

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA CNC PARA LA FABRICACIÓN
DE ROSCAS PERSONALIZADAS CON CONTROL DE CALIDAD
UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL**

**AUTORES:
EDWIN DAVID LOZA GARZÓN
GIOVANNY FABIÁN VERGARA CUMBAL**

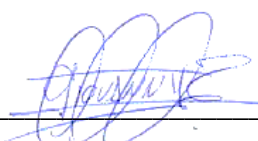
**TUTOR:
JOSÉ ALCIDES RUMIPAMBA LÓPEZ**

Quito, julio del 2018

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros Giovanni Fabián Vergara Cumbal y Edwin David Loza Garzón, con cédula de identidad N° 1718050261 y N° 1723518377, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación titulado: “AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA CNC PARA LA FABRICACIÓN DE ROSCAS PERSONALIZADAS CON CONTROL DE CALIDAD UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, 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 nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Giovanny Fabián Vergara Cumbal
CI. 1718050261



Edwin David Loza Garzón
CI. 1723518377

Quito, julio 2018

CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, “AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA CNC PARA LA FABRICACIÓN DE ROSCAS PERSONALIZADAS CON CONTROL DE CALIDAD UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL” realizado por Giovanny Fabián Vergara Cumbal y Edwin David Loza Garzón, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, julio 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Alcides Rumipamba López', is positioned above a horizontal line.

José Alcides Rumipamba López
C.I.: 1803854353

DEDICATORIA

Dedicamos el presente proyecto primero, a DIOS por darnos la Fortaleza, la Sabiduría y la salud para ir día a día superándonos como seres humanos y luego como grandes profesionales; segundo, agradecemos a nuestros padres por brindarnos el apoyo incondicional durante estos años de estudio confiando en nosotros para ser personas exitosas, culminando de la mejor manera este proyecto y lograr finalizar la carrera de tercer nivel.

Giovanny Vergara

David Loza

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro tutor del proyecto de titulación, el ingeniero José Rumipamba por los conocimientos compartidos y los consejos dados durante todo el proceso en el cual se fue desarrollando el proyecto.

Por otra parte, también agradecemos a todas las personas que aportaron con un granito de arena para que este proyecto sea culminado con éxito para el bien común y para el desarrollo futuro de nuestra Patria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Problema de estudio	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	1
1.3.1 Objetivo General	1
1.3.2 Objetivos Específicos.....	1
1.4 Metodología.....	2
1.5 Beneficiarios.....	3
CAPÍTULO 2.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1 Máquina Torno CNC.....	4
2.2 Control Numérico por Computadora.....	5
2.2.1 Beneficios de un Control Numérico.....	5
2.3 Fuente de Alimentación.....	5
2.3.1 Fuentes Lineales.....	6
2.3.2 Fuentes Conmutadas	6

2.4	Driver para control de Motores pasó a paso	6
2.4.1	Driver A4988	7
2.4.1.1	Esquema del Driver A4988.....	7
2.4.2	Driver DRV8825	8
2.4.2.1	<i>Esquema del Driver DRV8825</i>	9
2.5	Motor pasó a paso.....	9
2.5.1	Reluctancia Variable	10
2.5.2	Imán Permanente.....	10
2.5.2.1	<i>Bipolar</i>	11
2.5.2.2	<i>Unipolar</i>	11
2.5.3	Híbrido	12
2.6	Motor DC	12
2.6.1	Motor de Imanes Permanentes	13
2.6.2	Motor de excitación independiente	13
2.6.3	Motor Shunt o en derivación.....	14
2.7	Caja Reductora	14
2.8	Arduino.....	15
2.8.1	Características del Arduino Mega 2560.....	15
2.9	Interfaz Gráfica.....	16
2.9.1	Software LabVIEW.....	17
2.10	Visión Artificial.....	17
2.10.1	Cámara Web.....	18
2.11	Herramienta de Corte	19
2.11.1	Acero al carbono	19
2.11.2	Acero Rápido	19
2.11.3	Carburo cementado o metal Duro	19
2.11.4	Cermet.....	20

2.11.5	Cerámica	20
2.12	Materiales utilizados en Máquina CNC	20
CAPÍTULO 3.....		21
DISEÑO DEL PROYECTO		21
3.1	Caracterización de la máquina CNC	21
3.1.1	Selección de los motores paso a paso para los ejes X, Y.....	21
3.1.2	Selección del Motor DC.....	23
3.1.3	Selección de caja reductora.....	24
3.2	Driver A4988.....	24
3.2.1	Calibración del Driver A4988.....	24
3.3	Configuración general para el desarrollo de las roscas	26
3.4	Diseño de la parte electrónica y eléctrica de la máquina CNC	27
3.4.1	Arquitectura de conexión driver A4988.....	27
3.4.2	Diagrama de proceso del Arduino para el control de los motores	28
3.4.3	Simulación del circuito	29
3.4.4	Fabricación de la placa.....	30
3.4.5	Placa terminada para el control de los motores.....	31
3.5	Desarrollo de la Interfaz	32
3.5.1	Diagrama de procesos para la interfaz gráfica	32
3.5.2	Comunicación entre Software LabVIEW y el controlador Arduino....	33
3.5.3	Configuración de opciones para la fabricación de las roscas.....	34
3.5.3.1	<i>Diámetro de la rosca</i>	35
3.5.3.2	<i>Distancia de espiras</i>	36
3.5.3.3	<i>Tamaño de rosca</i>	36
3.5.3.4	<i>Diseño de la rosca</i>	37
3.5.3.5	<i>Configuración del menú de opciones</i>	38
3.6	Control de calidad en el desarrollo de las roscas.....	40

3.6.1	Calibración de Imagen	41
3.6.2	Calibración del tamaño de la rosca	44
3.6.3	Calibración del diametro	46
3.6.4	Finalización de la calibración.....	47
CAPÍTULO 4	.....	49
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS	.....	49
4.1	Implementación de los elementos en la máquina CNC.....	49
4.1.1	Ubicación de los motores	49
4.1.2	Acople de la shield con Arduino	50
4.1.3	Alimentación	50
4.2	Interfaz Gráfica.....	51
4.2.1	Control de calidad	51
4.3	Proyecto terminado.....	52
4.4	Pruebas	53
4.5	Resultados	60
CONCLUSIONES	.....	61
RECOMENDACIONES	.....	62
REFERENCIAS	.....	63
ANEXO		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Torno CNC	4
Figura 2.2 Fuente de Alimentación	5
Figura 2.3 Driver A4988 Forma Física	7
Figura 2.4 Driver A4988	8
Figura 2.5 Driver DRV8825 Forma Física	8
Figura 2.6 Driver DRV8825	9
Figura 2.7 Reluctancia Variable.....	10
Figura 2.8 Rotor	10
Figura 2.9 Estator	11
Figura 2.10 Motor Imán permanente bipolar	11
Figura 2.11 Motor Imán permanente unipolar	12
Figura 2.12 Motores Híbridos	12
Figura 2.13 Motor DC.....	13
Figura 2.14 Motor de imanes permanentes	13
Figura 2.15 Motor de excitación independiente.....	14
Figura 2.16 Motor Shunt.....	14
Figura 2.17 Caja reductora.....	15
Figura 2.18 Tarjeta Arduino.....	15
Figura 2.19 Software LabVIEW	17
Figura 2.20 Conexión visión artificial	18
Figura 2.21 Cámara web	18
Figura 2.22 Útil de corte	19
Figura 3.1 Motor paso a paso.....	21
Figura 3.2 Motor DC.....	23
Figura 3.3 Driver A4988.....	25

Figura 3.4 Resistencias SMD	25
Figura 3.5 Calibración del driver A4988	26
Figura 3.6 Componentes en visión artificial	27
Figura 3.7 Conexión del driver A4988	27
Figura 3.8 Diseño de la parte electrónica	28
Figura 3.9 Proceso en la fabricación de la rosca	29
Figura 3.10 Diseño del circuito electrónico	30
Figura 3.11 Visualización del PCB layout	30
Figura 3.12 Fabricación de pistas	31
Figura 3.13 Colocación de elementos en la placa	32
Figura 3.14 Proceso del desarrollo de la interfaz gráfica	32
Figura 3.15 Icono NI VISA	33
Figura 3.16 VISA Configure serial port	34
Figura 3.17 VISA resource name	34
Figura 3.18 Conexión para comunicación	34
Figura 3.19 Radio buttons	35
Figura 3.20 Menú de opciones del diámetro	35
Figura 3.21 Diámetros	35
Figura 3.22 Menú de opciones de la distancia de espiras	36
Figura 3.23 Distancia	36
Figura 3.24 Menú de opciones del tamaño de rosca	37
Figura 3.25 Tamaño	37
Figura 3.26 Menú de opciones del diseño de la rosca	37
Figura 3.27 Estructura de casos	38
Figura 3.28 Concatenate string	39
Figura 3.29 VISA Write	39

Figura 3.30 Interfaz gráfica de menús.....	39
Figura 3.31 Vision acquisition	40
Figura 3.32 Vision assistant	40
Figura 3.33 Imagen obtenida mediante la cámara web.....	41
Figura 3.34 Opción point coordinates calibration.....	42
Figura 3.35 Selección de escenario	42
Figura 3.36 Puntos de referencia.....	43
Figura 3.37 Finalización de calibración de referencias.....	43
Figura 3.38 Guardado de calibración	44
Figura 3.39 Configuración para tamaño de rosca	44
Figura 3.40 Calibración de distancia.....	45
Figura 3.41 Calibración de distancia en punto cero.....	45
Figura 3.42 Configuración de diámetro	46
Figura 3.43 Configuración de diámetro	46
Figura 3.44 Representación de los bits	47
Figura 3.45 Configuración de bloques vision	47
Figura 3.46 Indicadores en interfaz.....	48
Figura 3.47 Interfaz gráfica.....	48
Figura 4.1 Colocación de elementos eléctricos y electrónicos	49
Figura 4.2 Ubicación de la placa shield	50
Figura 4.3 Fuente de 24V DC y 7.5A	50
Figura 4.4 Interfaz gráfica principal.....	51
Figura 4.5 Visión artificial	52
Figura 4.6 Componentes del proyecto	52
Figura 4.7 Primera prueba realizada en máquina CNC (incorrecta).....	53
Figura 4.8 Gráfica del tamaño de rosca	54

Figura 4.9 Gráfica del diámetro de la pieza	54
Figura 4.10 Gráfica del paso de las espiras	55
Figura 4.11 Gráficas de la verificación	55
Figura 4.12 Primera prueba realizada en máquina CNC (correcta)	57
Figura 4.13 Gráfica del tamaño de rosca	58
Figura 4.14 Gráfica del diámetro de la pieza	58
Figura 4.15 Gráfica del paso entre espiras	58
Figura 4.16 Gráfica de verificación	59
Figura 4.17 Pieza 2cm de tamaño diseño 1	60
Figura 4.18 Pieza 5cm de tamaño diseño 1	60
Figura 4.19 Pieza terminada diseño 2	60
Figura 4.20 Pieza 2 cm terminado diseño 1	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Fuente lineal	6
Tabla 2.2 Características A4988	7
Tabla 2.3 Características DRV8825	8
Tabla 2.4 Características Arduino Mega 2560	16
Tabla 2.5 Materiales	20
Tabla 3.1 Número de pasos por vuelta de varios motores pasó a paso	22
Tabla 3.2 Secuencia de paso completo doble de los motores unipolares	22
Tabla 3.3 Relación de la caja reductora	24
Tabla 4.1 Medidas de la pieza 1	53
Tabla 4.2 Valores obtenidos pieza 1	54
Tabla 4.3 Medidas de la pieza 2	56
Tabla 4.4 Valores obtenidos pieza 2	57

RESUMEN

Las máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) en la actualidad son de gran ayuda en pequeñas y grandes industrias, talleres de todo tipo tanto de mediana o pequeña relevancia por el hecho de facilitar y simplificar el trabajo a los usuarios y operadores que necesitan de ellas para realizar distintos trabajos.

Ahora se cuenta con la ayuda de un control numérico computarizado que en otras palabras es el uso de una computadora que controla y monitorea los movimientos de las herramientas que posee una máquina ya sean estas portátiles o de bancada, por ejemplo: torno, fresadoras, rectificadoras, prensa, brazo robotizado, corte por láser, etc.

Se debe recalcar que existen distintos tipos de máquinas en la industria, pueden ser estas robustas o de menor exigencia, las primeras disponen de un sofisticado sistema de realimentación para la ejecución de los motores en la velocidad y posición, las segundas se pueden controlar con una computadora de uso personal externa que trabajan en conjunto con una gran variedad de motores paso a paso, servomotores y componentes de accionamiento para desplazar cada uno de los ejes y ejecutar los movimientos necesarios para su ejecución.

Nuestro proyecto se ve enfocado en la automatización de una máquina CNC con la finalidad de obtener distintos tipos de roscas en dos diámetros diferentes realizadas en un material liviano, por ejemplo: nylon, grilon, teflón, plástico que por sus características de duración sumamente altas son utilizadas en la elaboración de cualquier tarea. Además, se desarrolló una interfaz gráfica con la ayuda del software LabVIEW que permite seleccionar el diseño de la rosca, longitud de la rosca, tamaño del diámetro de la pieza y el paso de espira a espira, también se implementó para la verificación de la pieza un control de calidad utilizando visión artificial que indica si la pieza es correcta o incorrecta, mostrando en la interfaz la longitud de la rosca y su diámetro.

ABSTRACT

The CNC machines (Computerized Numerical Control) are currently of great help in small and large industries, workshops of all kinds of medium or small relevance for the fact of facilitating and simplifying the work to users and operators who need them to perform different jobs.

Now it has the help of a computerized numerical control which in other words is the use of a computer that controls and monitors the movements of the tools that have a machine whether they are portable or bench, for example: lathe, milling machines, grinders, press, robotic arm, laser cutting, etc.

It should be emphasized that there are different types of machines in the industry, they can be robust or less demanding, the former have a sophisticated feedback system for the execution of the motors in speed and position, the latter can be controlled with an external personal computer that work in conjunction with a variety of stepper motors, servomotors and drive components to move each of the axes and execute the necessary movements for execution.

Our project is focused on the automation of a CNC machine with the purpose of obtaining different types of threads in two different diameters made in a light material, for example: nylon, grilon, Teflon, plastic that due to its extremely high duration characteristics are used in the preparation of any task. In addition, a graphical interface was developed with the help of LabVIEW software that allows to select the thread design, thread length, size of the piece diameter and the passage from turn to turn, was also implemented for the verification of the piece quality control using artificial vision that indicates if the piece is correct or incorrect, showing in the interface the length of the thread and its diameter.

INTRODUCCIÓN

Poco a poco las grandes industrias, talleres electromecánicos de grande o pequeña escala están optando por la automatización de su maquinaria con el objetivo de obtener equipos sofisticados que puedan brindar su optimización de tiempo de entrega, alta calidad y con el menor error en su trabajo final. (Mena Lopez, 2013).

Hace unas décadas atrás las industrias contaban con grandes demandas de producción lo cual no solo exigía enormes dotaciones de obreros para realizar las tareas industriales, sino también que afectaba la calidad, precisión y el tiempo de entrega, siendo estos la principal causa para encarecer los costos y disminuir la producción. Con el pasar del tiempo y el avance de la tecnología esto fue cambiando tomando grandes impulsos hacia la automatización es decir implementar diseños de máquinas que puedan ser programadas para realizar automáticamente todas las tareas manuales que se efectuaban mediante los operarios.

Para cumplir nuestro propósito en el tema de este proyecto de titulación se lo ha dividido capitularmente de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se describe el problema de estudio, justificación, objetivos a cumplir del proyecto, la metodología del proyecto y beneficiarios del presente proyecto.

En el capítulo 2 contiene información del marco teórico de todos los elementos y softwares de la máquina CNC, dando mayor énfasis a la parte eléctrica y electrónica.

En el capítulo 3 se describe paso a paso todo el desarrollo, la implementación, el diseño de la máquina CNC para su automatización, también se detalla los pasos de la interfaz en el software LabVIEW y el método del control de calidad mediante la visión artificial.

En el capítulo 4 se muestra las pruebas y resultados de cada sistema implementado, eléctrico, electrónico, interfaz, visión artificial de la máquina CNC.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En este primer capítulo se describe el problema de estudio, justificación, objetivos a cumplir del proyecto, la metodología del proyecto y beneficiarios del proyecto.

1.1 Problema de estudio

En la actualidad las grandes industrias, talleres de toda índole, cuentan con un solo tipo de rosca estándar que son propias de ellas, por lo cual es muy complicado encontrar un repuesto que dé solución a un problema. Teniendo en cuenta que la mayoría de empresas poseen máquinas que son fabricadas en otros países, su adquisición tarda demasiado tiempo y a un costo muy elevado por el mismo hecho que el fabricante no realiza solo el repuesto dañado, sino todo el módulo que compone la máquina. Como se sabe, en una empresa no se puede detener un proceso por mucho tiempo ya que representa una gran pérdida económica por no cumplir con la demanda que existe en el mercado.

1.2 Justificación

El contar con una máquina CNC para realizar roscas personalizadas de diferentes diámetros y diseños es de suma importancia, debido a la demora que existe en fabricar una de ellas y la cantidad de recursos para su elaboración. Por esta razón, se desea automatizar una máquina CNC que permita a las industrias obtener roscas en menor tiempo y a un costo no muy elevado. Para garantizar el trabajo en la fabricación de la rosca se cuenta con un control de calidad en base a visión artificial.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Automatizar una máquina CNC que permita obtener roscas personalizadas de acuerdo a la necesidad del usuario con control de calidad mediante visión artificial.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la máquina CNC para la determinación de las variables a controlar.

- Diseñar la parte eléctrica y electrónica de la máquina CNC para que realice roscas personalizadas de acuerdo a la necesidad del usuario.
- Implementar el sistema diseñado en la máquina CNC para la obtención de diferentes tipos de roscas.
- Desarrollar un algoritmo para el control de calidad que deseche piezas mal hechas utilizando visión artificial.
- Verificar el funcionamiento de la máquina CNC implementada mediante pruebas y resultados.

1.4 Metodología

- Analizar los diferentes tipos de máquinas CNC en el desarrollo de roscas mediante investigación y conceptos.
- Utilizar el método lógico y analítico sobre información de programación de dispositivos electrónicos para realizar el control de la máquina CNC.
- Comprender el funcionamiento del motor pasó a paso y Motores DC en el desarrollo de la máquina CNC para una mejor precisión al realizar la rosca.
- Desarrollar un Software que permita diseñar distintos tipos de roscas.
- Implementar una interfaz gráfica para seleccionar el diseño, diámetro y longitud de la rosca.
- Analizar los temas que se involucran con la plataforma arduino para crear un algoritmo el cual nos permita controlar de manera adecuada la máquina CNC. Esto mediante la lectura y el análisis de artículos científicos publicados internacionalmente como la IEEE Explorer para poder ejercer un método deductivo que nos ayude en la comprensión del tema.
- Analizar temas que involucran el uso de la visión artificial mediante LabView y una cámara Web para el proceso de control de calidad.

1.5 Beneficiarios

Los beneficiarios de este proyecto técnico son las industrias que no cuentan con la automatización de un torno, los talleres electromecánicos, las constructoras de viviendas con estructuras metálicas, ferreterías, mecánicas y sin duda alguna a los trabajadores y operarios de las diferentes industrias ya que facilitarán su trabajo con un mejor acabado en menos tiempo.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Máquina Torno CNC

Es una máquina que se opera con la ayuda de un control numérico de un computador, los tornos realizan movimientos como giros y de taladrado. Permiten realizar cortes en forma horizontal, vertical y curva. Ayuda a realizar de forma inmediata y precisa en el desarrollo de piezas. (Felipe, 2011).

Figura 2.1 Torno CNC



Forma física de un torno CNC, Fuente: (CMZ, 2018).

El útil de corte se desplaza entre los ejes (X, Y, Z) y la pieza que se va a dar forma se encuentra girando, de esa forma se obtiene una pieza simétrica y sin errores. El útil de corte puede variar según el material que se coloque en el torno. (Felipe, 2011).

