada Hough Circle



Transformada Hough Circle (OpenCV, 2014)

El método de gradiente Hough, en primera instancia realiza una detección de bordes de una circunferencia, después define el radio que más se ajuste a los bordes que se reconocieron. (OpenCV, 2014)

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se describe el proceso para la automatizar una cortadora de vaivén KASTO EBS 320 AU y se detalla el diseño de la interfaz gráfica para la visualización de parámetros de la cortadora. Para la automatización de la cortadora KASTO EBS 320 AU es necesario verificar el comportamiento mecánico de la misma.

#### 3.1 Hardware

La máquina cortadora de sierra de vaivén KASTO EBS 320 AU a diferencia de otros equipos de corte, cuenta con sensores y actuadores que permiten un proceso de cortado continuo, en la Figura 3.1, se muestra la máquina KASTO EBS 320 AU.

Figura 3.1 Máquina de corte marca KASTO EBS 320 AU

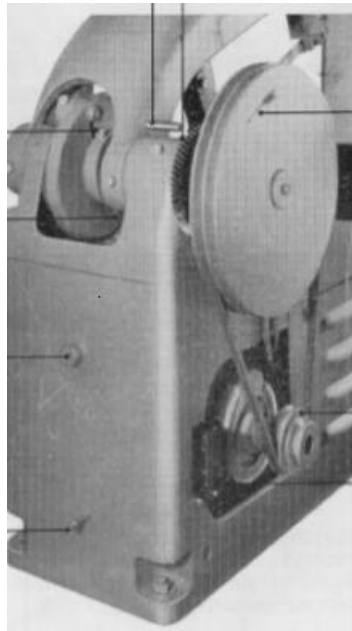


Máquina de corte marca KASTO EBS 320 AU (proha maschinen, 2018)

##### 3.1.1 Unidad principal de corte

Esta unidad está constituida por un motor eléctrico y un marco de sierra. El movimiento de vaivén del marco de sierra se debe a un acople al motor eléctrico, mediante el uso de engranajes de tipo helicoidal, como se puede observar en la Figura 3.2.

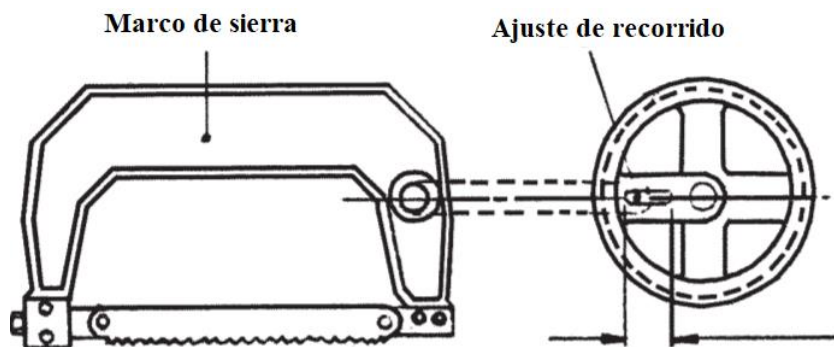
Figura 3.2 Unidad principal de corte



Acople del motor eléctrico al marco de sierra (Passion-Usinages, 2010)

Se puede variar la distancia de acople del eje del arco de sierra, esto con el fin de aumentar o reducir la carrera del marco de sierra, si el acople entre el marco y la polea se encuentra más cerca al eje de la polea la sección de corte será mayor y por ende el corte se efectuará con mayor rapidez, como se puede visualizar en la Figura 3.3.

Figura 3.3 Ajuste de recorrido del marco de sierra



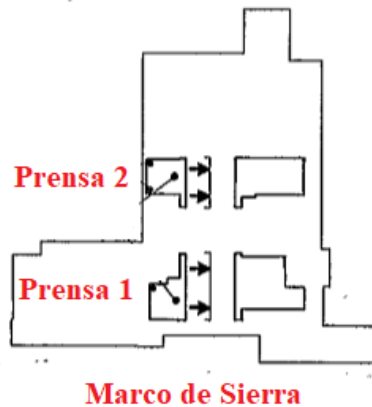
Transmisión de movimiento al marco de sierra (Workshopping, 2017)

### 3.1.2 Unidad de realimentación

La cortadora posee una cama para el reposo del material durante el proceso de corte, es una superficie plana que permite sostener al material para que este no se desequilibre mientras la máquina se encuentre en operación y pueda ocasionar un corte con una

inclinación. La cama está equipada con dos prensas las cuales se encuentra acopladas mediante un tornillo sin fin a un motor, estas se usan para ajustar el material para que este no se mueva durante el corte, en la Figura 3.4, se puede visualizar la cama desde una vista superior.

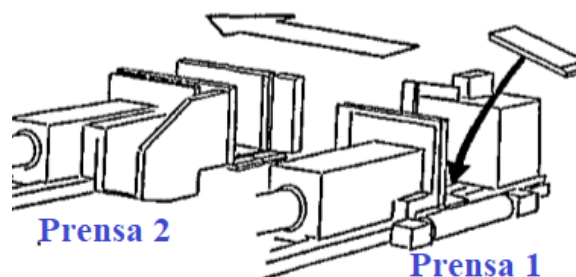
Figura 3.4 Vista superior de la cama



Gráfica de la vista superior de la cama (Passion-Usinages, 2010)

La prensa uno acoplada a la cama es fija y sirve únicamente para inmovilizar al material durante el corte, la prensa dos se encuentra acoplada mediante un tornillo sin fin a un actuador lineal, el cual se puede desplazar 600 mm desde el inicio de la cama, el movimiento lineal de la prensa 2 es con el fin de poder mover movilizar el material para generar un proceso de corte continuo, ya que es posible recorrer la prensa para acercar o alejar el material del marco de sierra, en la Figura 3.5 se muestra el movimiento que realiza el actuador lineal acoplado a la prensa 2.

Figura 3.5 Unidad de realimentación de material



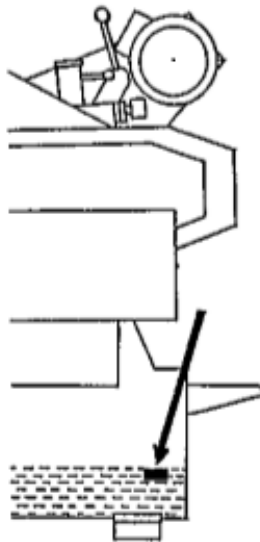
Gráfica del movimiento de la cama junto con la prensa 2 (Passion-Usinages, 2010)

### 3.1.3 Unidad de refrigeración

Durante procesos extensos de corte de material, es necesario un proceso de refrigeración, la cortadora cuenta con un depósito de refrigerante y una bomba que permite que la hoja de sierra trabaje a temperaturas normales de trabajo, de lo contrario se produce un excesivo desgaste en los dientes de la hoja de sierra.

El refrigerante usado en procesos de corte es una combinación entre aceite soluble y agua, aproximadamente se deben ingresar 70 litros de agua y 35 litros de aceite soluble en el tanque depósito de la cortadora, como se visualiza en la Figura 3.6. Esta combinación debe ser aplicada directamente en la zona de corte, de esta forma ayuda a enfriar la hoja de sierra y a desechar la viruta acumulada.

Figura 3.6 Unidad de refrigeración

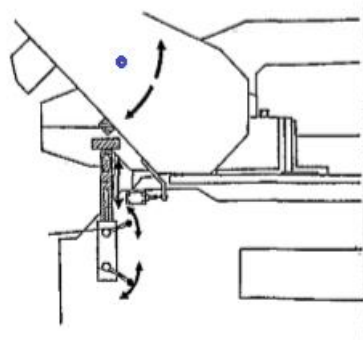


Depósito de refrigerante (Passion-Usinages, 2010)

### 3.1.4 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico trabaja tanto para el ascenso y descenso de la sierra, el arco de la sierra se encuentra acoplado a un cilindro hidráulico, durante el proceso de corte en cada ciclo de trabajo del arco libera presión acumulada en el cilindro, para de esta forma permitir que el arco baje bajo efecto de la gravedad, pero acorde a la cantidad de aceite hidráulico que sale del cilindro y así de esta forma efectuó el corte, en la Figura 3.7, se puede observar cómo se encuentra acoplado el cilindro hidráulico al arco de sierra.

Figura 3.7 Sistema hidráulico de la cortadora



Gráfica del sistema hidráulico de la cortadora (Passion-Usinages, 2010)

### 3.1.5 Unidad de mano

La cortadora KASTO EBS 320 AU, cuenta con un módulo de mando, el cual mediante el uso de contactores, temporizadores, botones e interruptores, permite accionar los diferentes actuadores para el funcionamiento de la cortadora, incluyendo el modo de operación manual o automático, en el modo de funcionamiento automático, la máquina cortadora opera mediante contadores análogos, temporizadores y contactores; esto con el fin de realizar cortes secuenciales con una medida predeterminada por el operario.

Figura 3.8 Unidad de control de la cortadora KASTO EBS 320 AU



Unidad de control de la cortadora KASTO EBS 320 AU (proha maschinen, 2018)

### 3.2 Implementación del nuevo tablero

La automatización de la cortadora requiere conocer e identificar en primer lugar los elementos pertenecientes al tablero de control para retirar los elementos electromecánicos que se encuentra en mal estado o que no conforman parte del nuevo diseño.



