

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

CARRERA INGENIERÍA DE SISTEMAS



PROYECTO DE GRADO

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL NUMÉRICO
COMPUTARIZADO CON ARDUINO Y SISTEMA DE REGISTRO DE DISEÑOS,
PARA TRABAJOS DE TALLADO Y DE GRABADO EN PIEZAS DE MADERA
CASO: TALLER DE ARTESANÍAS MACHACA**

Para optar al título de Licenciatura en Ingeniería de Sistemas

MENCIÓN: GESTIÓN Y PRODUCCIÓN

Postulante: Gabriela Luque Arteaga

Tutor Metodológico: Ing. Enrique Flores Baltazar

Tutor Especialista: Ing. Edwin Mamani Viscarra

Tutor Revisor: Ing. Ramiro Kantuta Limachi

EL ALTO – BOLIVIA

2020

DEDICATORIA:

Dedico con muchísimo cariño a mi padre y a mi madre, quienes son la principal inspiración de valentía, superación y fortaleza en mi vida, y a mis hermanos por su apoyo constante e incondicional para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Dios sobre todas las cosas por concederme la vida y la salud para culminar una etapa más en mi vida.

Agradecer a mis padres y todos mis hermanos por brindarme su apoyo y ánimos para continuar estudiando.

Al Ing. Enrique Flores Baltazar, Tutor Metodológico, por revisar y darme las pautas metodológicas para concluir y hacer la defensa del presente proyecto.

Al Ing. Edwin Mamani Viscarra, Tutor Especialista, por guiarme en el desarrollo del presente proyecto.

Al Ing. Ramiro Kantuta Limachi, Tutor Revisor, por guiarme en el desarrollo del presente trabajo de grado.

Agradecer también a la responsable del Taller de Artesanías Machaca, por darme la oportunidad de realizar este proyecto, para su negocio.

Al Director de Carrera por su colaboración a los estudiantes de la carrera, y a los docentes de la Carrera Ingeniería de Sistemas por darnos a conocer sus conocimientos y experiencias.

ÍNDICE GENERAL

1. MARCO PRELIMINAR	1
1.1. INTRODUCCIÓN	2
1.2. ANTECEDENTES	3
1.2.1. Antecedentes institucionales	3
1.2.2. Antecedentes afines al proyecto	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3.1. Descripción del Problema	5
1.3.2. Formulación del Problema	6
1.4. OBJETIVOS	7
1.4.1. Objetivo General	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
1.5. JUSTIFICACIONES	8
1.5.1. Justificación Técnica	8
1.5.2. Justificación Económica	8
1.5.3. Justificación Social	9
1.6. METODOLOGÍA	9
1.6.1. Métodos de investigación	10
1.6.2. Tipo de investigación	11
1.6.3. Técnicas de recolección de información	12
1.6.4. Técnicas de seguridad	12
1.7. ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO	13
1.8. PRUEBAS Y COMPARACIONES DEL PROTOTIPO CNC	13
1.9. HERRAMIENTAS	13
1.10. LÍMITES Y ALCANCES	14
1.10.1. Límites	14

1.10.2. Alcances	14
1.11. APORTES	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)	17
2.1.1. Definición de CNC y Automatización	17
2.1.2. Aplicaciones del CNC	17
2.1.3. Elementos del CNC	18
2.1.4. Componentes del hardware del CNC	19
2.1.5. Software para manejo del CNC	34
2.2. MÉTODO DE DESARROLLO DEL SOFTWARE	41
2.2.1. Metodología AUP	41
2.2.2. Lenguaje Unificado de Modelado (UML)	46
2.2.3. Prueba de Software	47
2.3. MÉTRICAS DE CALIDAD DE SOFTWARE	47
2.3.1. Estándar ISO/IEC 9126	48
2.3.2. Método de estimación de Costos	51
2.3.3. Técnicas de seguridad	55
2.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN	58
2.5. SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS (SGBD)	59
2.5.1. Sistema de gestión de bases de datos (SGBD)	59
2.6. SERVIDOR LÓGICO	61
2.7. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	62
2.7.1. Microsoft Visual Studio	62
2.7.2. WPF	63
3. MARCO APLICATIVO	65
3.1. DESARROLLO DEL CNC CON ARDUINO	66
3.1.1. ARMADO DEL CNC	66

3.1.2. INSTALACIÓN DEL FIRMWARE GRBL A ARDUINO Y PROGRAMACION DE PARÁMETROS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL CNC	78
3.1.3. DETALLES DEL CNC DESARROLLADO	82
3.2. DESARROLLO DEL SISTEMA	84
3.2.1. INTRODUCCION	84
3.2.2. FASE DE INICIACION	84
3.2.3. FASE DE ELABORACIÓN.....	94
3.2.4. FASE DE CONSTRUCCION	95
3.2.5. FASE DE TRANSICIÓN.....	99
4. PRUEBAS Y MÉTRICAS DE CALIDAD DE SOFTWARE.....	106
4.1. PRUEBA DE SOFTWARE.....	107
4.1.1. Prueba de Test de Usuario	107
4.1.2. Prueba de rendimiento.....	108
4.2. NORMAS ISO/IEC 9126	109
4.2.1. Funcionalidad	109
4.2.2. Confiabilidad.....	112
4.2.3. Usabilidad.....	113
4.2.4. Mantenibilidad	114
4.2.5. Portabilidad.....	115
4.2.6. Resultados.....	116
4.3. SEGURIDAD DEL SISTEMA.....	116
4.3.1. Seguridad en el Sistema Operativo	116
4.3.2. Seguridad a nivel aplicativo del sistema.....	116
4.3.3. Seguridad a nivel de base de datos	117
4.4. REQUERIMIENTO DE HARDWARE Y SOFTWARE	117
4.5. ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO	118
5. PRUEBAS Y COSTO DEL CNC	121

5.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES Y COMPARACIONES.....	122
5.1.1. Primera prueba experimental.....	122
5.1.2. Segunda prueba experimental.....	123
5.2. ANÁLISIS DE COSTO DEL HARDWARE DEL CNC	124
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	126
6.1. ANÁLISIS DE LAS DOS PRUEBAS EXPERIMENTALES	127
6.2. COSTO TOTAL DEL PROYECTO	129
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
7.1. CONCLUSIONES	131
7.2. RECOMENDACIONES.....	132
BIBLIOGRAFÍA.....	133
ANEXOS	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Elementos del CNC	18
Figura 2.2. Arduino Uno R3 y sus partes	20
Figura 2.3. Placa de control CNC Shield compatible con Arduino	22
Figura 2.4. Diagrama eléctrico del controlador A4988.....	23
Figura 2.5. Calculo de corriente máxima en controlador A4988.....	24
Figura 2.6. Resistencia de sensibilidad RS.....	25
Figura 2.7. Transistor IRFZ44N.....	26
Figura 2.8. Coordenadas de los ejes del CNC.....	29
Figura 2.9. Varilla roscada.....	33
Figura 2.10. Varilla lisa	34
Figura 2.11. Fases y Disciplinas de AUP	44
Figura 2.12. Procesos de RUP comparado con los procesos de AUP	45
Figura 2.13. Áreas semánticas de UML	46
Figura 2.14. Modelo de Calidad externa e interna de la ISO/IEC 9126	49
Figura 2.15. Conceptualización básica de COCOMO.....	52
Figura 2.16. Estructura de SHA-1	57
Figura 2.17. Logo de Microsoft Visual Studio.....	63
Figura 3.1. Esquema del prototipo CNC.....	66
Figura 3.2. Diseño de la estructura física del CNC	67
Figura 3.3. Medidas de una unidad de la base del CNC	67
Figura 3.4. Base de la estructura física del CNC	68
Figura 3.5. Laterales de la estructura física del CNC	68
Figura 3.6. Laterales del eje Z de la estructura física del CNC	69
Figura 3.7. Perforaciones en los laterales para el eje Y del CNC	69
Figura 3.8. Perforaciones en los laterales para el eje X del CNC	70

Figura 3.9. Perforaciones en los laterales del eje Z del CNC.....	70
Figura 3.10. Armado de la base del CNC con tornillos.....	71
Figura 3.11. Armado de los laterales del eje Z del CNC con tornillos.....	71
Figura 3.12. Armado del soporte del eje Z del CNC con tornillos.....	72
Figura 3.13. Varillas y rodamientos lineales.....	72
Figura 3.14. Rodamientos lineales	73
Figura 3.15. Conexión de la varilla roscada del eje Z.....	73
Figura 3.16. Medidas para el soporte de la cama.....	74
Figura 3.17. Motor paso a paso con acoples flexibles.....	74
Figura 3.18. Conexión de Arduino Uno R3, la CNC Shield y el driver A4989.....	75
Figura 3.19. Calculo de corriente máxima en controlador A4988.....	76
Figura 3.20. Regulación del driver A4988.....	77
Figura 3.21. Conexión de regulador de voltaje	77
Figura 3.22. Verificación de puertos en la aplicación Arduino	78
Figura 3.23. Selección de librerías de GRBL.....	79
Figura 3.24. Instalación del Firmware GRBL a la placa Arduino	79
Figura 3.25. Armado del CNC	83
Figura 3.26. CNC desarrollado	83
Figura 3.27. Esquema del Sistema de Registro de Diseños de la CNC.	84
Figura 3.28. Organigrama del Taller.....	85
Figura 3.29. Casos de uso del negocio.....	87
Figura 3.30. Casos de uso del sistema.....	89
Figura 3.31. Diagrama de caso de uso de “Ingresar al sistema”.....	90
Figura 3.32. Diagrama de caso de uso de “Cambiar contraseña”.....	91
Figura 3.33. Diagrama de caso de uso de “Administración de usuarios”.....	91
Figura 3.34. Diagrama de caso de uso “Registrar y almacenar diseño”	92
Figura 3.35. Diagrama de caso de uso “Monitorear el CNC”.....	93

Figura 3.36. Diagrama de caso de uso “Obtener reporte”	93
Figura 3.37. Diseño funcional del sistema	94
Figura 3.38. Ejemplo de la Vista principal del sistema.....	95
Figura 3.39. Modelo de la base de datos del Sistema de Registro de Diseños.....	96
Figura 3.40. Diagrama de clases.....	96
Figura 3.41. Diagrama de secuencia de registro de diseño	97
Figura 3.42. Diagrama de componentes	98
Figura 3.43. Diagrama de despliegue	98
Figura 3.44. Ventana de Login, para inicio de sesión.....	99
Figura 3.45. Interfaz principal y panel de opciones del usuario Administrador	100
Figura 3.46. Interfaz principal y panel de opciones del Usuario Operador.....	100
Figura 3.47. Interfaz de registro de diseño 3D y acceso a Universal Gcode Sender	101
Figura 3.48. Interfaz de registro de diseño 2D y acceso a LaserGRBL.....	102
Figura 3.49. Conexión del CNC a la computadora, para realizar el grabado	102
Figura 3.50. Programa LaserGRBL	103
Figura 3.51. Conexión del CNC a la computadora, para realizar el tallado	104
Figura 3.52. Programa Universal Gcode Sender	104
Figura 3.53. Vista del diseño que muestra el Programa Universal Gcode Sender ...	105
Figura 4.1. Imagen de prueba de rendimiento.	108
Figura 4.2. Código de algoritmo de encriptación SHA1	117
Figura 6.1. Comparación de tallados entre el CNC y lo realizado por el trabajador	127
Figura 6.2. Comparación de grabados, en pieza de madera.	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas de Arduino Uno R3.....	20
Tabla 2.2. Comandos del Firmware Grbl.....	37
Tabla 2.3. Representaciones matemáticas de los atributos de la calidad	50
Tabla 2.4. Esquema de modos de desarrollo de software	53
Tabla 2.5. Valores constantes por modo de desarrollo	53
Tabla 2.6. Esquema de modos de desarrollo de software	54
Tabla 2.7. Ecuaciones por tipo de modelo COCOMO: Básico e intermedio	54
Tabla 2.8. Versiones de Pago de Visual Studio	63
Tabla 3.1. Tabla de Obtención de Requisitos.....	85
Tabla 3.2. Identificador de tareas del Cliente	86
Tabla 3.3. Identificador de tareas de la Jefa del Taller.....	86
Tabla 3.4. Identificador de tareas del trabajador	86
Tabla 3.5. Descripción Caso de Uso – Solicitud de pedido de productos	87
Tabla 3.6. Descripción Caso de Uso – Dar instrucción verbal del trabajo a realizar.....	88
Tabla 3.7. Descripción Caso de Uso – Verificar cumplimiento del trabajo encomendado	88
Tabla 3.8. Descripción Caso de Uso – Hacer entrega de pedido de productos artesanales	88
Tabla 3.9. Descripción Caso de Uso – Realizar de forma manual el diseño.....	88
Tabla 3.10. Descripción Caso de Uso – Realizar grabado según diseño.....	89
Tabla 3.11. Descripción Caso de Uso – Realizar tallado según diseño	89
Tabla 3.12. Descripción Caso de Uso – Ingresar al sistema	90
Tabla 3.13. Descripción Caso de Uso – Cambiar contraseña	91
Tabla 3.14. Descripción Caso de Uso – Administración de usuarios	92
Tabla 3.15. Descripción Caso de Uso – Registrar y almacenar diseño.....	92
Tabla 3.16. Descripción Caso de Uso – Monitorear el CNC	93

Tabla 3.17. Descripción Caso de Uso – Obtener reporte	94
Tabla 4.1. Preguntas Test de usuario.....	107
Tabla 4.2. Resultados Test de usuario	107
Tabla 4.3. Parámetros de revisión	110
Tabla 4.4. Tabla de Características ambientales del sistema.....	111
Tabla 4.5. Resultados de usabilidad.....	113
Tabla 4.6. Resultados de portabilidad	116
Tabla 4.7. Requerimientos para el sistema	117
Tabla 4.8. Ecuaciones por tipo de modelo COCOMO: Básico e intermedio	119
Tabla 4.9. Valores constantes por modo de desarrollo	120
Tabla 4.10. Esquema de modos de desarrollo de software	120
Tabla 5.1. Primera prueba experimental de la funcionalidad tallado	122
Tabla 5.2. Primera prueba experimental de la funcionalidad grabado	122
Tabla 5.3. Segunda prueba experimental de la funcionalidad tallado	123
Tabla 5.4. Segunda prueba experimental de la funcionalidad del grabado.....	123
Tabla 5.5. Costos del hardware del CNC	124
Tabla 6.1. Costo total del CNC y el Sistema de Registro de Diseños	129

1. MARCO PRELIMINAR

1.1. INTRODUCCIÓN

El Control Numérico Computarizado (CNC) consiste en el uso de una computadora para controlar y monitorear los movimientos de una máquina herramienta; lo que es conocido como automatización mediante computadora, que ejecutan secuencias pre-programadas de comandos de control de máquina. Como ejemplos de máquinas herramienta, tanto estáticas como portátiles, automatizadas se puede mencionar: máquina de grabado o de corte por láser, fresadora, brazo robotizado, estampadora, etc. Actualmente existen máquinas de CNC, que ya no solo abarcan los grandes establecimientos industriales, sino también talleres de todo tipo, tanto de pequeña como mediana envergadura.

Por otra parte, hoy en día, la información es un elemento fundamental para el desarrollo empresarial, por lo que debe ser completa, confiable y oportuna. Para maximizar la utilidad que posee la información, se la debe manejar de forma correcta y eficiente, tal y cómo se manejan los demás recursos existentes. Cabe mencionar, que el manejo de información generada por computadora difiere en forma significativa del manejo de información producida manualmente. La implementación de un sistema de información brinda grandes ventajas e incrementa la capacidad organizativa de la empresa u organización, y tornar de esta manera los procesos a una verdadera competitividad.

El Estado Plurinacional de Bolivia, considerado como un país en vías de desarrollo, en donde según (DEBER, 2017): “Los niveles de automatización en la mayoría de las empresas del país todavía son bajos y no todas tienen la capacidad para poder enfrentar inversiones en tecnología ... ”.

Según, (Molina Portilla, 2012) menciona: "... el alto costo inicial de una fresadora CNC, hace que esta tecnología no esté al alcance de la mayoría de las personas." (p. 24).

En el Taller de Artesanías Machaca, se realizan trabajos de artesanías en madera, ya sea para obtener productos decorativos, educativos u otros. Los trabajos de grabado y tallados en piezas de madera se realizan con métodos tradicionales y manuales, y no se tiene un registro de los diseños que se han realizado.

La investigación del presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un Control Numérico Computarizado con Arduino y Sistema de Registro de Diseños de tipo escritorio, que permita registrar y almacenar los diseños computarizados, y que el CNC tenga dos funcionalidades, que son: el de realizar el tallado según diseño 3D (3 Dimensiones o tridimensional) y el grabado en base a diseño 2D (2 Dimensiones o bidimensional), en piezas de madera blanda o natural; para su implementación en el Taller de Artesanías Machaca. Y que este CNC desarrollado no sea de costo elevado y pueda beneficiar optimizando el grado de precisión, calidad y tiempo de producción, que con los métodos tradicionales y manuales no se puede obtener.

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Antecedentes institucionales

El Taller de Artesanías Machaca, inició con su funcionamiento a principios del año 2018, por las iniciativas de su propietaria, para ofrecer la fabricación de productos artesanales de madera. Este taller queda ubicado en la Ciudad de El Alto, en la Zona 16 de Julio.

1.2.1.1. Misión

Fabricar productos artesanales en madera, sean: decorativos, educativos y otros. Con diseños novedosos, que satisfagan los requerimientos y expectativas de nuestros clientes.

1.2.1.2. Visión

Llegar a constituirse en una empresa reconocida a nivel nacional en la fabricación y comercialización de productos artesanales de calidad en el campo manufacturero de la madera.

1.2.2. Antecedentes afines al proyecto

1.2.2.1. Internacional

- (Correa Espinoza, 2017). *Desarrollo de sistema para el manejo de 3 ejes implementado a una Máquina de Control Numérico*. Tesis de Grado, publicada. Universidad Autónoma del Estado de México.
- (Vivanco Vivanco, 2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA MÁQUINA CNC LASER PARA LA IMPRESIÓN DE PLANTILLAS DE CIRCUITOS SMD*. El Trabajo de Titulación, publicado. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- (Barrera Chalen, 2018). *PROTOTIPO DE MAQUINA CNC ENFOCADA A IMPRESIÓN DE CIRCUITOS ELECTRONICOS PARA LOS*

ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL.
Trabajo de Titulación, publicado. Universidad de Guayaquil.

1.2.2.2. Nacional

- (Sejas Mollinedo, 2017). *IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE GRABADO DE PLACAS IMPRESAS PCB CON SOFTWARE Y HARDWARE LIBRE.* Trabajo de Aplicación de Examen de Grado, publicado. Universidad Mayor de San Andres.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Descripción del Problema

El Estado Plurinacional de Bolivia es considerado un país en vías de desarrollo. Según publicación del Instituto Nacional de Estadística (INE): “En el Estado Plurinacional de Bolivia, 55.598 personas declararon realizar la actividad de carpintería y artesanía de la madera... 64,6% alcanzó como máximo nivel de instrucción la secundaria y 23,1%, primaria.” (Instituto Nacional de Estadística, 2017). Este conjunto de personas conforma las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME) en el rubro manufacturero de la madera. Sin embargo, no se incluye el conjunto de personas que realizan artesanía de madera en el comercio informal. El tallado y grabado de pequeñas artesanías en madera en la mayoría de los talleres de pequeña o mediana producción en Bolivia, consiste en un trabajo artesanal que requiere esfuerzo y horas de dedicación; y en donde no se tiene el registro de los diseños que se realizan.

El estudio económico y social mundial 2018, que titula: Tecnologías de vanguardia en favor del desarrollo sostenible Sinopsis, menciona en una de sus

partes: “La tecnología ha sido un motor del progreso y la prosperidad durante toda la historia de la humanidad.” (Consejo Económico y Social de Naciones Unidas, 2018).

La informática y la electrónica han revolucionado la tecnología reemplazando los tradicionales métodos manuales por máquinas con tecnología automatizada para optimizar el tiempo de producción y calidad del producto; este es el caso del Control Numérico Computarizado (CNC) que es una máquina automatizada como propuesta de herramienta tecnológica; sin embargo, adquirir una CNC en el mercado nacional es muy costosa, porque las CNC que hay son productos de empresas extranjeras, cuyo software son de tipo privativo.

En el Taller de Artesanías Machaca, los trabajos de grabado y tallado en piezas de madera se realizan en base a diseños hechos a mano y con métodos tradicionales y manuales; lo que requiere de horas de dedicación y esfuerzo para obtener como resultado un acabado aceptable del diseño. Por otra parte, no se guardan los diseños realizados ni tienen un registro de los mismos. Aunque en el taller se cuenta con un ordenador de buena capacidad, el mismo solo es usado para trabajos de ofimática. Por otra parte, se desconoce la importancia que tiene el Control Numérico Computarizado (CNC) como máquina-herramienta controlada por ordenador, que optimiza la calidad, precisión y tiempo de producción para trabajos de grabado y tallado en piezas de madera. Seguir con los métodos tradicionales afectan la producción y competitividad del Taller de Artesanías Machaca.

1.3.2. Formulación del Problema

¿Cómo obtener acabados finos de trabajos de grabados y tallados artesanales en piezas de madera con precisión, calidad y de forma más rápida y eficaz en comparación a los métodos tradicionales y manuales que utilizan los trabajadores del Taller de Artesanías Machaca?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un Control Numérico Computarizado, con Arduino y Sistema de Registro de Diseños, que permita hacer el registro y almacenamiento de los diseños computarizados 3D y 2D, y realización de forma automatizada del tallado según diseño 3D y el grabado según diseño 2D en piezas de madera, que obtenga acabados finos de calidad y precisión de manera rápida y oportuna, para su implementación en el Taller de Artesanías Machaca.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Hacer el análisis y evaluación de la problemática del Taller de Artesanías Machaca.
- Diseñar la estructura y partes que tendrá el Control Numérico Computarizado.
- Armar la parte física del Control Numérico Computarizado.
- Programar los parámetros del controlador del Control Numérico Computarizado, para que sirva de intérprete de los datos enviados por la Computadora.
- Desarrollar el Sistema de Registro de Diseños, de tipo escritorio, con interfaces gráficas, para el registro y almacenamiento de los diseños computarizados, en 3D para el tallado y 2D para el grabado en piezas de madera; y que permita el acceso a las aplicaciones de Fabricación Asistida por Computadora del Control Numérico Computarizado.
- Realizar las pruebas pertinentes del Sistema de Registro de Diseños, mediante las métricas de calidad y el análisis de costo/beneficio del mismo.

- Realizar las pruebas experimentales del Control Numérico Computarizado y su análisis de costo/beneficio.

1.5. JUSTIFICACIONES

1.5.1. Justificación Técnica

La producción de pequeñas artesanías en madera, se ven afectadas cuando los trabajos de grabado y tallado se realizan de forma tradicional y manual, ya que se requiere emplear esfuerzo físico y tiempo. Esta situación se puede ver en el Taller de Artesanías Machaca, que, si bien cuenta con algunas herramientas electromecánicas, estas requieren de la habilidad y destreza para su manejo manual. Esto ha motivado para implementar un Control Numérico Computarizado (CNC) con Sistema de Registro de Diseños, que será de gran ayuda para realizar de manera automatizada los trabajos de tallado y grabado en piezas de madera.