El torno CNC se conforma por tres partes:

- **Motor y Cabezal Principal:** Es donde se coloca la pieza a ser moldeada realizando giros. Está conformado de un motor de corriente continua con un gran torque.
- **Portaherramientas:** Puede tener hasta 20 útiles de corte que según las instrucciones enviados del controlador van cambiando.
- **UCP:** Es donde se generan las ordenes o instrucciones que generalmente sería un microcontrolador.

2.2 Control Numérico por Computadora

Las CNC permiten el control de movimientos de la herramienta la cual fue asignada para realizar un trabajo específico. Existen varias máquinas que trabajan con este tipo de control como son: fresadoras, cortadoras con láser, tornos, brazos robóticos, estampadoras y otros. Este control ayuda a establecer posiciones y velocidades de la herramienta de forma automática. Los elementos importantes de una máquina CNC y que son controlados suelen ser servomotores y motores paso a paso. Los movimientos que realiza cada uno de los motores son comprendidos entre los ejes (X, Y, Z). Es importante tener un software que envíe las ordenes de cada uno de los movimientos a los elementos comprendidos en la máquina y de forma inmediata realizará el proceso asignado. (Ricardo, 2015)

2.2.1 Beneficios de un Control Numérico

- Se puede realizar el diseño de piezas muy complejas y con una mejor calidad.
- Trabaja con materiales o productos que pueden ser peligrosos.
- Los productos se fabrican con mayor rapidez y por tanto la producción es mayor en un menor tiempo.
- Elimina cualquier intervención humana.

2.3 Fuente de Alimentación

Es un elemento electrónico que convierte corriente alterna en una o varias corrientes continuas. Existen dos tipos de fuentes: Fuentes Lineales y Fuentes Conmutadas.

Figura 2.2 Fuente de Alimentación



Componente necesario para hacer funcionar varios dispositivos, Fuente: (SA, 2011)

2.3.1 Fuentes Lineales

Son dispositivos que dejan controlar el voltaje de salida ajustando ininterrumpidamente la caída de tensión en el elemento electrónico transistor de potencia unido en serie entre la entrada y la salida, quiere decir que la tensión de entrada debe ser superior a la de salida. En la tabla 2.1 se describe las ventajas y desventajas. (SA, 2011).

Tabla 2.1 Fuente lineal

Ventajas	Desventajas
Su diseño es muy sencillo ya que contiene pocos elementos.	Tiene baja eficiencia ya que contiene pocos componentes.
Es utilizado para que trabaje en bajas potencias y el valor de estos elementos es muy económico.	Por su baja eficiencia la energía se disipa en forma de calor.

Ventajas y Desventajas de las fuentes lineales, Fuente: (SA, 2011).

2.3.2 Fuentes Conmutadas

Para evitar la baja eficiencia estas fuentes utilizan transistores en la zona de corte y saturación, con esto se tiene corrientes y tensiones nulas, aumenta la frecuencia de corriente, esto depende del voltaje que maneje el país, al incrementar la frecuencia se evita perdidas y por tanto el diseño del transformador llega a ser más pequeño. (SA, 2011)

2.4 Driver para control de Motores pasó a paso

Los Drivers realizan el control de corriente y voltaje de los motores paso a paso, el beneficio de estos es proporcionar una protección entre la parte de control y los actuadores, con esto se evita dañar el controlador. (Llamas, 2018).

Existen varios drivers para el control de los motores paso a paso, en este caso se describirá dos de ellos: A4988 y DRV8825, estos se tomaron en cuenta para el desarrollo del proyecto. A continuación, se presenta tablas con sus respectivas características: (Llamas, 2018).

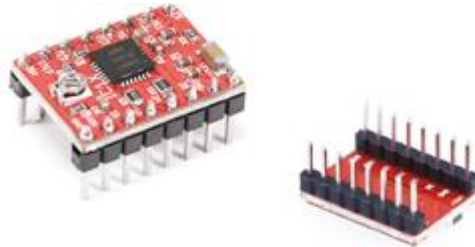
2.4.1 Driver A4988

Tabla 2.2 Características A4988

Modelo	A4988
Color	Verde o Rojo
Intensidad máxima	2A
Tensión máxima	35V
Microsteps	16
Rs Típico	0.05, 0.1 o 0.2
Fórmulas	$I_{max} = V_{ref} / (8 * R_s)$ $V_{ref} = I_{max} * 8 * R_s$

Características más relevantes del Driver A4988, Fuente: (Llamas, 2018).

Figura 2.3 Driver A4988 Forma Física

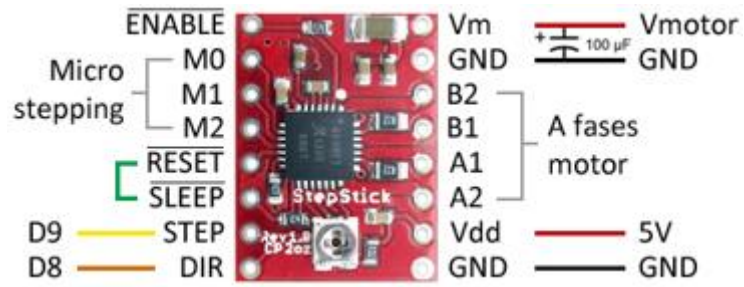


Driver A4988 para control de motor pasó a paso, Fuente: (Llamas, 2018) .

2.4.1.1 Esquema del Driver A4988

Para lograr realizar las conexiones entre el controlador y el driver es necesario saber la configuración y el esquema, como se muestra en la Figura 2.4.

Figura 2.4 Driver A4988



Esquema del Driver A4988, Fuente: (Llamas, 2018).

2.4.2 Driver DRV8825

Tabla 2.3 Características DRV8825

Modelo	DRV8825
Color	Morado
Intensidad máxima	2.5A
Tensión máxima	45V
Microsteps	32
Rs Típico	0.1
Fórmulas	$I_{max} = V_{ref} / (5 * R_s)$ $V_{ref} = I_{max} * 5 * R_s$

Características más relevantes del Driver DRV8825, Fuente: (Llamas, 2018).

Figura 2.5 Driver DRV8825 Forma Física

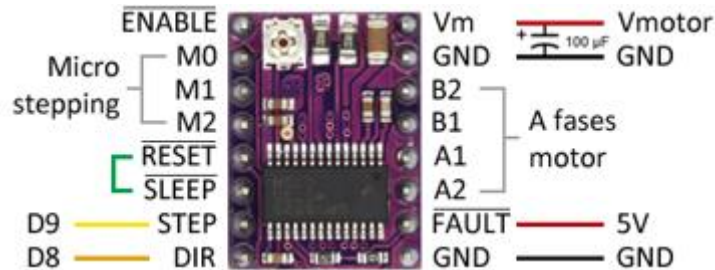


Forma física del Driver DRV8825, Fuente: (Llamas, 2018).

2.4.2.1 Esquema del Driver DRV8825

El Esquema del Driver DRV8825 es muy similar al driver A4988 y se lo presenta en la Figura 2.6.

Figura 2.6 Driver DRV8825



Configuración Esquema del Driver DRV8825, Fuente: (Llamas, 2018).

Estos drivers cumplen la misma función de control en los motores paso a paso, la diferencia que existe entre los dos es la tensión y corriente de trabajo, es decir: A4988 (35V, 2A) y el DVR8825 (45V, 2.5A), esto se observa en la tabla 2.1 y tabla 2.2. (Llamas, 2018).

2.5 Motor pasó a paso

El uso de motores paso a paso llega a ser una parte importante dentro de una máquina CNC, estos realizan la acción de movimiento en cada uno de los ejes (X, Y, Z).

Los motores paso a paso están diseñados por un rotor conformado por varios imanes permanentes y varias bobinas comprendiendo el estator. Para realizar el funcionamiento de las bobinas es necesario excitarlas mediante un controlador que genera pulsos y así el motor generara el movimiento. Los motores transforman pulsos eléctricos en desplazamientos angulares y son muy utilizados porque permite tener una mayor precisión en el desarrollo del trabajo. (Garcia Jose, 2017).

Hay varios tipos de motores paso a paso que son:

- Reluctancia Variable.
- Imán permanente.
- Híbrido.

2.5.1 Reluctancia Variable

El motor se encuentra conformado de tres bobinados, teniendo un punto en común, carecen de imanes permanentes permitiéndole con esto moverse libremente y son utilizados en trabajos que no necesitan ejercer una gran fuerza, con estos motores se puede lograr movimientos angulares más pequeños evitando incrementar indebidamente los bobinados. (Garcia Jose, 2017).

Figura 2.7 Reluctancia Variable

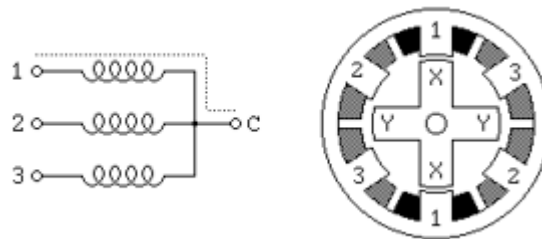


Diagrama de Motor pasó a paso Reluctancia variable, Fuente: (UTN, 2017).

2.5.2 Imán Permanente

Está formado de varios imanes permanentes en su rotor y algunas bobinas ubicadas en el estator, para accionar el motor es necesario tener un tipo de control externo, la Figura 2.8 y la 2.9 se muestra la forma del rotor y estator. (Garcia Jose, 2017).

Figura 2.8 Rotor



Forma del rotor, Fuente: (UTN, 2017).

Figura 2.9 Estator



Estator conformado de 4 Bobinas, Fuente: (UTN, 2017).

Los motores de imán permanente se clasifican en dos tipos:

- Bipolar
- Unipolar

2.5.2.1 *Bipolar*

Este tipo de motores comúnmente se encuentran formados de 4 cables en su salida, para realizar su control es necesario manejar el sentido del flujo de corriente aplicadas en las bobinas siguiendo un orden específico para que el motor pueda realizar movimientos. (Garcia Jose, 2017).

Figura 2.10 Motor Imán permanente bipolar

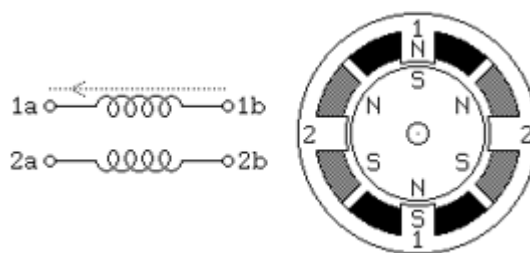


Diagrama de Motor de imán permanente Bipolar, Fuente: (UTN, 2017).

2.5.2.2 *Unipolar*

Suelen ser diseñados con 8, 6 o 5 cables en su salida, este tipo de motor es más sencillo al momento de realizar el control. (Garcia Jose, 2017).

Figura 2.11 Motor Imán permanente unipolar

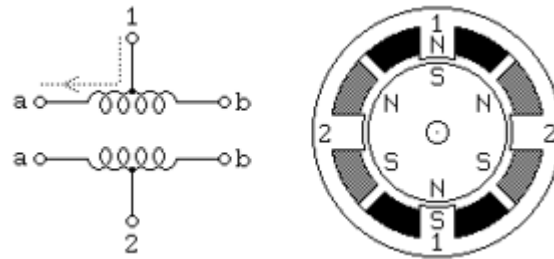
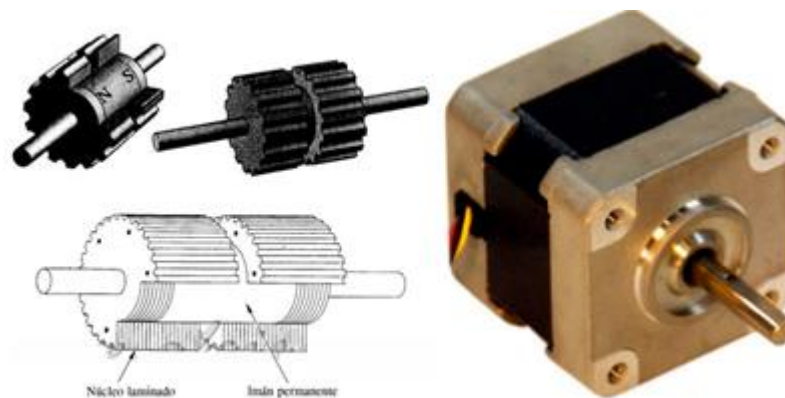


Diagrama de Motor de imán permanente Unipolar, Fuente: (UTN, 2017).

2.5.3 Híbrido

Es un motor paso a paso eléctrico, para hacerlo funcionar es necesario combinar los dos tipos de motores paso a paso como son el de reluctancia variable y el de imán permanente. (Garcia Jose, 2017).

Figura 2.12 Motores Híbridos



Estructura interna de un motor paso a paso híbrido, Fuente: (Phytron, 2018).

2.6 Motor DC

Este tipo de motor transforma la energía eléctrica en mecánica, generando movimientos rotatorios, se componen de dos partes que son: estator que se encarga del soporte mecánico del aparato y rotor donde se localizan los polos conformados por imanes permanentes o devanado de hilo de cobre ubicado en el núcleo comprendido de hierro. (Jurgen, 2011).

Figura 2.13 Motor DC



Motor DC con caja reductora elaborado, Fuente: (Andalucia, 2018).

Para realizar el movimiento del rotor depende mucho del sentido de la corriente que se le aplique, si se desea realizar un cambio de giro toca invertir el sentido del campo magnético. (Jurgen, 2011)

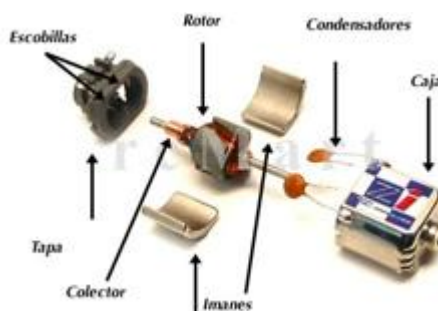
Tipo de motores de corriente continua:

- Motor de Imanes Permanentes.
- Motor de Excitación Independiente.
- Motor Shunt o en Derivación.

2.6.1 Motor de Imanes Permanentes

El flujo magnético es fijo y solo permite variar la corriente que se suministra en el motor, cuando realiza su giro no pierde estabilidad, por este motivo son utilizados en juguetes y en dispositivos de lectura de CD y DVD. (Jurgen, 2011).

Figura 2.14 Motor de imanes permanentes

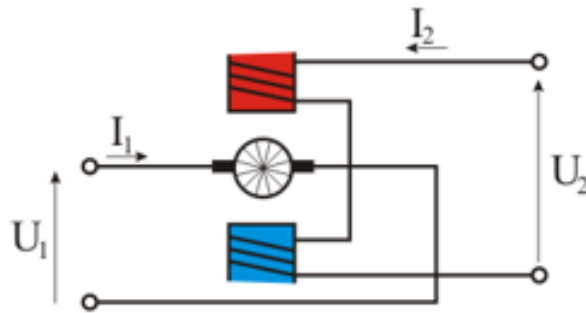


Partes que conforman un motor DC de imanes permanentes, Fuente: (Andalucia, 2018).

2.6.2 Motor de excitación independiente

En este tipo de motores para exista movimiento es necesario el uso de electroimanes, la corriente que consume es independiente de la corriente que se suministra en el rotor. (Jurgen, 2011).

Figura 2.15 Motor de excitación independiente

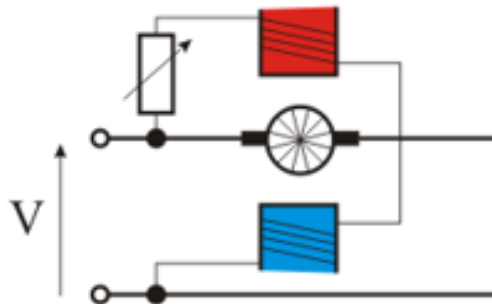


Esquema de funcionamiento de un motor de excitación independiente, Fuente: (Andalucía, 2018).

2.6.3 Motor Shunt o en derivación

El funcionamiento en este motor se encuentra en paralelo con el circuito de alimentación del rotor, suelen ser utilizados en aplicaciones que requieren velocidades estables. (Jurgen, 2011).

Figura 2.16 Motor Shunt



Configuración interna de un motor shunt, Fuente: (Andalucía, 2018).

2.7 Caja Reductora

Es simplemente un mecanismo que se encuentra formado de engranajes para transmitir movimientos circulares a través de ruedas dentadas, estas son acopladas en motores para ejercer gran potencia. (KBE, 2018).

Figura 2.17 Caja reductora



Conjunto de engranajes formando una caja reductora, Fuente: (KBE, 2018).

2.8 Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar, esta placa permite tener lecturas analógicas y digitales, los datos de entrada son procesadas y cambiadas a salidas para tener el manejo de varios actuadores, esto se logra mediante la combinación de instrucciones almacenadas en el controlador Arduino. (Arduino, 2018).

Figura 2.18 Tarjeta Arduino



Arduino Mega 2560, Fuente: (Arduino, 2018).

Arduino ofrece al usuario un lenguaje fácil y accesible, por este motivo es implementado en una gran variedad de proyectos, se puede ejecutar en varios sistemas operativos como Mac, Linux y Windows. Han pasado varios años y este controlador ha sido el más utilizado en miles de aplicaciones y proyectos. (Arduino, 2018)

2.8.1 Características del Arduino Mega 2560

El Arduino es conectado al ordenador mediante un cable USB, y el voltaje con el que trabaja es de cinco voltios, en la tabla 2.4 se detalla las características de la tarjeta.

Tabla 2.4 Características Arduino Mega 2560

Microcontrolador	Atmega2560
Voltaje Operativo	5V
Voltaje de Entrada	7-12V
Voltaje de Entrada(límites)	6-20V
Pines digitales de Entrada/Salida	54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
Pines análogos de entrada	16
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida	40mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3	50mA
Memoria Flash	256 kb (8kb usados por el bootloader)
SRAM	8 kb
EEPROM	4 kb
Clock Speed	16 Mhz

Características más relevantes del Arduino mega 2560, Fuente: (Arduino, 2018).

2.9 Interfaz Gráfica

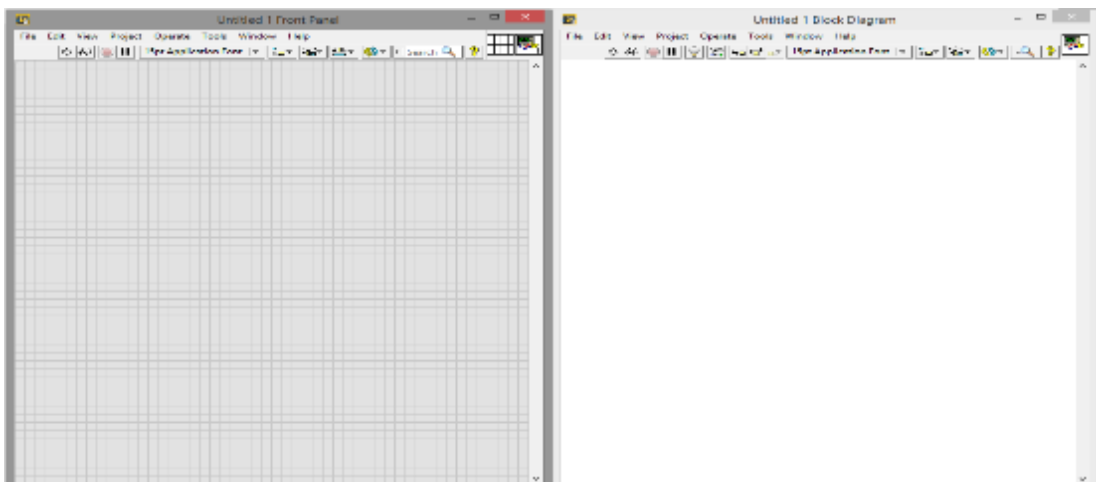
Es una ventana informática conformado de imágenes y objetos gráficos que ayudan al usuario a operar un proceso automatizado, la interfaz gráfica es diseñada para facilitar al usuario el manejo de un proceso en forma sencilla, conformado de un menú de opciones que ayudan de mejor manera al desarrollo del proceso, también permite monitorear temperaturas, distancias, materiales y otras, si existe algún error se puede saber el lugar exacto donde ocurrió la falla. (Luna, 2018).