Figura 3.9 Tablero previo a la automatización



Tablero previo a la automatización. Elaborado por: Christian Proaño

En las Figuras 3.9 y 3.10 se muestra la condición en las que se encontró el tablero principal y el estado de los elementos.

Figura 3.10 Desmontaje del tablero principal



Desmontaje del tablero principal. Elaborado por: Christian Proaño

Una vez removido el tablero principal, se elimina el exceso de polvo del tablero y de cada uno de los elementos pertenecientes a la unidad de control. Tras conectar el contactor principal, para proveer la alimentación a toda la máquina, se realiza un reconocimiento del funcionamiento de los actuadores para su posterior etiquetado.

Figura 3.11 Reconocimiento de los elementos



Reconocimiento de los elementos. Elaborado por: Christian Proaño

Debido a la falta de planos y un correcto etiquetado en la cortadora, mediante el uso de un multímetro, se procedió a probar continuidad entre los cables para reconocer a que elemento pertenecían cada uno de los cables.

Figura 3.12 Desmontaje de elementos electromecánicos innecesarios



Desmontaje de elementos electromecánicos innecesarios para la automatización. Elaborado por: Christian Proaño

Una vez reconocidos los cables se procede a comprobar el correcto funcionamiento de los sensores, los finales de carrera, los contactores y los actuadores, con el fin de reemplazar los elementos como interruptores y pulsadores, los cuales serán reemplazados por el panel táctil.

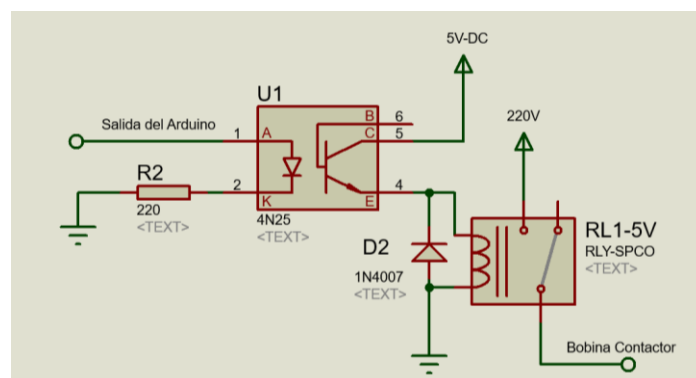
Figura 3.13 Desmontaje de interruptores y botones de la unidad de mando



Desmontaje de interruptores y botones de la unidad de mando. Elaborado por: Christian Proaño

Para la automatización, se diseña una placa que tiene como medio principal de comando un Arduino Mega 2560, las salidas de la placa embebida se conectaron mediante opto acopladores 4N25 a la bobina de un relé, el cual es el encargado de activar o desactivar las bobinas de los contactores principales.

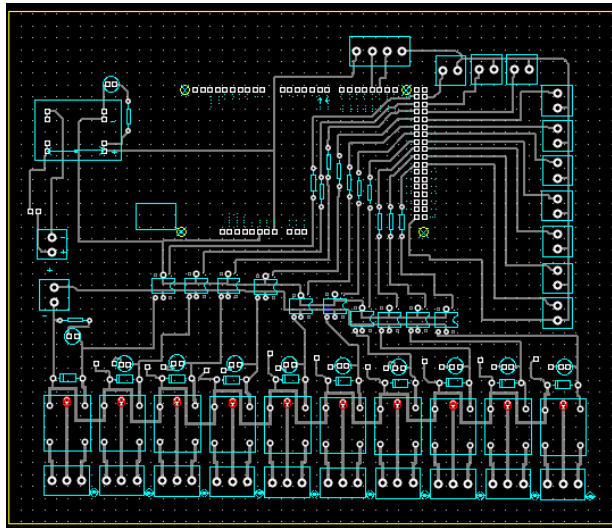
Figura 3.14 Circuito diseñado en Proteus



Circuito para activar el contactor mediante el Arduino Mega 2560. Elaborado por: Christian Proaño

La conexión entre los elementos antes mencionados, se diseña una placa PCB en el software Proteus ARES.

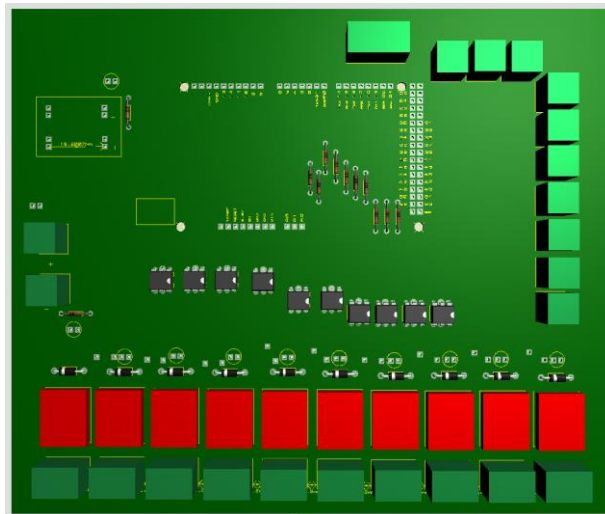
Figura 3.15 Diseño de la placa



Diseño de la placa en el software Proteus. Elaborado por: Christian Proaño

A continuación, se muestra el diseño de la placa 3D.

Figura 3.16 Vista de la placa 3D



Vista de la placa 3D en el software Proteus. Elaborado por: Christian Proaño

### 3.3 Implementación del HMI

La pantalla usada en el proceso de automatización es la Nextion NX8048T070, esta pantalla táctil de 7.0" de 65K colores opera con un voltaje de 5 volts, posee una memoria RAM de 3584 bytes y una memoria FLASH de 16 Mb. El tipo de comunicación es RS232. (ITEAD, 2017)

Tabla 3.1 Especificaciones Nextion NX8048T070

	NX8048T070_011R (R: Resistive touchscreen)
<b>Colores</b>	65 536 16 bit
<b>Resolución</b>	800 x 480
<b>Panel Táctil</b>	Tipo Resistivo
<b>Luz de fondo</b>	LED
<b>Peso</b>	268 gr
<b>Voltaje Max</b>	7 V
<b>Voltaje Min</b>	4,75 V
<b>Voltaje Típico</b>	5 V
<b>Fuente Recomendada</b>	5 V, 2 A, DC
<b>Temperatura Max</b>	70 °C
<b>Temperatura Min</b>	- 20 °C
<b>Temperatura Típica</b>	25 °C
<b>Serial Port Mode</b>	TTL
<b>SD card</b>	Format32 (Max 32GB)
<b>Memoria Flash</b>	16MB
<b>Memoria RAM</b>	3584 Bytes

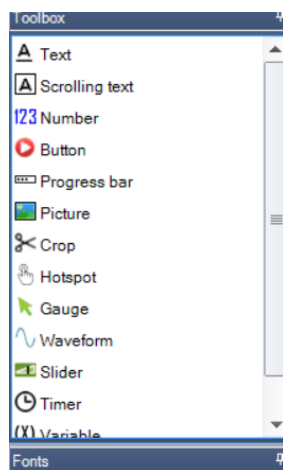
Especificaciones técnicas del panel táctil Nextion 7" (ITEAD, 2017)

### 3.4 Descripción del Software

#### 3.4.1 Diseño del HMI

El software Nextion Editor es una herramienta que permite añadir elementos y acciones al panel táctil, al crear un nuevo proyecto se puede escoger el tamaño y el modelo de la pantalla con la que se va a trabajar. Después de escoger el modelo de la pantalla se puede añadir elementos como botones, barras, ventanas de texto, imágenes, temporizadores y variables, mediante el uso del cuadro de Toolbox. (ITEAD, 2017)

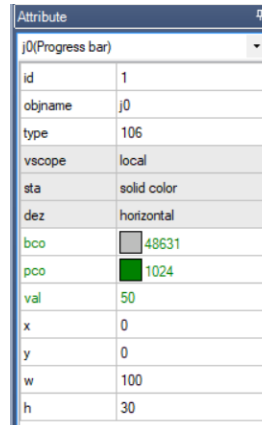
Figura 3.17 Cuadro de Toolbox del software Nextion Editor



Herramienta para el ingreso de elementos al panel de trabajo. Elaborado por: Christian Proaño

De todos los elementos del *Toolbox* se puede cambiar los parámetros que vienen por defecto, tales como tamaño, tipo de variable, color, nombre, valor, posición, etc.

Figura 3.18 Cuadro de Attribute del software Nextion Editor

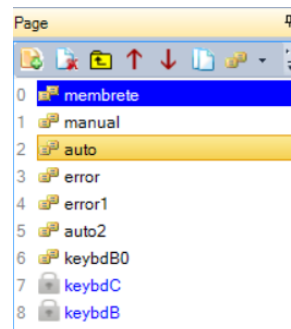


Attribute	
j0(Progress bar)	
id	1
objname	j0
type	106
vscope	local
sta	solid color
dez	horizontal
bco	48631
pco	1024
val	50
x	0
y	0
w	100
h	30

Cuadro de Attribute para cambiar valores de los elementos en el área de trabajo. Elaborado por: Christian Proaño

Utilizando el software Nextion Editor se diseñan varias pantallas para el control y monitoreo del proceso de corte de material, tanto en modo de operación manual o automático.

Figura 3.19 Panel de páginas del HMI



Panel de navegación entre páginas en el software Nextion Editor. Elaborado por: Christian Proaño

En la pantalla *membrete* se coloca información de la Empresa y la selección mediante botones para el modo de operación de la cortadora.