Para el desarrollo del CNC se ha optado por utilizar las placas electrónicas Arduino Uno R3 y CNC Shield con sus controladores de potencia Pololu A4988, cuyo control lógico se realizará con la programación de parámetros del Código G (G code) mediante el Firmware GRBL, que es un software que está bajo la Licencia Pública General (GPL) por lo que es de distribución gratuita. Así también, para el desarrollo del sistema, se ha optado por utilizar: Visual Studio Community que es una versión gratuita para programar mediante lenguajes de programación junto con las librerías WPF; y para la base de datos MySQL Connector con licencia GPL y XAMPP que es una distribución gratuita de Apache.

1.5.2. Justificación Económica

Obtener un CNC incluido su software de tipo privativo en el mercado nacional es muy costoso, por tal motivo se plantea en el presente proyecto el desarrollo de un CNC a costo económico, para ser utilizado en el Taller de Artesanías Machaca, y que le contribuya a aumentar la producción de tallado y de grabado en piezas de madera para generar mayores ingresos económicos.

Si bien la inversión para el desarrollo e implementación del presente proyecto tiene un costo que sobrepasa los Bs. 7000 y pareciera que es costosa, con los ingresos que se generen de la producción que realice el CNC, en el plazo máximo de un año se puede recuperar dicha inversión si la producción es constante. Suponiendo una producción mínima 200 productos por mes, cada uno con un costo de Bs. 35, en el mes se tendría productos que tienen un valor de Bs. 7000, Si en cada mes Bs. 1000 se destina para lo invertido, en el lapso de 8 meses se podría recuperar la inversión realizada en el presente proyecto. El CNC puede llegar a durar más de 4 años.

1.5.3. Justificación Social

El esfuerzo físico que se emplea al realizar de forma manual el trabajo artesanal de tallado, o de grabado en una pieza de madera puede llegar a ser muy tedioso y puede llegar a afectar posteriormente a la salud de la persona. Con la implementación del CNC automatizado el esfuerzo físico y tiempo empleado se reducen, beneficiando implícitamente a mejorar la calidad de vida del trabajador del Taller de artesanías Machaca.

1.6. METODOLOGÍA

La finalidad de la metodología es comprender el proceso de la investigación científica.

1.6.1. Métodos de investigación

Existen variedad de distintos métodos de la investigación científica. Por lo que se ha elegido los métodos convenientes para el presente proyecto.

1.6.1.1. Método Análisis - Síntesis

Según (Behar Rivero, 2008) “El método que emplea el análisis y la síntesis consiste en separar el objeto de estudio en dos partes y, una vez comprendida su esencia, construir un todo.” (p. 45). Lo que permite sintetizar en base a las partes analizadas el desarrollo de un Control Numérico Computarizado.

1.6.1.2. Método de Ingeniería

En esta investigación se aplicará la automatización software-hardware de un CNC mediante microcontrolador Arduino.

1.6.1.2.1. Método de desarrollo del software

Existen una variedad de métodos y técnicas para el desarrollo de software, por lo que se ha elegido las que se usarán para el Sistema de Registro de Diseños del CNC.

a) Metodología Proceso Unificado Ágil (AUP).

Es una versión simplificada de Rational Unified Process (RUP). Describe un enfoque simple y fácil de entender para desarrollar Software de aplicaciones de negocio usando técnicas y conceptos ágiles. El AUP utiliza el lenguaje unificado de

modelado UML, para modelar, construir y documentar los elementos de un sistema software, considerándola como una parte esencial del AUP.

b) Métodos de prueba

El test de usuario tiene la intencionalidad de asegurar la creación de productos que sean fáciles de usar y aprender y que provean utilidad y funcionalidad.

c) Métricas de calidad

La norma ISO/IEC 9126, es una norma internacional que fue publicada en 1992; la cual establece que cualquier componente de la calidad del software puede ser descrito en términos de una o más, de seis características básicas, para la evaluación de la calidad de productos de software.

1.6.2. Tipo de investigación

1.6.2.1. Bibliográfica

Según (Campos Ocampo, 2017) “se centra, más bien, en la reflexión innovadora y crítica sobre determinados textos y los conceptos planteados en ellos ... también puede recurrir a otro tipo de fuentes documentales como películas, música, pinturas, microfilmes, sitios en la Internet.” (p. 17). Dentro de esta investigación se obtiene la bibliografía que se empleará más adelante en la recopilación de teorías y fuentes a las que se ha accedido.

1.6.2.2. Exploratoria

De acuerdo a (Campos Ocampo, 2017) “Su objetivo es visualizar, a grandes rasgos, la situación del problema. Esto en la medida en que no se sabe gran cosa respecto del tema y, por ello, es necesario explorarlo primero. Se trata de familiarizar al investigador con el problema para, luego, realizar una investigación más completa.” (p. 18). Este tipo de investigación contribuye a la realización del presente proyecto.

1.6.2.3. Descriptivo

Según (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) la “Investigación descriptiva Busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población.” (p. 80). Con este tipo de investigación se pretende describir el CNC y el sistema de registro de diseños.

1.6.3. Técnicas de recolección de información

Para la realización del presente proyecto la recolección de información se basa en libros, investigaciones publicadas, artículos y revistas científicas, documentales y sitios de internet que contengan información de la investigación y cuestionarios al final del desarrollo.

1.6.4. Técnicas de seguridad

Se utilizará la técnica del Secure Hash Algorithm (SHA1), que es una función hash criptográfica ampliamente utilizado, que genera un 160 bit (20 bytes) hash a partir de cualquier valor de entrada. Esto se utiliza para calcular un valor de comprobación única para todos los datos digitales (mensajes) de no más de $2^{64} - 1$ bit (≈ 2 exbibyte) de longitud.

1.7. ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO

El Modelo Constructivo de Costos (COCOMO, por su acrónimo del idioma inglés CONstructive COst MOdel), según (Garita González & Lizano Madriz, 2017): “es un modelo de formulación matemática con un fuerte componente de base empírica, principalmente utilizado para estimación de costos en los proyectos de software” (p. 122). Para el análisis de los costos y beneficios del Sistema de Registro de Diseños se utilizará el COCOMO II. Por otra parte, también se hará el análisis del costo/beneficio de los componentes físicos del Control Numérico Computarizado.

1.8. PRUEBAS Y COMPARACIONES DEL PROTOTIPO CNC

Para verificar la precisión, desplazamiento y tiempo se realizarán las pruebas y comparaciones de un mismo trabajo realizado con el Prototipo y sin el Prototipo en el Taller de Artesanías Machaca.

1.9. HERRAMIENTAS

Se utilizarán para:

- El Sistema Mecánico: estructura física, mesa de trabajo, tornillos para sujetar las piezas, rodamientos lineales para las varillas, acopladores fijos para unir las varillas roscadas a los motores paso a paso, motores paso a paso, maquina taladradora, varillas roscadas y varillas lisas.
- El Sistema Electrónico del CNC: Arduino Uno, CNC Shield, drivers A4988, transistor de potencia IRFZ44N, fuente de alimentación y láser.
- Software libre, para la automatización del CNC: Firmware GRBL, Universal G-code Sender y LaserGRBL.

- Sistema de Registro de Diseños, las siguientes herramientas de software: C#, MySQL Connector, Xampp, WPF.

1.10. LÍMITES Y ALCANCES

1.10.1. Límites

Un CNC permite realizar tallados de diseños en materiales blandos y duros de madera y metal. Por otra parte, el CNC también permite que los grabados de diseños se realicen en madera y en productos de madera reconstituida o MDF (por sus siglas en inglés Medium Density Fibreboard o también llamado DM, Trupán o Fibrofácil). Sin embargo, la investigación se limita al desarrollo de un CNC para tallados y grabados solamente de piezas de madera blanda o natural.

El desarrollo del Sistema de Registro de Diseños de la CNC se limita a los módulos de registro y almacenamiento de los diseños 3D utilizados para el tallado, y registro y almacenamiento de los diseños 2D utilizados para el grabado. Además, el sistema se limita a ser de tipo escritorio.

1.10.2. Alcances

Este proyecto de grado presenta el estudio del desarrollo de un CNC automatizado con dos funcionalidades (tallado y grabado) y con sistema de registro de diseños propio, que:

- Incluye el acceso a las aplicaciones CAM del CNC.
- Mediante interfaces gráficas permitirá que se realice el registro de cada diseño.
- Sea de fácil operación, uso y manejo.

- Podrá motivar a que se implemente en pequeños talleres dedicados a pequeñas artesanías en madera.

1.11. APORTES

El desarrollo e implementación de un CNC de dos funcionalidades (tallado y grabado) con sistema de registro de diseños implementado; beneficiará en el mejoramiento de la producción de pequeñas artesanías en madera en el Taller de Artesanías Machaca. El presente proyecto, también, permitirá que futuras investigaciones puedan desarrollar con software libre CNC más mejorado y/o mejorar el sistema de registro de diseños implementado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)

2.1.1. Definición de CNC y Automatización

2.1.1.1. CNC

Según (Ronquillo Castro, 2015) afirma que el:

Control Numérico Computarizado (CNC) describe la automatización de Máquinas-Herramientas, es decir, una computadora controla los movimientos de los ejes de una máquina mediante un código el cual contiene instrucciones secuenciales de los movimientos de las herramientas, giros, las velocidades de corte, puntos de inicio y fin de las operaciones.

(p. 6)

2.1.1.2. Automatización

De acuerdo a (Cordoba Nieto, 2006): “El concepto de automatización (del griego autos que significa “por sí mismo” y maiomai que significa “lanzar”) corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral” (p. 120).

2.1.2. Aplicaciones del CNC

Las aplicaciones del CNC son variadas. (Barrera Chalen, 2018) menciona: “Existen diferentes tipos de trabajos que puede realizar una máquina de control numérico computarizado dependiendo de qué herramienta se use y la finalidad que va a tener la máquina.” (p. 7). Como ejemplo de aplicaciones principales están:

Impresora 3D, Máquina de grabado/corte laser, Fresadoras (para corte o tallado) y tornos.

Una fresadora CNC, según (Silva Fur & Choque, 2017): “es una Máquina Herramienta Computarizada que realiza trabajos mecanizados por arranque de viruta, el arranque de viruta es realizado por un motor de alta velocidad ... que realiza el arranque de viruta con una herramienta llamada fresa.” (p. 26). Según el tipo se clasifican en fresadoras:

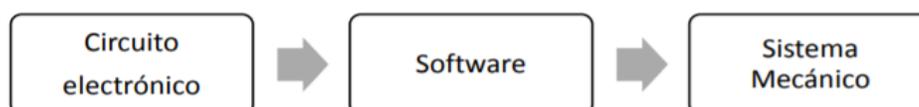
- **Verticales:** “el eje del husillo es vertical, lo que significa que la herramienta se puede mover de arriba abajo ...” (p. 27).
- **Horizontales:** “el eje del husillo es horizontal, es decir que la herramienta puede moverse de lado a lado ...” (p. 27).
- **Universal:** “tiene un husillo principal para el acoplamiento de ejes portaherramientas horizontales y un cabezal que se acopla a dicho husillo y que convierte la máquina en una fresadora vertical.” (p. 27).

(Vivanco Vivanco, 2019) afirma: “... en el grabado láser, el rayo láser quema la capa superior de la superficie a grabar, el área quemada se deja sin color, lo que hace que se vea diferente de la superficie circundante ...” (p. 7).

2.1.3. Elementos del CNC

El CNC presenta los siguientes elementos:

Figura 2.1. *Elementos del CNC*



Fuente: (Correa Espinoza, 2017, p. 15). [Figura].

El software es la parte esencial para la automatización del CNC. (UNED, 2011), menciona: "... el corazón de un sistema CNC es un ordenador que se encarga de realizar todos los cálculos necesarios y de las conexiones lógicas." (p. 10).

2.1.4. Componentes del hardware del CNC

2.1.4.1. Sistema electrónico del CNC

2.1.4.1.1. Arduino Uno R3

(Sejas Mollinedo, 2017), afirma que: "Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar" (p.10).

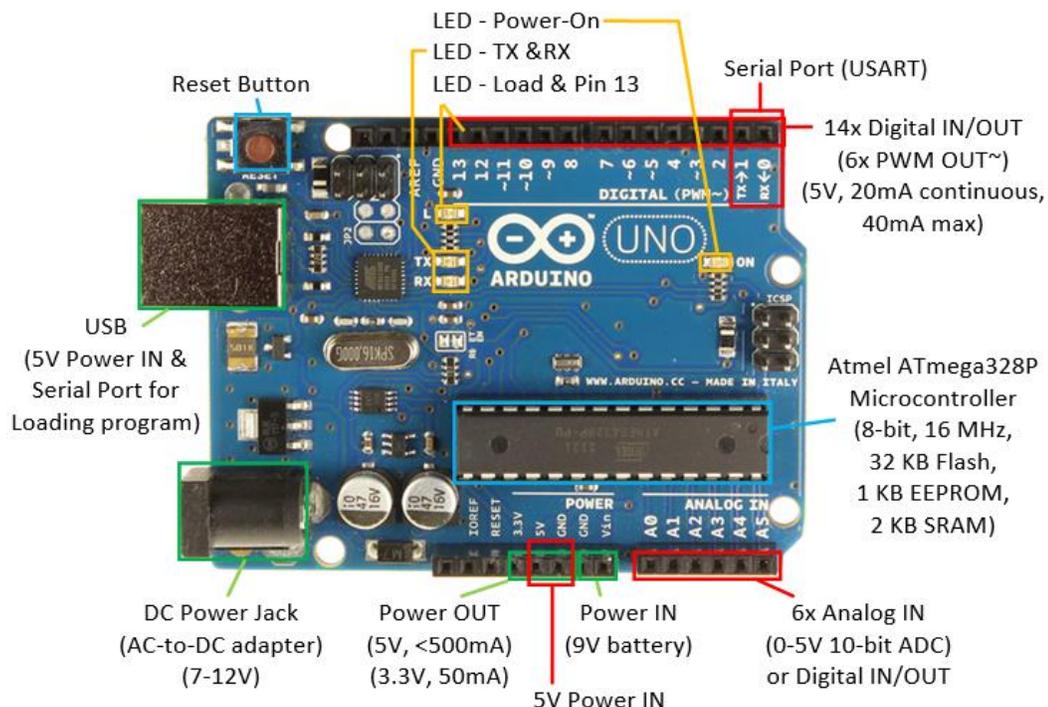
Arduino Uno R3 es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega 328, es considerada hardware libre y trabaja con software libre, es de bajo costo y facilita la elaboración de diversos proyectos. En donde la placa es Arduino y el modelo es Uno R3. También (Sejas Mollinedo, 2017), afirma que esta placa:

Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteado.

(p. 10)

Además, (Pasquel Castillo, 2019), también argumenta sobre sobre Arduino Uno, que: “Es capaz de ejecutar las órdenes almacenadas en su memoria la cual contiene bloques funcionales que cumplen una tarea específica, en su interior maneja tres unidades principales que son unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entradas y salidas” (p. 13).

Figura 2.2. *Arduino Uno R3 y sus partes*



Fuente: (Hock-Chuan, 2018). [Figura].

Arduino Uno R3 tiene las siguientes características:

Tabla 2.1. *Especificaciones técnicas de Arduino Uno R3*

Descripción	Características
Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I/O	14 (de los cuales 6 proporcionan una salida PWM)

PWM digital pines I/O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua (DC) por Pin I/O	20mA
Corriente continua (DC) para Pin 3.3V	60 mA
Memoria flash	32KB ATmega328P de los que 0,5 KB son utilizados por el gestor de arranque.
SRAM	2KB ATmega328P
EEPROM	1KB ATmega328P
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm
Peso	25 g

Fuente: Características de Arduino Uno R3 (Sejas Mollinedo, 2017, p. 11).

2.1.4.1.2. CNC Shield

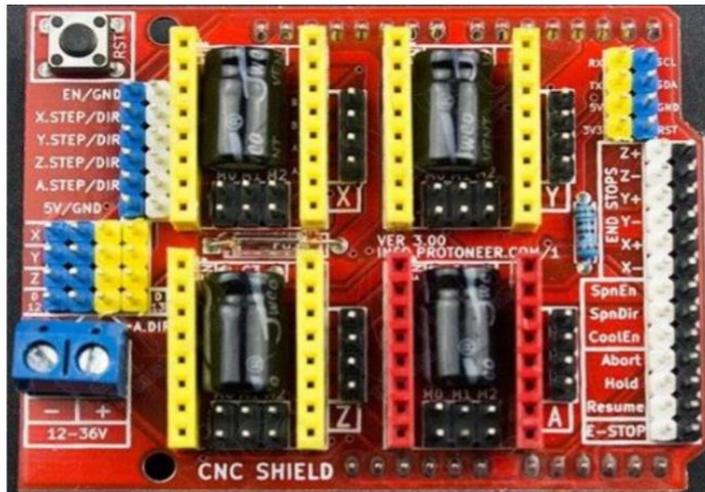
(Sejas Mollinedo, 2017), afirma que:

La CNC Shield es una pequeña placa que permite controlar hasta 4 motores paso a paso fácilmente junto a Arduino gracias a su formato shield. Soporta 4 controladores de potencia Pololu A4988 o Pololu DRV8825 y dispone de todas las conexiones necesarias para conectar interruptores de final de carrera, salidas de relé y diversos sensores. Es totalmente compatible con el firmware de control GRBL y puede ser utilizada con cualquier modelo de Arduino, aunque se recomienda utilizar un modelo del tipo Arduino UNO o Arduino Leonardo.

(p. 11)

Este shield, que permite conectar hasta cuatro controladores o drivers A4988 (Allegro) o los DRV8825 (Texas Inst.), según (Pasquel Castillo, 2019), estos pueden estar conectados “con sus respectivos motores paso a paso, y la interconexión entre el Arduino UNO y varios componentes externos ...” (p. 14).

Figura 2.3. Placa de control CNC Shield compatible con Arduino



Fuente: (Pasquel Castillo, 2019, p. 14). [Figura].

Las características de la placa Shield CNC, según (Lascano Ramon, 2018), son:

- Voltaje de Potencia: 12- 36V DC
- Compatible con GRBL 0.9 (Firmware Open Source para Arduino UNO que convierte código-G en comandos para motores Paso a Paso)
- Soporta 4 Ejes (X, Y, Z y duplicar uno de los anteriores o crear un eje a medida con los pines D12 y D13)
- Fin de carrera por cada eje (6 en Total)
- Habilitador y dirección de Spindle
- Habilitador de refrigerante (coolant)
- Diseñador para drivers A4988 o DRV8825.
- Jumpers para elegir el micro-stepping de los drivers.
- Diseño Compacto
- Los motores se pueden conectar usando header o Molex hembra de 4 pines.

(p. 39)

2.1.4.1.3. Drivers A4988

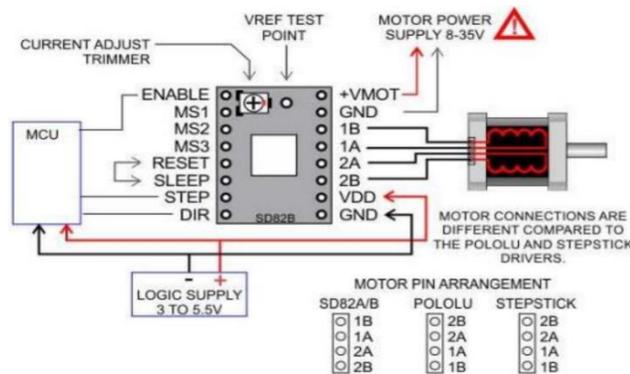
(Pasquel Castillo, 2019), menciona que el Controlador A4988 es:

Es un controlador (driver) que minimiza el manejo del motor paso a paso desde el Arduino UNO. Permite controlar altos voltajes e intensidades que requieren los motores a pasos y limitar la corriente que circula por el motor. La intensidad máxima de trabajo es de 2 A y el rango de voltaje de trabajo, 8 a 35 V, el diseño de este controlador es para motores de paso bipolares de paso completo, medio, cuarto, octavo y modos de dieciséis pasos.

(p. 14)

Este controlador, (Cortijo Leyva, 2018) dice que es: “altamente popular por su sencillez al momento de ser utilizado, ya que para su control únicamente se requiere una salida que indique el sentido de giro y otra que indique que se desea un avance de un paso del motor” (p. 21).

Figura 2.4. Diagrama eléctrico del controlador A4988



Fuente: (Pasquel Castillo, 2019, p. 15). [Figura].

(Sejas Mollinedo, 2017), menciona que los pines que van hacia el microcontrolador y que envían los pulsos a los motores son:

- STEP. – “Es donde Arduino enviará los pulsos para los motores de paso, cabe mencionar que las transiciones se harán en flanco de subida, es decir cuando haya un cambio de estado de BAJO-ALTO” (p. 26).
- MS1, MS2 y MS3.- “Son pines de resolución de MicroStep, micro-pasos, es decir en qué modo trabajaran, en éste caso para el funcionamiento óptimo del prototipo CNC, evitando así perder fuerza, ni pulsos en el funcionamiento...” (p. 26). Las configuraciones para esto son: Full Step, Half Step, Quarter Step, Eighth Step, Sixteenth Step.
- DIR.- “Configura el sentido del giro del motor, haciendo efecto el cambio cuando haya un flanco de subida en la entrada” (p. 26).
- ENABLE. – “Para habilitar o deshabilitar las salidas de los FET, funciona en estado BAJO” (p. 27).
- RESET. – “En estado BAJO, deshabilita todas las salidas de los FET, también todas las entradas de pasos STEP, se ignoran” (p. 27).

Debido a la variación de los motores ya sea por características o del fabricante, se debe calcular el voltaje de referencia V_{ref} para la corriente que el controlador enviara para el funcionamiento del motor. Según (Allegro MicroSystems, 2019), datasheet del fabricante, se debe hacer uso de la siguiente ecuación:

Figura 2.5. *Calculo de corriente máxima en controlador A4988*

$$I_{TripMAX} = V_{REF} / (8 \times R_S)$$

where R_S is the resistance of the sense resistor (Ω) and V_{REF} is the input voltage on the REF pin (V).

Fuente: (Allegro MicroSystems, 2019, p. 9). [Figura].

Según (Sejas Mollinedo, 2017): “La corriente $I_{tripMAX}$ es aquella que soporta el motor paso a paso a configurar, por tanto es un dato que se debe conocer del

fabricante. La resistencia de sensibilidad se obtiene observando el valor directamente del impreso” (p. 27).

Figura 2.6. Resistencia de sensibilidad RS



Fuente: (Sejas Mollinedo, 2017, p. 27). [Figura].

Otro parámetro a observar del datasheet es, el porcentaje de corriente que utilizara, de acuerdo a la configuración que se haya elegido.