2.9.1 Software LabVIEW

LabVIEW fue diseñado para tomar medidas, control y realizar pruebas de forma rápida, la programación se lo realiza de forma gráfica ya que incluye una gran variedad de funciones y bloques que facilita el manejo al usuario permitiendo realizar interfaces personalizadas simples y complejas. (National Instruments, 2018)

El entorno que ofrece LabVIEW es confortable y no cansa al usuario en el desarrollo de la interfaz, en la Figura 2.19 se muestra el entorno virtual.

Figura 2.19 Software LabVIEW



Entorno visual del Software LabVIEW. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

Gracias a la facilidad de ingresar cada uno de los bloques se logra realizar interfaces de forma rápida y de gran calidad.

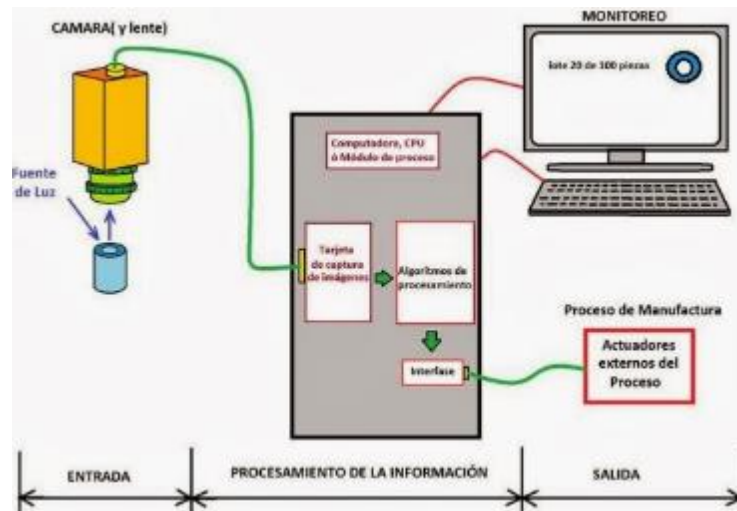
2.10 Visión Artificial

La visión artificial es una forma de adquirir, procesar y analizar imágenes que hay en nuestro alrededor con el fin de generar datos que serán procesados en una máquina, su función principal es incorporar a una máquina ojos que puedan mirar lo que pasa alrededor y con ello pueda tomar sus propias decisiones cuando necesite realizar algún proceso. (Rodríguez, 2018).

El principal objetivo de la visión artificial es tratar de imitar la forma de observar del ser humano. Es utilizado en procesos industriales para determinar ciertas actividades como en clasificación de objetos por color, tamaño o forma, se logra gracias al manejo de sensores digitales que ayudan a cumplir los diferentes procesos. (Rodríguez, 2018).

En la Figura 2.20 se presenta como se realiza la conexión de la visión artificial con sus demás componentes o elementos dentro de un proceso.

Figura 2.20 Conexión visión artificial



Proceso para funcionamiento de visión artificial, Fuente: (Rodríguez, 2018).

El dispositivo más importante para la visión artificial es el uso de una Cámara web que permite visualizar imágenes y videos.

2.10.1 Cámara Web

Es un dispositivo digital conectado en un computador permitiendo así obtener imágenes y videos en tiempo real de forma clara, utilizadas para realizar video conferencias evitando que los socios de una empresa tengan que reunirse, es pequeño y muy fácil de usar ya que las opciones de manejo son sencillas. (Jardetzky, 2012).

Figura 2.21 Cámara web



Cámara Web de alta calidad de video e imagen, Fuente: (Jardetzky, 2012).

Las cámaras web son muy utilizadas en aplicaciones que realizan procesamiento de imágenes, permite obtener imágenes de excelente calidad y mediante una aplicación

generada por el usuario puede realizar procesos que ayuden a mejorar una necesidad. (Jardetzky, 2012).

2.11 Herramienta de Corte

La herramienta de corte se forma de tres partes: cuerpo, mango y la parte del cabezal que contiene la parte que realiza el corte. (Alberto, 2017).

En la Figura 2.22 se representa las partes del útil de corte.

Figura 2.22 Útil de corte



Partes de la herramienta utilizada en el torno CNC, Fuente: (Alberto, 2017).

Es importante que el útil de corte sea de alta dureza, resistencia al desgaste, soporte altas temperaturas y gran ductilidad, dependiendo del material que se vaya a utilizar. (Alberto, 2017).

La herramienta de corte se clasifica en: Acero de carbono, acero rápido, carburo cementado o metal duro, cermet y cerámica. A continuación, se describe algunas características de los útiles de corte.

2.11.1 Acero al carbono

Este material tiene resistencia térmica de 250-300°C, esto es para trabajar en bajas velocidades, puedes ser en materiales de madera y plástico. (Alberto, 2017).

2.11.2 Acero Rápido

Herramienta de acero aleado formado de elementos ferrosos como son: molibdeno, cromo, tungsteno, vanadio y otros, este tipo de material tiene una gran dureza, gran resistividad en el desgaste y resistencia a temperaturas de 650°C. (Alberto, 2017).

2.11.3 Carburo cementado o metal Duro

La fabricación de esta herramienta es a base de polvo de carburo, mezclado con un poco de cobalto y utilizado como aglomerante, llega a soportar temperaturas de hasta

815°C. Debido a su dureza y gran resistencia al desgaste esta herramienta es adecuada para torneado de hierro colado, metales no ferrosos y otros materiales no metálicos. (Alberto, 2017).

2.11.4 Cermet

Está conformado de dos materiales: el cerámico y metal, tiene buena resistividad al desgaste, gran estabilidad química y soporta grandes temperaturas, utilizado en materiales que generan viruta dúctil. (Alberto, 2017).

2.11.5 Cerámica

Hay dos tipos de cerámica: de gran dureza y de altas temperaturas, estos se utilizan en procesos continuos como la fabricación de elementos automotrices. (Alberto, 2017).

2.12 Materiales utilizados en Máquina CNC

Existe una gran variedad de materiales para trabajar en un torno CNC, en la Tabla 2.5 se detalla algunos de ellos.

Tabla 2.5 Materiales

Material	Características
Nylon	<ul style="list-style-type: none"> - Es una fibra con moléculas de carbono. - Tiene gran capacidad para deslizarse. - Soporta químicos corrosivos. - Gran durabilidad y resistencia.
Teflón	<ul style="list-style-type: none"> - Soporta altas temperaturas como 260°C. - Posee una gran resistencia química. - Resiste a la aplicación de ácidos inorgánicos
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> - Material no ferroso. - Gran resistencia. - Liviano. - Fácil de pulir, dúctil y maleable.
Grilon	<ul style="list-style-type: none"> - Material Duro, gran rigidez y tenacidad. - Alta resistencia mecánica y a la abrasión. - Resistencia a la flexión.
Madera	<ul style="list-style-type: none"> - Es de origen vegetal. - Recurso renovable, abundante, económico y elemento muy fácil de trabajar. - Es resistente y elástico.

Algunas características de varios materiales que se trabajan con máquina CNC, Fuente: (Mayra, 2015).

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 Caracterización de la máquina CNC

Para el desarrollo de la estructura de la máquina CNC es necesario definir las características de los elementos a utilizar, como también definir el material para la fabricación de las roscas.

3.1.1 Selección de los motores paso a paso para los ejes X, Y

Existen en el mercado tanto nacional como internacional una gran variedad de motores paso a paso, sin embargo, para nuestro proyecto se utilizó motores que tengan las siguientes características:

- Motores pasó a paso de 12-24 V DC.
- Gran capacidad de torque a baja velocidad.
- Unipolares, simples de controlar.
- Corriente de consumo de 1A a 1.5A.
- Frecuencia de trabajo variable.
- Posicionamiento dinámico preciso.
- Larga vida útil.
- Velocidad de respuesta elevada.
- Paso de 1.8° por impulso de excitación.
- 200 pasos por vuelta.

Figura 3.1 Motor paso a paso



Motor paso a paso utilizado en la máquina CNC. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Es muy importante tener en cuenta según la marca del motor paso a paso y sus características, cuál es su grado de impulso de excitación para determinar el número de pasos por vuelta.

En este caso el motor que se seleccionó tiene un paso de 1.8° de impulso por excitación que equivale a 200 pasos por vuelta, véase Figura 3.1. Existen otros motores paso a paso con diferentes grados de impulso de excitación los cuales se pueden revisar en la Tabla 3.1.





Tabla 3.1 Número de pasos por vuelta de varios motores pasó a paso

Grados por impulso de excitación	N° de pasos por vuelta
0.72°	500
1.8°	200
3.75°	96
7.5°	48
15°	24

Variación de grados según las características de cada motor, Fuente: (Ramos, 2013)

Fue necesario verificar la secuencia de paso completo doble de los motores unipolares, la secuencia permite activar dos bobinas al mismo tiempo, ambas consecutivas, de modo que el eje del motor se oriente hacia el punto medio de las bobinas, siendo esta la más usada y la que generalmente recomienda el fabricante demostrando que el motor avanza un paso cada vez, debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas. (Ramos, 2013).

Tabla 3.2 Secuencia de paso completo doble de los motores unipolares

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Variación de grados según las características de cada motor, Fuente: (Mayra, 2015)

Se debe tener en cuenta que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos, y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración, la frecuencia de los pulsos, por estos motivos el actuador debe alcanzar el paso antes de que la próxima secuencia de pulsos comience, si la frecuencia de pulsos es muy elevada, el motor puede reaccionar en alguna de las siguientes formas:

- No puede realizar ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar, pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- Puede llegar a girar en sentido opuesto.

Para obtener un arranque suave y preciso, es recomendable comenzar con una frecuencia de pulso baja y gradualmente ir aumentándola hasta la velocidad deseada sin superar la máxima tolerada. El giro en inversa debería también ser realizado previamente bajando la velocidad de giro y luego cambiar el sentido de rotación.

3.1.2 Selección del Motor DC

Se utilizó un Motor DC mostrada en la Figura 3.2 con la finalidad de abaratar costos, además, por sus características de funcionamiento permitió adaptar una caja reductora para aumentar el torque en el cabezal de giro de la máquina CNC, las características del motor DC son las siguientes:

- Motor DC 27 V
- 3.5 A
- 1200 RPM
- Torque en relación de 20:1

Figura 3.2 Motor DC



Motor DC utilizado en la máquina CNC. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.1.3 Selección de caja reductora

Tabla 3.3 Relación de la caja reductora

	MOTOR DC	REDUCCIÓN
Relación de Transmisión	20:1	30:1
Modelo	Lineal	Lineal
Máxima velocidad de entrada	1200 r.p.m	400 r.p.m

Datos de la caja reductora. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.2 Driver A4988

Estos drivers necesitan ser calibrados para que su funcionamiento sea el más adecuado y así poder evitar algún fallo o daño posteriormente.

3.2.1 Calibración del Driver A4988

Para el control de los motores a paso a paso con las características de la Tabla 3.1 se consideró utilizar el driver A4988 que funciona con un voltaje Max de 35 V y soporta una corriente de 2A, este driver posee un potenciómetro que permite regular el voltaje de referencia (V_{ref}) mediante una fórmula establecida por el fabricante:

$$I_{\text{TripMax}} = \frac{V_{\text{ref}}}{8 \times R_s} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

I_{TripMax} = Corriente máxima de la carga

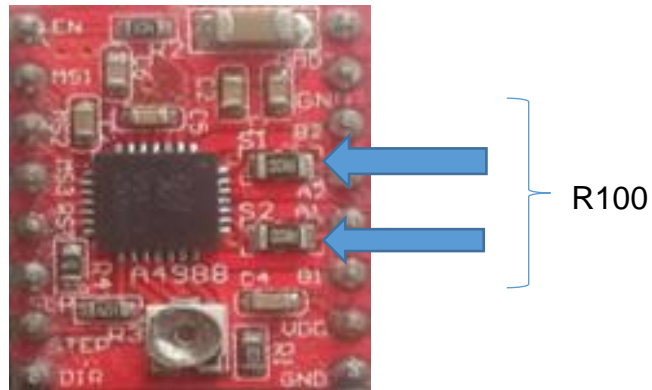
V_{ref} = Voltaje de referencia

R_s = Resistencia de sensado o de sensibilidad

Ahora bien, en los Drivers A4988 la resistencia de sensado o sensibilidad es diferente, la cual debe estar especificada en ohmios. Para su cálculo de la resistencia en ohms se realizó los siguientes pasos:

- Identificar la resistencia SMD (Dispositivo de Montaje Superficial) en el driver

Figura 3.3 Driver A4988



Identificación de las resistencias SMD. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

- **Cálculo de la resistencia**

Una vez identificada la resistencia SMD se obtuvo el valor de R100 donde R representa la coma, es decir el valor en ohm es de 0.1 Ω .

También se puede revisar la Figura 3.4 para tener una idea de cómo se puede determinar el valor de una resistencia SMD:

Figura 3.4 Resistencias SMD

223 = 22×10^3 = 22,000 Ohm = 22K Ohm	8202 = 820×10^2 Ohm = 82,000 Ohm = 82 KOhm
4R7 = 4.7 Ohm	0R22 = 0.22 Ohm
0 = 0 Ohm	000 = 0 Ohm

Otros ejemplos del cálculo de resistencias en Ω , Fuente: (Beltran & Mondragon, 2014).

Al tener el valor de la resistencia de sensado en ohms, y el valor máximo de la corriente que trabaja el motor despejamos el V_{ref} de la Ec. (3.1).

$$V_{ref} = I_{max} (8 \times R_s) \tag{Ec. (3.2)}$$

Remplazando datos en la Ec. (3.2)

$$V_{ref} = 1.5 A (8 \times 0.1 \Omega)$$

$$V_{ref} = 1.2$$

Como se utiliza pasos completos del motor se debe limitar al 70 % del valor de referencia.

$$V_{ref} = 1.2 \text{ al } 70\%$$

$$V_{ref} = 1.2 \times 0.7$$

$$V_{ref} = 0.81$$

Una vez calculado el V_{ref} se ajustó ese valor en el driver moviendo el potenciómetro y con la ayuda de un multímetro.

Es necesario saber que no se debe conectar ningún motor al driver antes de ajustar el valor obtenido, solo se debe conectar el voltaje de Vcc, este puede ser del Arduino o de una fuente externa.

La Figura 3.5 se presenta la calibración del voltaje de referencia.

Figura 3.5 Calibración del driver A4988

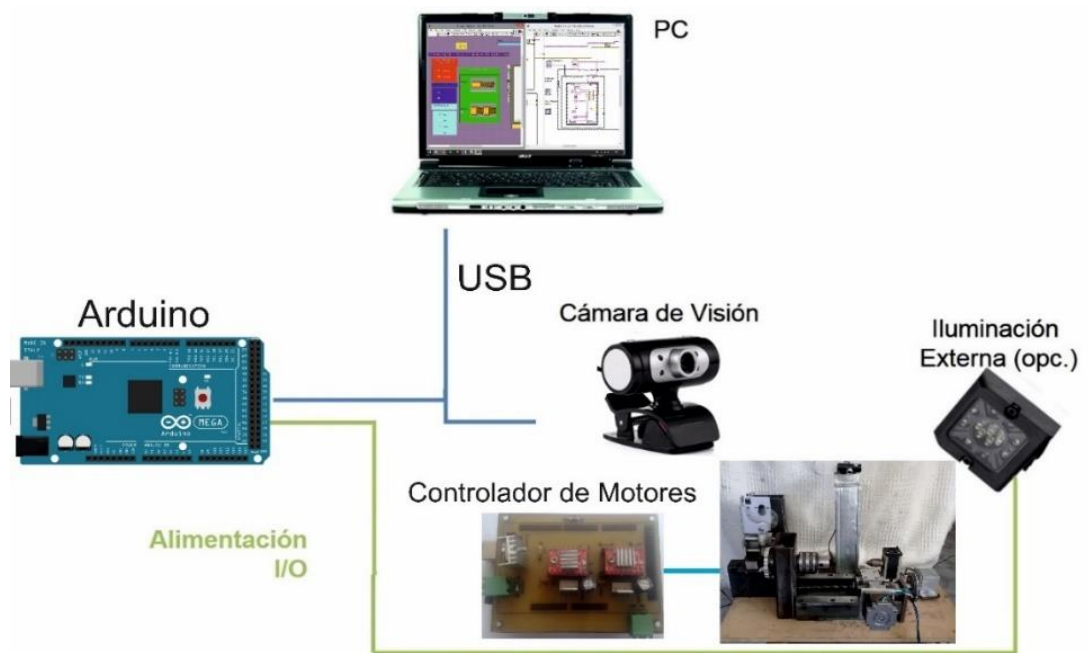


Ajuste del valor del $V_{ref} = 0.79$ mediante el potenciómetro. Elaborado por: Giovanny Vergara, David Loza

3.3 Configuración general para el desarrollo de las roscas

En la Figura 3.6 se presenta esquemáticamente el diseño de cada uno de los elementos y dispositivos que ayudaron en la fabricación de las roscas, el cual comprende de un controlador Arduino, la interfaz gráfica, cámara web, drivers para los motores y la máquina CNC.

Figura 3.6 Componentes en visión artificial



Esquema para la fabricación de roscas. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara

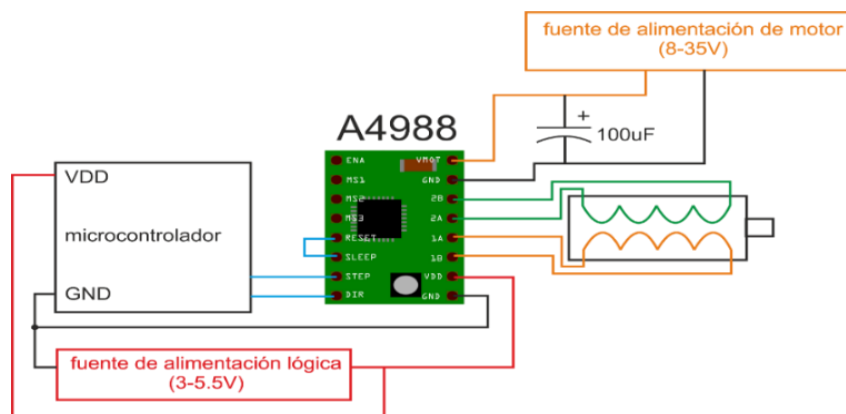
3.4 Diseño de la parte electrónica y eléctrica de la máquina CNC

Para el diseño de la parte eléctrica y electrónica se utilizó el software fritzing y proteus para realizar el diagrama y el esquema en la fabricación de la placa, donde van ubicados los dos drives A4988 y la alimentación del motor DC que contiene la mordaza.

3.4.1 Arquitectura de conexión driver A4988

En la Figura 3.7 se indica el esquema de conexiones para el correcto funcionamiento del control de un motor paso a paso utilizando el driver A49988.

Figura 3.7 Conexión del driver A4988

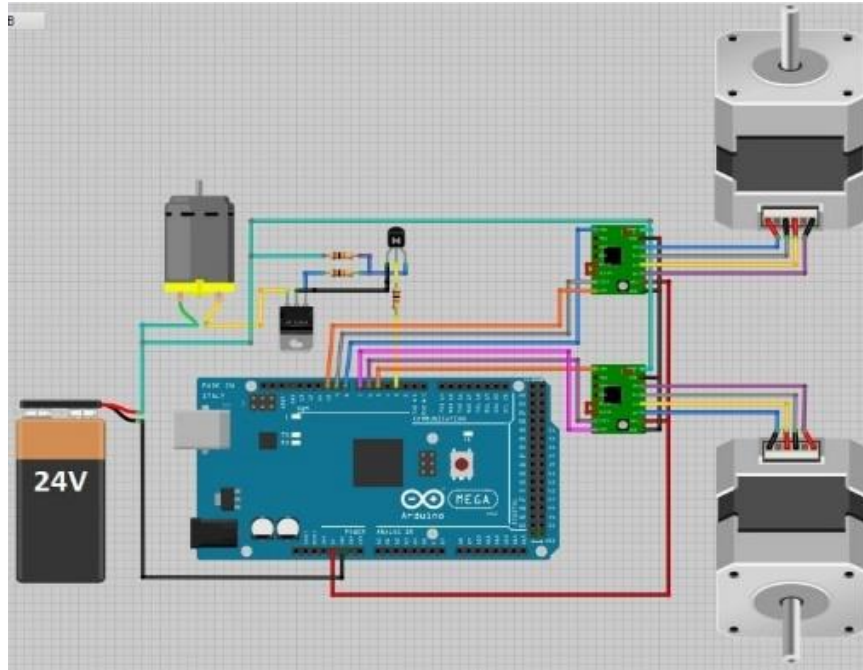


Esquema de conexión motor paso a paso. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

Luego de tener claro como es la conexión del driver se realizó el esquema completo que será implementado en la máquina CNC.