Figura 3.20 Pantalla de inicio de la HMI



Pantalla principal con menú de modo de operación. Elaborado por: Christian Proaño

En el modo de operación manual se puede manipular cada uno de los actuadores de forma independiente, además se puede visualizar el estado cada uno de los sensores.

La cortadora cuenta con sensores de tipo final de carrera normalmente cerrado para el desplazamiento de la cama, de forma similar para la apertura y cierre de las prensas y para la trayectoria de la sierra, tanto en la parte superior como inferior de esta. Para realizar el proceso automático se adicionó un sensor óptico para verificar la existencia de material en la máquina.

Mediante botones se puede accionar actuadores, uno a la vez. Esto debido a que el panel táctil no permite registrar dos acciones de pulso en diferentes secciones de la pantalla, por ende, solo se puede accionar un actuador a la vez y mientras que el botón permanezca presionado, de esta forma el operador puede maniobrar con mayor facilidad la cortadora.

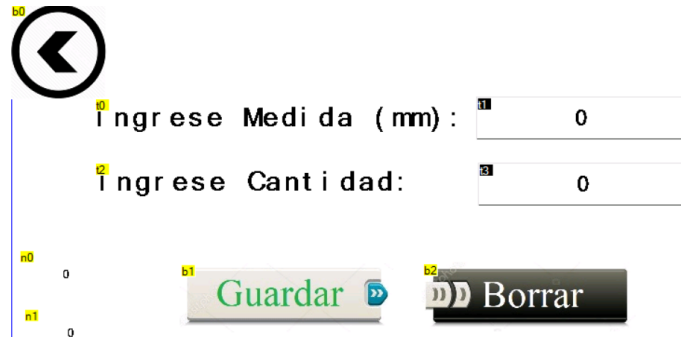
Figura 3.21 Selección del modo manual



Selección modo manual para operación de la cortadora. Elaborado por: Christian Proaño

En el modo de operación automático se visualiza únicamente el ingreso de dos parámetros que son la longitud del material y la cantidad de piezas a cortar.

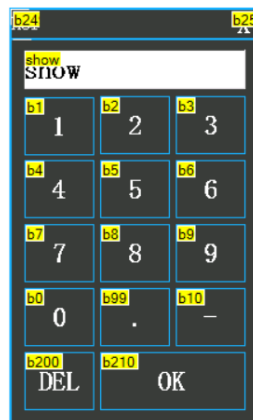
Figura 3.22 Selección del modo automático



Ingreso de parámetros para corte por modo automático. Elaborado por: Christian Proaño

Para modificar los valores se utiliza un teclado numérico de la librería del software Nextion Editor.

Figura 3.23 Teclado numérico HMI



Teclado numérico para ingreso de parámetros de corte. Elaborado por: Christian Proaño

El ingreso de datos para no exceder los límites del corte de la cama o la cantidad de piezas a cortar, mediante el uso de sentencias *if* se establecieron los valores máximos que no deben ser superados.



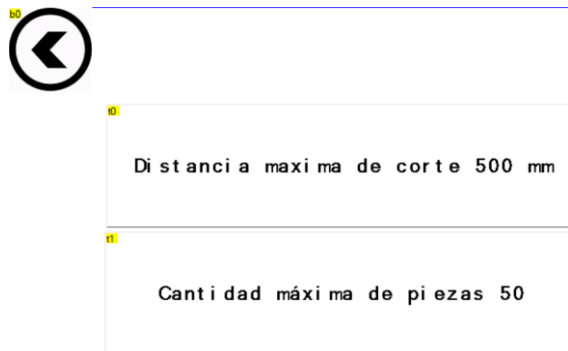
Figura 3.24 Condición para limitar el ingreso de datos

```
Event
Touch Press Event(20)
 Send Component ID
User Code
cov t1.txt,n0.val,0
cov t3.txt,n1.val,0
if(n0.val==0)
{
  page error1
}
if(n1.val==0)
{
  page error1
}
if(n0.val>500)
{
  page error
}
```

Condición para limitar el ingreso de datos fuera de rango. Elaborado por: Christian Proaño

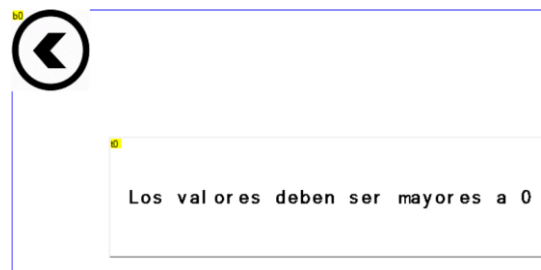
En caso de ser ingresado un valor fuera de rango descrito anteriormente, realiza un salto de página a una ventana donde se muestre el error de ingreso.

Figura 3.25 Ventana de error valor fuera de rango



En caso de que el valor ingresado sea excedente en longitud a 500 mm o en cantidad a 50. Elaborado por: Christian Proaño

Figura 3.26 Ventana de error por defecto



En caso de que el valor ingresado en la longitud o distancia sea igual a cero. Elaborado por: Christian Proaño

Si los parámetros se encuentran en el rango preestablecido direcciona a una página que permite verificar la distancia y número de piezas que se van a cortar, una vez revisado

la longitud de corte y cantidad de piezas, mediante el botón *start* inicia el proceso de corte de forma automática, el botón de *stop* permite detener el proceso en caso de existir algún fallo en el proceso.

La página cuenta con la visualización de todos los sensores, al igual que en el modo de corte manual, para monitorear el proceso de corte.

Figura 3.27 Selección del modo corte automático



Verificación de las medidas para el corte. Elaborado por: Christian Proaño

### 3.4.2 Flujograma del diseño del HMI

El diagrama de flujo del HMI se puede observar en el Anexo 1.

### 3.4.3 Arduino

Mediante el uso del Arduino IDE se realizó la programación para el Arduino Mega 2560. En primera instancia se definió los pines físicos para los elementos de entrada y salida.

Figura 3.28 Declaración de los pines físico para las entradas y salidas

```

//Salidas:
int Contactor_Entenalla_1_Avance = 22;
int Contactor_Entenalla_1_Retroceso = 24;
int Contactor_Entenalla_2_Avance = 26;
int Contactor_Entenalla_2_Retroceso = 28;
int Contactor_Arranque_Sierra = 30;
int Contactor_Sierra_Abajo = 32;
int Contactor_Sierra_Arriba = 34;
int Contactor_Cama_Avance = 36;
int Contactor_Cama_Retroceso = 38;

//Entradas:
int Sensor_Cama_Atras = 23;
int Sensor_Cama_Adelante = 25;
int Sensor_Sierra_Arriba = 27;
int Sensor_Sierra_Abajo = 29;
int Sensor_Presion_Entenalla = 31;

```

Creación de las variables y selección de los pines físicos del Arduino Mega 2560. Elaborado por: Christian Proaño

Mediante el uso del comando *pinMode* se define si el pin seleccionado actúe como una salida o una entrada, para los finales de carrera se declararon con el comando *INPUT\_PULLUP*, esto con el fin de evitar el uso de resistencia física para asegurar un estado lógico en el pin de entrada del Arduino.

Figura 3.29 Configuración de los pines como entradas y salidas

```
pinMode(Sensor_Cama_Atras, INPUT_PULLUP);
pinMode(Sensor_Cama_Adelante, INPUT_PULLUP);
pinMode(Sensor_Sierra_Arriba, INPUT_PULLUP);
pinMode(Sensor_Sierra_Abajo, INPUT_PULLUP);
pinMode(Sensor_Presion_Entenalla, INPUT_PULLUP);

pinMode(Contactor_Entenalla_1_Avance, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Entenalla_1_Retroceso, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Entenalla_2_Avance, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Entenalla_2_Retroceso, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Arranque_Sierra, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Sierra_Abajo, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Sierra_Arriba, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Cama_Avance, OUTPUT);
pinMode(Contactor_Cama_Retroceso, OUTPUT);
pinMode(40, OUTPUT);
```

Configuración de los pines físicos del Arduino para que operen como entrada o salida. Elaborado por: Christian Proaño

Para enviar el estado de los sensores a la pantalla Nextion es necesario crear una función con dos parámetros de ingreso, una variable de tipo *String* y otra de tipo *bool*. Es necesario enviar 3 bytes adicionales para completar la trama de datos.

Figura 3.30 Función de envío de datos al HMI

```
void enviardatos1(String Z , bool variable) {

    Serial1.print(Z);
    //Serial1.write(34); //solocuando es texto
    Serial1.print(variable);
    //Serial1.write(34);
    Serial1.write(255);
    Serial1.write(255);
    Serial1.write(255);
    delay(10);
}
```

Función para envío de valores tipo bool al HMI. Elaborado por: Christian Proaño

Mediante el comando *digitalRead* se almacena el estado del final de carrera, este valor es almacenado en una variable para su próximo envío. Mediante la función

*enviardatos1* se puede destinar a la página donde se desea visualizar los elementos y el estado lógico en el que se encuentran.