2.1.4.1.4. Transistor IRFZ44N

(isc Product Specification, 2019), sobre el transistor IRFZ44N refiere que fue:

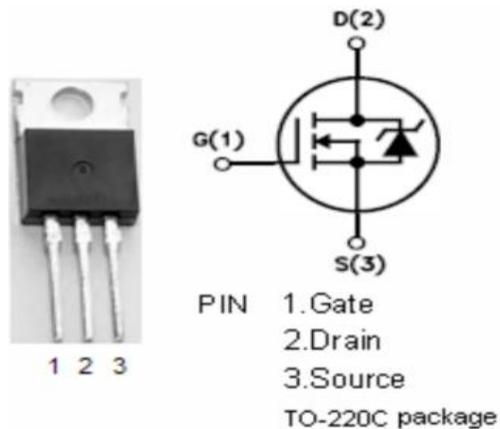
Diseñado para aplicaciones de conmutación de baja tensión y alta velocidad en Fuentes de alimentación, convertidores y controles de motor de potencia, estos los dispositivos son particularmente adecuados para circuitos de puente donde la velocidad del diodo y la conmutación de áreas de operación seguras son críticas y ofrece un margen de seguridad adicional contra voltaje inesperado transitorios.

(p. 1)

El transistor IRFZ44N conocido como MOSFET IRFZ44N, es un transistor de tecnología MOS-FET (Metal–Oxide–Semiconductor – Field Effect Transistor) y de alta

potencia que posee destacadas características que lo hacen ideal para aplicaciones de conmutación y en la modulación por ancho de pulso (PWM).

Figura 2.7. Transistor IRFZ44N



Fuente: (isc Product Specification, 2019, p. 1). [Figura].

El transistor IRFZ44N es de Tipo de FET: MOSFET. Sus características eléctricas son:

- Tensión umbral compuerta-fuente $V_{gs(th)}$: 4 V
- Carga de compuerta (Q_g): 62 nC
- Resistencia drenaje-fuente $R_{DS(on)}$: 0.024 Ohm
- Empaquetado / Estuche: TO220AB

Especificaciones Máximas:

- Disipación total del dispositivo (P_d): 83 W
- Tensión drenaje-fuente (V_{ds}): 55 V
- Tensión compuerta-fuente (V_{gs}): 10 V
- Corriente continua de drenaje (I_d): 41 A
- Temperatura operativa máxima (T_j): 150 °C

2.1.4.1.5. Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación, según (Schuler, 2002) dice que: “constituye el circuito más importante. Su misión consiste en convertir la energía eléctrica disponible (habitualmente ca) a la forma que requieran los diversos circuitos del sistema (habitualmente cc); sin energía eléctrica, los circuitos no pueden trabajar.” (p. 35).

2.1.4.1.6. Láser

(Lascano Ramon, 2018), afirma: “La palabra láser es un acrónimo de las palabras inglesas Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation que en español significa Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación.” (p. 18). Según, (Vázquez Alba & Carballido Rodríguez, 2008):

El láser, dispositivo de amplificación de luz por emisión estimulada de radiación, se trata de un dispositivo capaz de transformar otras energías en radiación electromagnética emitiendo haces de luz de distintas longitudes de onda. Se trata de aparatos que amplifican la luz y producen haces de luz coherentes cuya frecuencia va desde el infrarrojo hasta los rayos X.

(p. 965)

(Lascano Ramon, 2018), también menciona:

Las características de la luz láser son: coherencia temporal, su monocromaticidad y su direccionalidad o coherencia espacial. Una luz coherente es aquella donde las ondas o los fotones que la componen son transmitidas de modo paralelo en una única dirección y estos se encuentran en la misma fase, frecuencia y amplitud. Una luz monocromática es una radiación

electromagnética que está formada por ondas de la misma frecuencia o equivalente.

(p. 19)

Para, (Morones Ibarra, 2010): “Las características de la luz láser son su coherencia, su monocromaticidad y su elevada direccionalidad.” (p. 13). Sobre la direccionalidad, (Lascano Ramon, 2018) menciona: “La direccionalidad del láser posee una pequeña divergencia ya que el láser puede ser proyectado a largas distancias...” (p. 19).

Los tipos de laser son diversos, entre los que más se pueden implementar en un CNC son el tubo laser de CO2 y laser semiconductor o diodo laser. (Lascano Ramon, 2018), menciona:

Tubo láser de CO2: Es un recipiente hermético que contiene en mayor parte CO2 y otros gases como el nitrógeno, hidrogeno o helio. En cada extremo del recipiente hay montados unos espejos, uno de ellos es especial porque es parcialmente transparente. El gas del interior del tubo se activa mediante energía eléctrica, producida por una unidad de radiofrecuencia y emite energía en forma de luz. Una parte de esta luz, la más intensa, sale a través del espejo parcialmente transparente y forma el haz del láser.

(p. 19)

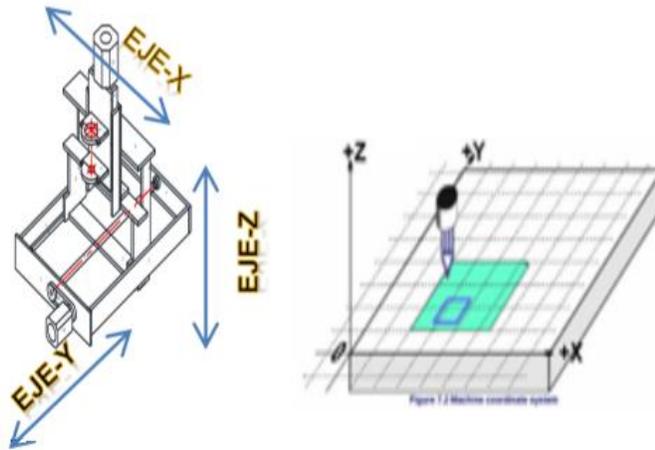
Láser semiconductor: El láser de semiconductor o diodo láser es, como su nombre lo indica, un diodo que emite luz láser coherente. Esencialmente, no es más que un bloque de material semiconductor que tiene unión p-n, con las regiones p y n muy densamente dopadas y con una estructura interna más o menos compleja...

(p. 20)

2.1.4.2. Sistema mecánico del CNC

(Flores Laura, 2016), menciona: “La estructura mecánica por su diseño nos permite mover los Ejes en el plano XY ortogonal y transversalmente, el eje Z verticalmente” (p. 17)

Figura 2.8. *Coordenadas de los ejes del CNC*



Fuente: (Flores Laura, 2019, p. 17). [Figura].

El equipamiento mecánico está conformado por la estructura física, mesa de trabajo, tornillos para sujetar las piezas, rodamientos lineales para las varillas, acopladores fijos para unir las varillas roscadas a los motores paso a paso, motores paso a paso, máquina taladradora, varillas roscadas y varillas lisas.

2.1.4.2.1. Motor paso a paso

Un motor paso a paso, según (Sejas Mollinedo, 2017): “es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control.” (p. 5). Este autor también, menciona:

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de 1.8°, Es por eso que ese tipo de motores son muy utilizados, ya que pueden moverse a deseo del usuario según la secuencia que se les indique a través de un microcontrolador. Estos motores poseen la habilidad de quedar enclavados en una posición si una o más de sus bobinas está energizada o bien total mente libres de corriente.

(p. 5)

(Sejas Mollinedo, 2017), también afirma que:

El principio de funcionamiento está basado en un estator construido por varios bobinados en un material ferromagnético y un rotor que puede girar libremente en el estator.

Estos diferentes bobinados son alimentados uno a continuación del otro y causan un determinado desplazamiento angular que se denomina “paso angular” y es la principal característica del motor.

(p. 6)

Los motores paso a paso son de tres tipos:

a) Motor paso a paso de reductancia variable: (Sejas Mollinedo, 2017), menciona:

Este motor no utiliza un campo magnético permanente, como resultado puede moverse sin limitaciones o sin un par de parada. Este tipo de montaje es el

menos común y se usa, generalmente, en aplicaciones que no requieren un alto grado de par de fuerza, como puede ser el posicionamiento de un mando de desplazamiento. Se desarrolló con objeto de poder conseguir unos desplazamientos angulares más reducidos que en el caso anterior, sin que por este motivo haya de aumentarse considerablemente el número de bobinados. El estator presentará la forma cilíndrica habitual conteniendo generalmente un total de tres devanados distribuidos de tal forma que existirá un ángulo de 120° aproximadamente entre dos de ellos.

(p. 6)

b) Motor paso a paso de imán permanente: Son más utilizados en robótica y CNC. Son de dos tipos:

Motores Unipolares: al respecto (Sejas Mollinedo, 2017), refiere:

Estos motores cuentan con dos bobinas con un punto medio de los cuales salen los cables hacia el exterior; estos cables se conectan a la fuente mientras que los extremos de las bobinas son aterrizadas para cerrar el circuito; dependiendo del tipo de motor, las líneas comunes pueden ser independientes o no. Esta configuración puede ser vista de las siguientes formas: que el motor tiene dos bobinas pequeñas conectadas a un punto en común, o que una bobina está dividida en dos por medio de un punto común. Ahora, y dependiendo de qué media bobina se energice, se puede tener un polo norte o un polo sur; si se energiza la otra mitad, se obtiene un polo opuesto al otro.

(p. 7)

Motores Bipolares: (Sejas Mollinedo, 2017), dice que “Cuentan con dos bobinas sin ningún punto medio donde salga un cable, por lo que se tienen cuatro cables y cada par corresponde a las terminales de una bobina” (p. 9). También dice que:

Dada la configuración de la bobina, la corriente puede fluir en dos direcciones, necesitando un control bidireccional o bipolar. En general, con respecto al sentido de giro de los motores a pasos bipolares, vale la pena recordar que el sentido de giro depende de la dirección del flujo de la corriente por las bobinas ya que ésta induce en el embobinado un campo magnético que genera un polo magnético norte y sur

(p. 9)

c) Motor paso a paso Híbrido: (Gómez Pindado, 2018), afirma: “Este tipo de motores se apoya en la combinación de bobinas y un imán permanente para crear el circuito magnético. Las bobinas se encuentran situadas en polos del estator y el imán permanente se sitúa en el rotor.” (p. 10).

2.1.4.2.2. Taladro (Máquina taladradora)

(Chicol Morales, 2014), menciona: “Se describe el torno, la fresadora, el taladro y el cepillo como máquinas herramientas” (p. XI). También, afirma que la máquina taladradora o taladro (como se conoce comúnmente): “es una máquina-herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo.” (p. 25). Describe, que el taladro tiene dos movimientos que son:

el de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo.

(p. 25)

Existen diferentes tipos de máquinas taladradoras. Siendo el de uso común las taladradoras sensitivas, que según (Pilaquina Cantuña & Villarreal Jiménez, 2010): “Corresponden a este grupo las taladradoras de accionamiento eléctrico o neumático más pequeñas.” (p. 99).

Sobre las brocas (Pilaquina Cantuña & Villarreal Jiménez, 2010), mencionan que “son las herramientas más comunes que utilizan las taladradoras” (p. 110), además, que las brocas tienen diferente geometría según las finalidades con que hayan sido fabricadas, también afirman que han sido “diseñadas específicamente para quitar material y formar, por lo general, un orificio o una cavidad cilíndrica ...” (p. 111).

2.1.4.2.3. Varilla roscada

(Departamento de Ingeniería, 2018), menciona:

Una varilla roscada, también conocida como un poste, es una barra relativamente larga que se coloca en ambos extremos, el hilo se puede extender a lo largo de toda la longitud de la varilla. Están diseñadas para ser utilizadas en la tensión. La varilla roscada en forma de barra de acciones es utilizada en todos los subprocesos (p. 24)

Figura 2.9. *Varilla roscada*



Fuente: <https://www.amazon.es/s?k=Varillas+Rosca>

2.1.4.2.4. Varilla Lisa

Según (Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2015): “Varilla de acero que esta desprovista de rebabas o salientes (Es lisa), y si los tiene no cumple con las especificaciones de corrugación.”.

Figura 2.10. *Varilla lisa*



Fuente: <https://electrocrea.com/products/varilla-lisa-8mm-x-600mm>

2.1.5. Software para manejo del CNC

(Abella, Sánchez, & Segovia, 2004), mencionan:

El software libre se constituye en una alternativa a las soluciones propietarias para la mayoría de ámbitos públicos y privados. Este conjunto de soluciones informáticas generadas bajo distintas licencias, facilitan la reutilización de la experiencia (al estilo del conocimiento científico) y su uso generalizado y gratuito.

El software libre es generado por expertos programadores voluntarios, empresas, administraciones y otros tipos de organizaciones que 'ofrecen' las soluciones desarrolladas al resto de la comunidad para que se utilicen de forma 'libre'

(p. 15)

Por otra parte, para elaboración de piezas según (Lascano Ramon, 2018): “la maquina utiliza dos herramientas informáticas (software), la primera herramientas permite crear imágenes mediante el Diseño Asistido por Computadora (CAD), la segunda herramienta permite la programación y control de la maquina mediante la Fabricación Asistida por Computadora (CAM)” (p. 41-42).

(Pasquel Castillo, 2019), menciona: “CAD (Computer Aided Design), el diseño asistido por computadora utiliza software informático específico como herramienta de soporte para el diseño y documentación del mismo y generar un proceso de fabricación de un producto específico” (p. 11).

(Lascano Ramon, 2018), afirma:

CAM corresponden al acrónimo de Computer Aided Manufacturing, Fabricación asistida por ordenador. Por CAM se entiende la utilización de ordenadores para tareas de gestión técnicas en la fabricación, montaje, elaboración de planos de mecanizado, planos de amarre, planos de herramientas y la programación CN. (p. 44)

El mismo autor sostiene, que:

El software CAM es un sistema que provee de instrucciones para la automatización de máquinas, enfocándose como punto de partida la información de la geometría creada por el software. Este software se complementa con el software CAD, formando el sistema CAD/CAM, que es el diseño y la fabricación asistido por computadora. (p. 44-45)

Según (Flores Laura, 2016): “La integración entre el CAD y el CAM a las maquinas herramientas resulta una máquina herramienta de control numérico.” (p. 9).

2.1.5.1. Software CAM para el CNC

2.1.5.1.1. Firmware GRBL

Según (Mendías Cuadros, 2018), El firmware es un “software de muy bajo nivel que ofrece interfaz entre el hardware y el software de aplicación/SO” (p. 3). El firmware es el programa cargado en la placa Arduino encargado de interpretar las órdenes recibidas desde la computadora y traducirlas en órdenes de movimiento a través de los drivers hacia los motores que gobiernan los ejes, así como en señales que activen o desactiven la herramienta asignada. GRBL es un firmware para placas arduino (uno, nano, Duemillanove) que controla motores paso a paso y husillos / láseres. De acuerdo a (Espinoza Maldonado, Jiménez Pérez, Farías Mancilla, Saucedo Carbajal, & Muñoz Gómez, 2016) “El lenguaje de programación estándar para el maquinado por CNC es el código G. El Firmware GRBL es el encargado de procesar cada línea de código de un programa de maquinado ...” (p. 206). GRBL usa G-code como señales de entrada y salida a través de los pines arduino.

El firmware GRBL está bajo la Licencia Pública General y ha sido desarrollado por el programador Simen Svale Skogsrud en Noruega y es una pieza clave encargada de transformar el archivo GCODE en movimiento de motores.

Para la presente investigación se toma en cuenta el Firmware GRBL versión 1.1 que es la versión más estable. Algunos de los comandos más importantes que maneja el Firmware GRBL son:

Tabla 2.2. Comandos del Firmware Grbl

Configuraciones y valores de muestra	Descripción
\$0=10	Step pulse, microseconds
\$1=25	Step idle delay, milliseconds
\$3=0	Direction port invert, mask
\$4=0	Step enable invert, boolean
\$5=0	Limit pins invert, boolean
\$6=0	Probe pin invert, boolean
\$10=1	Status report, mask
\$11=0.010	Junction deviation, mm
\$12=0.002	Arc tolerance, mm
\$13=0	Report inches, boolean
\$20=0	Soft limits, boolean
\$21=0	Hard limits, boolean
\$22=1	Homing cycle, boolean
\$23=0	Homing dir invert, mask
\$24=25.000	Homing feed, mm/min
\$25=500.000	Homing seek, mm/min
\$26=250	Homing debounce, milliseconds
\$27=1.000	Homing pull-off, mm
\$30=1000.	Max spindle speed, RPM
\$31=0.	Min spindle speed, RPM
\$32=0	Laser mode, boolean
\$100=250.000	X steps/mm
\$101=250.000	Y steps/mm
\$102=250.000	Z steps/mm
\$110=500.000	X Max rate, mm/min
\$111=500.000	Y Max rate, mm/min
\$112=500.000	Z Max rate, mm/min
\$120=10.000	X Acceleration, mm/sec ²
\$121=10.000	Y Acceleration, mm/sec ²
\$122=10.000	Z Acceleration, mm/sec ²
\$130=200.000	X Max travel, mm
\$131=200.000	Y Max travel, mm
\$132=200.000	Z Max travel, mm

Fuente: Comandos de GRBL versión 1.1 (Github, 2019)

2.1.5.1.2. Universal G-Code Sender

Universal G-Code Sender es una aplicación muy útil que permite enviar comandos de código G al firmware GRBL. (Pasquel Castillo, 2019), menciona que:

“está desarrollado en Java ... y al ser un programa multiplataforma trabaja en cualquier entorno Windows, Mac, Linux, está basado en el firmware GRBL el cual es compatible con código G, este controla hasta 3 motores, es dedicado para aplicaciones de control de máquinas CNC, la comunicación entre el Arduino y Universal Gcode Sender es mediante la norma RS-232 y la transmisión se realiza mediante un cable USB”.

(p. 20)

En el Universal G-Code Sender, el usuario puede controlar la máquina de forma manual haciendo clic en los botones de dirección de la interfaz gráfica de usuario y para hacer modificaciones debe utilizar comandos especiales. El Universal Gcode Sender interpreta el Código G, ya que se trata de un programa de código G, que envía este código por línea al firmware Arduino.

Sobre el Código G o G-Code, (Pilatuña Carchi & Pillajo Tipantuña, 2018) , describe que: “es un lenguaje de programación que se usa para el control de máquinas CNC, además permite el control de los motores mediante sentencias que describen el movimiento de los motores según las coordenadas especificadas.” (p. 6).

2.1.5.1.3. LaserGRBL

(Lascano Ramon, 2018), afirma que el: “Laser GRBL es uno de los mejores software que puede cargar y transmitir la ruta de G_Code a Arduino, y de esta manera

gravar imágenes o logotipos. Para usar todas las funciones, el láser a utilizar debe soportar la modulación de potencia a través del comando \$." (p. 47).

La grabación laser, no solo es interesante para desarrollar proyectos personales, sino que también se perfila como una salida laboral secundaria. LaserGRBL es un programa libre y técnicamente un fronted de GRBL. Puede transmitir G-Code a arduino y grabar imágenes, fotografías o logos con la ayuda de una herramienta de conversión interna. LaserGRBL no presenta problemas al momento de grabar o cortar, se encuentra en un nivel muy sólido, debido a que tanto el código fuente GPLv3 como el binario compatible con Windows están disponibles a través de GitHub. Laser GRBL es multiplataforma existiendo versiones par Windows, Linux y Macintosh. Uno de los aspectos más importantes en LaserGRBL es el soporte de conectividad vía Wifi, cortesía del pequeño módulo ESP8266 que revolucionó al mundo del DIY. Según sus funciones, LaserGRBL está equipado con muchas características interesantes y únicas. Los usuarios pueden realizar una amplia variedad de modificaciones de imagen, como la dirección del modelo o el número de líneas por milímetro. También se incluyen otras opciones, como el cambio de tamaño de la imagen, la herramienta de conversión o los ajustes de contraste y brillo. Otra característica interesante está representada por la opción de elegir la velocidad de grabado y trote preferida de la máquina. En síntesis, LaserGRBL permite personalizar imágenes y grabarlas en un artículo personal.

(Lascano Ramon, 2018), menciona que:

Las principales características de Laser GBRL son:

- Cargar GCode con vista previa del trabajo
- Grabado de imagen con conversión de escala de grises, tramado y vectorizados.
- Botones definidos por el usuario.

- Esquema de color diferente optimizado para su uso con diferentes gafas de seguridad
- Configuración Grbl para exportar/importar.
- Decodificación de códigos de configuración, alarma y error para Grbl v1.1 (con información sobre herramientas de descripción)
- Botón de inicio, botón de espera, botón de reanudar y botón de reinicio Grbl
- Vista previa del tiempo de trabajo y proyección en tiempo real
- Anulaciones de potencia y velocidad (para Grbl> v1.1) con una interfaz fácil de usar.

(p. 47-48)

2.1.5.2. Software CAD para la elaboración de diseños

En el archivo académico, (UTN – FICA - EISIC, 2011) se menciona que: “La función básica de cualquier programa CAD es representar geoméricamente un diseño ó proyecto que posea un grado de definición bastante alto” (p. 17). En este mismo archivo, también se menciona:

Los programas 2D trabajan básicamente colocando líneas y puntos sobre un plano. El trabajo es similar al que realizamos cuando dibujamos sobre una hoja de papel.

Los programas de tipo 3D trabajan colocando planos en el espacio, cuya reunión forman cuerpos ó volúmenes.

(p. 18)

Para el grabado los diseños deben ser en 2D bajo los formatos de imágenes (JPG, BMP, PNG) y para el tallado deben ser en 3D bajo los formatos gráficos

vectoriales (SVG, CNC). Algunos ejemplos de programas CAD son: SK1 Project, Inkscape, LibreCAD, etc.

2.2. MÉTODO DE DESARROLLO DEL SOFTWARE

Según (Sánchez Mamani, ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE CONTABILIDAD VIA WEB CASO: “PANIFICADORA PAN CASERO”, 2013), afirma: “Los procesos ágiles de desarrollo de software, conocidos anteriormente como metodologías livianas, intentan evitar los tortuosos y burocráticos caminos de las metodologías tradicionales enfocándose en la gente y los resultados.” (p. 24).

2.2.1. Metodología AUP

(Huaman Varas & Huayanca Quispe, 2017), mencionan:

El Proceso Unificado Ágil (AUP, del inglés Agile Unified Process) es una versión simplificada del Proceso Unificado de Rational (Rational Unified Process, RUP) desarrollada por Scott Ambler, que describe una aproximación al desarrollo de aplicaciones que combina conceptos propios del proceso unificado tradicional con técnicas ágiles, con el objetivo de mejorar la productividad.

(p. 38)

Sobre el AUP (Sánchez Mamani, ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE CONTABILIDAD VIA WEB CASO: “PANIFICADORA PAN CASERO”, 2013) también menciona lo siguiente: “es un enfoque al desarrollo de software basado en el Rational Unified Process (RUP) de IBM. El ciclo de vida de Agile UP es serial en lo grande e iterativo en lo pequeño, liberando entregables incrementales en el tiempo.” (p. 25). El mismo autor, argumenta que el AUP: “está compuesto por cuatro fases, cada una de

ellas se desarrolla mediante iteraciones, las cuales consisten en reproducir el ciclo de vida en cascada a menor escala.” (p. 26).