En la Figura 3.8 se observa el esquema desarrollado en el software Fritzing con todas las conexiones y sus respectivos elementos que van en la PCB (Circuito Impreso) para una mejor visualización y rapidez en la fabricación de las pistas.

Figura 3.8 Diseño de la parte electrónica



Esquema gráfico de conexiones. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.4.2 Diagrama de proceso del Arduino para el control de los motores

Para el desarrollo de las roscas fue necesario implementar un algoritmo que permita tener el control de los motores como es: la velocidad, el tipo de rosca, tamaño de rosca, distancia de la rosca. Por tanto, fue importante generar un algoritmo que ayude en el proceso de fabricación de roscas, en la Figura 3.9 se detalla mediante un diagrama de bloques el proceso en el desarrollo de roscas.

Figura 3.9 Proceso en la fabricación de la rosca

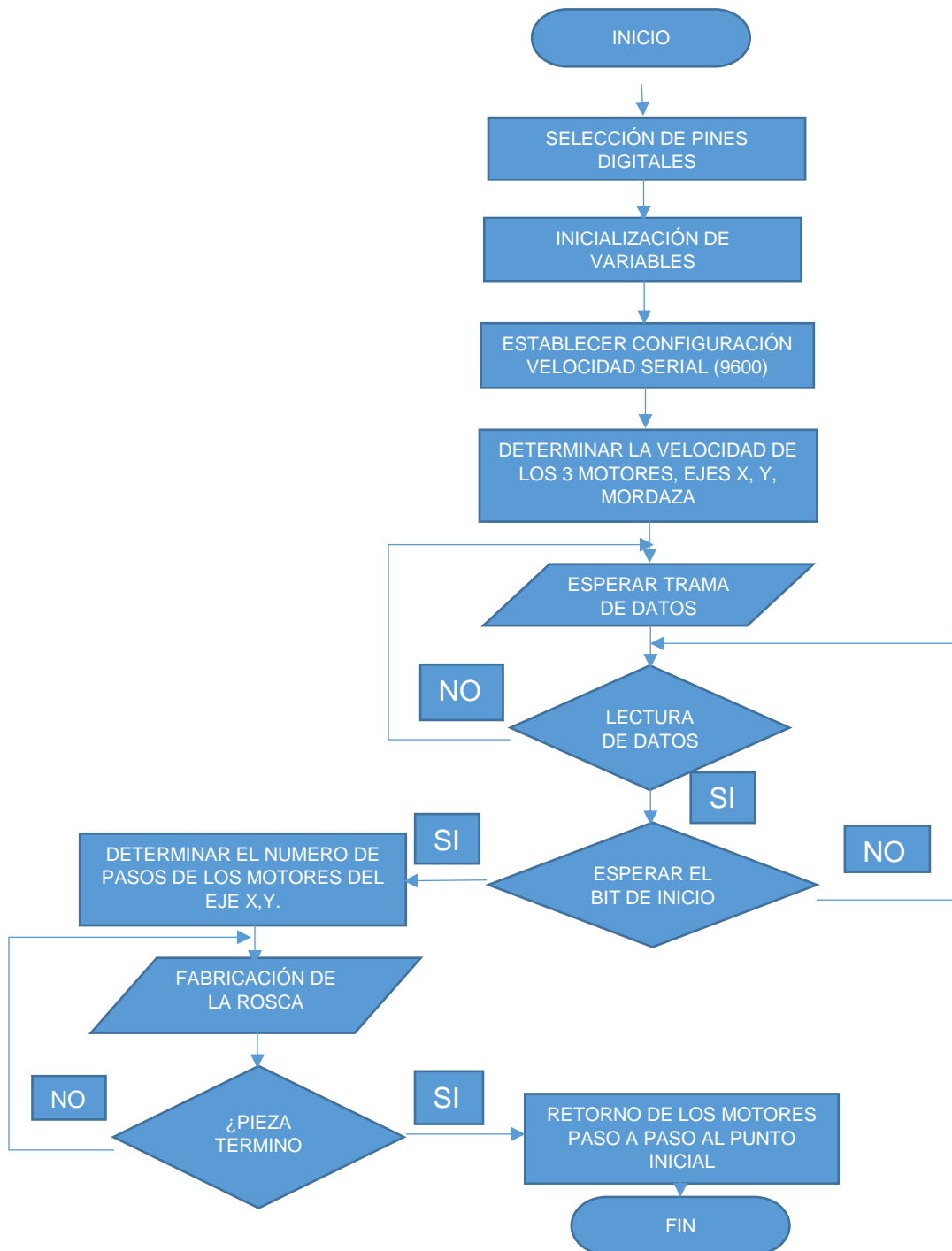


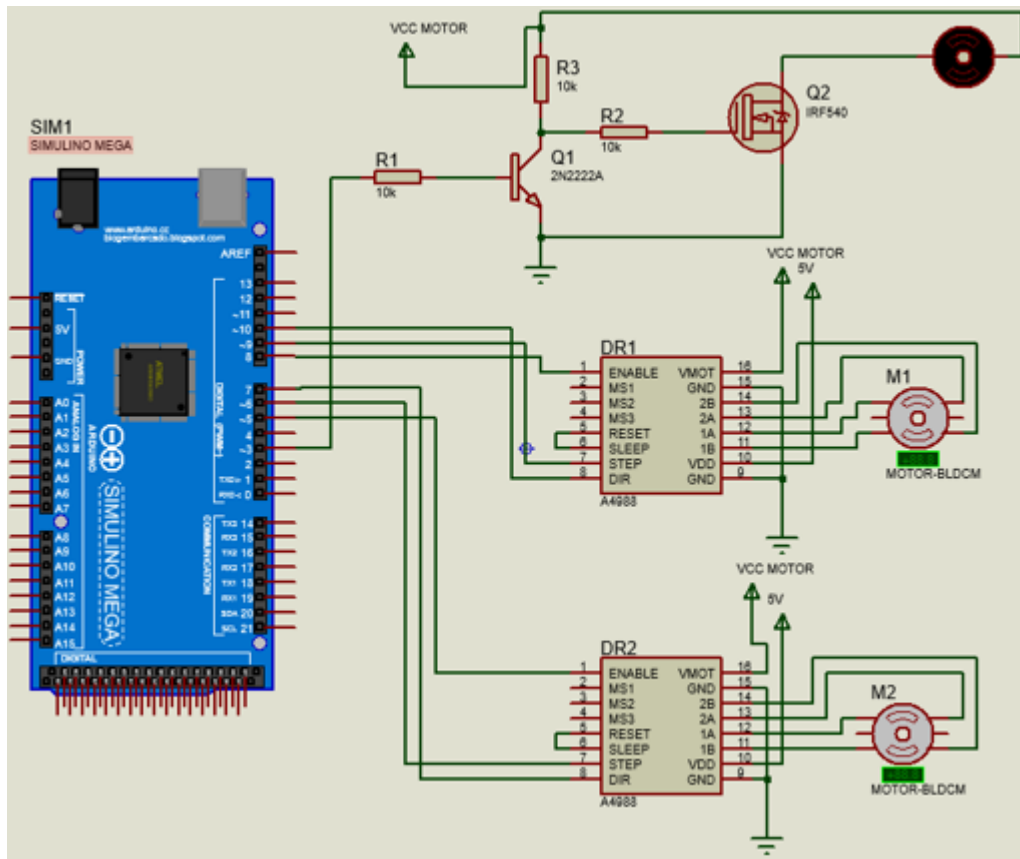
Diagrama de flujo para el control de los motores. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

3.4.3 Simulación del circuito

Se utilizó el software de Proteus en la versión 8.6 donde se comprobó el correcto funcionamiento de los motores paso a paso y el motor DC.

En la Figura 3.10 muestra la simulación del control para los motores.

Figura 3.10 Diseño del circuito electrónico

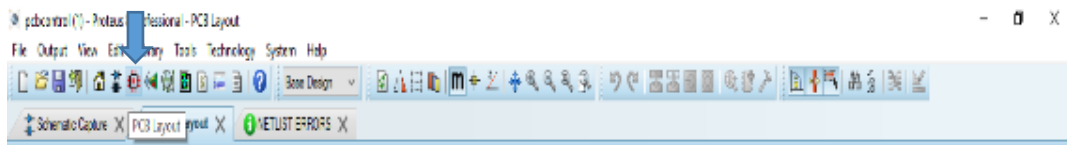


Simulación de conexiones en proteus. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.4.4 Fabricación de la placa

Una vez ya simulado correctamente el circuito, se realizó el roteo de las pistas, para ello se selecciona la opción PCB Layout como se observa en la Figura 3.11 que permite realizar y modificar las pistas de acuerdo a la necesidad del usuario.

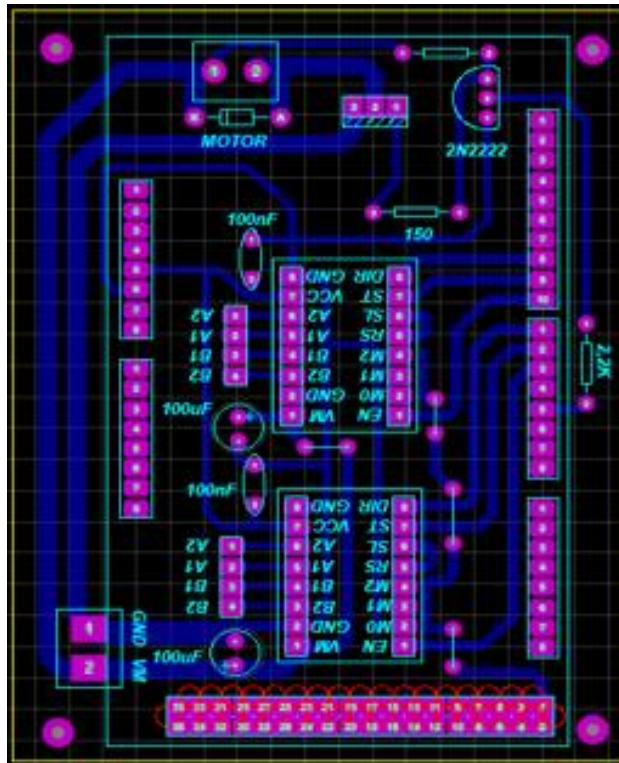
Figura 3.11 Visualización del PCB layout



Opción en Ares (PCB Layout) para la elaboración de pistas. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

La Figura 3.12 muestra la ubicación de elementos y el roteo terminado.

Figura 3.12 Fabricación de pistas



Diseño de las pistas. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

Una vez distribuidas las pistas y el lugar donde van colocados los elementos se imprime en papel fotográfico, para luego adherir a la placa y proceder a retirar todo el cobre innecesario con la ayuda del cloruro férrico, disuelto todo se colocó cada uno de los elementos y se suelda con la ayuda de la herramienta del caudín.

3.4.5 Placa terminada para el control de los motores

Terminado el desarrollo de la placa PCB se comprobó la ubicación de los elementos sean correctos y que no exista algún corto circuito entre las pistas de la placa, esto se determinó con la ayuda de una herramienta que mide continuidad.

Figura 3.13 Colocación de elementos en la placa



Vista frontal de la placa termina. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.5 Desarrollo de la Interfaz

El software LabVIEW ayudo a realizar una interfaz gráfica que permite al usuario establecer un proceso determinado para el desarrollo de roscas.

3.5.1 Diagrama de procesos para la interfaz gráfica

En la Figura 3.14 se detalla mediante un diagrama de flujo el proceso que cumplió la interfaz gráfica para la fabricación de las roscas.

Figura 3.14 Proceso del desarrollo de la interfaz gráfica



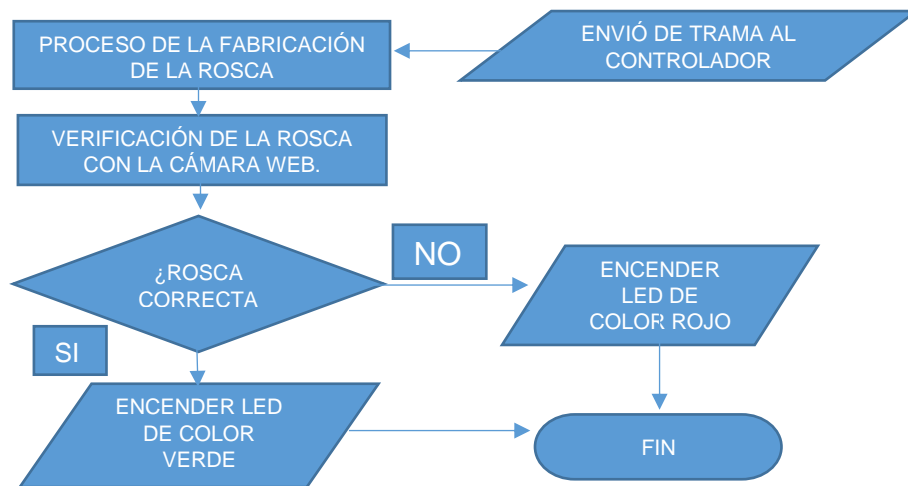


Diagrama de flujo para el desarrollo de la interfaz gráfica. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

3.5.2 Comunicación entre Software LabVIEW y el controlador Arduino

Para determinar la comunicación se realizó los siguientes pasos:

- Tener instalada la librería NI VISA que permitirá la comunicación a través del puerto USB.

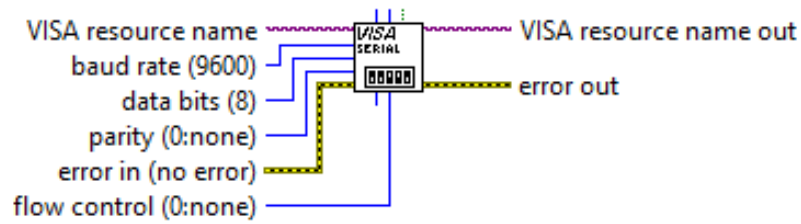
Figura 3.15 Icono NI VISA



NI VISA para la comunicación, Fuente: (National Instruments, 2018)

- Se necesita asignar un puerto libre del ordenador para la conexión del cable USB hacia el controlador.
- En la ventana diagrama de bloques de LabVIEW existen varias funciones, dentro de ellas se busca el bloque *VISA Configure Serial Port* que permite la comunicación entre la interfaz y controlador.

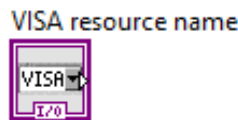
Figura 3.16 VISA Configure serial port



Bloque para configurar el puerto serial, Fuente: (National Instruments, 2018).

- Para determinar el puerto que será asignado para la comunicación es necesario utilizar el bloque *VISA resource name*.

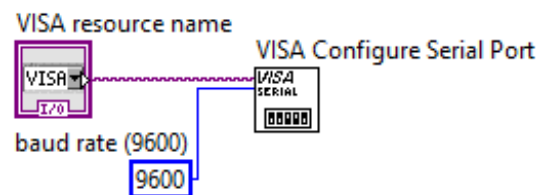
Figura 3.17 VISA resource name



Bloque para establecer el puerto COM, Fuente: (National Instruments, 2018).

- Fue importante determinar la misma velocidad de comunicación en el controlador y la interfaz, se estableció de 9600 baudios. En la Figura 3.18 se observa la conexión de los tres bloques que sirven para tener una comunicación a través del puerto serial.

Figura 3.18 Conexión para comunicación

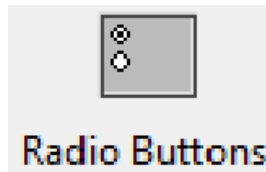


Configuración de VISA Configure Serial Port, Fuente: (National Instruments, 2018).

3.5.3 Configuración de opciones para la fabricación de las roscas

Es importante tener opciones que permitan determinar la fabricación de las roscas según la necesidad del usuario. Por tal motivo en el panel frontal de LabVIEW se hace uso del bloque *radio buttons* mostrado en la Figura 3.19, localizado en controladores.

Figura 3.19 Radio buttons



Bloque usado para el escogido de opciones, Fuente: (National Instruments, 2018).

Para el desarrollo de las roscas, se colocan ventanas con opciones que determinan el diámetro de la rosca, distancia de espiras, tamaño de rosca y el diseño de la rosca.

3.5.3.1 Diámetro de la rosca

En este punto se coloca dos opciones como se observa en la Figura 3.20, se debe escoger el diámetro que se desea la rosca.

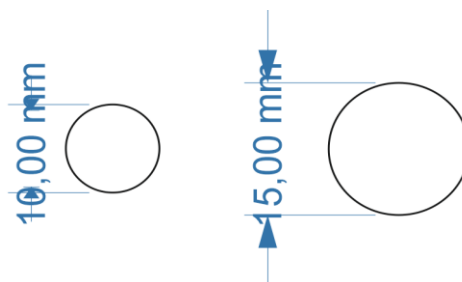
Figura 3.20 Menú de opciones del diámetro



Diseño para escoger el diámetro de la rosca. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara

Las opciones de la rosca son de 10 mm y 15 mm el cual refieren al diámetro del material circular que se coloca en la mordaza, en la Figura 3.21 se presenta en forma gráfica como se determina la medida.

Figura 3.21 Diámetros



Diámetros a utilizar. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.5.3.2 *Distancia de espiras*

Se determina la distancia que existe entre espiras, estas opciones son de 2mm y 4mm como se presenta en la Figura 3.22.

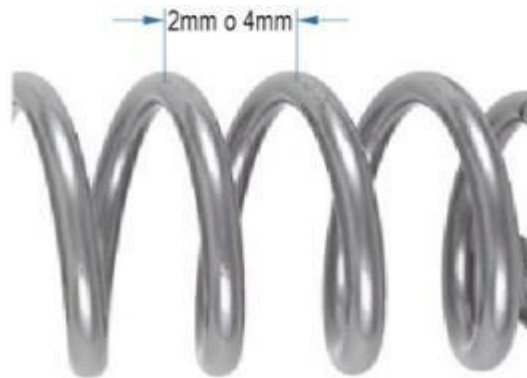
Figura 3.22 Menú de opciones de la distancia de espiras



Diseño para escoger la distancia de las espiras. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

En la Figura 3.23 se muestra un ejemplo de cómo se representa la distancia del paso entre espiras.

Figura 3.23 Distancia



Distancias entre espiras. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.5.3.3 *Tamaño de rosca*

De la misma manera se implementó un menú de opciones para seleccionar el tamaño de la rosca en centímetros, las opciones establecidas dentro del menú son: 2cm, 3cm, 4cm y 5cm como se muestra en la Figura 3.24.

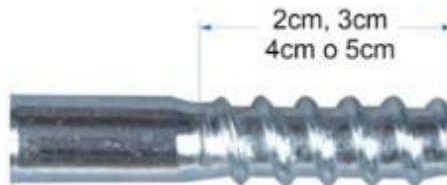
Figura 3.24 Menú de opciones del tamaño de rosca



Diseño para escoger el tamaño de la rosca. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

En la Figura 3.25 se muestra una clara demostración de cómo se determina la longitud de la rosca una vez terminada.

Figura 3.25 Tamaño

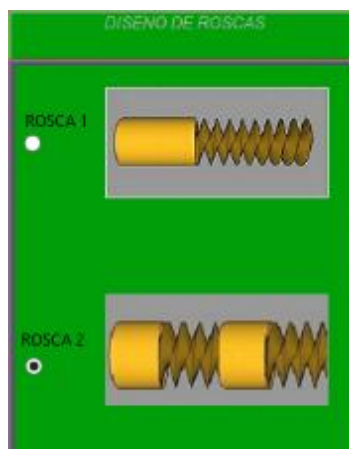


Los 4 tamaños de rosca a utilizar. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.5.3.4 *Diseño de la rosca*

El menú mostrado en la Figura 3.26 se observa las dos opciones de diseños de roscas que van a ser fabricadas en la máquina.