Figura 3.31 Envío de datos a una página específica del HMI

```
Valor_Sensor_Sierra_Arriba = digitalRead(Sensor_Sierra_Arriba);
Valor_Sensor_Sierra_Abajo = digitalRead(Sensor_Sierra_Abajo);
Valor_Sensor_Presion_Entenalla = !digitalRead(Sensor_Presion_Entenalla);
Valor_Sensor_Fin_Entenalla2 = !digitalRead(var1);
Valor_Material = !digitalRead(var2);

var33 = digitalRead(var3);
var44 = digitalRead(var4);
var55 = digitalRead(var5);
delay(10);
if (pag == 2)
{
  enviardatos1("manual.bt0.val=", Valor_Sensor_Cama_Atras);
  enviardatos1("manual.bt1.val=", Valor_Sensor_Cama_Adelante);
  enviardatos1("manual.bt2.val=", Valor_Sensor_Presion_Entenalla);
  enviardatos1("manual.bt3.val=", Valor_Sensor_Sierra_Arriba);
  enviardatos1("manual.bt4.val=", Valor_Sensor_Sierra_Abajo);
  enviardatos1("manual.bt15.val=", Valor_Sensor_Fin_Entenalla2);
  enviardatos1("manual.bt16.val=", Valor_Material);
  delay(30);
}
```

Envío de la página donde se desea colocar el valor seguido del estado lógico del final de carrera. Elaborado por: Christian Proaño

La comunicación con la pantalla Nextion usa el protocolo RS232, por lo que se enviaron únicamente caracteres para facilitar la lectura de los mismos. Cada caracter enviado por la Nextion se le asignó la activación o desactivación de una salida del Arduino Mega 2560.

Figura 3.32 Reconocimiento de caracteres enviados del HMI

```
// CHAR S  ACTIVAR      SIERRA
// CHAR T  DESACTIVAR  SIERRA
// CHAR A  SUBIR       SIERRA
// CHAR B  BAJAR       SIERRA
// CHAR C  AJUSTAR     ENTENALLA 1
// CHAR D  DESAJUSTAR  ENTENALLA 1
// CHAR E  AJUSTAR     ENTENALLA 2
// CHAR F  DESAJUSTAR  ENTENALLA 2
// CHAR G  AVANCE      CAMA
// CHAR H  RETROCESO   CAMA
```

Identificación de los caracteres que proviene de los botones del HMI. Elaborado por: Christian Proaño

Para reducir el exceso de código se creó una función para cambiar únicamente los parámetros dependiendo del actuador con el que esté trabajando, como ejemplo la activación del contactor para subir o bajar la sierra.

Los parámetros necesarios para ingresar a la función es una variable de tipo entero seguido del sensor que limita este movimiento, el contactor que va a ser activado si es que no ha llegado al final de carrera y finalmente el contactor que permite el movimiento en sentido contrario. De esta forma se puede controlar que opere en una sola dirección a la vez.

Figura 3.33 Función para activar o desactivar el contactor

```
//funcion mov
void funcion(int variable, int sensor, int contacto_act, int contacto_des)
{
    if (variable == 1) {
        if (sensor == noaccionado)
        {
            digitalWrite(contacto_des, LOW);
            digitalWrite(contacto_act, HIGH);
            delay(tiempol);
        }
        if (sensor == accionado)
        {
            digitalWrite(contacto_act, LOW);
            digitalWrite(contacto_des, LOW);
            delay(tiempo);
        }
    }
    if (variable == 0) {
        digitalWrite(contacto_act, LOW);
        digitalWrite(contacto_des, LOW);
        delay(tiempo);
    }
}
```

Función de ingreso mediante parámetros para activar o desactivar el contactor dependiendo de los parámetros del HMI. Elaborado por: Christian Proaño

Figura 3.34 Envío de datos a la función para levantar la sierra

```
////////////////////////////////////Subir Sierra
if ((DATA == 'A') && (Start == 0)) {
    Subir = 1;
    funcion(Subir, Valor_Sensor_Sierra_Arriba , Contactor_Sierra_Arriba, Contactor_Sierra_Abajo );
}
if ((DATA == 'I') && (Start == 0)) {
    Subir = 0;
    funcion(Subir, Valor_Sensor_Sierra_Arriba , Contactor_Sierra_Arriba, Contactor_Sierra_Abajo );
}
```

Envío de los parámetros para levantar la sierra. Elaborado por: Christian Proaño

Finalmente, se utilizó una función para medir la distancia obtenida mediante un sensor Sharp 2Y0A21, este valor es ingresado a un contador para tomar cinco muestras y realizar el cálculo en base al promedio para reducir el error en la medición.

El flujograma de la programación se encuentra en el Anexo 2.

Figura 3.35 Función para obtener el valor de distancia

```
//medicion
void medir()
{
  lectural = analogRead(A0); // lectura del sensor 0
  delay(5);
  cm1 = pow(3027.4 / lectural, 1.2134); // conversión a centímetros
  cm4 = cm1 + cm4;
  cont++;
  if (cont == 3) {
    cm5 = cm4 / 3;
    Valor_sensor_cama = cm5;
    Serial.print("Sensor 0: ");
    Serial.println(cm5); // lectura del sensor 1
    cont = 0;
    cm4 = 0;
  }
  delay(10); // tiempo de espera
}
```

Función para obtener el valor de separación entre la unidad de control y la prensa acoplada a la cama. Elaborado por: Christian Proaño

El valor es usado para determinar el diámetro del material y de esta forma suministrar mayor o menor cantidad de refrigerante durante el proceso de corte. El proceso de refrigeración se da por ciclos dependiendo de la distancia obtenido con la función *medir*.

Tabla 3.2 Tiempos de refrigeración en base al diámetro del material

Rango de material (mm)	Tiempos de Refrigeración
< 40	cada 25 segundos
40 - 55	cada 20 segundos
55 - 60	cada 15 segundos
60 - 85	cada 10 segundos
85 - 110	cada 5 segundos
> 110	Bomba activada

En base a la distancia del sensor se determina el diámetro del material y se establece un intervalo de refrigeración. Elaborado por: Christian Proaño

### 3.4.4 Raspberry pi 3 Modelo B+

Para el proceso de visión artificial se realizó mediante el uso de un Raspberry pi 3 Modelo B+, conjuntamente con la librería de OpenCV para reconocimiento de bordes.

Tabla 3.3 Comparación entre la RPi 3 B+ Vs. RPi 3 B

	<b>Raspberry PI 3 Model B+ (2018)</b>	<b>Raspberry PI 3 Model B (2018)</b>
<b>Procesador</b>	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz	Broadcom BCM2837, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.2GHz
<b>RAM</b>	1GB RAM	1GB RAM
<b>Wifi</b>	WiFi 802.11.b/g/n/ac de doble banda 2.4GHz y 5GHz	WiFi 802.11 b/g/n (2.4GHz)
<b>Ethernet</b>	Puerto Ethernet de hasta 300Mbps	Puerto Ethernet de hasta 100Mbps
<b>Bluetooth</b>	Bluetooth 4.2	Bluetooth 4.1
<b>Puertos</b>	HDMI completo, 4 USB 2.0, Micro SD, CSI camera, DSI display	HDMI completo, 4 USB 2.0, Micro SD, CSI camera, DSI display

Cuadro comparativo entre la Raspberry Pi 3 B+ Vs. Raspberry Pi 3 B (Xataka, 2018)

### 3.4.5 Medición del diámetro de materiales aplicando visión artificial

La medición de diámetro de materiales aplicando visión artificial requiere del uso del software y del programa Python Shell 3.6.5 y las siguientes librerías para el desarrollo del algoritmo de reconocimiento y medición de figuras geométricas:

- Numpy: biblioteca para realizar operaciones matemáticas de alto nivel exclusivamente para realizar cálculos entre matrices y vectores. (Pypi, 2018)
- OpenCV: librería de computación para realizar aplicaciones de análisis y procesamiento de imágenes, seguimiento y detección de objetos, etc. (OpenCV, 2018)
- Io: permite crear archivos externos para el almacenamiento de datos. (Pypi, 2018)
- Argparse: permite el retorno de argumentos y valores. (Pypi, 2018)
- Time: manejo de librería para adquisición de valores de hora y fecha.

Figura 3.36 Librerías usadas para el análisis y procesamiento de imágenes

```
import cv2
import numpy as np
from io import open
import time
import serial
import simplejson
```

Librerías usadas para el análisis y procesamiento de imágenes. Elaborado por: Christian Proaño

Mediante el comando `cv2.VideoCapture` se inicializa la captura de imágenes y se define la cámara principal para la obtención de las muestras.

Figura 3.37 Inicialización de parámetros de la cámara

```
cap = cv2.VideoCapture(1)
#cv2.waitKey(100)
```

Inicialización de parámetros para la obtención de muestras a través de la cámara. Elaborado por: Christian Proaño

Se requiere de un intervalo de 19 muestras para que la cámara logre estabilizarse, mediante una estructura `for` se tomaron las muestras necesarias. La imagen que cierra el ciclo se guarda en la carpeta del proyecto.

Figura 3.38 Imagen obtenida por la cámara

```
for i in range(20):
    return_value, image = cap.read()
    if i == 19:
        #img = image
        cv2.imwrite('opencv'+str(i)+'.png', image)
```

Lectura de las muestras obtenidas por la cámara. Elaborado por: Christian Proaño

La imagen almacenada es usada durante todo el proceso de detección y reconocimiento de bordes. Previamente se debe convertir la imagen a escala de grises, por motivos de optimización de recursos.

Figura 3.39 Conversión de la imagen

```
img = cv2.imread(strs)
img = cv2.imread(strs, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
```

Conversión de la muestra a escala de grises. Elaborado por: Christian Proaño



Para reducir el ruido en la imagen captada por la cámara es necesario aplicar un filtro para suavizar la imagen, para esto se optó por usar el filtro *GaussianBlur*, con un tamaño de la matriz de (5,5) para no perder todos los detalles principales de la imagen.