(Condori Maldonado, 2014), señala que el AUP: “aplica técnicas ágiles incluyendo desarrollo orientado a pruebas, modelado ágil, gestión de cambios ágil y refactorización de bases de datos para mejorar la productividad.” (p. 24). Además, “La primera producción de liberación a menudo toma más tiempo para entregar versiones posteriores.” (p. 25).

El AUP según (Ingeniería del Software , 2007), está basado en componente a través de interfaces Utiliza UML - Unified Modeling Language y está dirigido por casos de uso y centrado en la arquitectura iterativo e incremental.

2.2.1.1. Principios de la metodología AUP

(Condori Maldonado, 2014), menciona que AUP se basa en los siguientes principios:

- a) **El personal sabe lo que está haciendo.** La gente no va a leer detallado el proceso de documentación, pero algunos quieren una orientación de alto nivel y / o formación de vez en cuando. La AUP producto proporciona enlaces a muchos de los detalles, si usted está interesado, pero no obliga a aquellos que no lo deseen.
- b) **Simplicidad.** Todo se describe concisamente utilizando un puñado de páginas, no miles de ellos.
- c) **Agilidad.** Ágil ARRIBA El ajuste a los valores y principios de la Alianza Ágil.
- d) **Centrarse en actividades de alto valor.** La atención se centra en las actividades que se ve que son esenciales para el de desarrollo, no todas las actividades que suceden forman parte del proyecto.

- e) **Herramienta de la independencia.** Usted puede usar cualquier conjunto de herramientas que usted desea con el ágil UP. Lo aconsejable es utilizar las herramientas que son las más adecuadas para el trabajo, que a menudo son las herramientas simples o incluso herramientas de código abierto.
- f) **Adaptación de este producto para satisfacer sus propias necesidades.** La AUP producto es de fácil acomodo común a través de cualquier herramienta de edición de HTML. No se necesita comprar una herramienta especial, o tomar un curso, para adaptar la AUP.

(p. 26)

2.2.1.2. Ciclo de Vida del AUP

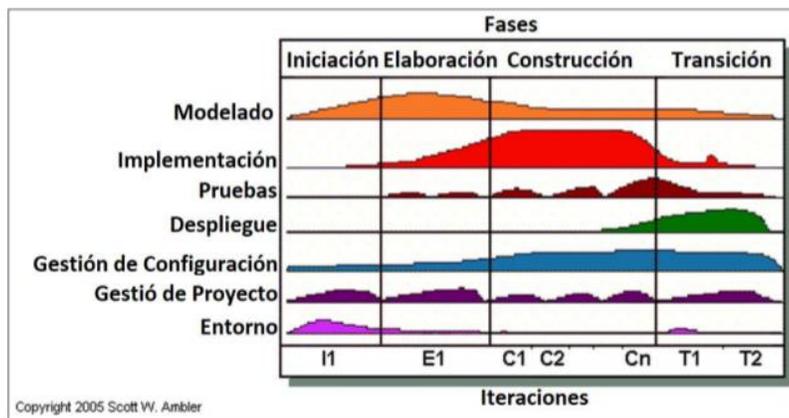
(Condori Maldonado, 2014), afirma que: “El Proceso Unificado se repite a lo largo de una serie de ciclos que constituyen la vida de un sistema. Cada ciclo constituye una versión del sistema.” (p. 26). También, argumenta que el ciclo vital de AUP “es en serie en lo grande, iterativo en el pequeño, entregando productos incrementales en un cierto plazo.” (p. 26).

Al igual que RUP, el proceso de desarrollo con AUP está compuesto por las cuatro fases: Inicio, Elaboración Construcción y Transición; sin embargo, AUP agrupa las diferentes disciplinas para agilizar el proceso de desarrollo. Las fases de desarrollo de AUP se detallan a continuación (Fernández & Cadelli, 2014):

- **Fase de Incepción o Inicio:** donde se identifican los principales casos de uso y requerimientos. Se concreta la idea, la visión del producto, cómo se enmarca en el negocio, y su alcance.
- **Fase de elaboración:** Se completan los casos de uso. Se planifican las actividades necesarias y los recursos requeridos, especificando las características y el diseño de la arquitectura. En esta etapa el objetivo es determinar la arquitectura óptima.

- **Fase de construcción:** Se basa en la elaboración de un producto totalmente operativo y en la elaboración del manual de usuario. Construir el producto de acuerdo a la arquitectura hasta que el producto está listo para ser enviado a la comunidad de usuarios. En esta etapa el objetivo es llevar a obtener la capacidad operacional inicial.
- **Fase de transición:** El objetivo es llegar a obtener el despliegue del proyecto. Se realiza la instalación del producto en el cliente y se procede al entrenamiento de los usuarios.

Figura 2.11. Fases y Disciplinas de AUP



Fuente: (Ambler, 2010)

2.2.1.3. Disciplinas del AUP

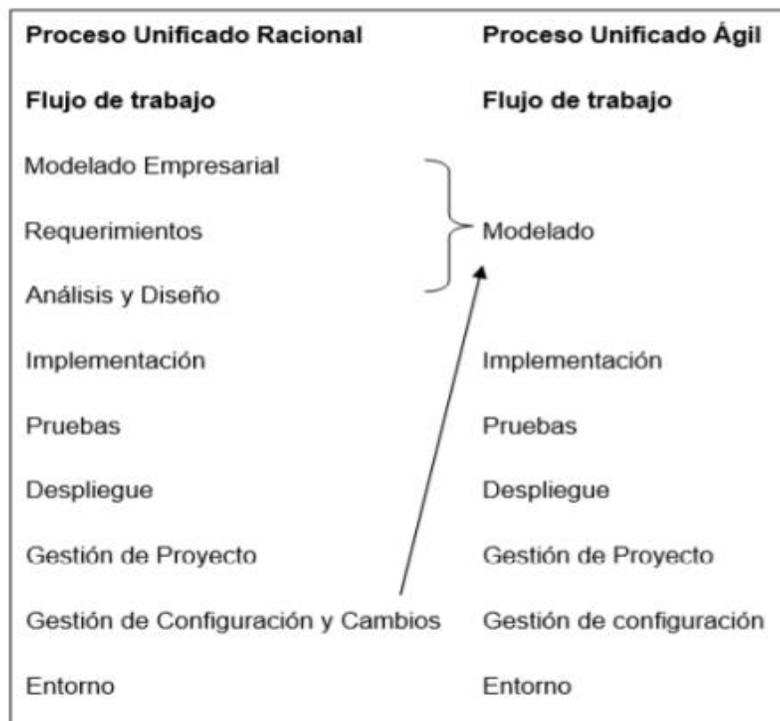
Según (Núñez Mori, 2010), el proceso AUP establece un modelo más simple que el planteado en RUP, por lo que reúne en una única disciplina: el modelado de negocio, requisitos y análisis y diseño.

(Lisana, 2014), describe las disciplinas de AUP, que son las siguientes:

- **Modelado:** El objetivo es entender la organización, definir el problema y las necesidades del usuario para identificar la mejor solución.

- **Implementación:** El objetivo es transformar el modelo en código ejecutable y realizar el nivel básico de pruebas, particularmente pruebas unitarias.
- **Pruebas:** El objetivo es encontrar defectos, para validar que el sistema trabaja como lo planificado y satisface los requerimientos del sistema.
- **Despliegue:** El objetivo es integrar el sistema en la organización del usuario.
Gestión de configuración: El objetivo es configurar el acceso al proyecto. Esto incluye hacer un versionado y gestionar los cambios en el proyecto.
- **Gestión de proyecto:** Incluye gestión de riesgos, dirigir al personal y coordinar con personas y sistemas fuera del enfoque del proyecto para asegurar que se entregue en el tiempo debido.
- **Entorno:** El objetivo es establecer herramientas adecuadas para asegurar el éxito del proceso de desarrollo.

Figura 2.12. *Procesos de RUP comparado con los procesos de AUP*



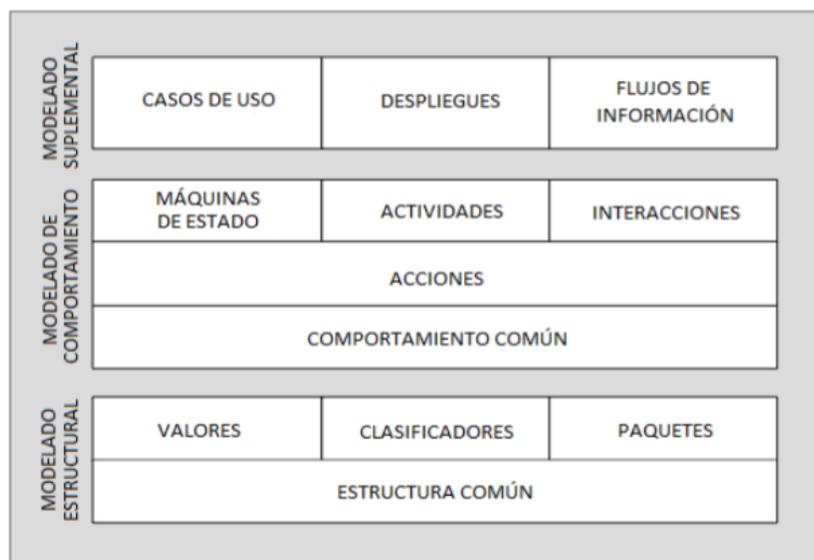
Fuente: (Hansmann & Stober, 2009)

2.2.2. Lenguaje Unificado de Modelado (UML)

La disciplina de Modelado presente en AUP se implementa a través del Lenguaje de Modelado Unificado o UML por sus siglas en ingles.

Según (Object Management Group, 2017) el objetivo de UML es a los arquitectos de sistemas, ingenieros de software y desarrolladores de software con herramientas para el análisis, diseño e implementación de sistemas basados en software así como para el modelado de negocio y procesos similares. Uno de los objetivos básicos de UML es avanzar el estado de la industria actual desarrollando herramientas de modelado visual de objetos.

Figura 2.13. Áreas semánticas de UML



Fuente: (Object Management Group, 2017)

UML según (Ingeniería del Software , 2007), “es un lenguaje de modelado” (p. 6). Que permite la construcción de distintos modelos: Diagramas de Clase, Diagramas de Casos de Uso, etc.

2.2.3. Prueba de Software

2.2.3.1. Test de usuario

(Pérez Lamancha, 2006), menciona que esta prueba es la realizada por el tipo de persona que usará el producto. Puede ser realizado en cualquier momento durante el desarrollo, en el lugar del cliente o en el de desarrollo, en ejercicios completamente dirigidos o a la discreción del usuario” (p. 35).

(Modelo de Test de Usuario del Gobierno de Chile, 2005), menciona:

Su área de trabajo es la de apoyar el desarrollo de interfaces computacionales que faciliten el trabajo que cualquier persona deba hacer ante una pantalla, permitiendo que pueda interactuar intuitivamente con la información que se ofrece, sin necesidad de contar con ayuda externa para completar cualquier procesa que se ofrezca.

(p. 2)

El usuario debe estar convencido de lo que está a prueba no son sus habilidades sino el sistema. En este test el experto observa la forma en que un usuario emplea un sistema y a partir de eso logra establecer los principales problemas que tiene su interfaz.

2.3. MÉTRICAS DE CALIDAD DE SOFTWARE

(Sommerville, 2005) sostiene que la calidad del software es un concepto complejo que no es directamente comparable con la calidad de la manufactura de productos. En la manufacturación, la noción de calidad viene dada por la similitud entre el producto desarrollado y su especificación

La medición es un elemento clave en cualquier proceso de ingeniería. Las medidas se emplean para comprender mejor los atributos de los modelos que se crean y evaluar la calidad de los productos de la ingeniería. Por las características inherentes al software, sus medidas y métricas son indirectas y, por lo tanto, expuestas al debate.

Las métricas se utilizan para supervisar y controlar un proyecto de software. (Pressman, 2010) afirma: “El estándar ISO 9126 se desarrolló con la intención de identificar los atributos clave del software de cómputo.” (p. 343).

2.3.1. Estándar ISO/IEC 9126

(Ortega Cabrera, 2010), menciona que:

En 1985 comenzó el desarrollo de la ISO/IEC 9126. Como primer paso, el comité técnico intentó organizar las propiedades de la calidad de forma sistemática, pero fue un fracaso rotundo debido a que los expertos las interpretaban de diferente manera.

Los requisitos para la elección de las características descritas en la norma ISO/IEC 9126, desarrolladas por el comité técnico fueron las siguientes:

- Cubrir a todos los aspectos de la calidad del software resultante de la definición de calidad ISO.
- Describir la calidad del producto con un mínimo de sobre posición.
- Estar lo más cerca posible a la terminología establecida.
- Formar un conjunto de no más de seis a ocho características por razones de claridad y manejo.

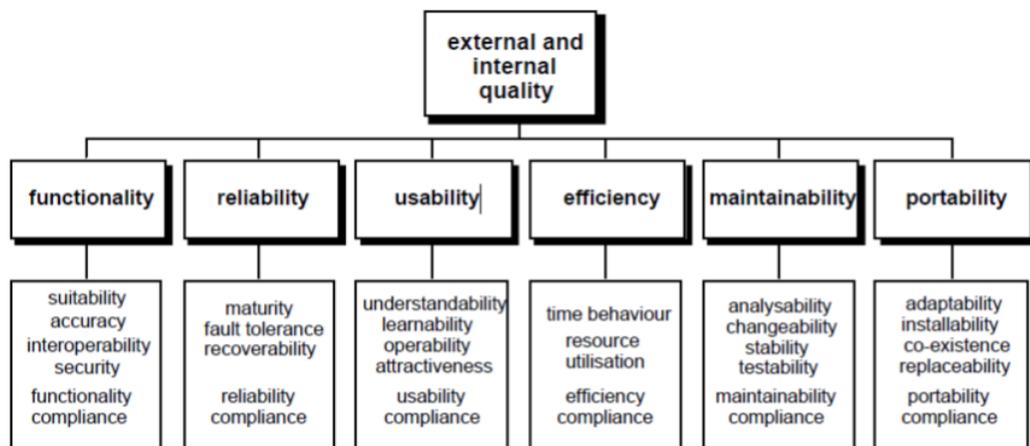
- Identificar las áreas de los atributos de los productos de software para un mayor refinamiento.

(p. 11-12)

La norma ISO 9126 o ISO/IEEC 9126 fue publicada en 1992, la cual es usada para la evaluación de la calidad de software, llamado “Information technology-Software product evaluation-Quality characteristics and guidelines for their use”;

La ISO/IEC define seis características y veintisiete subcaracterísticas para la Calidad externa e interna, las cuales se muestran en la siguiente figura:

Figura 2.14. Modelo de Calidad externa e interna de la ISO/IEC 9126



Fuente: (Ortega Cabrera, 2010)

(Pressman, 2010), menciona:

Este sistema identifica seis atributos clave de la calidad:

Funcionalidad. Grado en el que el software satisface las necesidades planteadas según las establecen los atributos siguientes: adaptabilidad, exactitud, interoperabilidad, cumplimiento y seguridad.

Confiabilidad. Cantidad de tiempo que el software se encuentra disponible para su uso, según lo indican los siguientes atributos: madurez, tolerancia a fallas y recuperación.

Usabilidad. Grado en el que el software es fácil de usar, según lo indican los siguientes subatributos: entendible, aprendible y operable.

Eficiencia. Grado en el que el software emplea óptimamente los recursos del sistema, según lo indican los subatributos siguientes: comportamiento del tiempo y de los recursos.

Facilidad de recibir mantenimiento. Facilidad con la que pueden efectuarse reparaciones al software, según lo indican los atributos que siguen: analizable, cambiable, estable, susceptible de someterse a pruebas.

Portabilidad. Facilidad con la que el software puede llevarse de un ambiente a otro según lo indican los siguientes atributos: adaptable, instalable, conformidad y sustituible.

(p. 343)

Las fórmulas matemáticas para los atributos de calidad, que se usarán en el presente proyecto son las siguientes:

Tabla 2.3. Representaciones matemáticas de los atributos de la calidad

#	ATRIBUTO DE CALIDAD	REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA
Funcionalidad = PF / PFmax		
Dónde:		
1	Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ PF=Punto de Función y PFmax=Punto de Función máximo. ➤ PF=cuenta total * (0,65 + 0,01* \sumFi) ➤ PFmax=cuenta total * (0,65 + 0,01*70)
Confiabilidad = F(t) = (Funcionalidad) * e(-λt)		
Dónde:		
2	Confiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ F(t) es la Función para observar un fallo en un instante t. ➤ Probabilidad de hallar una falla: P(T ≤ t) = F(t) ➤ Probabilidad de no hallar una falla: P(T > t) = 1 – F(t)

$$\text{Usabilidad} = (P1 + P2 + P3) / 3 * 100\%$$

Entendimiento por parte de los usuarios (P1): $X = A/B$

Dónde:

- A = N° de funciones o tipos de funciones (casos de uso) que se han descrito del sistema
- B = N° total de funciones (casos de uso) del negocio.

3 Usabilidad

Consistencia operacional (P2): $X = 1 - A/B$

Dónde:

- A = N° de instancia operaciones con comportamiento inconsistente.
- B = N° total de operaciones.

Consistencia operacional en el uso (P3): $X = 1 - A/B$

Dónde:

- A = N° de funciones inaceptables que el usuario encontró en las pruebas en el periodo de desarrollo.
- B = N° funciones usadas por el usuario en las pruebas que hizo en el periodo de desarrollo

$$\text{Mantenibilidad} = \text{IMS} = [Mt - (Fa + Fm + Fe)] / Mt$$

Dónde:

4 Facilidad de recibir mantenimiento

- Mt = Número de módulos en la versión actual.
- Fa = Numero de módulos en la versión actual que se han cambiado.
- Fb = Número de módulos en la versión actual que han añadido.
- Fe = Número de módulos en la versión anterior que se han borrado en la versión actual. Si el valor del IMS se aproxima a 1, el sistema empieza a estabilizarse.

$$\text{GP} = 1 - [CT / CRD]$$

Dónde:

5 Portabilidad

- GP = Grado de portabilidad.
- CT = Costo de Transportar.
- CRD = Costo de Re- Desarrollo.
- Si $GP > 0$, la portabilidad es más rentable que el re-desarrollo. Si $GP = 1$, la portabilidad es perfecta. Si $GP < 0$, el re-desarrollo es más rentable que portabilidad.

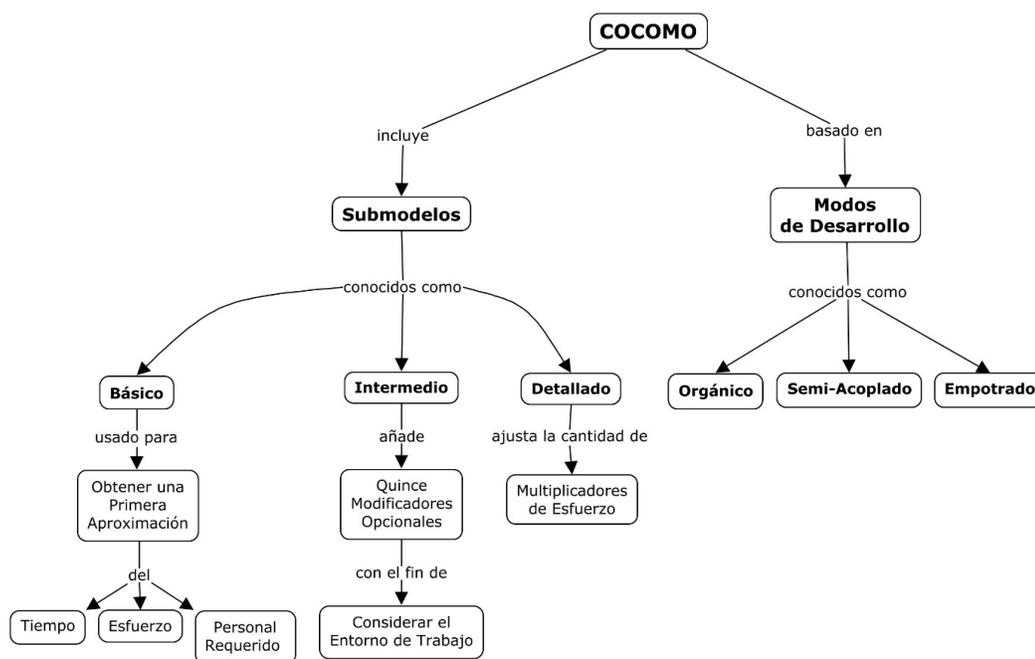
Fuente: Formulas obtenidas de (Sánchez Mamani, ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE CONTABILIDAD VIA WEB CASO: "PANIFICADORA PAN CASERO", 2013).

2.3.2. Método de estimación de Costos

El Modelo Constructivo de Costos (COCOMO, por su acrónimo del idioma inglés CONstructive COst MOdel), según (Garita González & Lizano Madriz, 2017):

“es un modelo de formulación matemática con un fuerte componente de base empírica, principalmente utilizado para estimación de costos en los proyectos de software” (p. 122). El mismo autor también menciona que este modelo “propuesto por Barry W. Boehm, fue introducido a finales de los años 70 y comienzos de los 80 del siglo pasado en su trabajo, *Software Engineering Economics*” (p. 122) y que “está basado en estimaciones matemáticas, mide el “tamaño” del proyecto y utiliza las líneas de código como unidad de medida. Dos de los aspectos fundamentales del modelo COCOMO son los submodelos y los modos de desarrollo.” (p. 122)

Figura 2.15. Conceptualización básica de COCOMO.



Fuente: (Garita González & Lizano Madriz, 2017, p. 127).

(Garita González & Lizano Madriz, 2017) afirma que “los submodelos son tres: básico, intermedio y detallado. Por su parte, los modos de desarrollo son también tres: orgánico, semi-acoplado y empotrado.” (p. 123). Para el tamaño se consideran “las líneas de código fuente del software en unidades de miles de líneas de código (KDLC, por sus siglas en inglés).” (p. 123).

Tabla 2.4. Esquema de modos de desarrollo de software

Modo de desarrollo	Requisitos	Tamaño	Complejidad	Personas	Experiencia
Orgánico	Poco rígidos	Pequeño (< 50 KLDC)	Pequeña	Pocas	Mucha
Semiacoplado	Poco/medio	Medio (50 a 300 KLDC)	Medio	Medio	Medio
Empotrado	Alto	Grande (> 300 KLDC)	Alta	Alta	Poca

Fuente: Obtenido de (Garita González & Lizano Madriz, 2017, p. 123).

Estos modos de desarrollo permiten utilizar cuatro valores constantes. Por otra parte, “Estos valores constantes, codificados aquí como “a”, “b”, “c” y “d”, son propuestos por el modelo COCOMO para complementar las ecuaciones de cálculo usadas en el modelo” (p. 124).

Tabla 2.5. Valores constantes por modo de desarrollo

Modo de desarrollo	COCOMO		<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
	Básico <i>a</i>	Intermedio <i>A</i>			
Orgánico	2,4	3,2	1,05		0,38
Semiacoplado		3,0	1,12	2,50	0,35
Empotrado	3,6	2,8	1,20		0,32

Fuente: Obtenido de (Garita González & Lizano Madriz, 2017, p. 124).