Figura 3.26 Menú de opciones del diseño de la rosca



Diseño para escoger la rosca. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

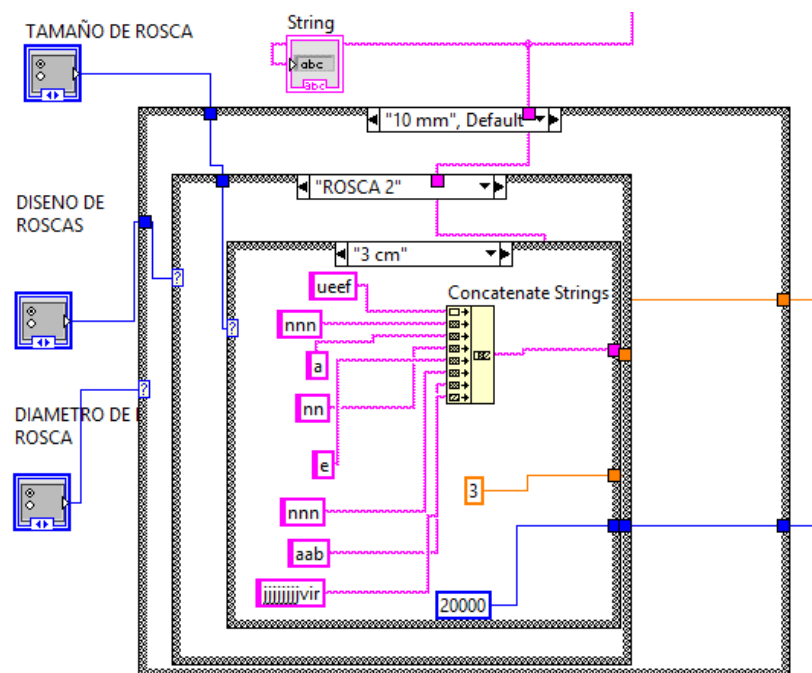
3.5.3.5 Configuración del menú de opciones

En la ventana Diagrama de Bloques del Software LabVIEW se procedió con la configuración de cada una de las opciones nombradas anteriormente, cuando los elementos se ingresaron en el panel frontal automáticamente generan sus respectivos bloques en la ventana de diagrama de bloques.

Dentro de la ventana diagrama de bloques existen funciones que permiten ingresar condiciones que ayudaran en la fabricación de las roscas.

La función que se utilizó fue el *Case structure* que permite crear varias opciones, la lógica que se empleó con el uso de este caso se muestra en la Figura 3.27, como se mencionó anteriormente hay varias opciones en el desarrollo de rosca, para poder generar una instrucción se utilizó un caso dentro de otro caso, esto permite ir formando una trama que será enviado al controlador para que proceda con la fabricación de la rosca.

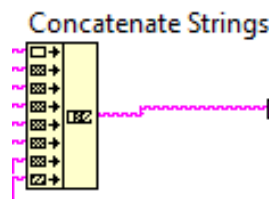
Figura 3.27 Estructura de casos



Implementación de las tramas. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Con el uso del bloque *concatenate strings* mostrado en la Figura 3.28 permite generar un arreglo de palabras y en su salida se obtiene una sola trama que será enviado al controlador.

Figura 3.28 Concatenate string



Bloque utilizado para generar la trama, Fuente: (National Instruments, 2018).

Mediante el bloque *VISA Write* se puede enviar la trama mencionada anteriormente a través del puerto del ordenador, el bloque es mostrado en la Figura 3.29.

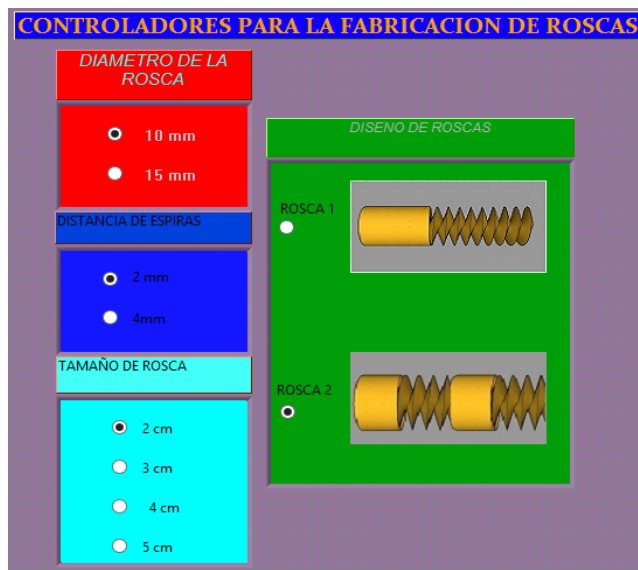
Figura 3.29 VISA Write



Bloque utilizado para él envío de la trama, Fuente: (National Instruments, 2018).

Según las opciones que sean seleccionadas generan una trama que será enviada y luego comprendida por el controlador para continuar con el proceso de fabricación de la rosca que el usuario haya seleccionado. En la figura 3.30 se muestra la ubicación de cada uno de los menús a escoger.

Figura 3.30 Interfaz gráfica de menús



Diseño completo de la interfaz gráfica. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

3.6 Control de calidad en el desarrollo de las roscas.

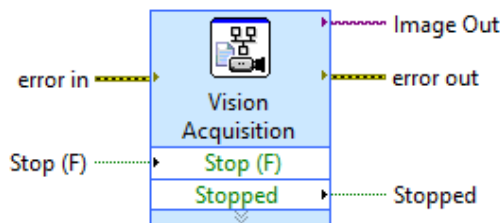
Conociendo lo que se va a determinar una vez finalizada la rosca, en el Software LabVIEW se toma en cuenta los bloques que ayudaran en el proceso de control de calidad y verificación, por tal motivo es importante incluir librerías de VISION que permitirán tener el control de la cámara web y así saber si la fabricación es correcta o incorrecta.

Los bloques necesarios para obtener imagen y realizar el control de calidad son: Vision Acquisition y Vision Assistant.

- **Vision Acquisition:** Permite obtener imágenes mediante el uso de una cámara, también se utiliza para registrar y monitorear.

En el bloque de Vision Acquisition se configura y se escoge la cámara que será utilizada para el control de calidad de las roscas.

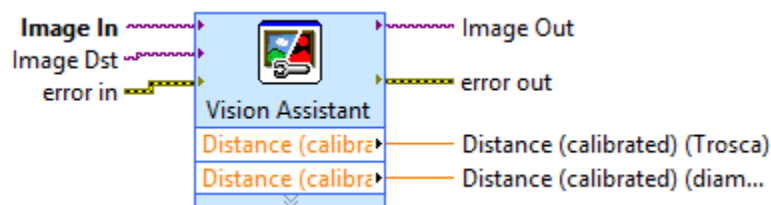
Figura 3.31 Vision acquisition



Bloque para configurar la cámara web. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

- **Vision Assistant:** Ayuda a obtener mejores detalles de una imagen para poder utilizar visión artificial y mejorar el procesamiento de imágenes.

Figura 3.32 Vision assistant



Bloque para configurar el control de calidad. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

Se ingresa en el bloque de *Vision Assistant* para configurar los factores que debe tomar en cuenta la cámara en el desarrollo de la rosca y determinar su calidad.

3.6.1 Calibración de Imagen

Una vez ingresado en el bloque de *Vision Assistant* aparece la imagen de la rosca terminada por la máquina y se procede a determinar la calidad como lo indica la Figura 3.33.

Fue importante determinar algunos puntos como es el diámetro y distancia de la rosca a fabricar.

Figura 3.33 Imagen obtenida mediante la cámara web

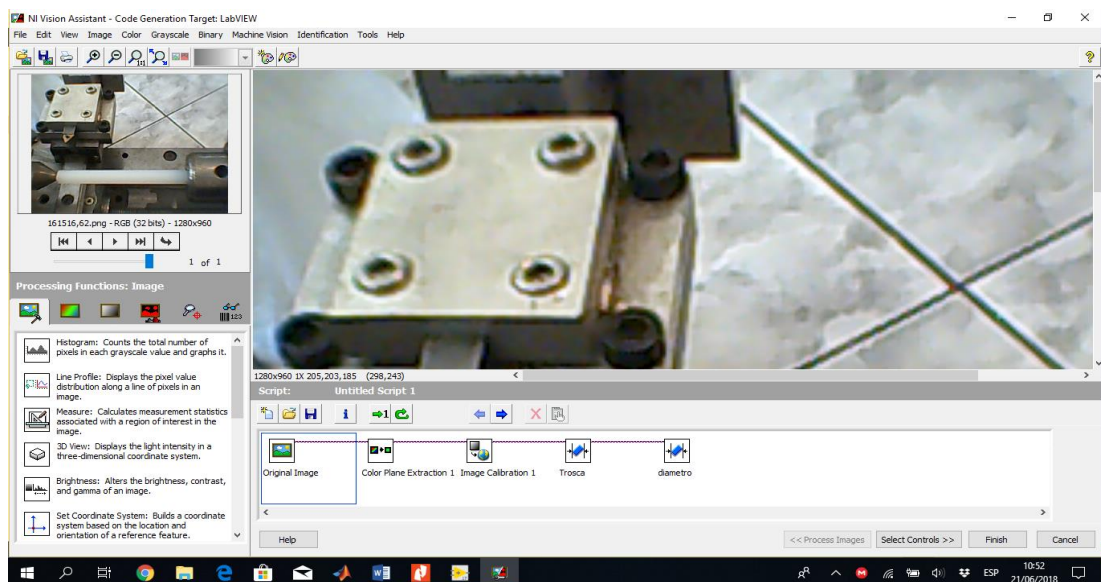
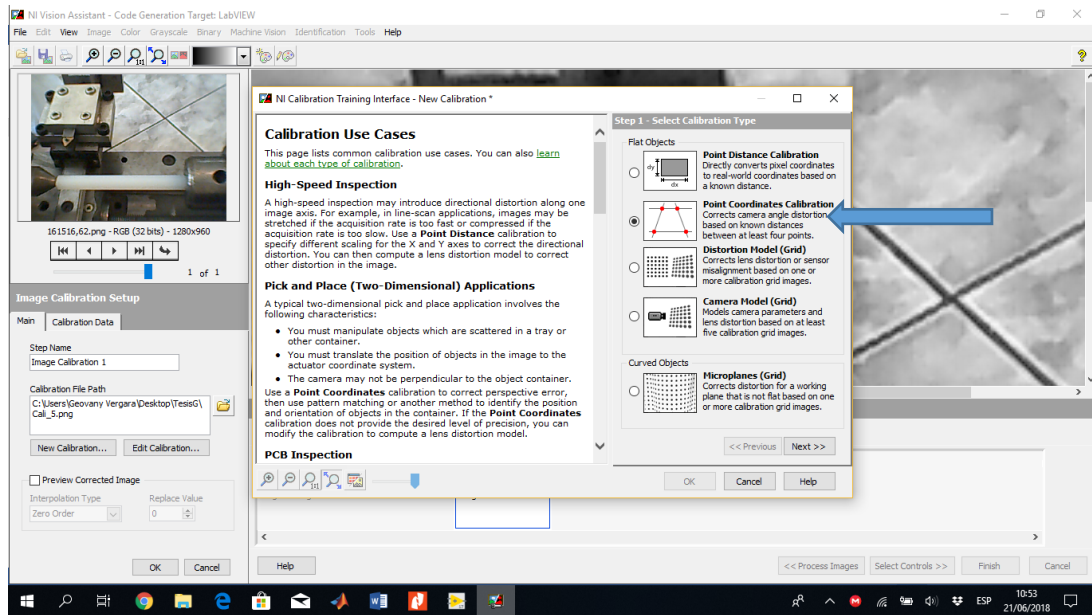


Imagen obtenida ingresando en el Bloque Vision Assistant. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

A continuación, se detalla los pasos que se realizó para configurar la obtención de la imagen a través de la cámara web.

- **Paso 1:** Se debe calibrar la cámara para que pueda determinar diámetros y tamaños de rosca. Así que se escoge la opción de *Point Coordinates Calibration* como se presenta en la Figura 3.34.

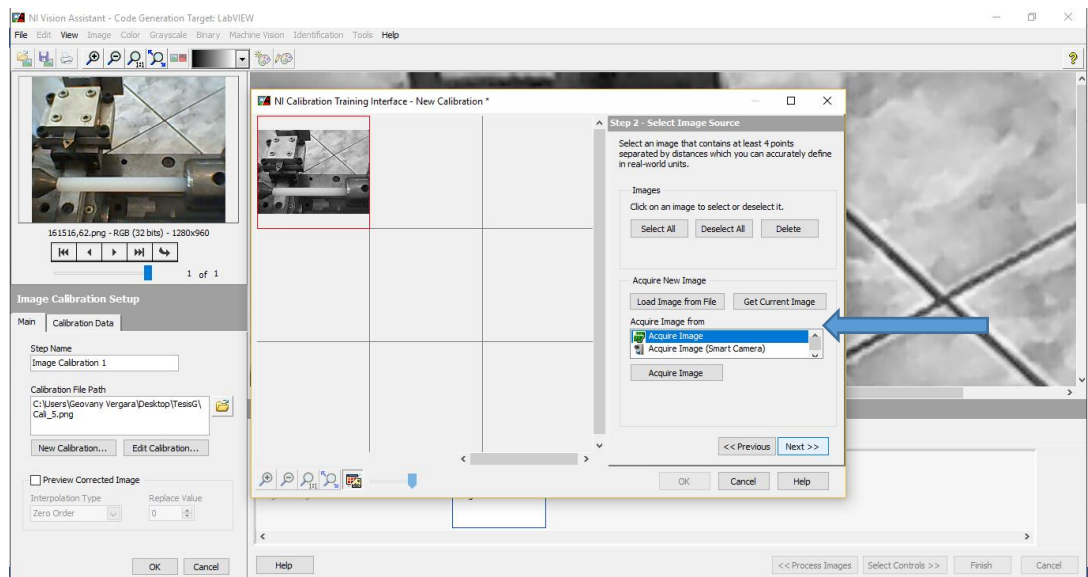
Figura 3.34 Opción point coordinates calibration



Con esta opción se determina puntos de referencia. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

- **Paso 2:** Se escoge el escenario a determinar el control de calidad, para ello se realiza una captura de la pieza terminada que se encuentra en la máquina como se representa en la Figura 3.35, seleccionada la imagen se ingresa en la opción **Acquire Image**.

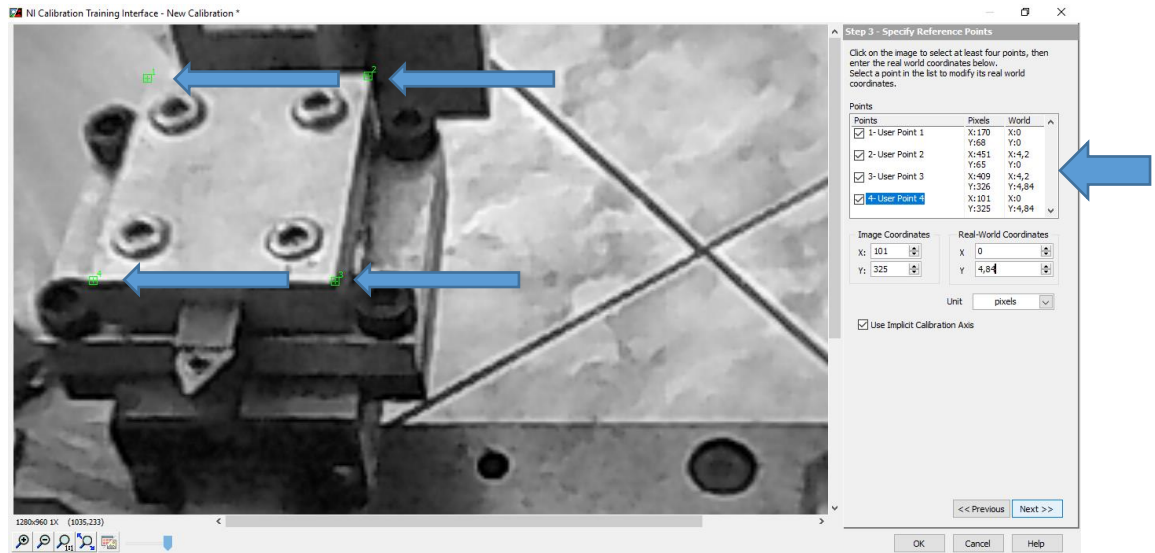
Figura 3.35 Selección de escenario



Definiendo la imagen que tomara en cuenta la cámara web. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

- **Paso 3:** Se toman puntos de referencia como se observan en la Figura 3.36, estos puntos ayudan a determinar las distancias o tamaños reales que se observa a través de la cámara.

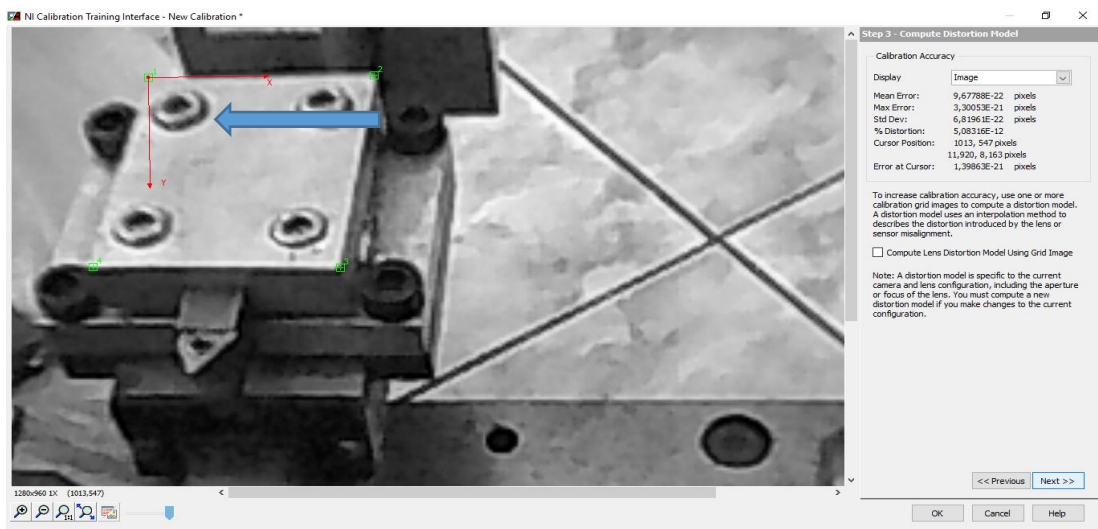
Figura 3.36 Puntos de referencia



Estableciendo puntos de referencia. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara

- **Paso 4:** Terminada la calibración de los puntos de referencia se genera unas líneas rojas representando los ejes (X, Y) como se observa en la Figura 3.37, esto determina que la configuración ha tenido éxito.

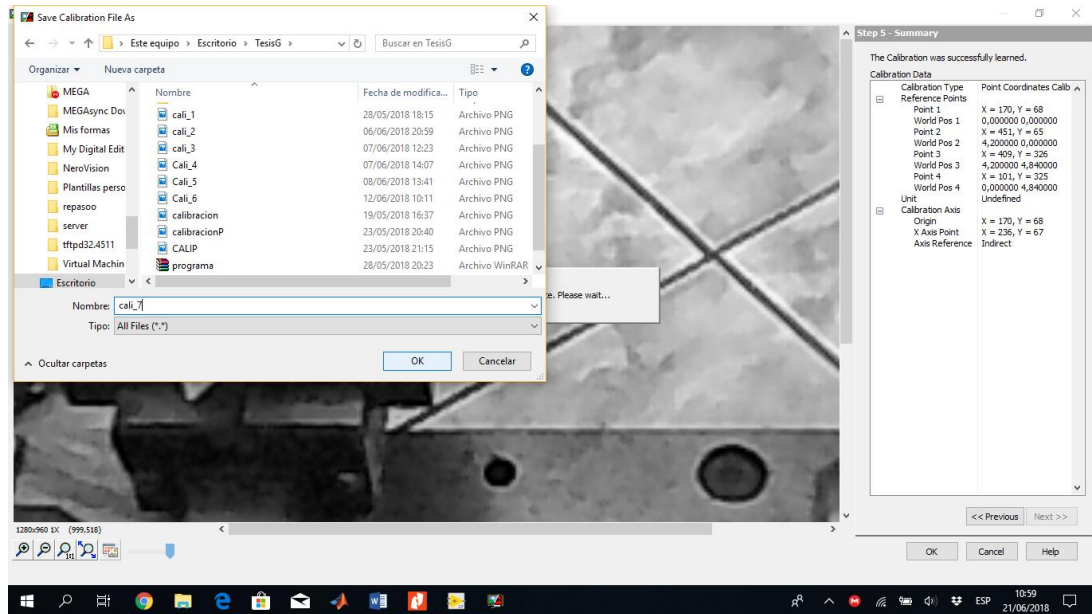
Figura 3.37 Finalización de calibración de referencias



Visualización de un plano cartesiano. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

La calibración realizada es importante guardarla para evitar la pérdida de los valores ya establecidos y posteriormente obviar una nueva configuración.