Figura 3.40 Filtro Gaussiano

```
ret, threshold = cv2.threshold(resultado, 10, 350, cv2.THRESH_TOZERO)
mediam = cv2.medianBlur(threshold, 7)
```

Reducción de ruido mediante filtro Gaussiano. Elaborado por: Christian Proaño

Con la imagen en escala de grises y el filtro para reducir el ruido, mediante el detector de bordes *canny*, se procede a configurar el umbral mínimo y máximo para poder obtener los bordes principales obtenidos de la muestra de la cámara.

Figura 3.41 Búsqueda de contornos en la imagen

```
canny = cv2.Canny(mediam, 80, 200)
```

Búsqueda de contornos en una imagen mediante el detector canny. Elaborado por: Christian Proaño

Determinados los bordes se aplica la transformada Hough para la detección de círculos, la transformada es aplicada sobre la muestra obtenida por el método de reconocimiento de contornos *canny*. Usando el método de la gradiente y una separación mínima de 180 píxeles entre separación entre centros identificados, se puede obtener la ubicación de las posibles circunferencias en la muestra captada por la cámara.

Figura 3.42 Transformada Hough

```
circles = cv2.HoughCircles(canny, cv2.HOUGH_GRADIENT,1,
                          300, param1=50,param2=30,minRadius=0,maxRadius=0)
```

Transformada Hough para la detección de circunferencias. Elaborado por: Christian Proaño

Todas las circunferencias son almacenadas en un vector y son graficadas una a una mediante una estructura *for*, los valores almacenados son también utilizados para graficar un círculo en el área donde se detectó la circunferencia conjuntamente con el diámetro encontrado en la captura.

Figura 3.43 Operación para graficar los contornos de la sección de interés

```
if circles is None:
    cv2.imshow("preview", img)
    pass
#circles = np.uint16(np.around(circles))
else:
    circles = np.uint16(np.around(circles))
    for i in circles[0,:]:
        # draw the outer circle
        x0 = i[0]
        x = i[0] + i[2] + 20
        y = i[1]
        r = i[2]
        d = i[2] * 2
        x1 = i[0] - r
        x2 = i[0] + r
```

Operación para dibujar el círculo en el área e imprimir el diámetro detectado. Elaborado por: Christian Proaño

Los valores obtenidos son almacenados en un archivo en formato de texto para su posterior registro. Usando la librería *Io* es posible crear, leer o escribir información en un documento en una extensión definida por el usuario.

Figura 3.44 Información exportada a un documento de texto

```
for i1 in range(1):
    archivo = open("Datos1.txt", "a")
    texto = "\nDiametro del materia cortado : "
    archivo.write(texto)

    print(time.strftime("%I:%M:%S"))
    archivo.write(" Fecha: ")
    archivo.write(time.strftime("%d/%m/%y"))
    archivo.write(" Hora: ")
    archivo.write(time.strftime("%I:%M:%S"))
    #valor = time.time()
    valor = time.strftime("%I_%M_%S")
    print(valor)
    valor1 = time.strftime("%d_%m_%y")
    print(valor1)
```

Exportar información del diámetro, hora y fecha de corte del material. Elaborado por: Christian Proaño

Las conversiones de las muestras captadas por la cámara, conjuntamente con los filtros aplicados a las imágenes captadas se visualiza por medio de una ventana usando el comando *imshow*.

Figura 3.45 Ventanas de visualización

```
#cv2.imshow("Original",img2)
cv2.imshow("Frame",img)
#cv2.imshow("Gray",img1)
cv2.imshow("Canny",canny)
cv2.imshow("ROI",roi)
cv2.imshow("Resultado", resultado)
#cv2.imshow("gaussian",gaussian)
```

Visualización de las conversiones y los filtros aplicados a la muestra obtenida por la cámara. Elaborado por: Christian Proaño

Una vez ingresada la imagen original, esta se duplica para poder aplicar los filtros de color de imagen y detección de bordes.

Figura 3.46 Imagen original

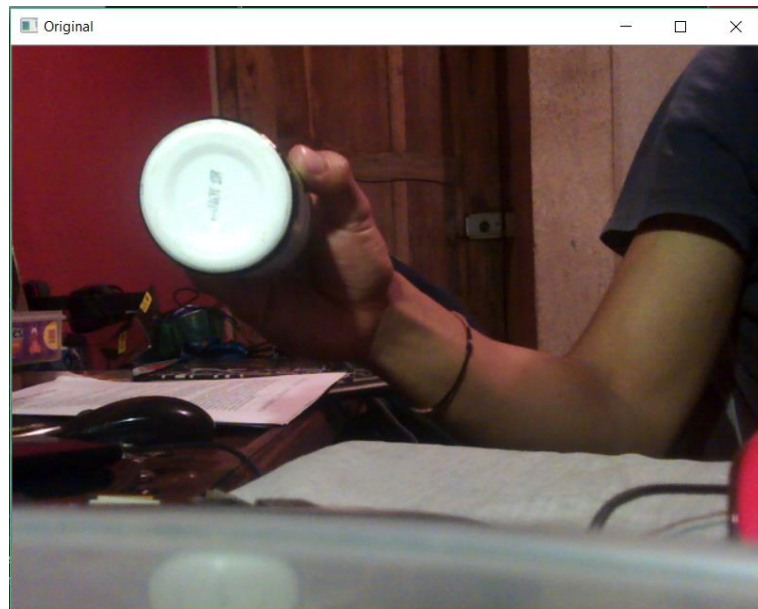
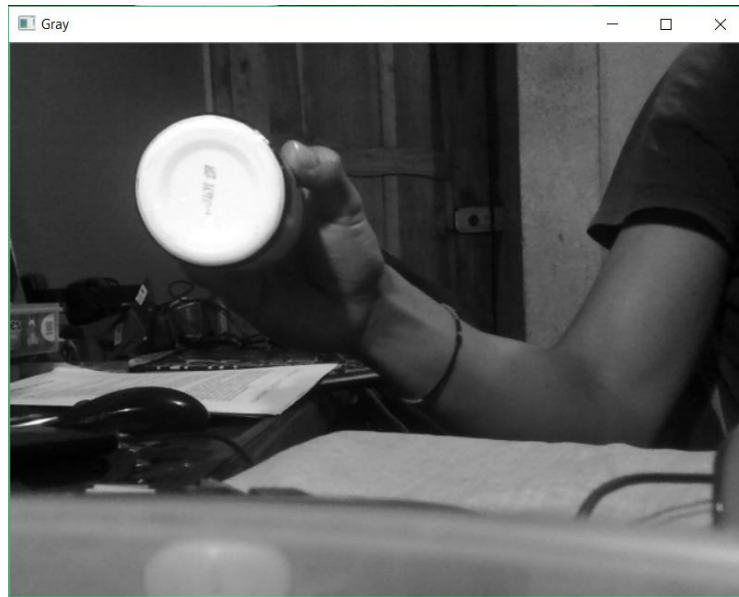


Imagen original almacenada para su posterior análisis y procesamiento. Elaborado por: Christian Proaño

La imagen se convierte en escala de grises y se aplica un filtro de desenfoque Gaussiano con una matriz de (5,5).

Figura 3.47 Imagen en escala de grises y desenfoque Gaussiano



Conversión de la imagen RGB a escala de grises y aplicación del filtro para suavizado. Elaborado por: Christian Proaño

Con la nueva imagen se procede a realizar la búsqueda de detección de contornos mediante la transformada Hough Circle por el método de la gradiente.

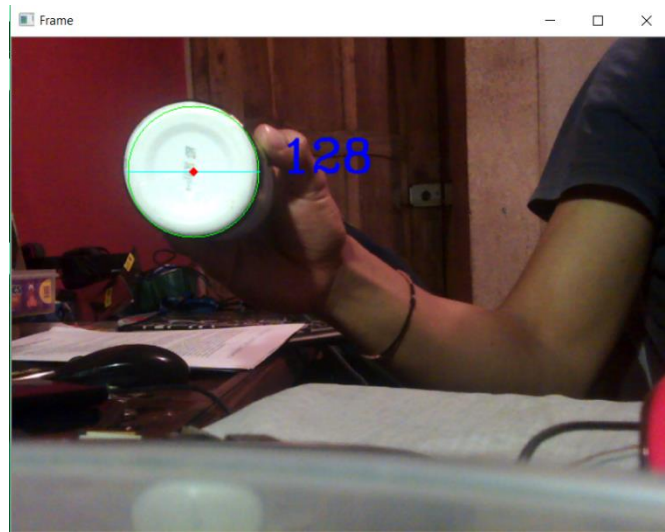
Figura 3.48 Imagen con algoritmo de detección de bordes



Imagen con filtros canny, gaussian y grscale para la detección de contornos. Elaborado por: Christian Proaño

El resultado se aplica a la imagen original para localizar la ubicación y visualizar el diámetro de la circunferencia.

Figura 3.49 Detección de la circunferencia



Valores de la detección de bordes dibujados en la imagen original. Elaborado por: Christian Proaño

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se detalla los resultados en las pruebas de funcionamiento de la cortadora KASTO EBS 320 AU, de esta forma se puede comprobar el correcto funcionamiento y posibles errores en la medición y corte de los materiales.