En la siguiente tabla, “se muestran las ecuaciones para esfuerzo nominal en personas/mes (E), tiempo estimado en meses (T) y personal requerido (P) así como los multiplicadores de esfuerzo (ME), utilizados solo en la ecuación de esfuerzo del submodelo intermedio” (p. 124).

Tabla 2.6. Esquema de modos de desarrollo de software

Ecuación	Submodelo básico	Submodelo intermedio
Esfuerzo (E)	$(E) = a * (KLDC)^b$	$(E) = a * (KLDC)^b * ME$
Tiempo (T)	$(T) = c * (E)^d$	$(T) = c * (E)^d$
Personal (P)	$(P) = E/T$	$(P) = E/T$

Fuente: Obtenido de (Garita González & Lizano Madriz, 2017, p. 124).

Los multiplicadores de esfuerzo, utilizados en la ecuación de esfuerzo del submodelo intermedio, son quince agrupados en cuatro grandes categorías: atributos de producto, atributos de computador, atributos personales y atributos del proyecto. En la Tabla 5 se muestran los multiplicadores de esfuerzo. Cada uno de estos multiplicadores de esfuerzo, tiene una valoración que se clasifica en una escala de 6 valores desde “muy bajo”, “bajo”, “nominal”, “alto”, “muy alto” y “extraordinariamente alto.” Estos multiplicadores de esfuerzo ajustan el valor real del esfuerzo.

(p. 124)

Tabla 2.7. Ecuaciones por tipo de modelo COCOMO: Básico e intermedio

Multiplicadores de esfuerzo (ME)	Valoración					
	Muy bajo	Bajo	Nominal	Alto	Muy alto	Extr. alto
Atributos del producto						
1. RELY	Fiabilidad requerida del software	0,75	0,88	1,00	1,15	1,40
2. DATA	Tamaño de la base de datos		0,94	1,00	1,08	1,16
3. CPLX	Complejidad del producto	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30 1,65
Atributos de la computadora						
4. TIME	Restricciones del tiempo de ejecución			1,00	1,11	1,30 1,66
5. STOR	Restricciones del almacenamiento princ.			1,00	1,06	1,21 1,56
6. VIRT	Inestabilidad de la máquina virtual		0,87	1,00	1,15	1,30
7. TURN	Tiempo de respuesta del computador		0,87	1,00	1,07	1,15
Atributos del personal						
8. ACAP	Capacidad del analista	1,46	1,19	1,00	0,86	0,71

9.	AEXP	Experiencia en la aplicación	1,29	1,13	1,00	0,91	0,82
10.	PCAP	Capacidad de los programadores	1,42	1,17	1,00	0,86	0,70
11.	VEXP	Experiencia en S.O. utilizado	1,21	1,10	1,00	0,90	
12.	LEXP	Experiencia en el lenguaje de progr.	1,14	1,07	1,00	0,95	
Atributos del proyecto							
13.	MODP	Uso de prácticas de programación modernas	1,24	1,10	1,00	0,91	0,82
14.	TOOL	Uso de herramientas software	1,24	1,10	1,00	0,91	0,83
15.	SCED	Restricciones en la duración del proy.	1,23	1,08	1,00	1,04	1,10

Fuente: Obtenido de (Garita González & Lizano Madriz, 2017, p. 125).

2.3.3. Técnicas de seguridad

(Litwak & Escalante, 2004) mencionan que se entiende:

“por seguridad de los sistemas de información al conjunto de recursos (metodologías, planes, políticas, documentos, programas y dispositivos físicos) en caminados a lograr que los recursos de cómputo disponibles en un ambiente dado, sean accedidos única y exclusivamente por quienes tienen la autorización para hacerlo.”.

(p. 15)

Las principales características de un sistema de seguridad son: confidencialidad, integridad y autenticación. Existen diferentes algoritmos criptográficos y se clasifican en: criptografía de clave secreta o criptografía simétrica, criptografía de clave pública o criptografía asimétrica, y Algoritmos HASH o de resumen.

(Palacios & Delgado, 2006), hacen mención de que:

Los algoritmos HASH, parten de una información de entrada de longitud indeterminada y obtienen como salida un código, que en cierto modo se puede

considerar único para cada entrada. La función de estos algoritmos es determinista, es decir que partiendo de una misma entrada siempre se obtiene la misma salida. Sin embargo, el interés de estos algoritmos reside en que partiendo de entradas distintas se obtienen salidas distintas

(p. 45)

Los principales algoritmos criptográficos de tipo hash son: MD5 (Message Digest Algorithm 5, Algoritmo de Ordenación de Mensajes 5) y SHA (Secure Hash Algorithm).

2.3.3.1. SHA (Secure Hash Algorithm)

SHA (Secure Hash Algorithm, Algoritmo de Hash Seguro) es un sistema de funciones hash criptográficas relacionadas de la Agencia de Seguridad Nacional de los Estados Unidos y publicadas por el National Institute of Standards and Technology (NIST). El primer miembro de la familia fue publicado en 1993 y fue llamado oficialmente como SHA. Sin embargo, hoy en día, se le llama SHA-0 para evitar confusiones con sus sucesores. Dos años más tarde el primer sucesor de SHA fue publicado con el nombre de SHA-1. Existen cuatro variantes más que se han publicado desde entonces cuyas diferencias se basan en un diseño algo modificado y rangos de salida incrementados: SHA-224, SHA-256, SHA-384, y SHA-512 (todos ellos son referidos como SHA-2). SHA-1 ha sido examinado muy de cerca por la comunidad criptográfica, y no se ha encontrado ningún ataque efectivo.

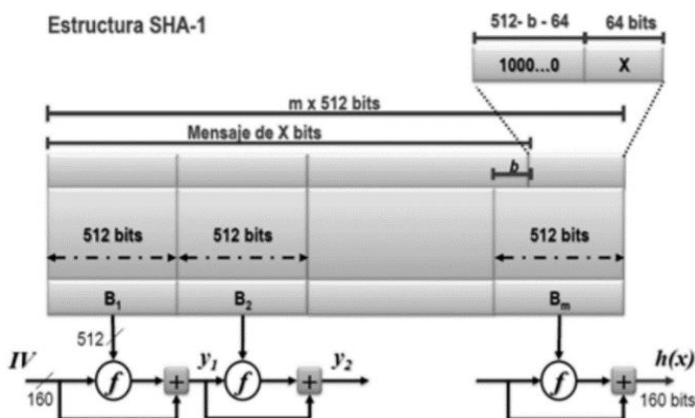
(Gutierrez Ramirez, Jaramillo Botero, & Machado Sanchez, 2015), argumentan que:

SHA-0 y SHA-1 producen una salida resumen de 160 bits (20 bytes) de un mensaje que puede tener un tamaño máximo de 264 bits, y se basa en

principios similares a los usados por el profesor Ronald L. Rivest del MIT en el diseño de los algoritmos de resumen de mensaje MD4 y MD5.

(p. 26)

Figura 2.16. Estructura de SHA-1



Fuente: (Gutierrez Ramirez, Jaramillo Botero, & Machado Sánchez, 2015, p. 27).

paso 1: añadir bits de relleno hasta obtener un mensaje con longitud máxima de 448 bits + 64 bits de longitud de mensaje. El relleno está conformado por un único bit 1 seguido por los ceros que sean necesarios,

paso 2: incluir los 64 bits que corresponden a la longitud total del mensaje antes del relleno,

paso 3: inicializar los registros a, b, c, d y de cada uno de 32 bits para un total de 160 bits (tamaño del message digest). En SHA se manejan todos los valores en hexadecimal,

paso 4: procesar cada bloque de 512 bits. Se divide cada bloque en 16 palabras de 32 bits que alimentan las primeras 16 etapas de la estructura Hash y

paso 5: en cada etapa se realiza la siguiente operación: Registro temporal = $S5(a) + ft(b, c, d) + e + Wt + Kt^3$

(p. 27)

2.3.3.2. Uso de contraseñas

(Guerrero Selma, 2011), afirma: “Las contraseñas son la forma de autenticación de usuarios más habitual en los equipos informáticos. Para evitar accesos no autorizados, estas son normalmente protegidas mediante hashing utilizando un algoritmo para ello” (p. 3).

Las contraseñas son confidenciales. Por lo tanto, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- No se deben apuntar en un papel, en un tablón, debajo del teclado, etc.
- Cuando nos proporcionan una contraseña no es para difundirla o publicarla
- La longitud mínima recomendable de una contraseña es de 8 caracteres.

2.4. SISTEMA DE INFORMACIÓN

(Lapiedra Alcamí, Devece Carañana, & Guiral Herrando, 2011), mencionan que adoptan la definición de sistema de información que dan Andreu, Ricart y Valor (1991). Quienes defines, que el sistema de información:

“Es el conjunto formal de procesos que, operando sobre una colección de datos estructurada de acuerdo con las necesidades de una empresa, recopila, elabora y distribuye la información necesaria para la operación de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes, apoyando, al menos en parte, los procesos de toma de decisiones necesarios para desempeñar las funciones de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia”.

(p. 13)

Según (Hernández Trasobares, 2003), todo sistema de información “utiliza como materia prima los datos, los cuales almacena, procesa y transforma para obtener como resultado final información, la cual será suministrada a los diferentes usuarios del sistema, existiendo además un proceso de retroalimentación o “feedback”, ...” (p. 149).

Existen diferentes sistemas de información, entre los más conocidos están el de web y de escritorio.

2.5. SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS (SGBD)

(Marqués, 2011), define que: “Una base de datos es un conjunto de datos almacenados en memoria externa que están organizados mediante una estructura de datos.” (p. 2). También, mencionan que “Una base de datos se puede percibir como un gran almacén de datos que se define y se crea una sola vez, y que se utiliza al mismo tiempo por distintos usuarios.” (p. 2)

2.5.1. Sistema de gestión de bases de datos (SGBD)

(Marqués, 2011), define que el sistema de gestión de la base de datos (SGBD):

es una aplicación que permite a los usuarios definir, crear y mantener la base de datos, además de proporcionar un acceso controlado a la misma. Se denomina sistema de bases de datos al conjunto formado por la base de datos, el SGBD y los programas de aplicación que dan servicio a la empresa u organización.

(p. 3)

Las ventajas del uso de un SGBD, son:

- Se eliminan las inconsistencias en los datos debido al fuerte control que se establece.
- Se comparten los datos entre diferentes aplicaciones sin complicaciones, permitiendo una rápida adaptación a nuevas aplicaciones.
- Se ahorra espacio de almacenamiento.
- Se accede a los datos con extraordinaria rapidez.
- Se asegura la protección de los datos frente a malos usos o desastres.
- Permiten la creación de entornos personalizados de alta disponibilidad.

2.5.1.1. MySQL Connector

MySQL está bajo la licencia GPL proporciona controladores basados en estándares para JDBC, ODBC y .Net, lo que permite a los desarrolladores crear aplicaciones de bases de datos en el idioma que elijan. Además, una biblioteca C nativa permite a los desarrolladores integrar MySQL directamente en sus aplicaciones.

Según, (Casillas Santillán, Gibert Ginestà, & Pérez Mora, 2009):

MySQL es un SGBD que ha ganado popularidad por una serie de atractivas características:

- Está desarrollado en C/C++.
- Se distribuyen ejecutables para cerca de diecinueve plataformas diferentes.
- La API se encuentra disponible en C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Ruby y TCL.
- Está optimizado para equipos de múltiples procesadores.
- Es muy destacable su velocidad de respuesta.

- Se puede utilizar como cliente-servidor o incrustado en aplicaciones. • Cuenta con un rico conjunto de tipos de datos.
- Soporta múltiples métodos de almacenamiento de las tablas, con prestaciones y rendimiento diferentes para poder optimizar el SGBD a cada caso concreto.
- Su administración se basa en usuarios y privilegios.
- Se tiene constancia de casos en los que maneja cincuenta millones de registros, sesenta mil tablas y cinco millones de columnas.
- Sus opciones de conectividad abarcan TCP/IP, sockets UNIX y sockets NT, además de soportar completamente ODBC.
- Los mensajes de error pueden estar en español y hacer ordenaciones correctas con palabras acentuadas o con la letra 'ñ'.
- Es altamente confiable en cuanto a estabilidad se refiere.

(p. 7)

MySQL proporciona conectividad para aplicaciones cliente desarrolladas en el lenguaje de programación Java a través de un Controlador JDBC, que se llama MySQL Connector / J.

2.6. SERVIDOR LÓGICO

Según (Tramullas & Garrido, 2006), mencionan: “XAMPP es un instalador que automatiza el proceso de poner en marcha un servidor con Apache, PHP, Perl, MySQL y phpMyAdmin. XAMPP ofrece versiones del instalador para sistemas GNU/Linux, Windows y MacOS X” (p. 16).

XAMPP es un servidor independiente de plataforma, software libre, que consiste principalmente en la base de datos MySQL, el servidor Web Apache y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl.

Con XAMPP se puede instalar Apache, PHP5 y MySQL de forma fácil y muy rápida. Sólo debes dirigirte a la sección de descargas de XAMPP y elegir la opción XAMPP Windows 1.6.4 “installer” para comenzar a bajarla

2.7. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Según (Wikipedia, 2020), C# (C Sharp) es:

un lenguaje de programación multiparadigma desarrollado y estandarizado por la empresa Microsoft como parte de su plataforma .NET, que después fue aprobado como un estándar por la ECMA (ECMA-334) e ISO (ISO/IEC 23270). C# es uno de los lenguajes de programación diseñados para la infraestructura de lenguaje común.

Su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET, similar al de Java, aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes.

Aunque C# forma parte de la plataforma .NET, esta es una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones), mientras que C# es un lenguaje de programación independiente diseñado para generar programas sobre dicha plataforma.

2.7.1. Microsoft Visual Studio

Microsoft cuenta con un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado). (Rojas Vélez & Fernández Guamán, 2018) mencionan, que es “donde se pueden programar lenguajes de programación nativos y lenguajes adicionales como Java, PHP, entre otros, a su paso también pueden programar para distintos ambientes como aplicaciones web, aplicaciones de escritorio y aplicaciones móviles.” (p. 33).

Figura 2.17. Logo de Microsoft Visual Studio.



Fuente: (Rojas Vélez & Fernández Guamán, 2018, p. 33).

Tabla 2.8. Versiones de Pago de Visual Studio

Versiones	Precio
Community	Gratuito
Professional	1380,00 \$
Enterprise	7045,00 \$

Fuente: Obtenido de (Rojas Vélez & Fernández Guamán, 2018, p. 33).

También, los autores mencionan que “Visual Studio Community es una versión gratuita que permite crear muchas aplicaciones en cualquier ambiente ya sea web, escritorio o móvil y ponerlo en producción sin ningún costo.” (p. 34).

Visual Studio tiene muchas versiones y cada versión trae nuevas funcionalidades para el mejor desarrollo de las aplicaciones, en el presente proyecto se aplicará la Microsoft Visual Studio Community 2015.

2.7.2. WPF

(Marzal, 2010), afirma que “WPF son las siglas de Windows Presentation Foundation. Es un conjunto de librerías para implementar aplicaciones interactivas” (p. 1). También menciona que “La P de WPF vienen de “Presentation” y es importante. WPF soporta el patrón arquitectónico Modelo-Vista-Presentador (frente al clásico Modelo-Vista-Controlador)” (p. 2).

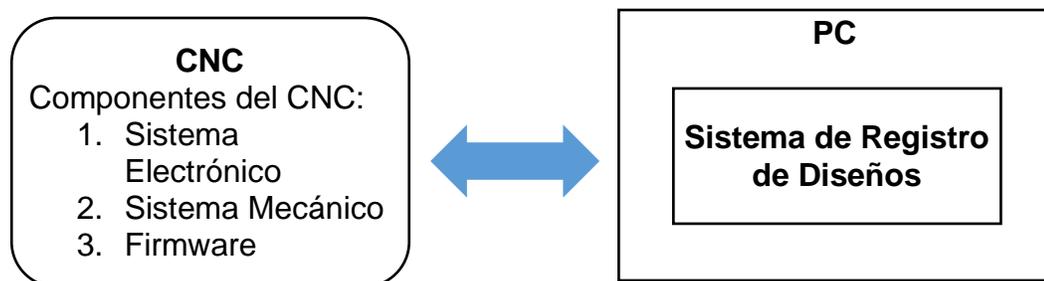
WPF Está destinado a proporcionar una API (Interfaz de programación de aplicaciones del inglés Application Programming Interface) para crear interfaces de usuario enriquecidas y sofisticadas para Windows utilizando un lenguaje de marcado llamado XAML.

3. MARCO APLICATIVO

3.1. DESARROLLO DEL CNC CON ARDUINO

Para el desarrollo del CNC, se debe armar primero la estructura física. Posteriormente, se hace la instalación del firmware y se realiza la programación de parámetros mediante el código G, para el manejo automatizado de ejes. En este proyecto el CNC tendrá dos funciones tallado y grabado. Una vez que los parámetros han sido programados para que la CNC y funcione se requiere utilizar los programas Universal Gcode Sender para realizar el tallado de un diseño 3D y LaserGrbl para hacer el grabado de un diseño 2D. Ambos programas han sido diseñados para reconocer la programación de los parámetros.

Figura 3.1. Esquema del prototipo CNC



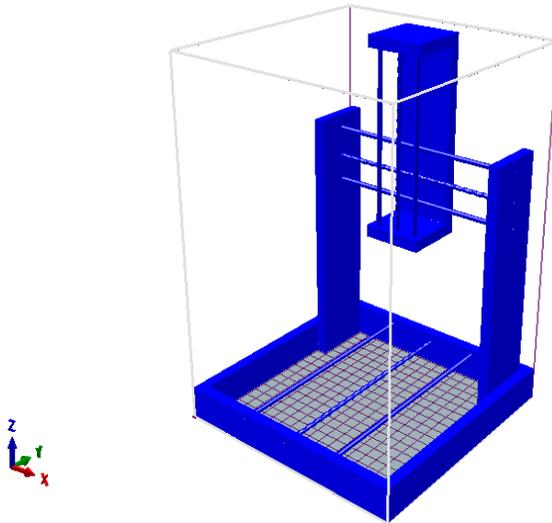
Fuente: Elaboración propia

3.1.1. ARMADO DEL CNC

3.1.1.1. Armado de la estructura de soporte físico del CNC

Primero es necesario realizar el diseño de la máquina CNC, para lo cual se tomará en cuenta los 3 ejes X, Y, Z, los cuales comprenden el plano cartesiano para un objeto en 3D.

Figura 3.2. Diseño de la estructura física del CNC



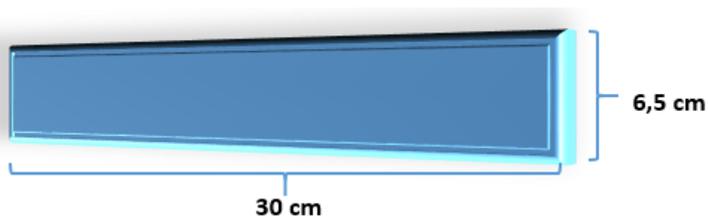
Fuente: Elaboración propia

La estructura física del CNC se realizará con maderas reconstituida. En base al diseño las medidas que se tendrán para la estructura física, son las siguientes:

a) *Para la base*

Se requiere de cuatro unidades de maderas con las siguientes medidas: 7cm por 40 cm.

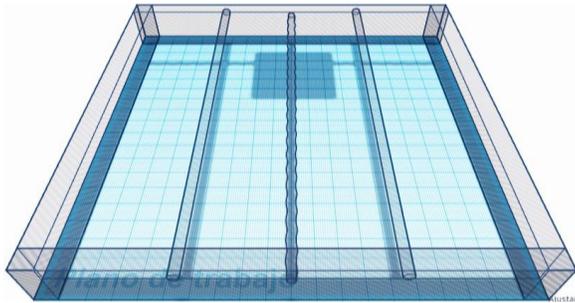
Figura 3.3. Medidas de una unidad de la base del CNC



Fuente: Elaboración propia

Al unir estos cuatros unidades de madera se tendrá como resultado la base que se muestra en la siguiente figura.

Figura 3.4. Base de la estructura física del CNC

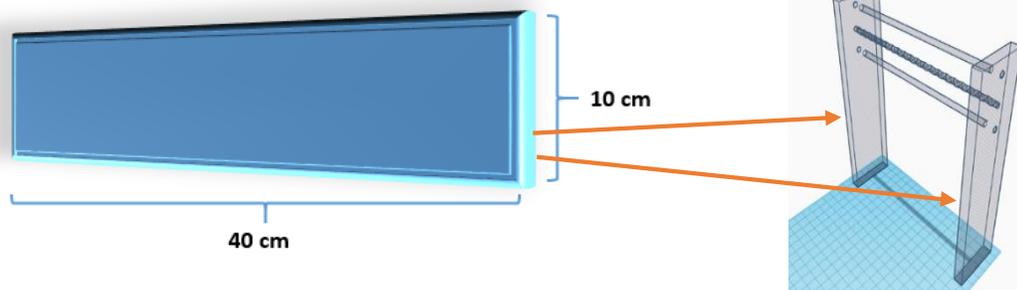


Fuente: Elaboración propia

b) Para los laterales del eje Z

Las medidas son las siguientes:

Figura 3.5. Laterales de la estructura física del CNC



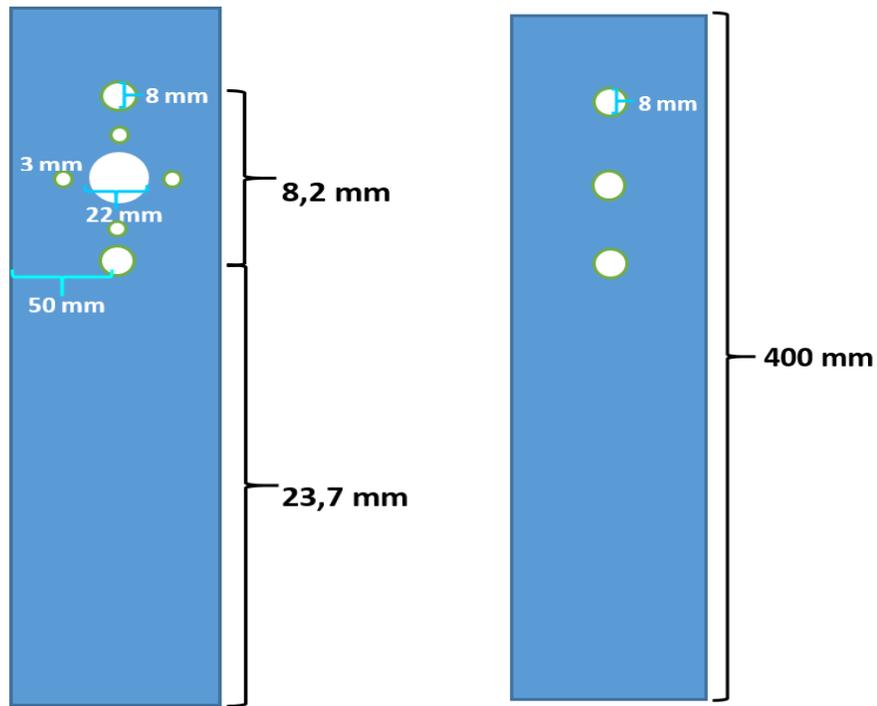
Fuente: Elaboración propia

c) Para la estructura del eje Z

la parte principal tendrá una medida de 30 cm por 10 cm, y las medidas de las partes pequeñas serán de 10 cm por 7,5 cm.