Figura 3.38 Guardado de calibración

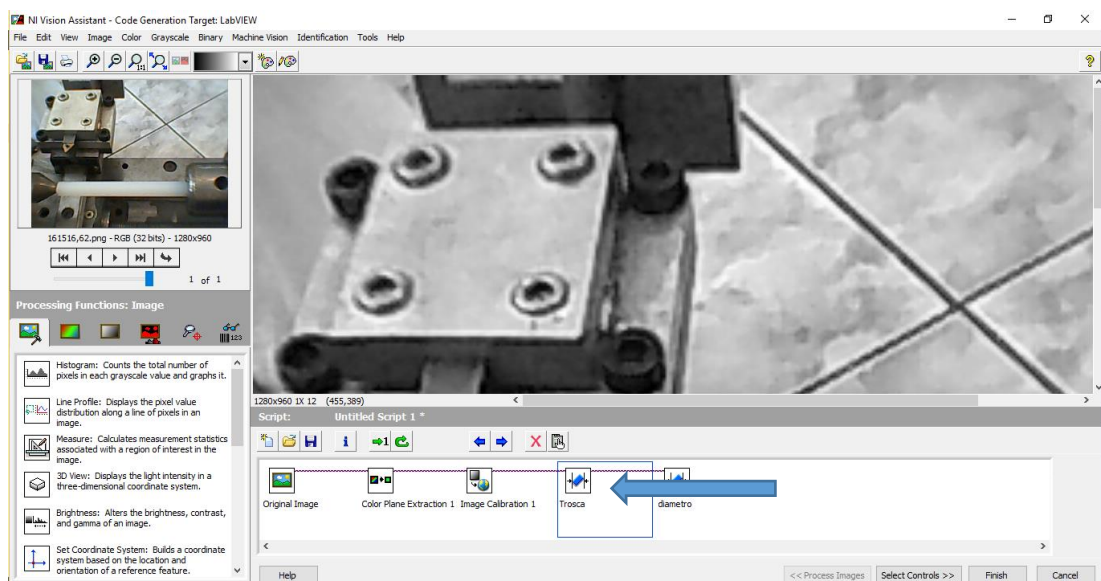


Calibración guardada en el computador. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

3.6.2 Calibración del tamaño de la rosca

Para esta calibración se ingresa en el bloque mostrado en la Figura 3.39, el cual permite establecer la calibración del tamaño de la rosca.

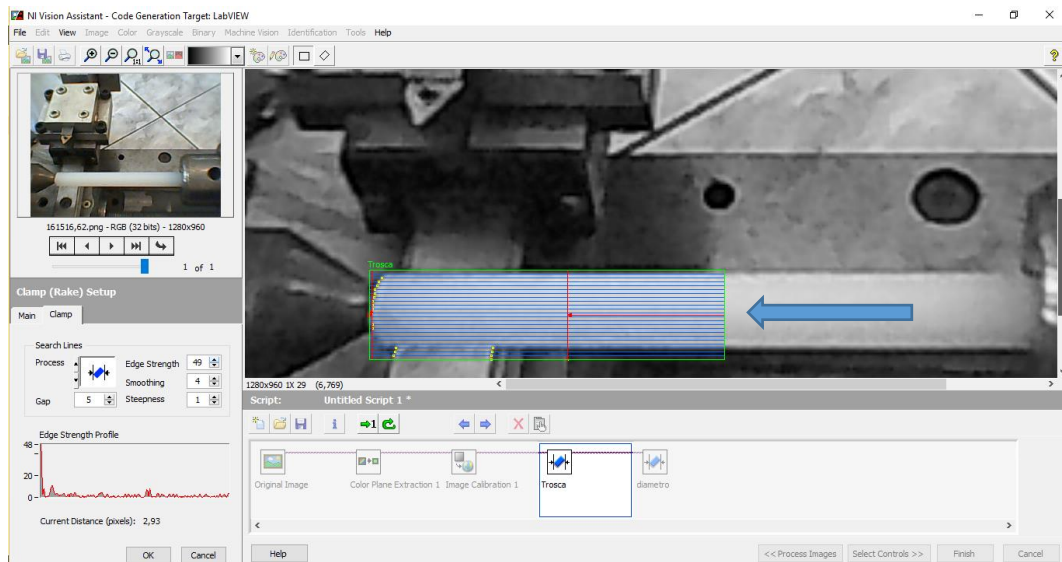
Figura 3.39 Configuración para tamaño de rosca



Ingreso para configurar el tamaño de la rosca. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

Como se observa en la Figura 3.40 se crea un rectángulo que ayudará a establecer la distancia que será tomado en cuenta cuando se realiza el proceso de la fabricación de la rosca.

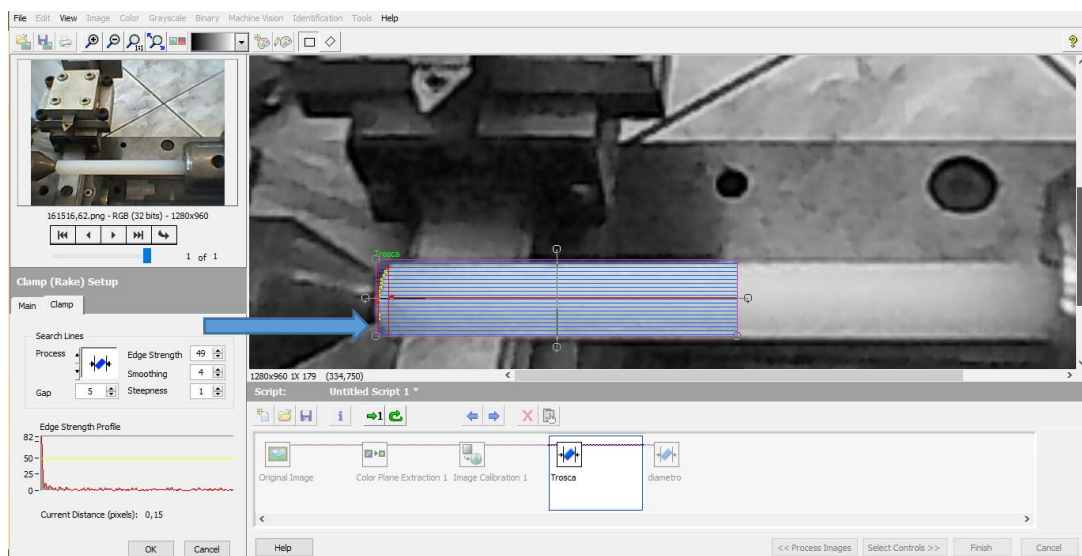
Figura 3.40 Calibración de distancia



Calibración para determinar la distancia en el desarrollo de la rosca. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

Se pone el rectángulo en pleno inicio o extremo de la pieza fabricada para tener mayor exactitud de medida cuando se realice el control de calidad como se observa en la Figura 3.41.

Figura 3.41 Calibración de distancia en punto cero

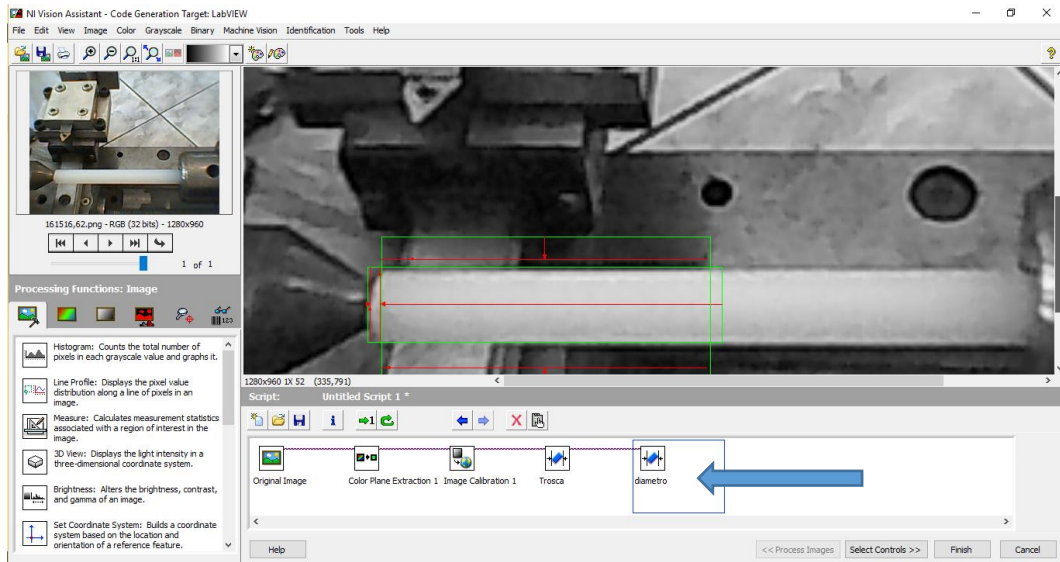


Ubicación de referencia para el control de calidad. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

3.6.3 Calibración del diámetro

Se procede con la calibración de los diámetros mencionados en la Figura 3.22, para la configuración se ingresa en la opción diámetro mostrado en la Figura 3.42.

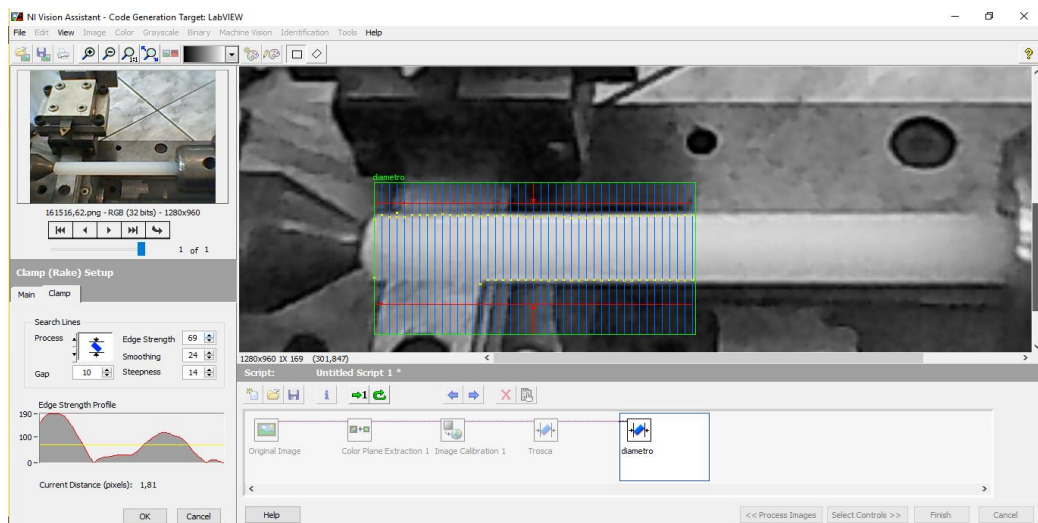
Figura 3.42 Configuración de diámetro



Ingreso en opción para determinar el diámetro. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

Se establece mediante dos líneas horizontales como se muestra en la Figura 3.43 las cuales permitieran determinar el diámetro máximo del material que será trabajado por la máquina CNC, y se establece las dos opciones de diámetro correspondientes a 10mm y 15mm.

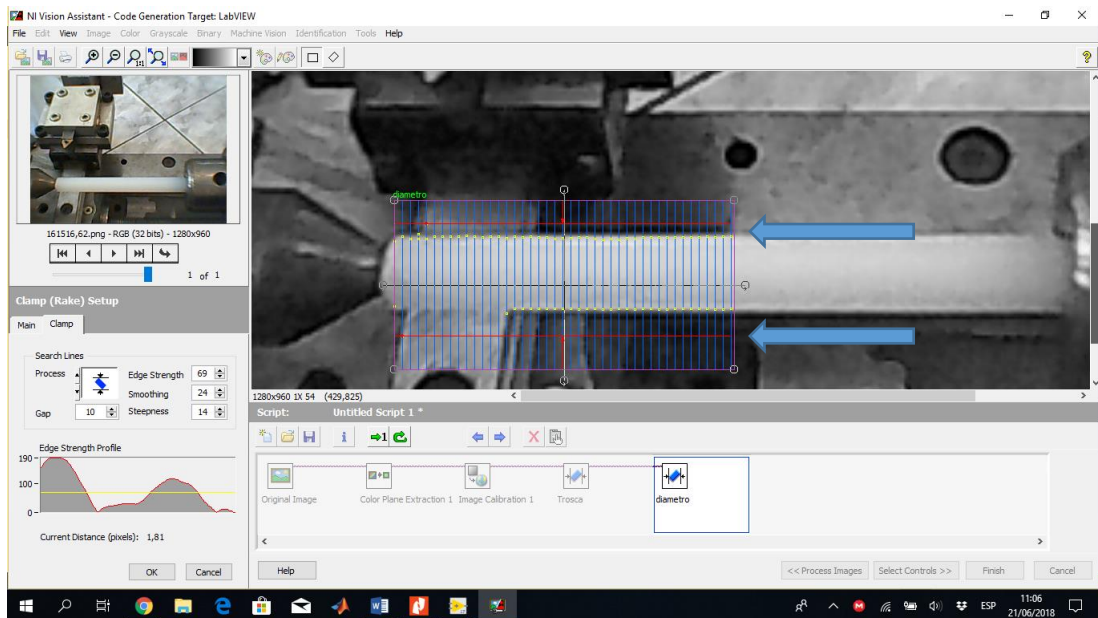
Figura 3.43 Configuración de diámetro



Estableciendo el diámetro para el control de calidad. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

Para determinar si existe un error en el desarrollo de la rosca se establece mediante puntos de color amarillo que representan bits, estos se comparan con la calibración establecida, si no coincide se determina que la rosca tiene un problema.

Figura 3.44 Representación de los bits

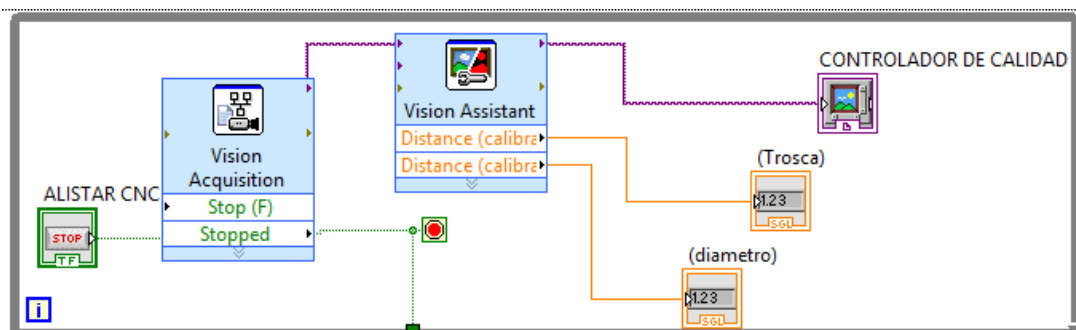


Estableciendo la representación de bits. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

3.6.4 Finalización de la calibración.

Terminada la calibración de distancia y diámetro se genera automáticamente una configuración de bloques como se observa en la Figura 3.45, que cumplirán con el proceso de control de calidad.

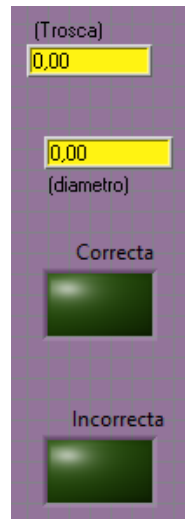
Figura 3.45 Configuración de bloques vision



Finalización de configuración de visión para el control de calidad. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

Mediante los indicadores numéricos y booleanos incorporados en la interfaz gráfica, puede visualizar el operario el tamaño y diámetro de la rosca terminada, esto se observa en la Figura 3.46.

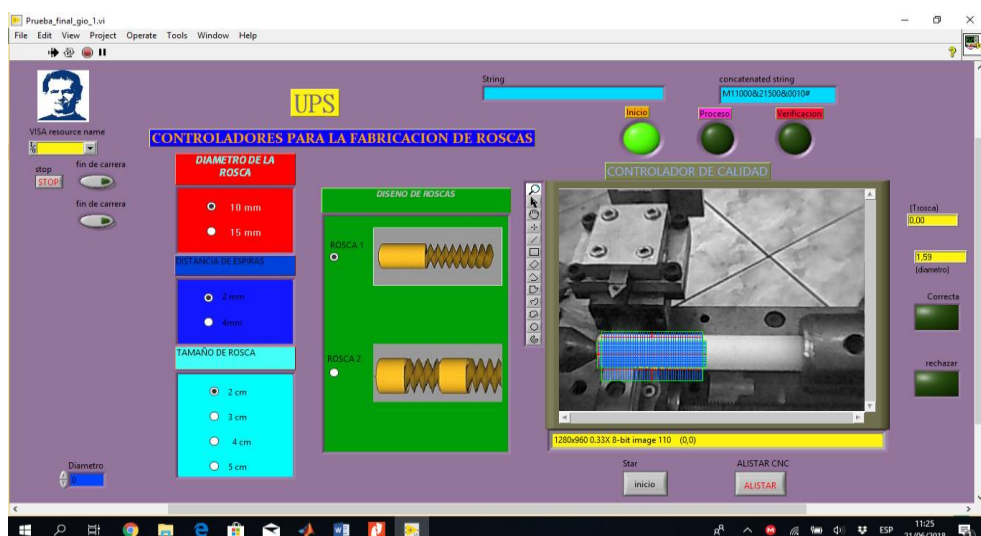
Figura 3.46 Indicadores en interfaz



Visualización de indicadores colocados en la interfaz. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara

Realizada cada una de las configuraciones mencionadas, se presenta en la Figura 3.47 la interfaz gráfica terminada, esta permitirá ingresar o escoger el tipo de rosca según el usuario y seguido proceder con la fabricación de estas.

Figura 3.47 Interfaz gráfica



Visualización de la Interfaz gráfica finalizada y lista para el desarrollo de las roscas. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

En el presente capítulo se muestra la implementación del controlador Arduino y los motores en la máquina CNC, además se presenta el desarrollo final de la interfaz gráfica con el software LabVIEW y por último la implementación de la cámara web para el control de calidad mediante visión artificial.

4.1 Implementación de los elementos en la máquina CNC

En este punto se explica cómo se fue armando, colocando y completando los elementos eléctricos y electrónicos que se utilizan en la máquina CNC, los cuales ayudaron para el correcto funcionamiento de la misma.

4.1.1 Ubicación de los motores

Para la ubicación de los motores fue necesario observar el funcionamiento de un torno manual en la fabricación de roscas, para tener la idea de cuál es el mecanismo necesario y posteriormente implementarlo en la máquina CNC.

Cada uno de los motores paso a paso fue colocado con la ayuda de un centro de mecanizado de tal manera que quede en la posición correcta y centralizada con cada uno de los ejes X, Y.

De igual manera para el motor DC se necesitó la ayuda del centro de mecanizado para la sujeción del mismo realizando una estructura adecuada la cual ayude y facilite la colocación de la caja reductora y esta quede totalmente centrada a la mordaza.