#### 4.1 Puesta en marcha de la máquina

El procedimiento para la puesta en marcha de la cortadora consiste en:

- a. Encender el *breaker* de alimentación principal de la máquina
- b. Accionar el Switch de encendido general
- c. Verificar el estado del Switch de emergencia
- d. Escoger el modo de operación en la HMI
- e. Ajustar el material
- f. Verificar el estado de la sierra
- g. Comprobar la existencia de refrigerante

#### 4.2 Intervalos de refrigeración

Mediante la lectura de la distancia a través de un sensor Sharp desde un punto referencial a una de las prensas, se estableció el diámetro estimado del material a cortar y se definió los siguientes intervalos de refrigeración.

Tabla 4.1 Intervalos de refrigeración

<b>Rango de material (mm)</b>	<b>Tiempos de Refrigeración</b>
< 40	cada 25 segundos
40 - 55	cada 20 segundos
55 - 60	cada 15 segundos
60 - 85	cada 10 segundos
85 - 110	cada 5 segundos
> 110	Bomba activada

Intervalos de refrigeración en base al diámetro del material. Elaborado por: Christian Proaño

### 4.3 Ensayo 1

Una vez colocado el material en la cama, se procede a activar las prensas para ajustar el material, mediante la HMI se puede movilizar el material para establecer una distancia de corte.

Con el registro de la medida del material, se puede activar la sierra, una vez activada la sierra se deshabilitó el uso de los botones para mover la cama, subir o bajar la sierra, abrir o cerrar la prensa, todos esos botones dejan de accionar los elementos, excepto el botón de *stop* que puede detener la máquina antes o durante el proceso de corte.

Figura 4.1 Ensayo 1



Ensayo por modo de operación manual. Elaborado por: Christian Proaño

### 4.4 Ensayo 2

Previamente a la automatización, los tiempos de medición y corte de forma manual para un eje redondo de 1 1/4", se muestra en la siguiente tabla 4.2.

Tabla 4.2 Tiempo de medición y corte de las piezas mediante un operador

# pieza	Tamaño (mm)	Tiempo medicion (seg)	Tiempo corte (seg)	Tiempo por corte (seg)
1	310	150	100	250
2	315	145	102	247
3	312	170	100	270
4	314	150	101	251
5	317	162	101	263
6	318	147	99	246
7	320	124	102	226
8	318	130	102	232
9	318	137	101	238
10	322	125	100	225
-	<b>Total Seg</b>	<b>1440</b>	<b>Total Seg</b>	<b>2448</b>
-	<b>Total Min</b>	<b>24</b>	<b>Total Min</b>	<b>40,8</b>

Tiempo de medición y corte previo a la automatización mediante un operador. Elaborado por:  
Christian Proaño

Para el ensayo dos se planteó realizar el corte mediante el modo de operación automático, fijando una distancia de corte de 3 cm de un acero de transmisión de 1 1/4" y en cantidad 10 unidades, en donde se obtuvo un corte con 4 cm. Debido a la falla en el primer corte se procedió a detener el corte para establecer nuevamente la medida.

Figura 4.2 Ensayo 2



Ensayo por modo de operación automática con corte 4 cm. Elaborado por: Christian Proaño

#### 4.5 Ensayo 3

Tras corregir el valor de distancia tomado por el sensor, se procedió nuevamente a realizar el corte del acero de transmisión de 1 1/4" con una distancia de 30 mm y cantidad de 10 unidades, en donde mediante el uso de un calibrador se verificó que el tamaño del corte es de 315 mm.

Figura 4.3 Ensayo 3



Ensayo por modo de operación automática con corte 3.15 cm. Elaborado por: Christian Proaño



Como la medida fue con un error absoluto del 5 %, se procedió con los demás cortes. Previamente sin el proceso de automatización, el corte de las 10 unidades tenía un tiempo de aproximadamente 40 min, dando que el operador tenía que medir el material, esta medición tomaba de 2 a 3 minutos para fijar la medida deseada.

Mediante el proceso de automatización se obtuvo un tiempo de 20 minutos para el corte de las 10 unidades.

Tabla 4.3 Tiempo de corte de las piezas en modo automático

# pieza	Tamaño (mm)	Tiempo (seg)
1	315	120
2	312	120
3	314	124
4	316	120
5	316	122
6	317	120
7	318	150
8	315	120
9	315	120
10	313	120
Total Seg		1236
Total Min		20,6

Tiempo de corte de las piezas. Elaborado por: Christian Proaño

Figura 4.4 Ensayo 3 corte completo



Corte de las 10 unidades del acero. Elaborado por: Christian Proaño

El cálculo del error absoluto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.4 Cálculo del error absoluto

# pieza	Tamaño (mm)
1	315
2	312
3	314
4	316
5	316
6	317
7	318
8	315
9	315
10	313
Total de material (mm)	315,1
Error	0,050333333
Error (%)	5,03333333

Cálculo del error absoluto en longitud de corte. Elaborado por: Christian Proaño

#### 4.6 Ensayo 4

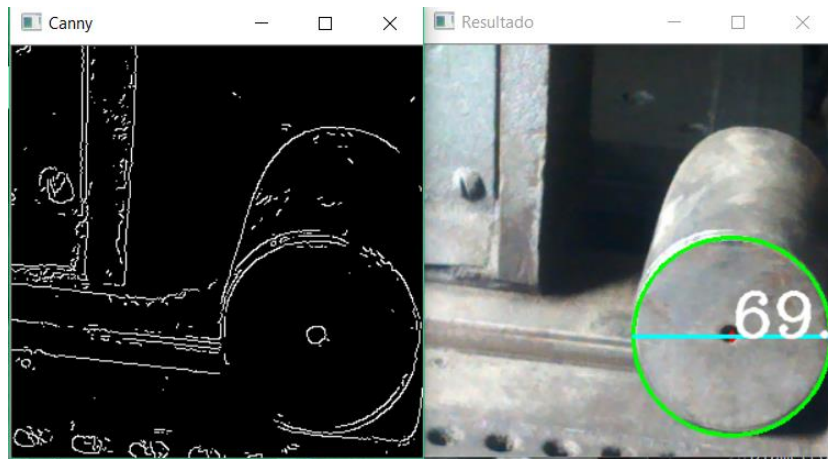
En esta parte del proceso se obtuvieron los resultados en la medición de materiales de diferente diámetro aplicando visión artificial. El diámetro del material para la prueba 1 mediante el uso de un calibrador es de 70 milímetros. El valor del diámetro obtenido aplicando visión artificial es de 69.05 milímetros, el margen de error en la medición es del 1.35%.

Figura 4.5 Imagen original del acero de 70mm



Imagen original de un acero de 70 milímetros de diámetro. Elaborado por: Christian Proaño

Figura 4.6 Medición 1 del diámetro aplicando visión artificial



Medición del diámetro del material de 70 milímetros. Elaborado por: Christian Proaño

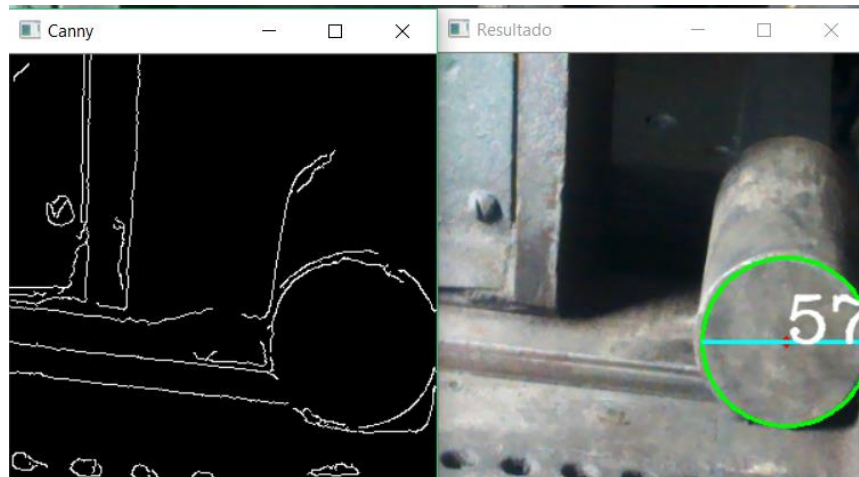
El diámetro del material para la prueba 2 mediante el uso de un calibrador es de 60 milímetros. El valor del diámetro obtenido aplicando visión artificial es de 57.34 milímetros, el margen de error en la medición es del 4.41%.

Figura 4.7 Imagen original del acero de 60mm



Imagen original de un acero de 60 milímetros de diámetro. Elaborado por: Christian Proaño

Figura 4.8 Medición del diámetro aplicando visión artificial



Medición del diámetro del material de 60 milímetros. Elaborado por: Christian Proaño

Los valores exportados se almacenan en la raíz de la carpeta donde se encuentra el programa, cada corte se almacena con las medidas del material, fecha y hora de corte.