Para el soporte del eje X.

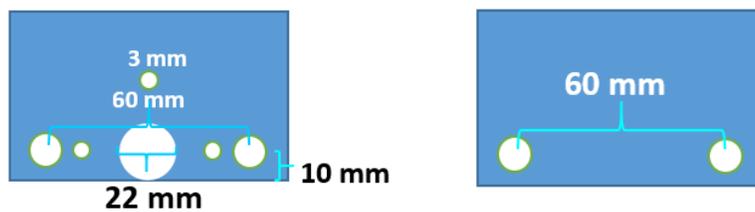
Figura 3.8. Perforaciones en los laterales para el eje X del CNC



Fuente: Elaboración propia

Para el soporte del eje Z.

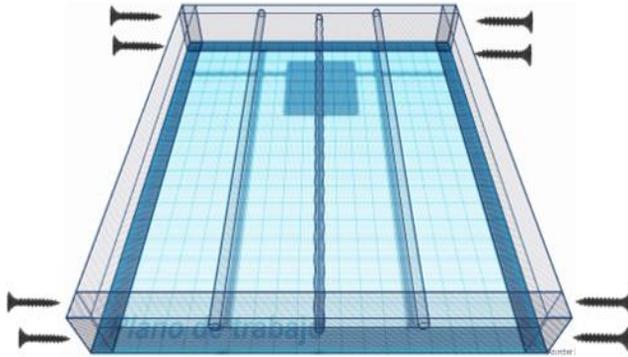
Figura 3.9. Perforaciones en los laterales del eje Z del CNC.



Fuente: Elaboración propia

Usando una escuadra para más exactitud, se deben colocar las partes y hacer la sujeción con tornillos de la siguiente manera.

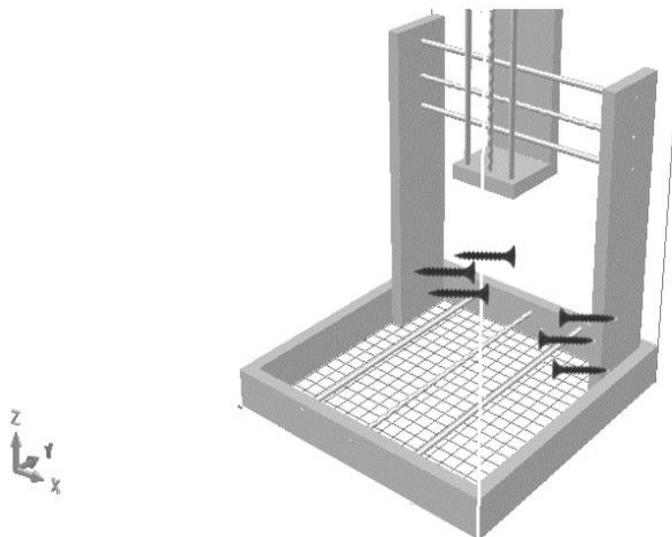
Figura 3.10. Armado de la base del CNC con tornillos



Fuente: Elaboración propia

Los soportes laterales del eje Z tienen cada uno un ajuste de tres pernos, en las siguientes posiciones.

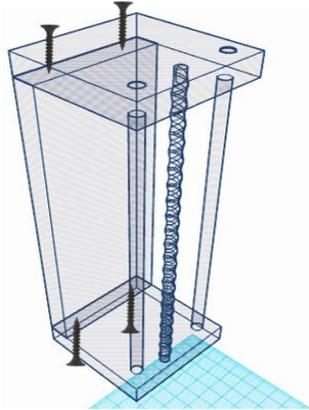
Figura 3.11. Armado de los laterales del eje Z del CNC con tornillos



Fuente: Elaboración propia

El soporte del eje Z, también tiene que ser ajustado con pernos en las siguientes posiciones.

Figura 3.12. Armado del soporte del eje Z del CNC con tornillos



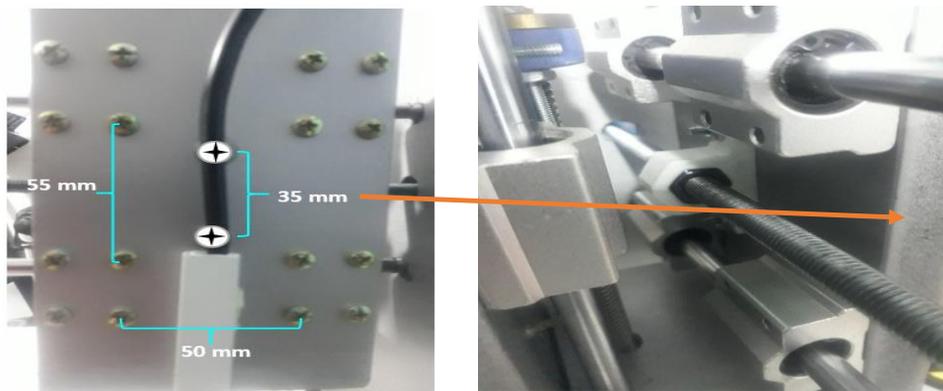
Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2. Armado del sistema mecánico

a) Conexión de varillas

Los soportes de los ejes tienen varillas lisas y un eje con varilla roscada, para ello es necesario tener los rodamientos lineales que se muestran en la siguiente figura:

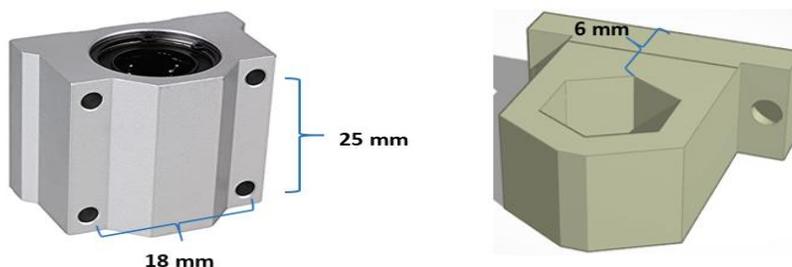
Figura 3.13. Varillas y rodamientos lineales



Fuente: Elaboración propia

Los rodamientos lineales van conectados con los pernos M4 DE 25mm, los rodamientos lineales tienen una carcasa de aluminio con perforaciones roscadas de M4, por tal motivo, solo es necesario realizar las perforaciones con taladro en la parte donde estarán estos rodamientos para luego colocar los pernos respectivos.

Figura 3.14. Rodamientos lineales



Fuente: Elaboración propia

Las varillas lisas del eje Z tienen la misma medida en la conexión con los rodamientos lineales, la diferencia varía en el soporte de la Mariposa, ya que la varilla roscada tiene un avance de 8 mm, y difiere de las otras varillas roscadas.

Figura 3.15. Conexión de la varilla roscada del eje Z



Camisa de tuerca para husillo.

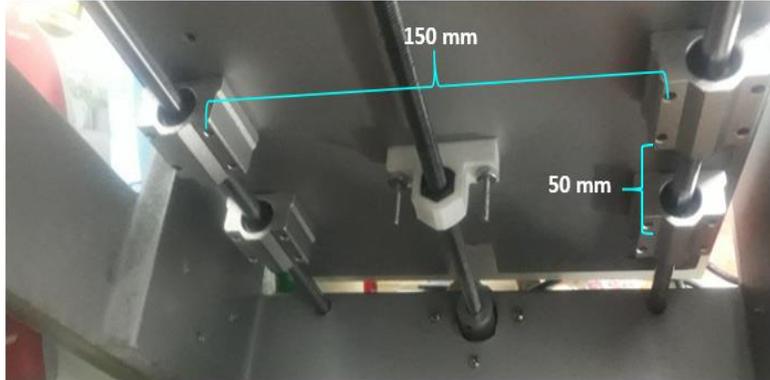


Tuerca para husillo.

Fuente: Elaboración propia

Como soporte de las varillas de la cama tendremos las siguientes medidas:

Figura 3.16. Medidas para el soporte de la cama



Fuente: Elaboración propia

b) Conexión de los motores paso a paso

Conexión de los motores paso a paso con los acoples flexibles y las varillas roscadas.

Figura 3.17. Motor paso a paso con acoples flexibles

Especificaciones:

- Carcasa: NEMA 17-size
- Tamaño: 42.3mm x 42.3mm x 48mm
- Peso: 350g
- Diámetro de eje: 5mm
- Pasos por revolución: 200
- Consumo de corriente: 1.2A por bobina
- Voltaje de alimentación: 4V
- Resistencia: 3.3 Ohm por bobina
- Torque: 3.2kg-cm
- Inductancia: 2.8mH por colector
- Número de cables: 6 (Sin conectores)



El acople flexible está conectado a los motores paso a paso mediante pernos Allen cóncavos métrica 3 y ajustables con llave Allen 2.

Fuente: Elaboración propia

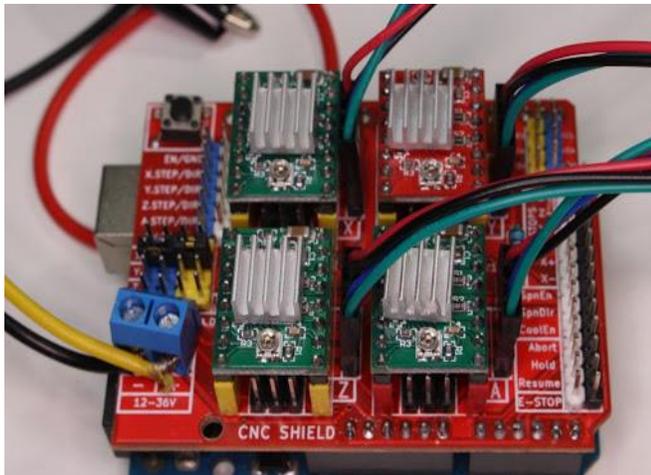
c) Conexión del Taladro

En la estructura frontal del eje Z una vez que se colocan los rodamientos lineales y las varillas se coloca el taladro sujetado a una cinta metálica con tornillos.

3.1.1.1. Armado del sistema electrónico del CNC

Realizando los procesos anteriores podremos tener la estructura base para empezar con el sistema electrónico liderado por la placa Arduino Uno R3. La conexión entre el Arduino Uno R3, la CNC shield y el driver A4988 se muestra en la figura que sigue a continuación.

Figura 3.18. Conexión de Arduino Uno R3, la CNC Shield y el driver A4988



Fuente: Elaboración propia

El driver A4988 debe ir conectado con el potenciómetro vista a la conexión de voltaje de la CNC Shield.

Regulación de driver A4988 respecto al rango de trabajo del motor paso a paso:

Para que el motor no pierda pasos ni se pueda quemar por un exceso de corriente, tenemos que ajustar el voltaje de referencia del driver, para lo cual se utilizará la siguiente fórmula de la corriente máxima.

Figura 3.19. *Calculo de corriente máxima en controlador A4988*

$$I_{\text{TripMAX}} = V_{\text{REF}} / (8 \times R_S)$$

where R_S is the resistance of the sense resistor (Ω) and V_{REF} is the input voltage on the REF pin (V).

Fuente: (Allegro MicroSystems, 2019, p. 9). [Figura].

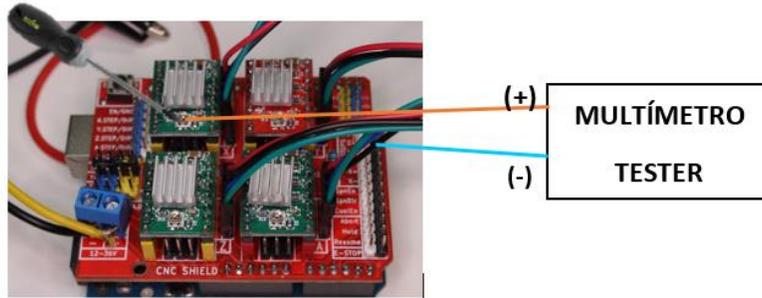
Donde V_{REF} es el voltaje de referencia y R_S la Resistencia de Sensibilidad. En el presente caso R_S es una resistencia SMD 100 que representa $0,1 \Omega$ y V_{ref} . Es la tensión de $1,2$ que maneja el motor. Haciendo el despeje y cálculos:

$$V_{\text{REF}} = 1,2 * 8 * 0,1 = 0,96 * (70\%) \text{ equivalente a } 0,7$$

Calculo de amperaje controlado y regulado por el potenciómetro del driver A4988, para ello es necesario conocer el rango de funcionamiento en amperaje del Motor paso a paso. Para ello debemos seguir los siguientes pasos:

1. Conectar el Arduino a la computadora mediante el cable USB.
2. Conectar el multímetro/tester a las siguientes terminales, la terminal negativa del multímetro a tierra de la Shield CNC y la terminal positiva del multímetro al potenciómetro del Driver A4988.
3. Poner el multímetro en la escala de 20 voltios.
4. Con un destornillador punta estrella regular el potenciómetro del Driver A4988.
5. En nuestro caso será a $0,7$ voltios.

Figura 3.20. Regulación del driver A4988



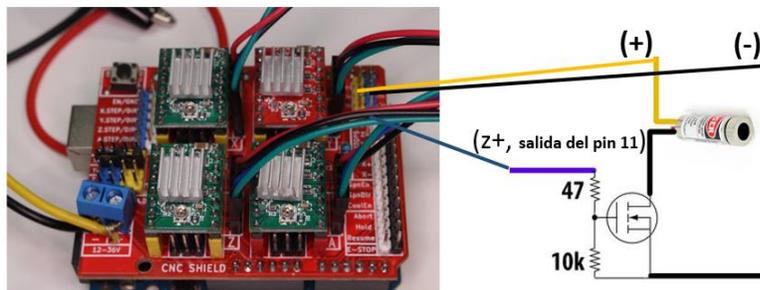
Fuente: Elaboración propia

Conexión del láser en la placa de CNC:

Componentes extras para la distribución de voltaje al laser:

- Resistencia de 47 ohms
- Resistencia de 10 kilo ohms
- Mosfet IRFZ44N
- Laser de 1 vatio

Figura 3.21. Conexión de regulador de voltaje



Fuente: Elaboración propia

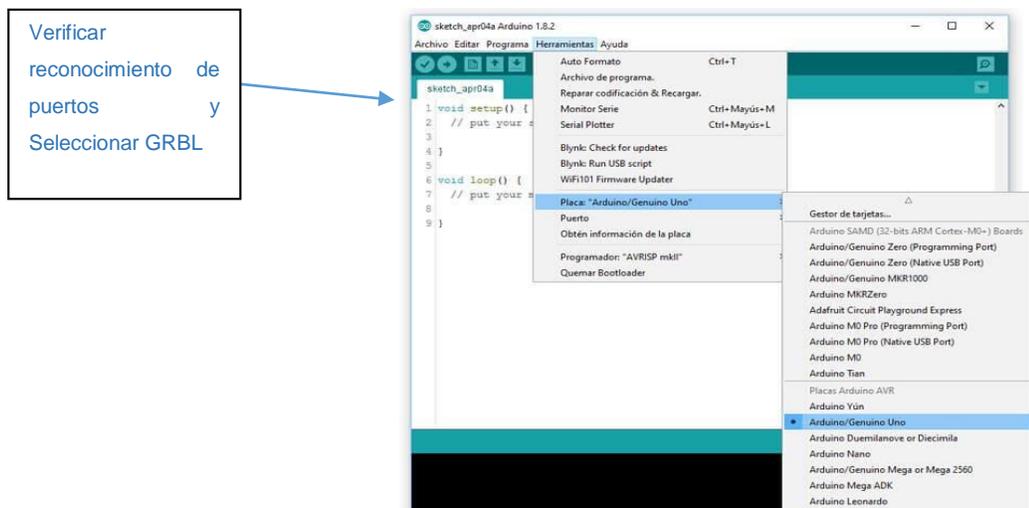
En vez de obtener el voltaje de la placa de la CNC, es posible tener un regulador conectado a en nuestra fuente de 12 voltios, como por ejemplo el transistor 7905 para tener una entrada de corriente directa al laser.

3.1.2. INSTALACIÓN DEL FIRMWARE GRBL A ARDUINO Y PROGRAMACION DE PARÁMETROS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL CNC

3.1.2.1. Instalación del Firmware GRBL a Arduino:

Se debe hacer la descarga de la aplicación Arduino se recomienda que sea la versión 1.6.7. Luego de hacer la descarga e instalación, se debe tener conectado el CNC a la computadora y luego abrir la aplicación de Arduino, colocar la opción de placa “Arduino/Genuino uno” y verificar si la opción de PUERTOS reconoce los puertos.

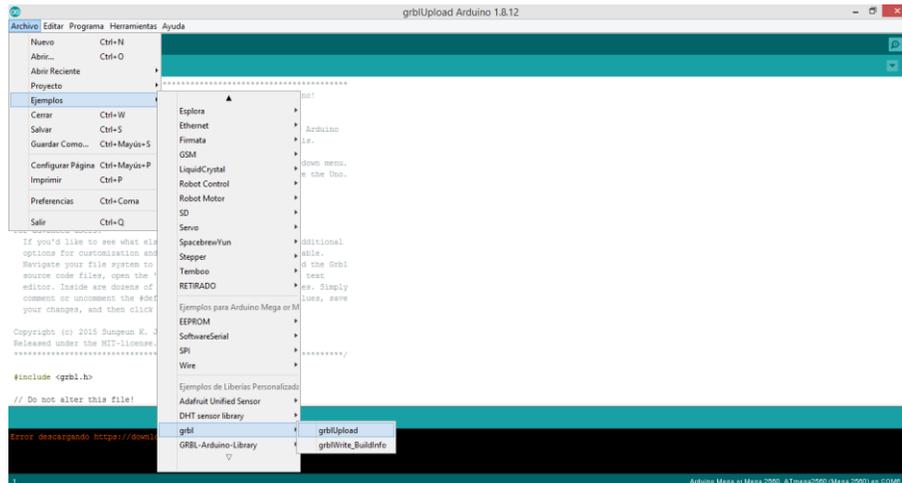
Figura 3.22. Verificación de puertos en la aplicación Arduino



Fuente: Elaboración propia

Después, ir a la pestaña de Archivo, luego elegir: la opción Ejemplos, Grbl y Grbl upload.

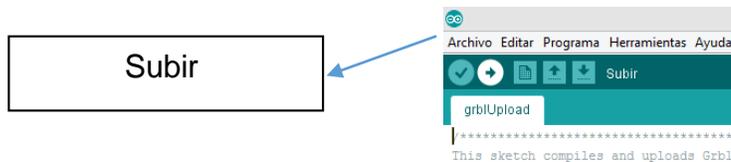
Figura 3.23. Selección de librerías de GRBL



Fuente: Elaboración propia

Seleccionar la opción Subir.

Figura 3.24. Instalación del Firmware GRBL a la placa Arduino



Fuente: Elaboración propia

En la parte inferior tenemos los mensajes de compilación, verificación, luego subiéndolo y subido. **Para esto verificar la placa y el puerto de comunicación.**

3.1.2.2. Conexión a Gcode Sender y programación de parámetros

1. Cuando ya tengamos la opción subido. Cerramos Arduino y seleccionamos GCODESENDER.
2. En la aplicación Gcode sender, abrimos el puerto de entrada a la CNC.
3. En la sección de comando escribimos el siguiente código: \$\$

4. Esta opción no manda el código de configuración de la CNC. Esta versión difiere en la entrada de datos. Por lo cual es necesario modificar los siguientes datos.

Los siguientes parámetros están adaptados para el funcionamiento de la CNC.

\$0=10 (step pulse, usec)
\$1=25 (step idle delay, msec)
\$2=0 (step port invert mask:00000000)
\$3=0 (dir port invert mask:00000110)
\$4=0 (step enable invert, bool)
\$5=0 (limit pins invert, bool)
\$6=0 (probe pin invert, bool)
\$10=1 (status report mask:00000011)
\$11=0.010 (junction deviation, mm)
\$12=0.002 (arc tolerance, mm)
\$13=0 (report inches, bool)
\$20=0 (soft limits, bool)
\$21=0 (hard limits, bool)
\$22=0 (homing cycle, bool)
\$23=0 (homing dir invert mask:00000001)
\$24=25.000 (homing feed, mm/min)
\$25=500.000 (homing seek, mm/min)
\$26=250 (homing debounce, msec)
\$27=1.000 (homing pull-off, mm)
\$30=1000
\$31=0
\$32=0
\$100=160.000 (x, step/mm)
\$101=160.000 (y, step/mm)

\$102=160.000 (z, step/mm)
\$110=350.000 (x max rate, mm/min)
\$111=350.000 (y max rate, mm/min)
\$112=350.000 (z max rate, mm/min)
\$120=10.000 (x accel, mm/sec²)
\$121=10.000 (y accel, mm/sec²)
\$122=10.000 (z accel, mm/sec²)
\$130=200.000 (x max travel, mm)
\$131=200.000 (y max travel, mm)
\$132=200.000 (z max travel, mm)

Los parámetros a modificar son:

\$100=160.000 (x, step/mm)
\$101=160.000 (y, step/mm)
\$102=25.000 (z, step/mm)

\$110=350.000 (x max rate, mm/min)
\$111=350.000 (y max rate, mm/min)
\$112=350.000 (z max rate, mm/min)

\$120=10.000 (x accel, mm/sec²)
\$121=10.000 (y accel, mm/sec²)
\$122=10.000 (z accel, mm/sec²)

\$130=250.000 (x max travel, mm)
\$131=250.000 (y max travel, mm)
\$132=250.000 (z max travel, mm)

Para pasos completos, al usar $\frac{1}{2}$ paso, $\frac{1}{4}$ paso etc., es necesario multiplicar este valor. Ejemplo: $\frac{1}{2}$ paso el valor seria de 320.000 y así sucesivamente.

Calculo de paso por milímetro:

Para el motor de los ejes **X, Y**.

X= Pasos del motor/avance de la varilla

$$X= 200 \text{ step}/1.25 \text{ mm}$$

$$X= 160 \text{ step}/\text{mm}$$

Para el motor del eje **Z**.

X= Pasos del motor/avance de la varilla

$$X= 200 \text{ step}/8 \text{ mm}$$

$$X= 25 \text{ step}/\text{mm}$$

Se debe hacer la prueba con la regla de avance de 1 cm, para verificar el avance.

Finalmente, mediante la altura con la punta del taladro es posible calibrar la cama ajustando y desajustando los pernos de las 4 esquinas.

3.1.3. DETALLES DEL CNC DESARROLLADO

La estructura física del CNC desarrollado ha sido realizado con madera reconstituida.

Figura 3.25. Armado del CNC



Fuente: Elaboración propia

La CNC desarrollada tiene dos funcionalidades, que son: realizar el tallado mediante el taladro y el grabado mediante laser, en piezas de madera.