Figura 4.1 Colocación de elementos eléctricos y electrónicos

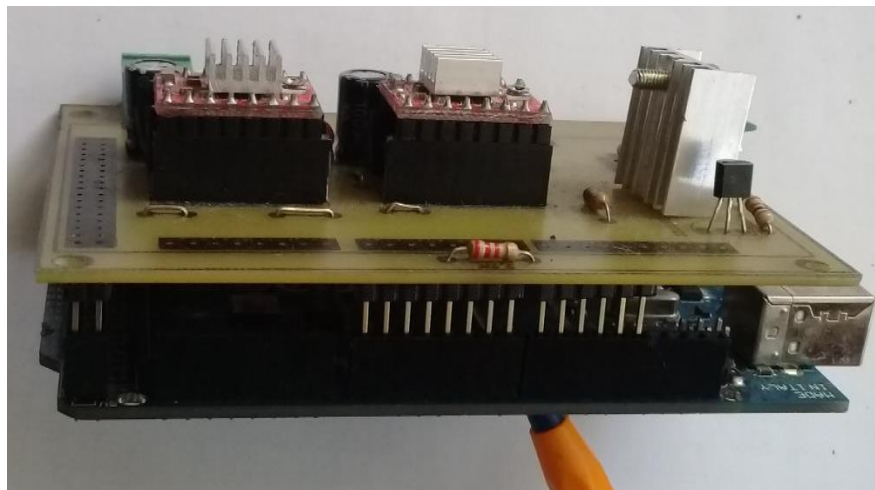


Ubicación de los motores en la máquina CNC. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

4.1.2 Acople de la shield con Arduino

Para unir el arduino con la shield es necesario revisar el código realizado para constatar que las entradas y salidas digitales coinciden, además, revisar la alimentación para evitar daños posteriores. El montaje se observa en la figura 4.2.

Figura 4.2 Ubicación de la placa shield



Ubicación de los motores en la máquina CNC. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

4.1.3 Alimentación

Se utilizó una fuente de 24 V dc para la alimentación de la shield la cual posee los dos drivers para el control de máquina CNC, además alimenta al motor DC. Véase la figura 4.3. La fuente es de 7.5 A suficiente para abastecer el consumo de los tres motores.

Figura 4.3 Fuente de 24V DC y 7.5A

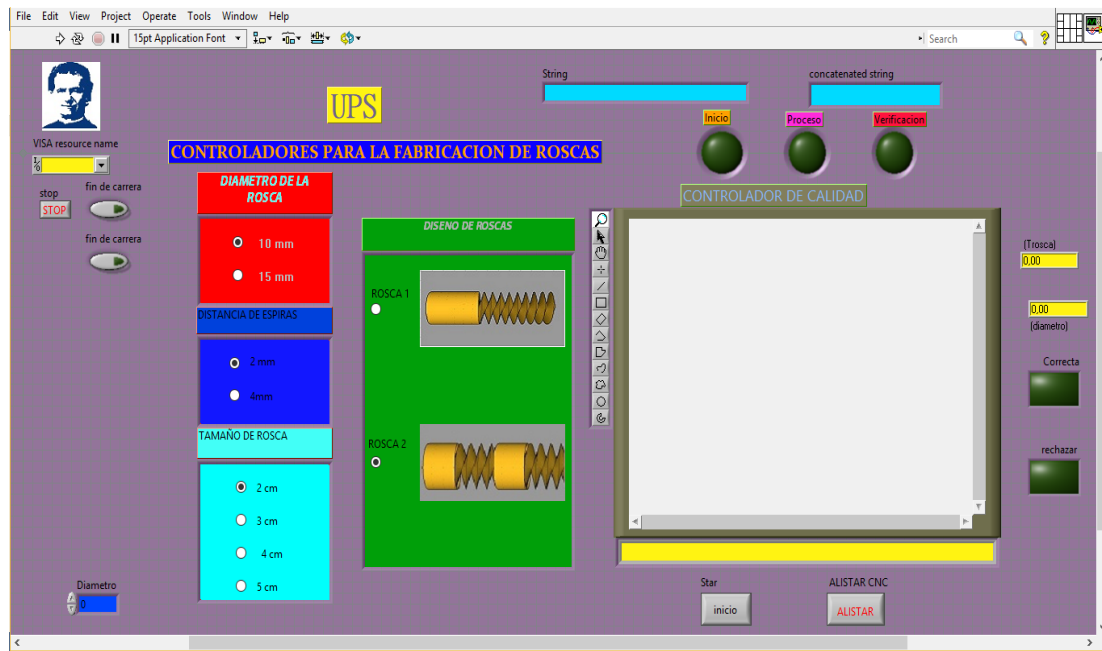


Fuente utilizada en la máquina CNC. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

4.2 Interfaz Gráfica

En la Figura 4.4 se presenta el diseño de la pantalla principal, la interfaz gráfica está dividida por tres segmentos, el primero se refiere a la comunicación que mediante un seleccionador permite escoger el puerto COM donde va conectado el controlador arduino, el segundo comprende las opciones para la fabricación de roscas que de manera gráfica y de selección mediante un Radio buttons facilita escoger el diámetro de la rosca, la distancias de espira a espira, el tamaño de la rosca y el diseño, el tercero se basa específicamente en el control de calidad, con la ayuda de una cámara web se puede observar el proceso de fabricación de la rosca para después verificar y ser mostrado mediante un indicador si la rosca tiene el tamaño y el diámetro correcto.

Figura 4.4 Interfaz gráfica principal

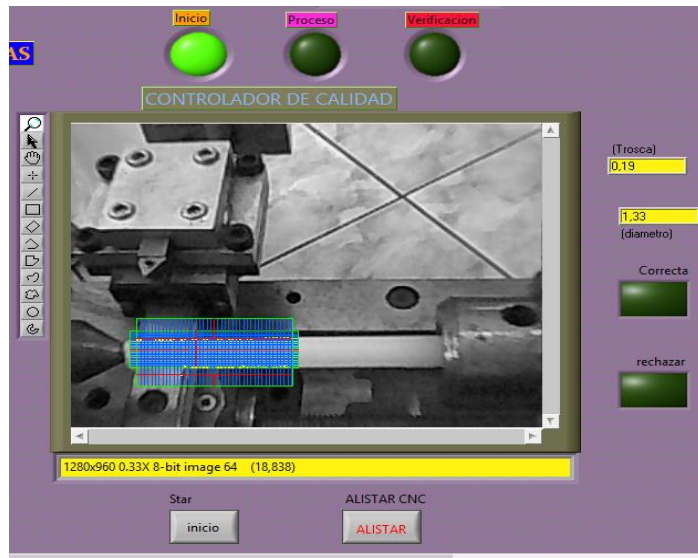


Diseño implementado para la interfaz gráfica. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

4.2.1 Control de calidad

En la Figura 4.5 se muestra el control de calidad mediante una cámara web implementada en la máquina CNC, que muestra todo el proceso de la fabricación de roscas para después verificar si tiene el tamaño y el diámetro es correcto, para ser mostrado posteriormente mediante una lámpara led de color verde, en caso contrario mostrara una lámpara led de color rojo.

Figura 4.5 Visión artificial



Control de calidad utilizando una cámara web. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

4.3 Proyecto terminado

Para el funcionamiento de la máquina CNC se conecta: shield con los respectivos drivers, controlador arduino, fuente de voltaje, máquina, ordenador con la interfaz gráfica y cámara web, de esta manera se puede poner en funcionamiento y proceder con la fabricación de las roscas requeridas por el usuario.

Figura 4.6 Componentes del proyecto

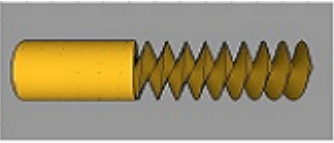


Elementos del proyecto para conectar. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

4.4 Pruebas

- La Tabla 4.1 indica los valores que requiere el usuario en la fabricación de la rosca con el diseño correspondiente.

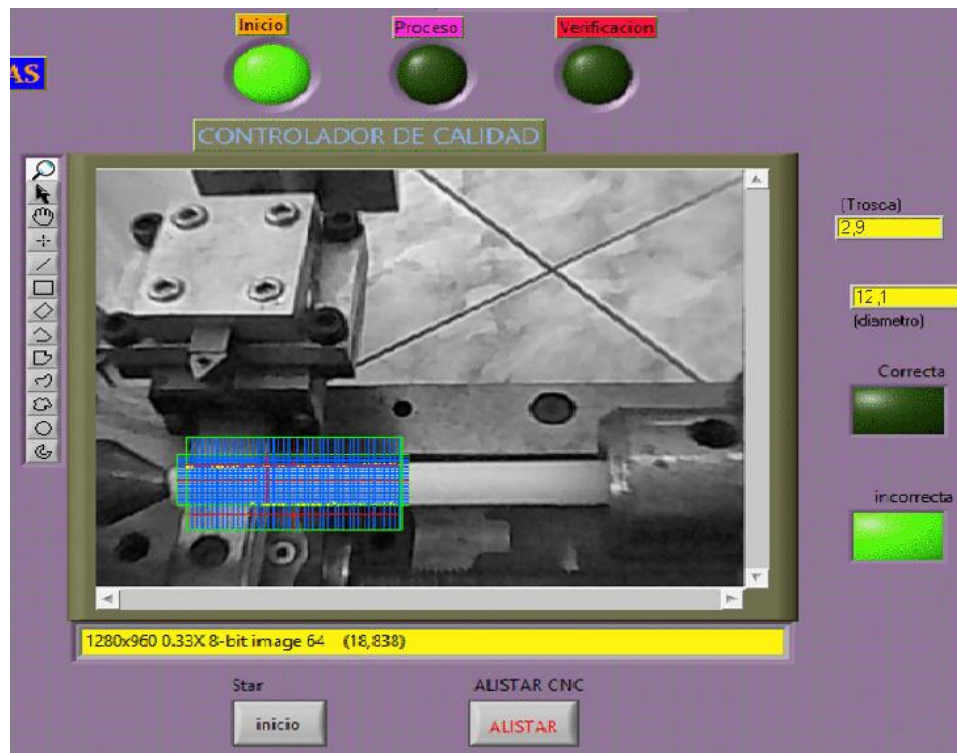
Tabla 4.1 Medidas de la pieza 1

DISEÑO	TAMAÑO (cm)	DIÁMETRO (mm)	PASO (mm)
	3	10	2

Diseño y medidas requeridas por el operario. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

En la Figura 4.7 se presenta la captura de la primera rosca de prueba realizada en la máquina CNC.

Figura 4.7 Primera prueba realizada en máquina CNC (incorrecta)



Resultado obtenido en la interfaz gráfica. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara

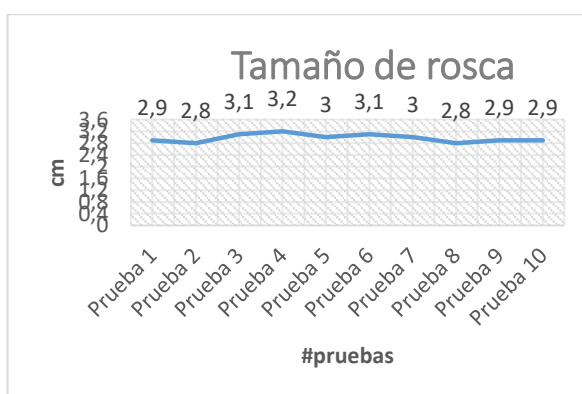
- Se realizó varias pruebas con el mismo diseño y valores de la tabla 4.1, dando los valores mostrados en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Valores obtenidos pieza 1

# Pruebas:	Tamaño (cm)		Diámetro (mm)		Paso (mm)	Verificación
	Pie de Rey	Visión Artificial	Pie de Rey	Visión Artificial		
Prueba 1	2,7	2,9	12	12,1	2	incorrecta
Prueba 2	2,5	2,8	12,1	12,3	2	incorrecta
Prueba 3	3,3	3,1	11,1	11,4	1,9	correcta
Prueba 4	3,1	3,2	10,3	10,6	1,9	correcta
Prueba 5	3,2	3	10,1	10,3	2	correcta
Prueba 6	2,9	3,1	11,3	11,1	2	correcta
Prueba 7	3,1	3	9,7	9,5	2,1	correcta
Prueba 8	2,5	2,8	10,4	10,3	2	incorrecta
Prueba 9	3,1	2,9	11,5	11,3	2,1	correcta
Prueba 10	2,7	2,9	11,5	11,7	2,1	correcta

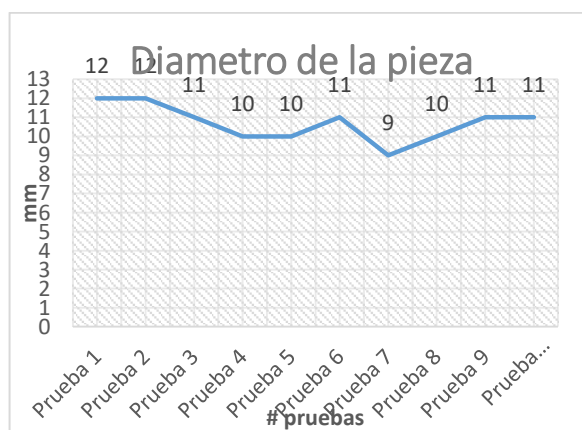
Medidas tomadas con un Pie de Rey y visión artificial. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.8 Gráfica del tamaño de rosca



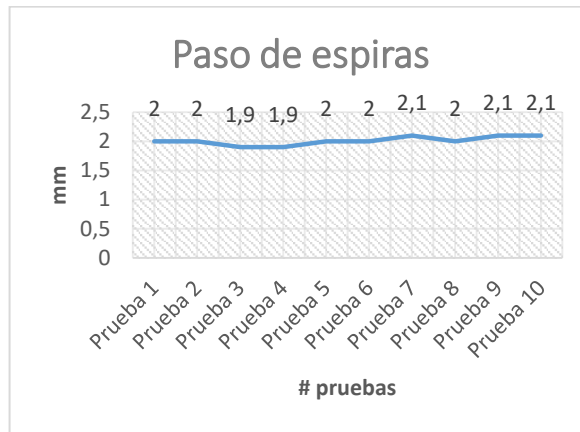
Resultado de las pruebas con pie de rey, Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.9 Gráfica del diámetro de la pieza



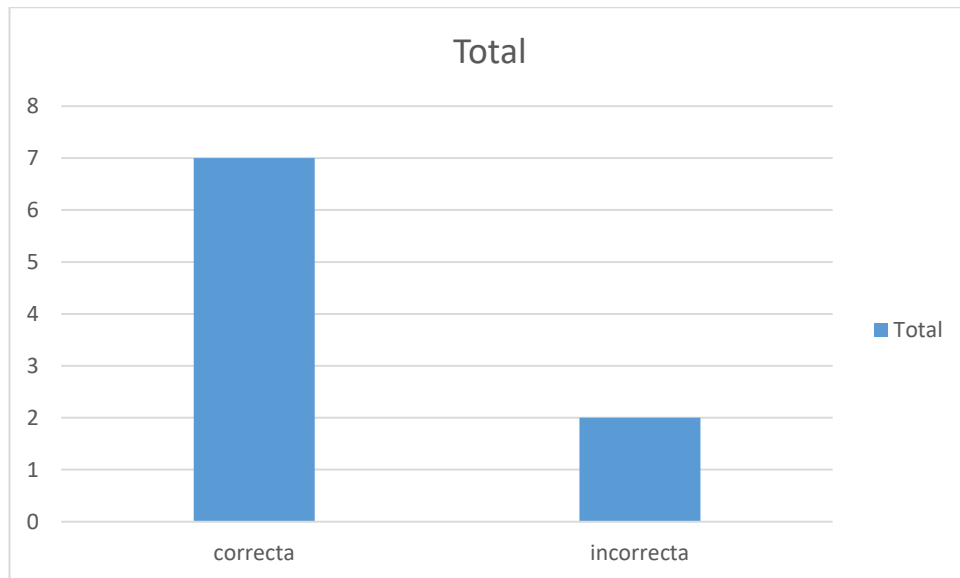
Resultado de las pruebas pie de rey. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.10 Gráfica del paso de las espiras



Resultado de las pruebas con pie de rey. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.11 Gráficas de la verificación



Resultado de la verificación. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

- **Porcentaje de error del tamaño de rosca**

$$\%_{\text{error}} = \left| \frac{\text{valor exacto} - \text{valor aprox}}{\text{valor exacto}} \right| \times 100 \quad \text{Ec. (4.1)}$$

$$\text{valor aprox} = \frac{\sum_0^n \text{tamaño}}{\text{total}} \quad \text{Ec. (4.2)}$$

$$\text{valor aprox} = \frac{29.7}{10}$$

valor aprox = 2.97

$$\%_{\text{error}} = \left| \frac{(3 - 2.97)}{3} \right| \times 100$$

$$\%_{\text{error}} = 1 \%$$

- **Porcentaje de error del diámetro de la pieza**

$$\text{valor aprox} = \frac{107}{10}$$

valor aprox = 10.7

$$\%_{\text{error}} = \left| \frac{(10 - 10.7)}{10} \right| \times 100$$

$$\%_{\text{error}} = 7\%$$

- **Porcentaje de error del paso entre espiras**

$$\text{valor aprox} = \frac{20.1}{10}$$

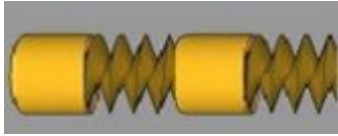
valor aprox = 2.01

$$\%_{\text{error}} = \left| \frac{(2 - 2.01)}{2} \right| \times 100$$

$$\%_{\text{error}} = 0.5\%$$

- La Tabla 4.3 indica los valores que requiere el usuario en la fabricación de la rosca con el diseño correspondiente.

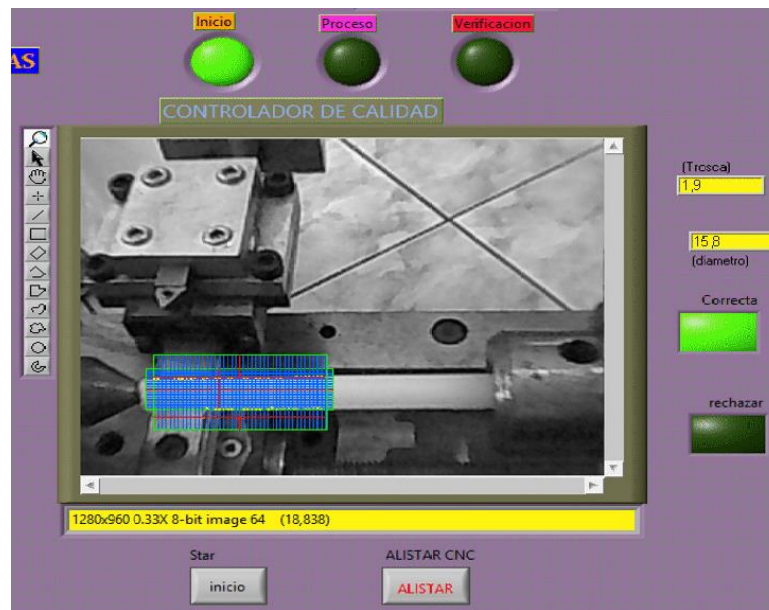
Tabla 4.3 Medidas de la pieza 2

DISEÑO	TAMAÑO (cm)	DIÁMETRO (mm)	PASO (mm)
	2	15	4

Diseño y medidas requeridas por el operario. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

En la Figura 4.12 se presenta la primera prueba realizada en la máquina CNC.

Figura 4.12 Primera prueba realizada en máquina CNC (correcta)



Resultado obtenido en la interfaz gráfica. Elaborado por: David Loza, Giovanni Vergara.