Figura 4.9 Datos exportados

```
Datos1.txt
1 Diámetro del materia cortado :222 Fecha: 22/06/18 Hora: 07:15:26
2 Diámetro del materia cortado :212 Fecha: 22/06/18 Hora: 07:33:56
3 Diámetro del materia cortado :258 Fecha: 22/06/18 Hora: 07:52:10
4 Diámetro del materia cortado :238 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:26:20
5 Diámetro del materia cortado :220 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:26:37
6 Diámetro del materia cortado :224 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:27:03
7 Diámetro del materia cortado :224 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:27:39
8 Diámetro del materia cortado :142 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:27:54
9 Diámetro del materia cortado :232 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:28:07
10 Diámetro del materia cortado :96 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:28:17
11 Diámetro del materia cortado :76 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:28:37
12 Diámetro del materia cortado :68 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:29:00
13 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:29:32
14 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:29:47
15 Diámetro del materia cortado :100 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:30:00
16 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:30:35
17 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:30:50
18 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:31:04
19 Diámetro del materia cortado :168 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:31:23
20 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:31:40
21 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:31:51
22 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:32:08
23 Diámetro del materia cortado :202 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:32:40
24 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:32:54
25 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:33:12
26 Diámetro del materia cortado :0 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:33:24
27 Diámetro del materia cortado :170 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:33:38
28 Diámetro del materia cortado :132 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:34:25
29 Diámetro del materia cortado :132 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:34:45
30 Diámetro del materia cortado :142 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:34:51
31 Diámetro del materia cortado :248 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:35:03
32 Diámetro del materia cortado :248 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:36:14
33 Diámetro del materia cortado :118 Fecha: 25/06/18 Hora: 03:37:15
```

Registro de datos exportados en formato de texto. Elaborado por: Christian Proaño

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la automatización del proceso de medición y corte en la Empresa IIP mediante el uso de un controlador y un HMI para el funcionamiento de la cortadora KASTO EBS 320 AU permitió reducir los tiempos de corte y garantizar un bajo margen de error en la medición por corte secuencial.

Se realizó la caracterización de la máquina cortadora de vaivén para proceder a retirar los elementos electromecánicos innecesarios; se comprobó independientemente el correcto funcionamiento de los elementos que conforman el nuevo diseño para proceder con la implementación del controlador.

Se desarrolló un sistema automatizado para la secuencia de refrigeración y cambio de velocidad mediante el uso de un sensor Sharp con el fin de obtener la distancia desde un punto referencial hasta la prensa y según la medida definir la velocidad de corte y el intervalo de tiempo de refrigeración, los intervalos de refrigeración establecidos se encuentran en la Tabla 4.1.

Al implementar el diseño de la medición del diámetro del material aplicando visión artificial se logró obtener el diámetro del material con un margen de error por debajo del 5 %, se elaboró un registro del material cortado en un documento de texto para facilitar el inventariado en la empresa.

Se elaboró un manual de operación que indica el procedimiento para la puesta en marcha de la cortadora de vaivén marca KASTO EBS 320 AU, indicando las funciones del panel táctil y los posibles fallos que pueden ocurrir durante el proceso de corte, el manual de operaciones se observa en el Anexo 3.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar, periódicamente, un mantenimiento preventivo y correctivo trimestral debido a la antigüedad de la cortadora. Es necesario una revisión de estado de los sensores y actuadores al momento de realizar múltiples cortes. Esto con el fin de evitar daños en la cortadora a largo plazo.

Se recomienda dar mantenimiento a la bomba de refrigeración debido a que las paletas se encuentran desgastadas y es necesario reemplazar la misma para evitar un sobre esfuerzo en la bomba.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertol, J. (2017). *Técnicas básicas de mecanizado*. Obtenido de [http://www.macmillan.es/catalogo/formacion\\_profesional/castellano/fp\\_grad\\_o\\_medio/vehiculos/mecanizado\\_basico/download/mecanizado\\_basico\\_unit5](http://www.macmillan.es/catalogo/formacion_profesional/castellano/fp_grad_o_medio/vehiculos/mecanizado_basico/download/mecanizado_basico_unit5).
- Centro Integrado Politécnico . (2017). *Célula de Fabricación Flexible ETI*. Obtenido de <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>
- ITEAD. (3 de 03 de 2017). *NX8048T070*. Obtenido de <https://www.itead.cc/wiki/NX8048T070>
- KASTO. (2018). *KASTOpsb 4*. Obtenido de <https://www.kasto.com/en/products/sawing-machines/sawing-machines-detail-page/kastopsb-4.html>
- OpenCV. (10 de 11 de 2014). *Hough Circle Transform*. Obtenido de [https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/hough\\_circle/hough\\_circle.html](https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/hough_circle/hough_circle.html)
- OpenCV. (2018). Obtenido de <https://opencv.org>
- Passion-Usinages. (02 de 11 de 2010). *Kasto EBS 320 & EBS 340 AU*. Obtenido de <http://passion-usinages.forumgratuit.org/t4653-kasto-eps-320-eps-340-au>
- Pelandintecno. (15 de Noviembre de 2011). *Máquinas y Mecanismos*. Obtenido de <http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfelixmuriel/system/files/M%C3%A1quinas%20y%20mecanismos.pdf>
- proha maschinen. (2018). *Kasto EBS 320 AU*. Obtenido de <https://proha-maschinen.de/wp-content/uploads/druck/kasto-eps-320-au-v2.pdf>
- Pypi. (2018). *Projects*. Obtenido de <https://pypi.org/>
- Starrett. (02 de 2017). *LÁMINAS DE SIERRA DE CINTA / METALES*. Obtenido de <http://www.starrett.com.br/catalogo-laminas-de-sierra-de-cinta-metales/files/assets/common/downloads/catalogo-laminas-de-sierra-de-cinta-metales.pdf>

Torres Santos, E. R., & Vásquez Galarza, C. V. (2002). *Construcción de un módulo didáctico de control de temperatura mediante PLC*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11787>

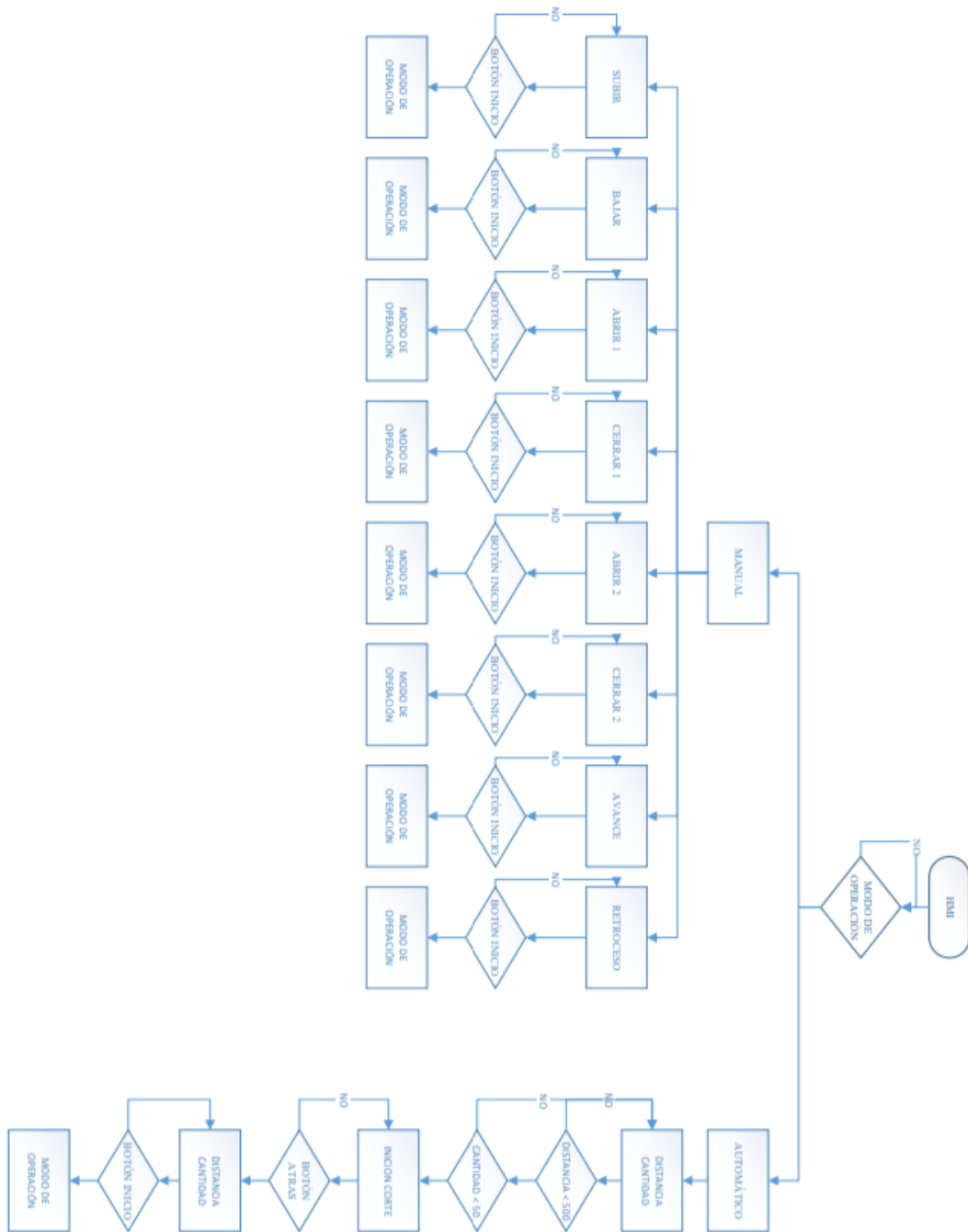
Workshopping. (2017). *Power Hacksaw*. Obtenido de [http://www.workshopping.co.uk/files/SM18-1\\_V2.pdf](http://www.workshopping.co.uk/files/SM18-1_V2.pdf)