Figura 3.26. CNC desarrollado



Fuente: Elaboración propia

3.2. DESARROLLO DEL SISTEMA

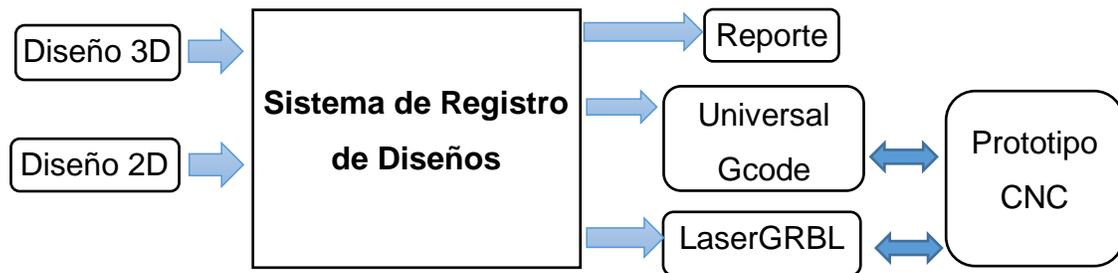
3.2.1. INTRODUCCION

En este apartado se realizará el análisis y diseño para el “Sistema de Registro de Diseños”, haciendo uso de los instrumentos métodos, técnicas, y herramientas mencionadas en el capítulo anterior. Los mismos son desarrollados acorde a la metodología AUP en sus fases de: iniciación, elaboración, construcción y transición.

El proceso se inicia con una investigación inicial y culmina con un sistema en marcha.

En la siguiente figura se muestra el esquema general del Sistema de información desarrollado.

Figura 3.27. Esquema del Sistema de Registro de Diseños de la CNC.



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. FASE DE INICIACION

En esta fase se identifica y analiza los problemas que presenta el Taller de Artesanías Machaca, se describe a grandes rasgos las personas que participan en el flujo de trabajo del negocio y engloba las actividades que se realizan en los

denominados casos de uso. Así mismo, se planea las metas de negocio que se desea alcanzar con el desarrollo del proyecto.

Tabla 3.1. *Tabla de Obtención de Requisitos*

Actividad	Descripción
Entrevista	Entrevista directa con la propietaria del taller
Observación	Observación del trabajo que realizan en el taller

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.1. Organigrama del Negocio

El Taller de Artesanías Machaca se encuentra organizada como se muestra en la figura:

Figura 3.28. *Organigrama del Taller.*



Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2. Situación Actual

Actualmente el Taller de Artesanías Machaca, no cuenta con ningún sistema de información. No se realiza ningún control de los diseños artesanales de tallado y de grabado que realizan de forma creativa, de acuerdo a los pedidos que les hacen.

3.2.2.3. Problemática encontrada en el Taller

No se tiene un registro de que diseños se han realizado para la producción de pequeñas artesanías en madera. Para el grabado los diseños son dibujos de forma manual antes de ser procesados. El tallado depende de la habilidad y experiencia del trabajador; esto ocasiona de que no se tenga un control de los diseños que se van realizando. Las artesanías que produce el taller mayormente se realizan con venestas.

3.2.2.4. Identificación de Actores y Tareas

La identificación de actores permite identificar quienes son los usuarios que interactúan, aportan y/o reciben información del sistema.

Tabla 3.2. *Identificador de tareas del Cliente*

Usuario	Cliente
TAREA:	Solicitud de pedido de productos artesanales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.3. *Identificador de tareas de la Jefa del Taller*

Usuario	Jefa del Taller
TAREA:	Dar instrucción verbal del trabajo a realizar
	Verificar cumplimiento del trabajo encomendado
	Hacer entrega de pedido de productos artesanales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.4. *Identificador de tareas del trabajador*

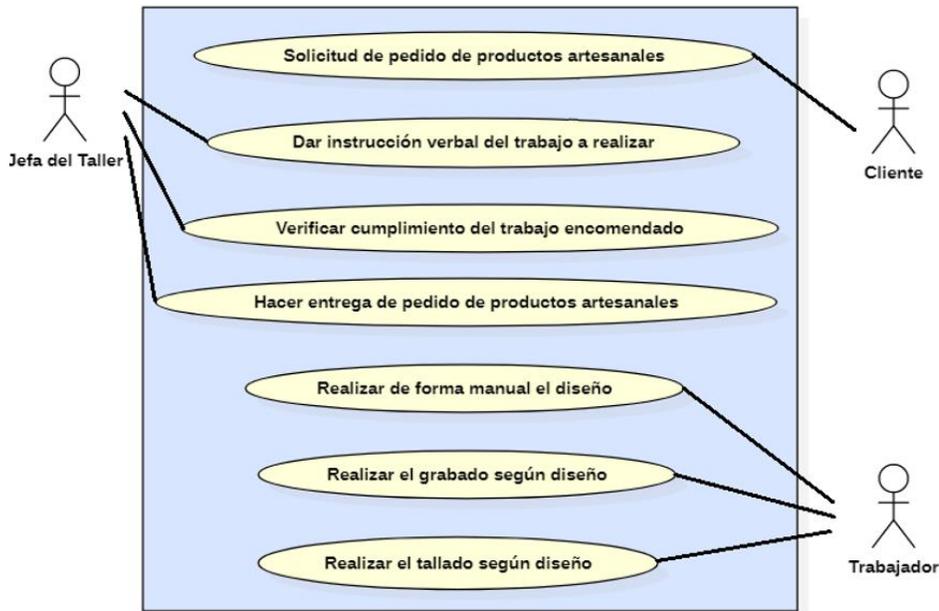
Usuario	Trabajador
TAREA:	Realizar de forma manual el diseño
	Realizar el grabado según diseño
	Realizar el tallado según diseño

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.5. Modelo de Casos de Uso del Negocio

Los casos de uso muestran las funciones que desarrollan los actores en el negocio identificado.

Figura 3.29. Casos de uso del negocio



Fuente: Elaboración propia

3.2.2.5.1. Descripción del Caso de Uso del Negocio

En las siguientes tablas se hace la descripción de casos de uso, de los procesos de interacción que tienen los actores del negocio.

Tabla 3.5. Descripción Caso de Uso – Solicitud de pedido de productos

CASO DE USO:	Solicitud de pedido de productos artesanales
ACTORES:	Cliente
TIPO:	Primario

DESCRIPCIÓN:	El cliente hace solicitud de pedido de productos artesanales, lo cual estará a decisión de la jefa del Taller, quien al aceptar generará la instrucción verbal del trabajo a realizar.
--------------	--

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.6. Descripción Caso de Uso – Dar instrucción verbal del trabajo a realizar

CASO DE USO:	Dar instrucción verbal del trabajo a realizar
ACTORES:	Jefa
TIPO:	Primario
DESCRIPCIÓN:	La jefa del taller da la instrucción verbal del trabajo a realizar para que el trabajador realice la producción en tiempo estimado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.7. Descripción Caso de Uso – Verificar cumplimiento del trabajo encomendado

CASO DE USO:	Verificar cumplimiento del trabajo encomendado
ACTORES:	Jefa
TIPO:	Primario
DESCRIPCIÓN:	La jefa del taller verifica el cumplimiento del trabajo encomendado al trabajador, quien realiza la producción en tiempo estimado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.8. Descripción Caso de Uso – Hacer entrega de pedido de productos artesanales

CASO DE USO:	Hacer entrega de pedido de productos artesanales
ACTORES:	Jefa
TIPO:	Primario
DESCRIPCIÓN:	La jefa del taller hace la entrega de los productos artesanales realizados al cliente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.9. Descripción Caso de Uso – Realizar de forma manual el diseño

CASO DE USO:	Realizar de forma manual el diseño
ACTORES:	Trabajador
TIPO:	Primario
DESCRIPCIÓN:	El trabajador haciendo uso de sus habilidades, experiencia y creatividad realiza de forma manual el diseño del producto artesanal a ser elaborado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.10. Descripción Caso de Uso – Realizar grabado según diseño

CASO DE USO:	Realizar grabado según diseño
ACTORES:	Trabajador
TIPO:	Primario
DESCRIPCIÓN:	El trabajador de manera artística y haciendo uso de sus habilidades realiza de forma manual el grabado en piezas de madera según diseño, mediante técnica tradicional en el tiempo estimado.

Fuente: Elaboración propia.

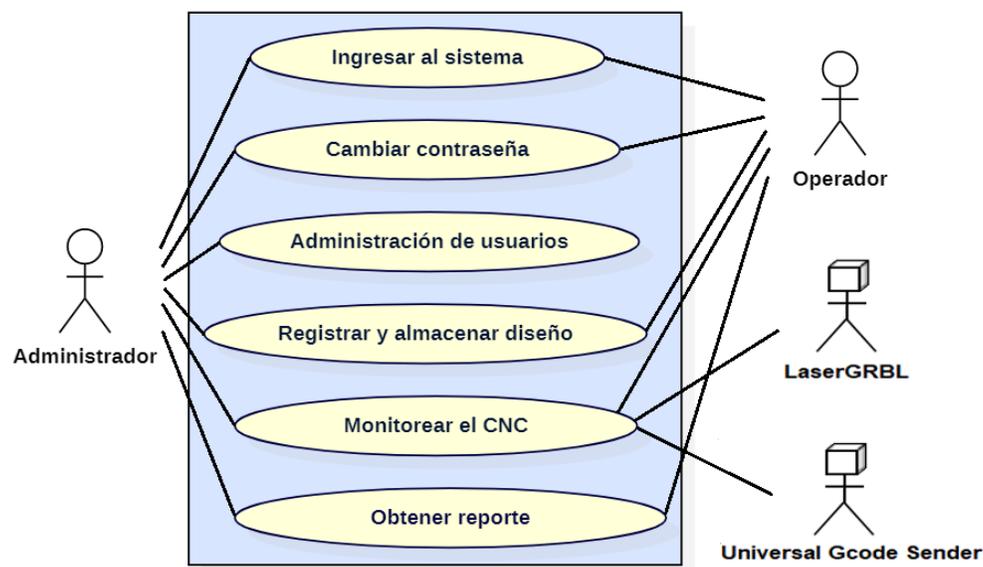
Tabla 3.11. Descripción Caso de Uso – Realizar tallado según diseño

CASO DE USO:	Realizar tallado según diseño
ACTORES:	Trabajador
TIPO:	Primario
DESCRIPCIÓN:	El trabajador de manera artística y haciendo uso de sus habilidades realiza de forma manual el tallado en piezas de madera según diseño, mediante técnica tradicional en el tiempo estimado.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.6. Modelo de Casos de Uso del Sistema

Figura 3.30. Casos de uso del sistema

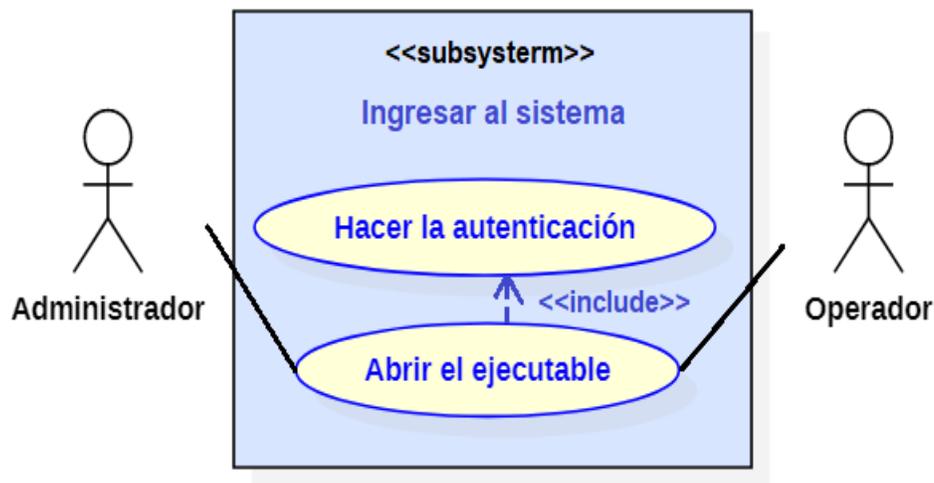


Fuente: Elaboración propia

3.2.2.6.1. Descripción del Caso de Uso del Sistema

Se mostrarán los casos de uso, de los procesos reflejados en el diagrama de casos de uso del sistema.

Figura 3.31. Diagrama de caso de uso de “Ingresar al sistema”



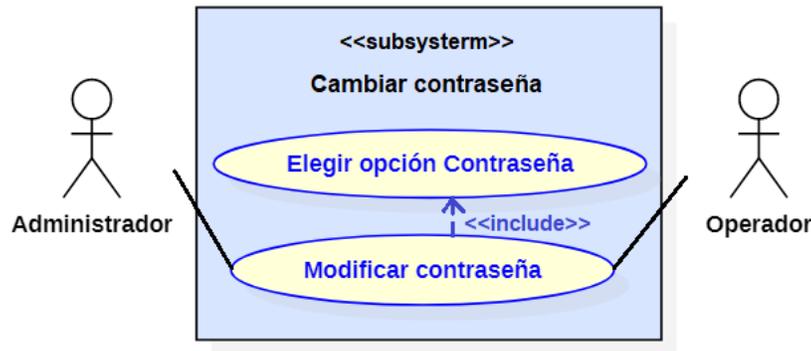
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12. Descripción Caso de Uso – Ingresar al sistema

CASO DE USO: Ingresar al Sistema	
Objetivo de contexto:	Describe el proceso de ingreso a través del ejecutable del sistema
Actores:	Administrador, Operador
Tipo:	Primario
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer clic en el ejecutable. 2. Para ingresar al sistema se debe introducir el usuario y contraseña. 3. Se realiza la comprobación del usuario y contraseña que estén registrados en la base de datos. 4. Si el usuario y la contraseña no coinciden no podrá ingresar al sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.32. Diagrama de caso de uso de “Cambiar contraseña”



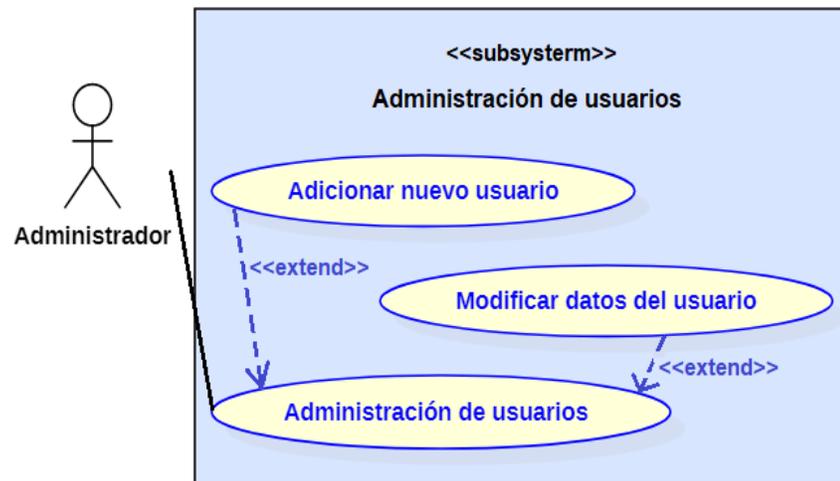
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13. Descripción Caso de Uso – Cambiar contraseña

CASO DE USO: Cambiar contraseña	
Objetivo de contexto:	Describe el proceso de modificación de la contraseña
Actores:	Administrador, Operador
Tipo	Primario
Descripción:	1. Hacer clic en la Opción Contraseña. 2. Modificar contraseña y guardar haciendo clic en el botón cambiar.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.33. Diagrama de caso de uso de “Administración de usuarios”



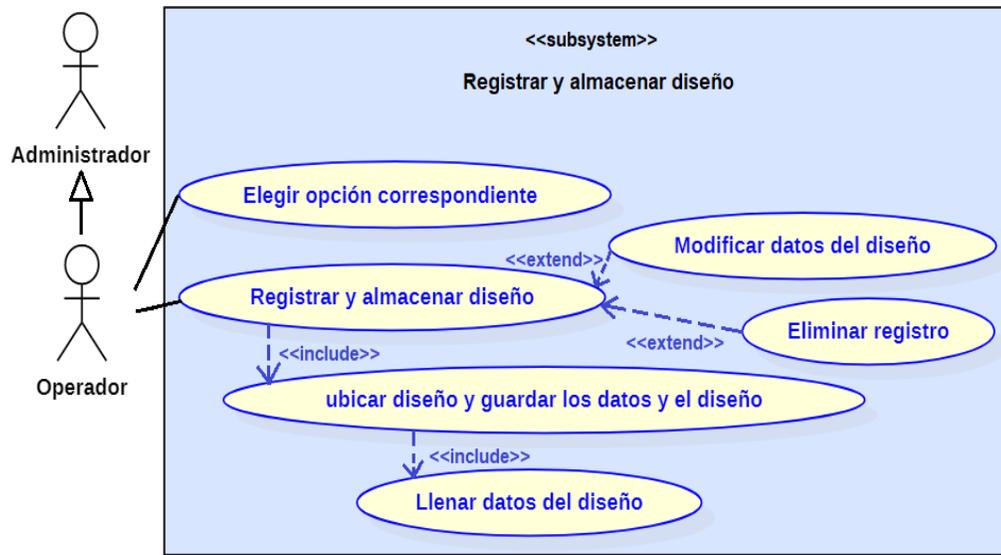
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14. Descripción Caso de Uso – Administración de usuarios

CASO DE USO:	Administración de usuarios
Objetivo de contexto:	Describe el proceso de la administración de usuarios del sistema
Actores:	Administrador
Tipo	Primario
Descripción:	1. Hacer clic en la Opción Usuario 2. Adicionar un nuevo usuario y/o modificar datos del usuario

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.34. Diagrama de caso de uso “Registrar y almacenar diseño”



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15. Descripción Caso de Uso – Registrar y almacenar diseño

CASO DE USO:	Registrar diseño
Objetivo de contexto:	Describe el proceso de registro de diseño en el sistema
Actores:	Administrador, Operador
Tipo:	Primario
Descripción:	1. Elegir la opción tallado o grabado. 2. Para registrar llenar datos y ubicar el diseño elaborado. 3. Los datos del registro del diseño pueden ser modificados. 4. Puede eliminar el registro que hizo.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.35. Diagrama de caso de uso “Monitorear el CNC”



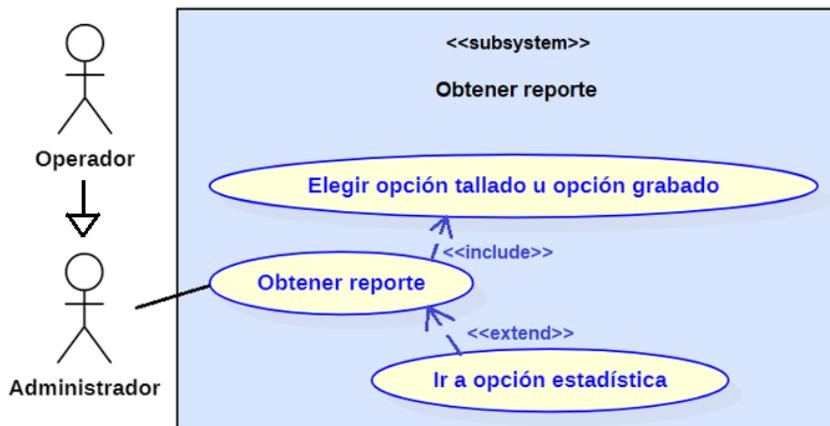
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16. Descripción Caso de Uso – Monitorear el CNC

CASO DE USO: Monitorear el CNC	
Objetivo de contexto:	Describe el proceso de uso y monitoreo del CNC
Actores:	Administrador, Operador, Universal Gcode Sender, LaserGRBL
Tipo:	Primario
Descripción:	1. Abrir y utilizar el programa CAM. 2. Utilizar el programa CAM, incluye verificar y ejecutar parámetros e iniciar trabajo del CNC, para lo cual se debe abrir el diseño elaborado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.36. Diagrama de caso de uso “Obtener reporte”



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17. Descripción Caso de Uso – Obtener reporte

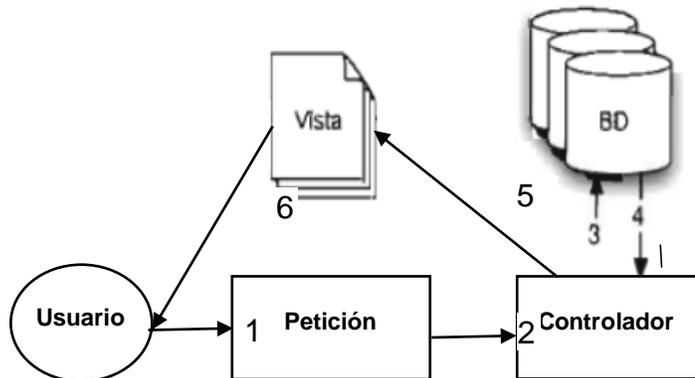
CASO DE USO: Monitorear CNC	
Objetivo de contexto:	Describe el proceso de uso y monitoreo del CNC
Actores:	Administrador, Operador
Tipo:	Primario
Descripción:	1. Seleccionar opción Tallado o Grabado o en el caso del Administrador ir a opción Estadística. 2. Obtener reporte.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. FASE DE ELABORACIÓN

Vista de Login: estará desarrollado en C#, framework WPF y MySqlConnection.

Figura 3.37. Diseño funcional del sistema



Fuente: Armando Arce 1999

La figura se la interpreta del siguiente modo:

- El usuario hace la petición de iniciar sesión.
- La petición se carga en el controlador.
- El controlador analiza y verifica la petición y muestra la vista respectiva al usuario

Para que la vista tenga la apariencia tipo web se utilizan librerías graficas de WPF, para un entorno amigable.

Figura 3.38. *Ejemplo de la Vista principal del sistema*



Fuente: Armando Arce 1999

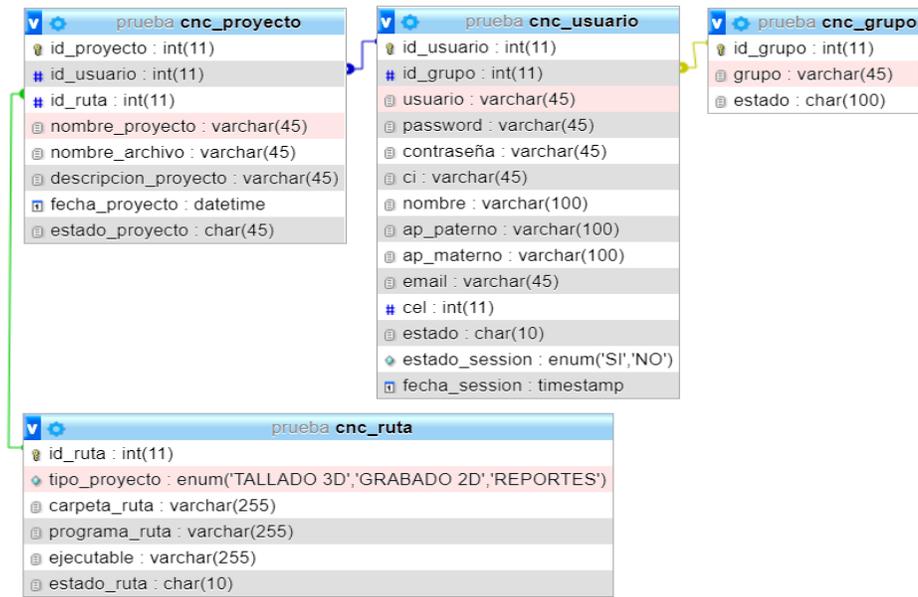
3.2.4. FASE DE CONSTRUCCION

En esta fase se realiza la construcción del sistema de acuerdo a los requerimientos, el modelado establecido y en términos de objetos y las relaciones existentes mediante el diagrama de clases, representando la estructura del sistema. Con el diagrama de clases se comprende que funciones pueden ser llevadas a cabo y quien las puede realizar. En esta fase también se puede establecer un ambiente de capacitación a los usuarios.