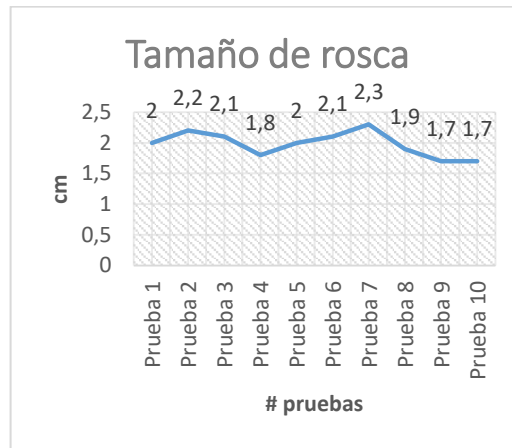
- Se realizó varias pruebas con el mismo diseño y valores de la Tabla 4.3, dando los valores mostrados en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Valores obtenidos pieza 2

# Pruebas:	Tamaño(cm)		Diámetro(mm)		Paso (mm)	Verificación
	Pie de Rey	Visión Artificial	Pie de Rey	Visión Artificial		
Prueba 1	2	1,9	16	15,8	3,9	correcta
Prueba 2	2,2	2,4	15,5	15,9	3,8	incorrecta
Prueba 3	2,1	1,9	14,8	14,6	3,9	correcta
Prueba 4	1,8	2,1	14,8	15,1	4,2	correcta
Prueba 5	2	1,9	15,3	15,1	4,1	correcta
Prueba 6	2,1	1,9	15,3	15,2	4,5	correcta
Prueba 7	2,3	2,1	16,1	15,9	4,3	incorrecta
Prueba 8	1,9	2,1	15,2	14,9	4,1	correcta
Prueba 9	1,7	1,9	16,2	15,9	4,1	incorrecta
Prueba 10	1,7	2,0	14,8	15,1	3,5	incorrecta

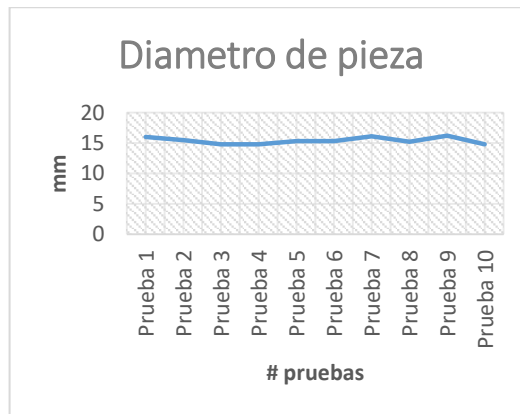
Medidas tomadas con pie de rey y visión artificial. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.13 Gráfica del tamaño de rosca



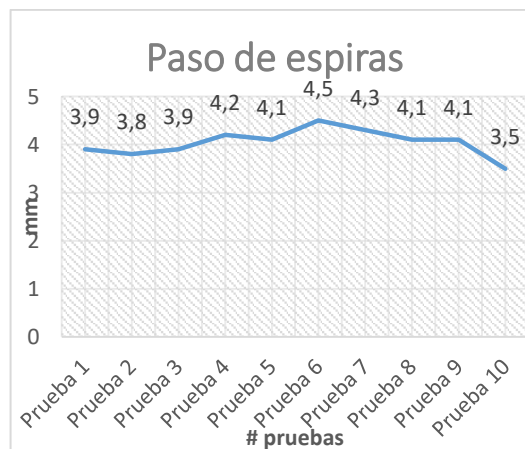
Resultado de las pruebas con pie de rey. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.14 Gráfica del diámetro de la pieza



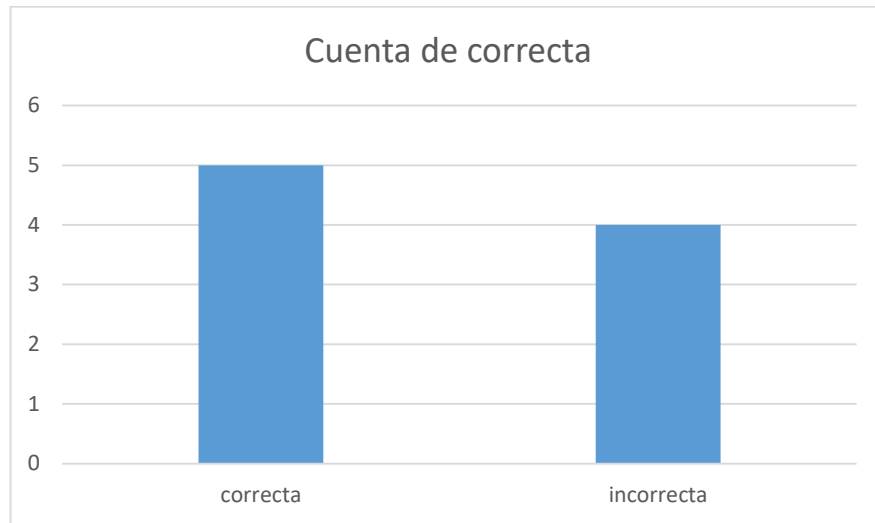
Resultado de las pruebas con pie de rey. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.15 Gráfica del paso entre espiras



Resultado de las pruebas con pie de rey. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza.

Figura 4.16 Gráfica de verificación



Resultado de la verificación. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

- **Porcentaje de error del tamaño de rosca**

$$\%_{error} = \left| \frac{(\text{valor exacto} - \text{valor aprox})}{\text{valor exacto}} \right| \times 100 \quad \text{Ec. (4.3)}$$

$$\text{valor aprox} = \frac{\sum_0^n \text{tamaño}}{\text{total}} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

$$\text{valor aprox} = \frac{19.8}{10}$$

$$\text{valor aprox} = 1.98$$

$$\%_{error} = \left| \frac{(2 - 1.98)}{1.98} \right| \times 100$$

$$\%_{error} = 1.010 \%$$

• **Porcentaje de error del diámetro de la pieza**

$$\text{valor aprox} = \frac{154}{10}$$

$$\text{valor aprox} = 15.4$$

$$\%_{error} = \left| \frac{(15 - 15.4)}{15} \right| \times 100$$

$$\%_{error} = 2.66 \%$$

• **Porcentaje de error del paso entre espiras**

$$\text{valor aprox} = \frac{40.4}{10}$$

valor aprox = 4.04

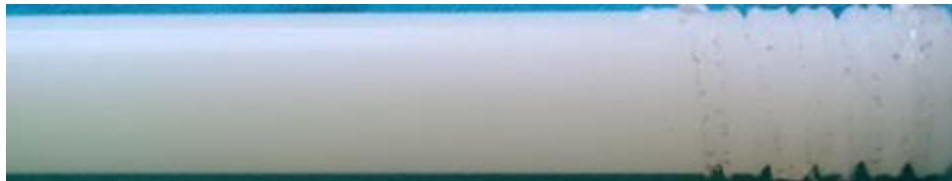
$$\%_{\text{error}} = \left| \frac{4 - 4.04}{4} \right| \times 100$$

$$\%_{\text{error}} = 1\%$$

4.5 Resultados

La Figura 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20 se muestran las piezas terminadas en el material de Nylon realizadas por la máquina CNC, requeridas por el usuario.

Figura 4.17 Pieza 2cm de tamaño diseño 1



Diseño requerido por el usuario, tamaño 2cm, diámetro 15mm, paso 2mm. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

Figura 4.18 Pieza 5cm de tamaño diseño 1



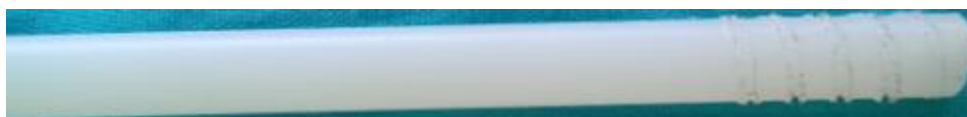
Diseño requerido por el usuario, tamaño 5cm, diámetro 10mm, paso 2mm. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

Figura 4.19 Pieza terminada diseño 2



Diseño requerido por el usuario, tamaño 2cm, diámetro 15mm, paso 4mm. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

Figura 4.20 Pieza 2 cm terminado diseño 1



Diseño requerido por el usuario, tamaño 2cm, diámetro 10mm, paso 2mm. Elaborado por: Giovanni Vergara, David Loza

CONCLUSIONES

La automatización de una máquina CNC para fabricar roscas con control de calidad mediante la visión artificial es un proyecto que requiere un gran nivel de investigación por este hecho que se recopiló información sobre el funcionamiento de distintos tornos convencionales y máquinas CNC. También se investigó los distintos métodos de visión artificial con el fin de implementar una máquina que además de ser automática pueda ser verificada mediante una cámara.

Al implementar el sistema eléctrico y electrónico en la máquina CNC se garantizó la fabricación de las roscas mediante la selección de elementos con las características adecuadas, siendo estos satisfactorios al momento de operar, cumpliendo con los requisitos del torque, voltaje y corriente para la obtención de las roscas en distintos tamaños.

Gracias a la interfaz gráfica diseñada, el usuario realiza los dos diseños de roscas con diferentes diámetros, distancias y tamaños en forma sencilla, debido a que las opciones establecidas son solo de selección y así se evita que el usuario tenga conflictos al interactuar mediante código con la interfaz en la fabricación de las roscas.

Mediante la combinación correcta de los bloques incluidos en el software LabVIEW se logró configurar procesos o establecer condiciones que ayudan a determinar instrucciones para el desarrollo de roscas y de la misma forma para un correcto análisis en el control de calidad.

Al momento del análisis de la imagen mediante la visión artificial se obtuvo valores que ayudaron a determinar si la fabricación de la rosca es correcta o incorrecta, estos valores fueron transformados en un conjunto de bits que al ser comparados con un valor establecido determinaron el estado de la rosca.

Concluidas las pruebas se constató que las piezas de 15 mm se obtuvo un error del 2.66% menor al de 10 mm que posee un error de 7%, ambas con un paso entre las espiras de 4mm, por lo cual se evidenció que la máquina CNC tiene un funcionamiento óptimo en piezas de mayor diámetro.

Al momento de calibrar el sistema de la visión artificial se comprobó que al existir una buena iluminación disminuye el error considerablemente ya que las roscas son captadas con mayor nitidez y sin sombras.

RECOMENDACIONES

Se debe tener una buena iluminación al momento de calibrar el sistema de la visión artificial para tener el mínimo error en los datos finales, esto ayuda al sistema evitar la toma de datos erróneos y así poder aceptar o rechazar la pieza terminada.

Para tener un mejor acabado en las piezas es necesario utilizar un complemento de lijado para eliminar todas las rebabas que se producen al momento de realizar la rosca.

Para mejorar la calidad de la rosca se recomienda utilizar una cámara de mayor resolución para obtener un error mínimo al momento de la verificación de las roscas mediante la visión artificial.

La estructura de la máquina debe ser de alta precisión para evitar movimientos indeseados al momento de la fabricación de la rosca.

Es necesario adquirir un útil de corte de alta calidad para evitar el desgaste inmediato del mismo y así tener una garantía de que la rosca tenga un buen acabado, para cumplir las exigencias del usuario.

Para la fabricación de roscas en materiales más rígidos, es necesario utilizar otros motores con mayor torque, para no sobre exigir a los motores que se encuentran implementados en la máquina CNC, evitando que estos se puedan quemar.

REFERENCIAS

- Alberto, C. J. (18 de Junio de 2017). *Maquinas Herramienta: El torno, torno paralelo*. Obtenido de Herramientas de Corte:
<http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/herramientas-de-corte-para-torno-tipos-y-usos>
- Andalucia, J. d. (18 de Junio de 2018). *Junta de Andalucia*. Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Motores%20de%20c-oriente%20continua.htm>
- Arduino. (15 de Mayo de 2018). *Arduino*. Obtenido de Arduino y Características:
<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>
- Beltran, D., & Mondragon, J. (1 de Agosto de 2014). *Informática Moderna*. Obtenido de Resistencias SMD:
<http://workfromunysistem.blogspot.com/2014/08/resistencias.html>
- CMZ. (17 de Junio de 2018). *Tornos CNC*. Obtenido de <http://www.cmz.com/tornos-cnc-serie-tc.php>
- Felipe, R. (26 de Enero de 2011). *Olimpia Cuatitlan*. Obtenido de Máquinas CNC - Torno CNC: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/torno-cnc>
- Garcia Jose, G. S. (24 de Abril de 2017). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de Motores Paso a Paso: <http://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/?cn-reloaded=1>
- Jardetzky, P. (22 de Noviembre de 2012). *Tecnología Camaras*. Obtenido de Camaras WEB: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/camara-web.php>
- Jurgen, S. (12 de Agosto de 2011). *Festo*. Obtenido de Motores de Corriente Continua: http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/571785_leseprobe_es.pdf
- KBE, F. (21 de Junio de 2018). *Knowledge Based Engineering*. Obtenido de Caja Reductora:
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/6.+Engranajes.pdf>

- Llamas, L. (17 de Junio de 2018). *Ingeniería, Informática y diseño*. Obtenido de Driver A4988 o DRV8825: <https://www.luisllamas.es/motores-paso-paso-arduino-driver-a4988-drv8825/>
- Luna, G. L. (15 de Junio de 2018). *Revista Digital Universitaria*. Obtenido de Diseño Interfaz Gráfica: [https://www.ecured.cu/Interfaz_gr%C3%A1fica_de_usuario_\(GUI\)](https://www.ecured.cu/Interfaz_gr%C3%A1fica_de_usuario_(GUI))
- Mayra, A. S. (29 de Enero de 2015). *Mecánica*. Obtenido de Tipos de materiales utilizados en Máquinas CNC: <https://es.slideshare.net/mayraarana/diferentes-tipos-de-materiales-utilizados-en-las-diferentes-maquinas-y-herramientas-avances-y-normas>
- Mecafenix. (24 de Abril de 2017). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de <http://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/?cn-reloaded=1>
- Mena Lopez, A. F. (2013). *Conversion de un torno convencional a uno por control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la ESPE Extension Latacunga*. Latacunga.
- National Instruments, I. (24 de Junio de 2018). *National Instruments*. Obtenido de Software LABview: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>
- Phytron. (21 de Junio de 2018). *Extreme, Precision, Positioning*. Obtenido de Motor paso a paso Híbrido: <http://www.directindustry.es/prod/phytron-gmbh/product-7098-464362.html>
- Ramos, P. (26 de Junio de 2013). *Motores PAP*. Obtenido de Pasos de motor paso a paso: <http://80.26.97.21/ele/pro/CURSO%202002-2003/Juan%20Carlos%20de%20Pedro%20Ramos/motores%20paso%20a%20paso.htm>
- Ricardo, J. (28 de Diciembre de 2015). *Materias Fi*. Obtenido de Control Numerico Computarizao: <http://materias.fi.uba.ar/7565/U4-control-numericopor-computadora.pdf>

Rodríguez, F. G. (13 de Mayo de 2018). *Rodas5*. Obtenido de Fundamentos de Visión Artificial: <https://rodas5.us.es/file/26a3632e-7124-4e72-b045-d9ae3edd3938/1/Fundamentos%20de%20la%20Vision%20Artificial.pdf>

SA, E. (14 de Noviembre de 2011). *SASE*. Obtenido de Fuentes de Alimentacion: Lineales y Conmutadas: http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes_de_alimentacion.pdf

UTN. (14 de Abril de 2017). *utn*. Obtenido de http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs2/PaP/MOTOR_PaP_FINAL.pdf

ANEXO

En este apartado se presenta el código implementado en el controlador Arduino que ayudo en el proceso de la fabricación de las roscas personalizadas.

```
const int enablem1 = 8;
const int dirPinm1 = 10;
const int stepPinm1 = 9;
const int enablem2 = 5;
const int dirPinm2 = 7;
const int stepPinm2 = 6;
const int motor = 3;
int dato=0;
int lec[20];
int velm=0;
int steps = 2222;
int stepDelay;
int velm1=0;
int velm2=0;
int i=0;
void decodificar(){
  int indice=0;
  velm1=0;
  velm2=0;
  velm=0;
  for(int x=0;x<5;x++){
    if (lec[x]==77)indice=x;//M=77
  }
  velm1=(lec[indice+2]-48)*1000;
  velm1+=(lec[indice+3]-48)*100;
  velm1+=(lec[indice+4]-48)*10;
  velm1+=(lec[indice+5]-48);
  velm2=(lec[indice+8]-48)*1000;
  velm2+=(lec[indice+9]-48)*100;
  velm2+=(lec[indice+10]-48)*10;
  velm2+=(lec[indice+11]-48);

  velm+=(lec[indice+14]-48)*100;
  velm+=(lec[indice+15]-48)*10;
  velm+=(lec[indice+16]-48);
  i=0;
  Serial.println(velm);
  Serial.println(velm1);
  Serial.println(velm2);
```

```

}
void motor1v(){
    for(int y = 0; y < 2222; y++) {
        digitalWrite(stepPinm1,HIGH);
        delayMicroseconds(velm1);
        digitalWrite(stepPinm1,LOW);
        delayMicroseconds(velm1);
    }
}
void motor12(){
    for(int y = 0; y < 1111; y++) {
        digitalWrite(stepPinm1,HIGH);
        delayMicroseconds(velm1);
        digitalWrite(stepPinm1,LOW);
        delayMicroseconds(velm1);
    }
}
void motor14(){
    for(int y = 0; y < 100; y++) {
        digitalWrite(stepPinm1,HIGH);
        delayMicroseconds(velm1);
        digitalWrite(stepPinm1,LOW);
        delayMicroseconds(velm1);
    }
}
void motor1p(){
    for(int y = 0; y < 50; y++) {
        digitalWrite(stepPinm1,HIGH);
        delayMicroseconds(velm1);
        digitalWrite(stepPinm1,LOW);
        delayMicroseconds(velm1);
    }
}
void motor2v(){
    for(int y = 0; y < 2222; y++) {
        digitalWrite(stepPinm2,HIGH);
        delayMicroseconds(velm2);
        digitalWrite(stepPinm2,LOW);
        delayMicroseconds(velm2);
    }
}
void motor22(){
    for(int y = 0; y < 1111; y++) {
        digitalWrite(stepPinm2,HIGH);

```

```

        delayMicroseconds(velm2);
        digitalWrite(stepPinm2,LOW);
        delayMicroseconds(velm2);
    }
}
void motor24(){
    for(int y = 0; y < 100; y++) {
        digitalWrite(stepPinm2,HIGH);
        delayMicroseconds(velm2);
        digitalWrite(stepPinm2,LOW);
        delayMicroseconds(velm2);
    }
}
void motor2p(){
    for(int y = 0; y < 50; y++) {
        digitalWrite(stepPinm2,HIGH);
        delayMicroseconds(velm2);
        digitalWrite(stepPinm2,LOW);
        delayMicroseconds(velm2);
    }
}
void setup() {
    // Marcar los pines como salida
    pinMode(enablem1, OUTPUT);
    pinMode(dirPinm1, OUTPUT);
    pinMode(stepPinm1, OUTPUT);
    digitalWrite(enablem1,LOW); // Set Enable low
    pinMode(enablem2, OUTPUT);
    pinMode(dirPinm2, OUTPUT);
    pinMode(stepPinm2, OUTPUT);
    digitalWrite(enablem2,LOW);
    Serial.begin(9600); // inicia la comunicacion serial
    pinMode(motor, OUTPUT);
    velm1=1000;
    velm2=1000;
    velm=255;
}
void loop() {
    if (Serial.available() > 0) {
        dato = Serial.read();
        lec[i]=dato;
        i++;
        if (dato==35){##=35
            decodificar();

```

```
    i=0;
  }
}
analogWrite(motor, velm);

switch (dato){
  case 97://a
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,LOW);
    motor1v();
    break;
  case 98://b
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,LOW);
    motor12();
    break;
  case 99://c
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,LOW);
    motor14();
    break;
  case 100://d
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,LOW);
    motor1p();
    break;
  case 101://e
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,HIGH);
    motor1v();
    break;
  case 102://f
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,HIGH);
    motor12();
    break;
  case 103://g
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,HIGH);
    motor14();
    break;
  case 104://h
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm1,HIGH);
```

```

    motor1p());
break;
case 105://i
    i=0;
    digitalWrite(enablem1,HIGH);
break;
//////////motor 2
    case 106://j
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm2,LOW);
    motor2v());
break;
case 107://k
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm2,LOW);
    motor22());
break;
case 108://l
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm2,LOW);
    motor24());
break;
case 109://m
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm2,LOW);
    motor2p());
break;
case 110://n
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm2,HIGH);
    motor2v());
break;
case 111://o
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm2,HIGH);
    motor22());
break;
case 112://p
    i=0;
    digitalWrite(dirPinm2,HIGH);
    motor24());
break;
case 113://q
    i=0;

```

```

    digitalWrite(dirPinm2,HIGH);
    motor2p();
break;
case 114://r
    i=0;
    digitalWrite(enablem2,HIGH);
break;

case 115://s
    i=0;
    digitalWrite(enablem1,HIGH);
    digitalWrite(enablem2,HIGH);
    velm=255;
break;
case 116://t
    i=0;
    digitalWrite(enablem1,LOW);
    digitalWrite(enablem2,LOW);
    velm=0;
break;
/* case 117://u
    i=0;
    velm=100;*/
break;
case 118://v
    i=0;
    velm=255;
break;
}
}

```

Elaborado por: David Loza y Giovanni Vergara