Xataka. (14 de 03 de 2018). *Raspberry Pi 3 Model B+*. Obtenido de <https://www.xataka.com/ordenadores/llega-la-nueva-raspberry-pi-3-model-b-mismo-precio-pero-mas-velocidad-y-wifi-de-doble-banda>



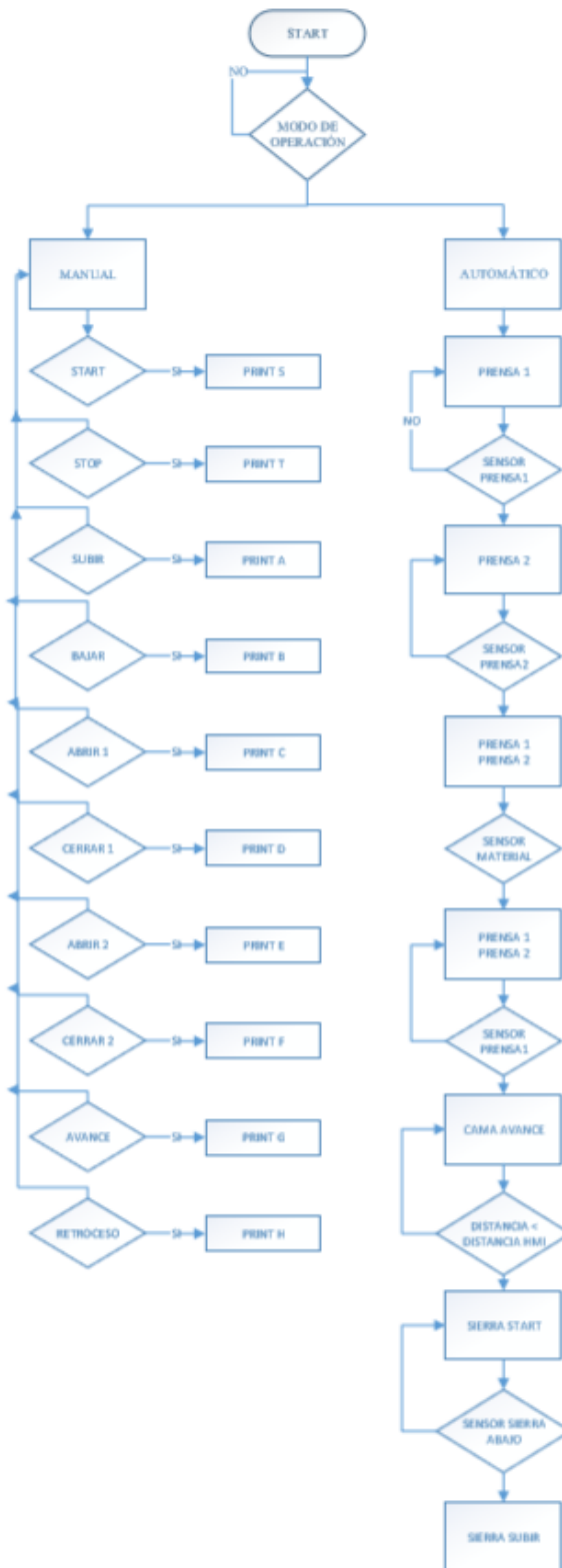
## **ANEXOS**

# Anexo 1: Diagrama de flujo del HMI



Elaborado por: Christian Proaño

## Anexo 2: Diagrama de la programación Arduino



Elaborado por: Christian Proaño

### **Anexo 3: Manual de operación**

En esta guía se detalla el manual de operación de la cortadora marca KASTO EBS 320 AU, a continuación, se describe el proceso de encendido de la misma.

- a) Verificar que el cable de alimentación principal se encuentre conectado a la red trifásica del tomacorriente. La máquina cuenta con un breaker general en la parte frontal de la cortadora, el cual suministra energía eléctrica a todos los sensores y actuadores de esta.
- b) Se debe verificar que se encuentre el interruptor principal se encuentre activado y la velocidad no se encuentre en cero.
- c) El tablero de control cuenta con interruptor de emergencia el cual sirve para detener la cortadora en caso de exista algún fallo antes o durante el proceso de corte. Para que opere con normalidad el interruptor debe ser girado hacia la derecha hasta enclavarse en el número “1”.
- d) En el tablero de control se encuentra también un panel táctil que permite la visualización y el accionamiento de los sensores y actuadores.

Al momento de encender la cortadora de vaivén, en el panel táctil se puede visualizar en logotipo de la empresa:



Entrando al modo de operación manual se puede visualizar el estado de los sensores y accionar de forma independiente los actuadores.

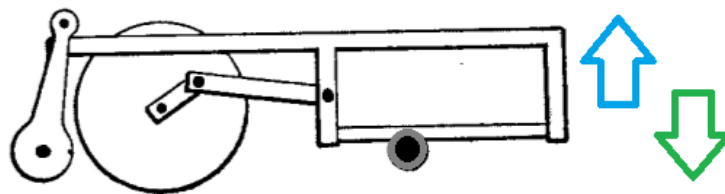
Para cortes de materiales especiales se debe proceder de forma manual, para que las prensas sujeten al material, de lo contrario al tener una superficie irregular en modo automático podría ocasionar daños la hoja de sierra al no sujetar de forma correcta.

Los elementos que conforman en modo de operación se muestran a continuación:

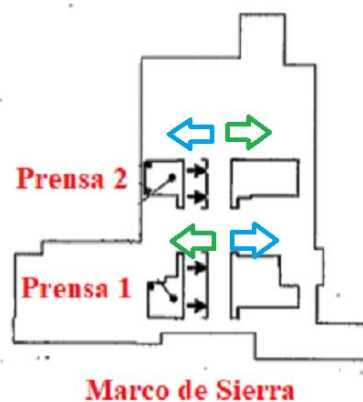


En la parte izquierda del panel se visualiza el estado de todos los sensores. A la derecha del panel se puede comandar mediante botones cada uno de los actuadores, mientras se mantiene pulsado el botón activara la opción hasta que se deje de presionar o hasta que se accione el final de carrera.

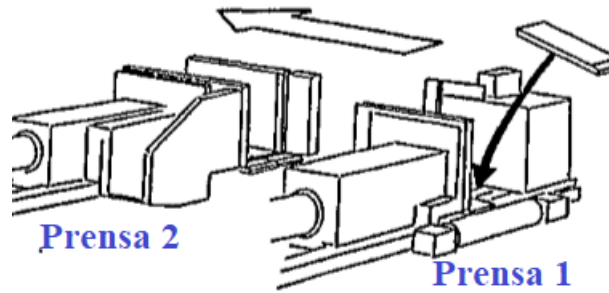
Mediante el accionamiento del botón “SUBIR” o “BAJAR”, la sierra tendrá un desplazamiento ascendente o descendente.



Se puede accionar el avance o retroceso de forma independiente para ambas prensas, con el fin de inmovilizar el material.



La cortadora cuenta con una cama que puede desplazarse de forma horizontal, para acercar o alejar el material a la sierra.



Con el botón “START” se da inicio al corte, una vez iniciado el corte se encuentran desactivados los actuadores con el fin de brindar mayor seguridad a los componentes de la cortadora. Una vez finalizado el corte, automáticamente la cortadora sube el arco de sierra hasta llegar al tope ubicado en la parte superior del arco.

Mediante el accionamiento del botón “STOP” es posible detener el corte.

En el modo de operación “AUTOMÁTICO”, se ingresa únicamente los siguientes parámetros:

◀

Ingreso Medida (mm): 0

Ingreso Cantidad: 0

n0 0
 b1 Guardar
b2 Borrar

n1 0

El valor de la medida de corte mínima es de 20 mm mientras que la medida de corte máxima no debe ser superior a 500 mm. La cantidad de piezas a cortar debe ser mayor a cero y menor a 50.

Si los valores están fuera de rango direcciona a una ventana que indica que parámetro esta fuera de rango.



Distancia máxima de corte 500 mm

Cantidad máxima de piezas 50

Si los valores están dentro del rango se direcciona a una ventana de verificación en donde se visualizan los parámetros previamente establecidos y se procede a iniciar el corte secuencial.



Verificar

Medida a cortar (mm):

Cantidad de piezas:

Corte





Material

Fin Cama  Sierra Arriba  Entenalla 2

Inicio Cama  Sierra Abajo  Entenalla 1

NOTA: Previo a realizar el corte por medio del modo automático se debe verificar si existe refrigerante en el depósito de la sierra.

A continuación, se expresa ciertos problemas que se presentan en la hoja de sierra con la respectiva causa y posible solución.

Problema		Causa	Posible Solución
Quiebre de la hoja		Tensado en la sierra excesivo	Ajustar el tensado de la hoja
		Fluido de corte incorrecto	Verificar las condiciones térmicas del material
		Velocidad de corte excesiva	Reducir la presión de avance
Corte sin precisión		Hoja desgastada	Cambiar la hoja
		Dentado inadecuado	Verificar el tipo ed material a cortar
		Refrigeración incorrecta	Direccionar la válvula a la zona de corte
Desvio del corte		Avance de corte excesivo	Ajustar válvula de presión del hidráulico de la sierra
		Tensado insuficiente	Ajustar la hoja de sierra
		Guías de ajuste sueltas	Ajustar o reemplazar las guías
Quiebre de los dientes		Presión de avance alta	Ajustar válvula de presión del hidráulico de la sierra
		Refrigeración insuficiente	Ajustar la válvula de refrigerante
		Dentado inadecuado	Verificar la dureza del material