3.2.4.1. Modelo de base de datos

El modelo de base datos representa como se estructura la base de datos a implementar.

Figura 3.39. Modelo de la base de datos del Sistema de Registro de Diseños

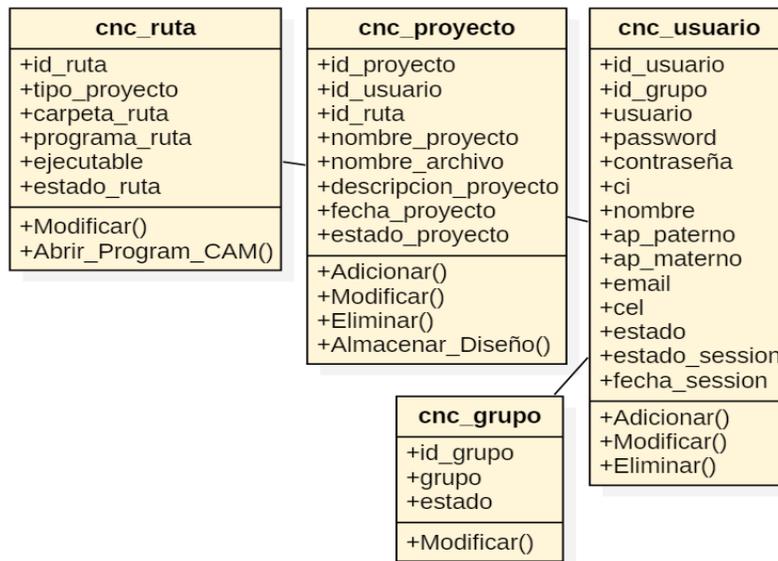


Fuente: Elaboración propia

3.2.4.2. Diagrama de Clases

Se hace la descripción del diagrama de clases.

Figura 3.40. Diagrama de clases

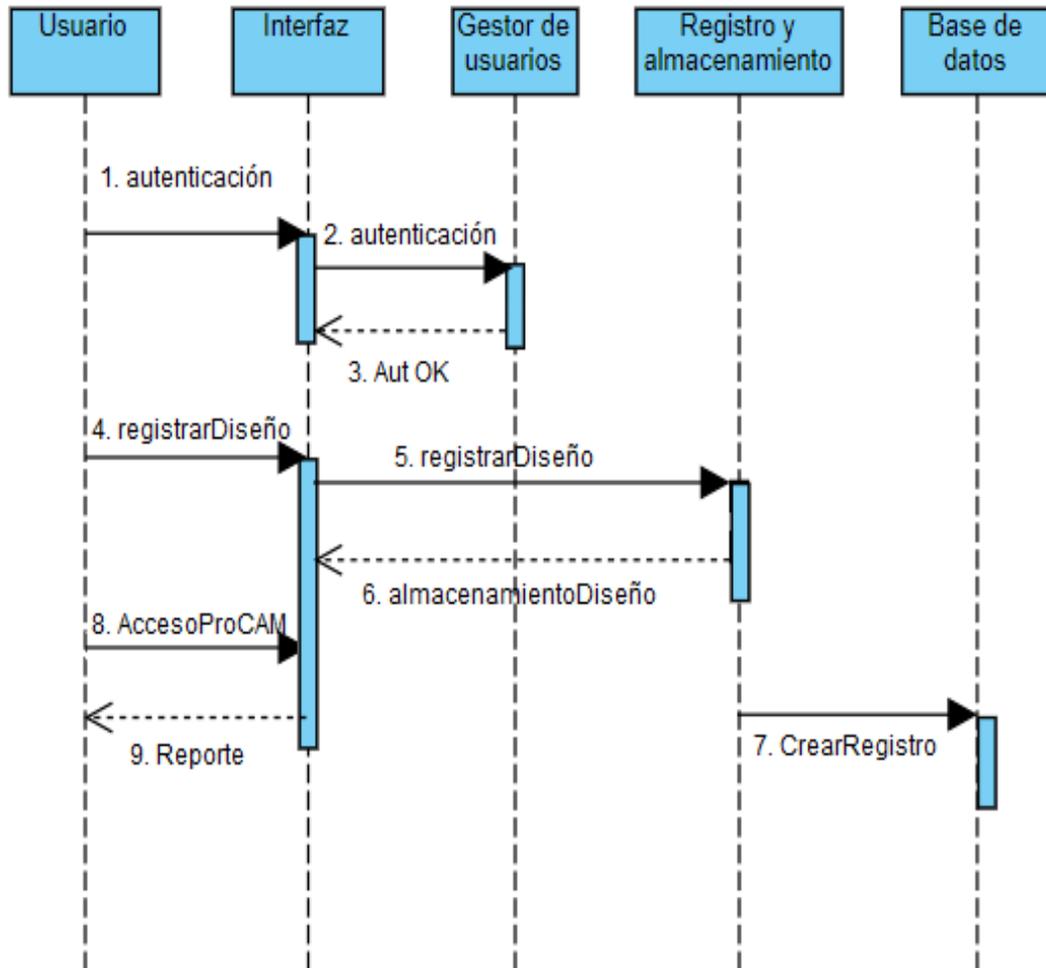


Fuente: Elaboración propia

3.2.4.3. Diagrama de Secuencia

A continuación, se hace un detalle de los diagramas de secuencia correspondiente al sistema.

Figura 3.41. Diagrama de secuencia de registro de diseño

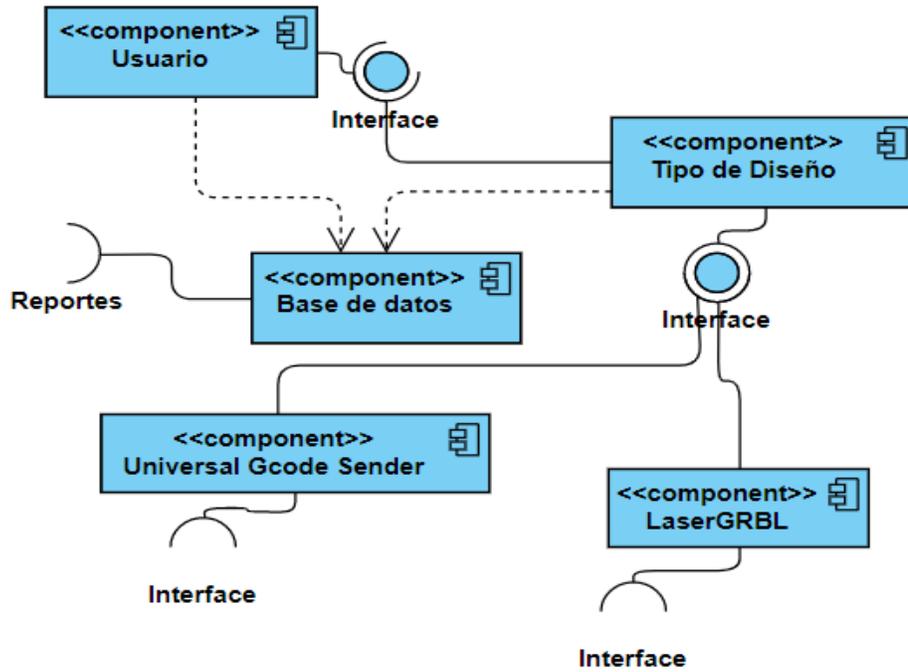


Fuente: Elaboración propia

3.2.4.4. Diagrama de Componentes

A continuación, se hace un detalle del diagrama de componentes.

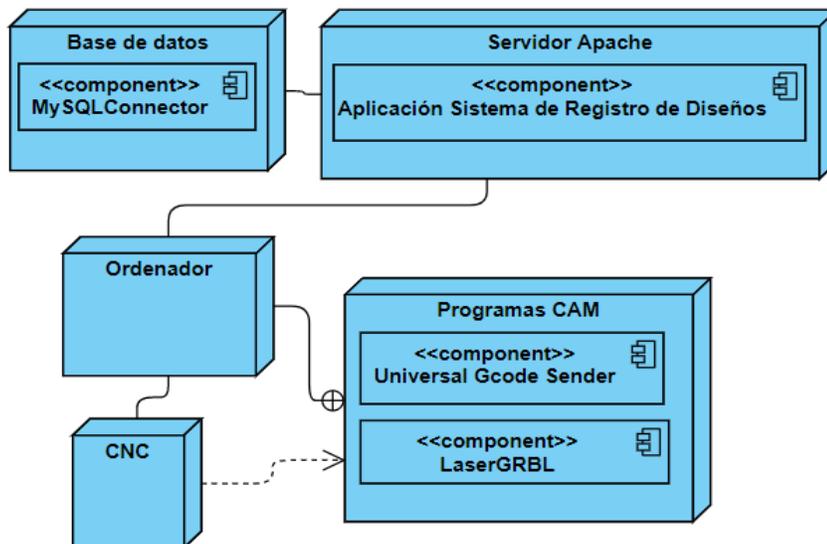
Figura 3.42. Diagrama de componentes



Fuente: Elaboración propia

3.2.4.5. Diagrama de Despliegue

Figura 3.43. Diagrama de despliegue



Fuente: Elaboración propia

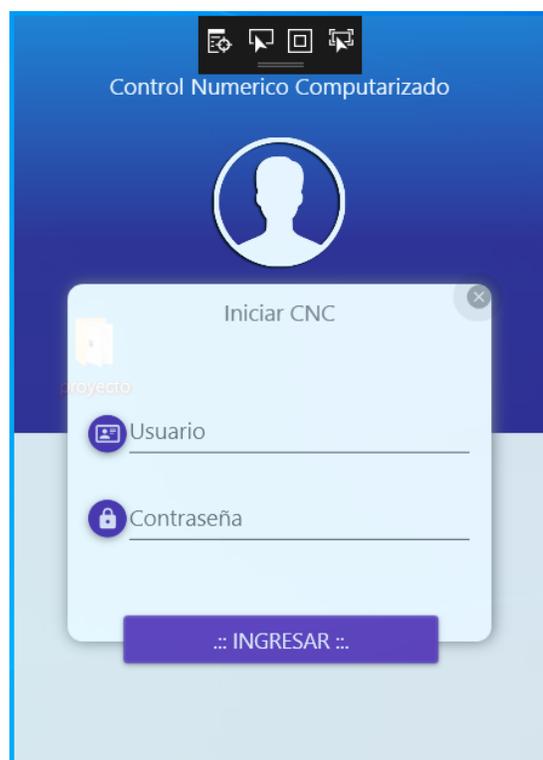
3.2.5. FASE DE TRANSICIÓN

El sistema se lleva al entorno de preproducción donde se somete a pruebas de validación y aceptación y finalmente se despliega en el entorno de producción.

3.2.5.1. Validación de la contraseña e inicio de sesión

Se realizará mediante la ventana de login, cada vez que sea iniciado el sistema: en dónde se solicita el usuario y contraseña que será validada con la base de datos, si coinciden los datos con el de la base de datos se podrá acceder a la ventana principal. Existen dos tipos de usuarios en el sistema que son: Administrador y Operador.

Figura 3.44. Ventana de Login, para inicio de sesión



Fuente: Elaboración propia

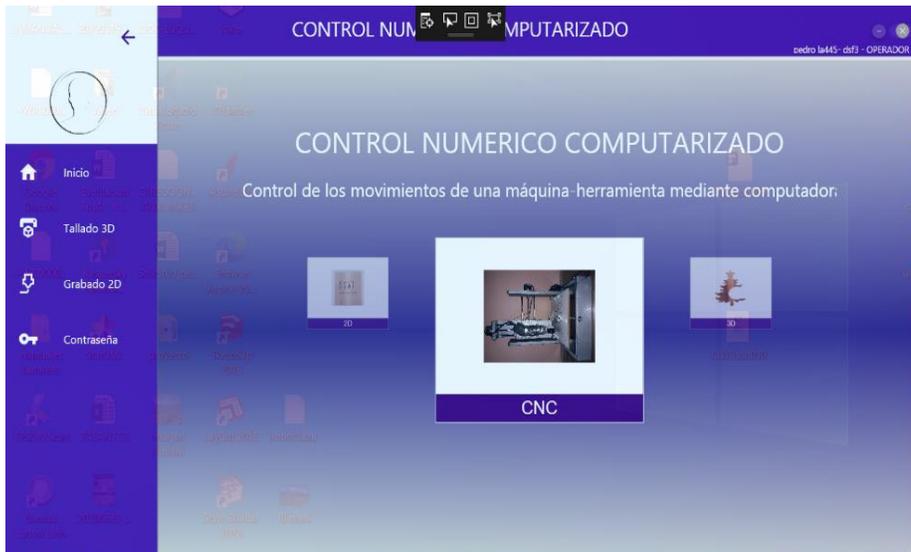
3.2.5.2. Interfaces principales y paneles de opciones

Figura 3.45. *Interfaz principal y panel de opciones del usuario Administrador*



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.46. *Interfaz principal y panel de opciones del Usuario Operador*



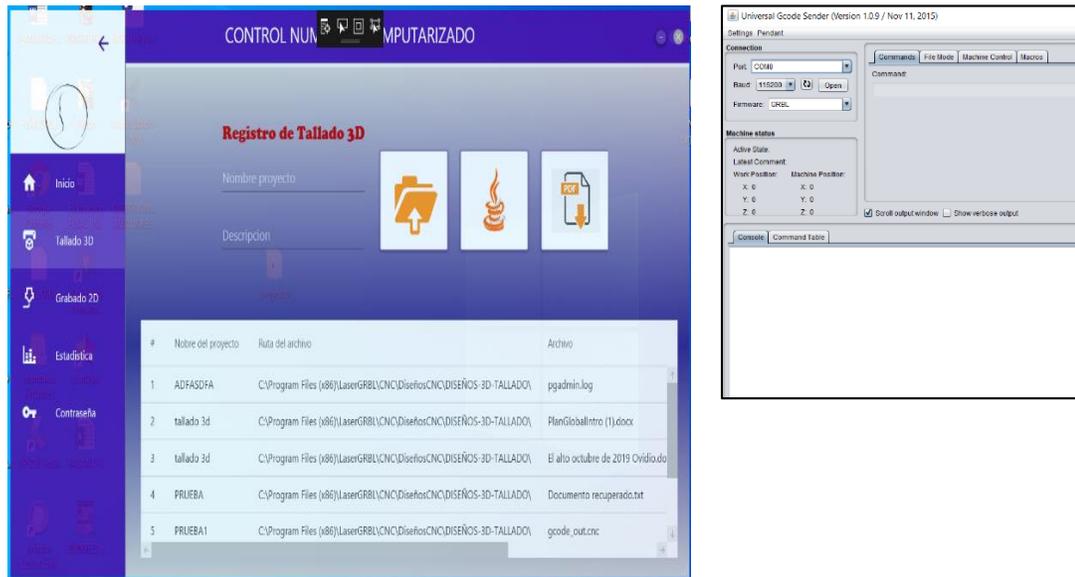
Fuente: Elaboración propia

Luego de que el usuario ha iniciado sesión, podrá elegir las opciones que se muestran.

3.2.5.3. Registro y almacenamiento de diseño 3D para CNC

Para realizar el registro y almacenamiento del diseño para tallado deberá elegir la opción “Tallado 3D”, en donde podrá hacer el registro y almacenamiento del diseño, obtener reporte de diseños registrados y en donde podrá abrir el programa Universal Gcode Sender para que el CNC trabaje.

Figura 3.47. Interfaz de registro de diseño 3D y acceso a Universal Gcode Sender

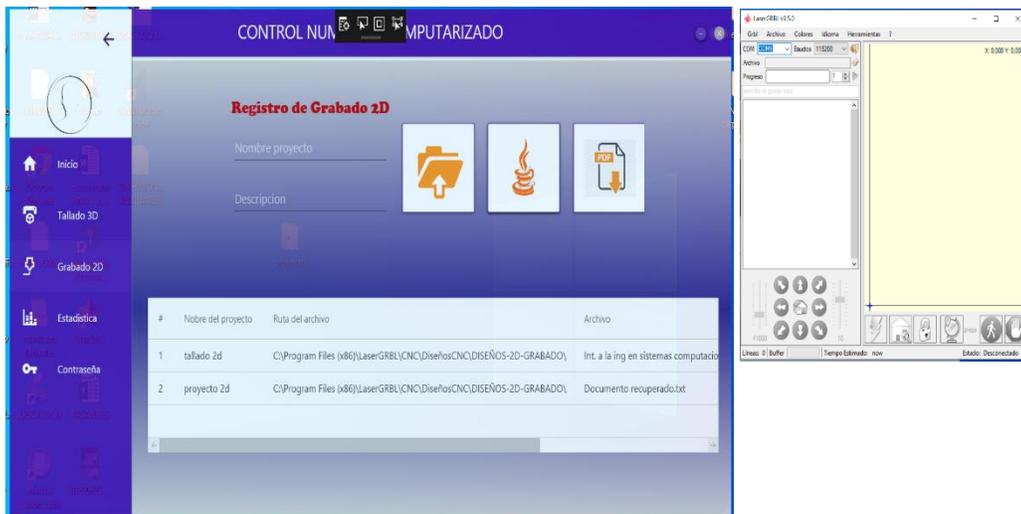


Fuente: Elaboración propia

3.2.5.4. Registro y almacenamiento de diseño 2D para CNC

Para realizar el registro y almacenamiento del diseño para grabado deberá elegir la opción “Grabado 2D”, en donde podrá hacer el registro y almacenamiento del diseño, obtener reporte de diseños registrados y en donde podrá abrir el programa LaserGRBL para que el CNC trabaje.

Figura 3.48. *Interfaz de registro de diseño 2D y acceso a LaserGRBL*



Fuente: Elaboración propia

3.2.5.5. LaserGRBL, para realizar el grabado de un diseño 2D

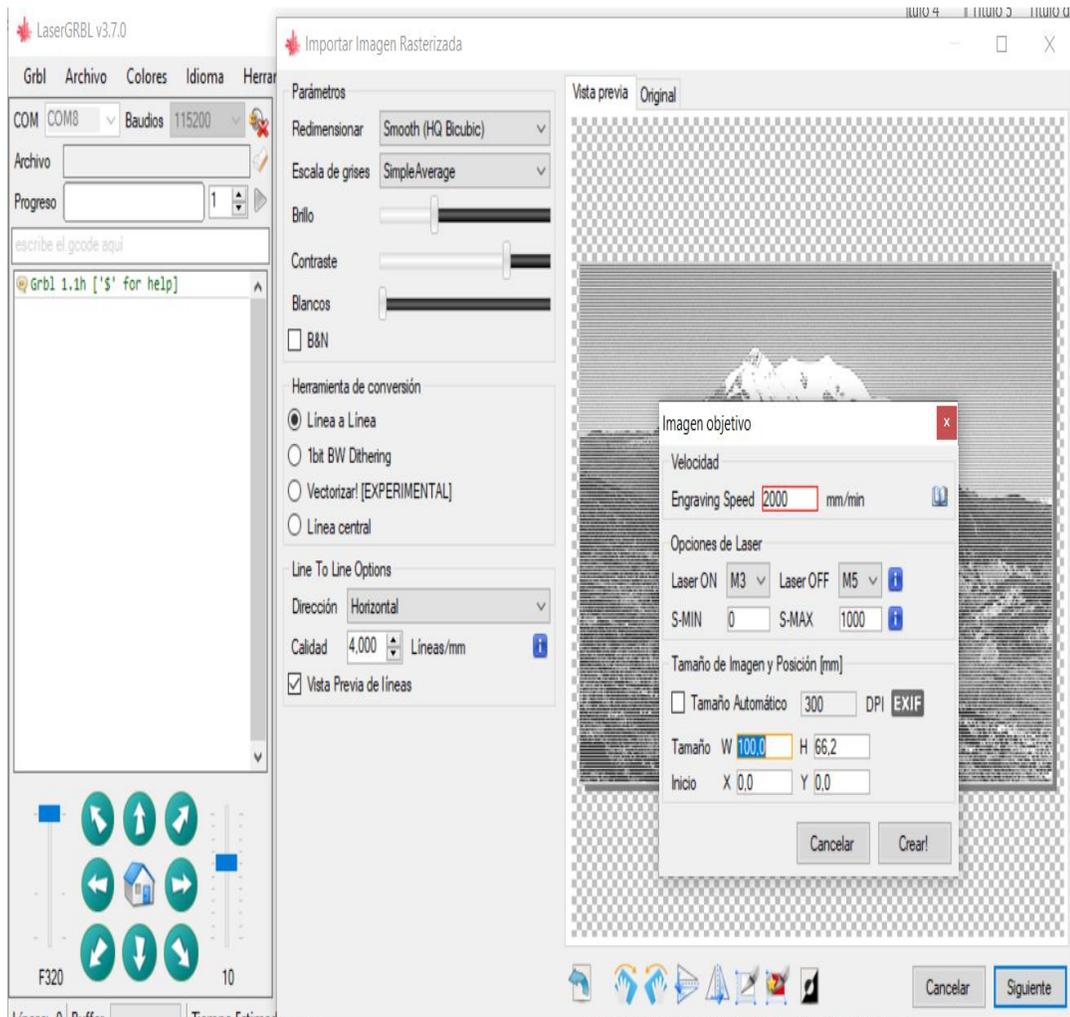
Luego de registrar el diseño 2D, se debe abrir el programa LaserGRBL, para realizar el grabado del diseño 2D. Para esto es necesario que el CNC físico o máquina CNC esté conectado a la computadora y también esté encendido y luego hacer clic en el botón “Conectar” del LaserGRBL.

Figura 3.49. *Conexión del CNC a la computadora, para realizar el grabado*



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.50. Programa LaserGRBL



Fuente: Elaboración propia

El LaserGRBL permite ubicar y establecer el punto de inicio para la realización del grabado en forma automática.

En el LaserGRBL, se debe abrir el diseño, y elegir las opciones de velocidad, material y forma del grabado. Dependiendo de la nitidez y complejidad del diseño el tiempo de grabado varía. Para que el CNC realice el grabado se debe hacer clic en el botón Ejecutar.

3.2.5.6. Universal Gcode Sender, para realizar el tallado de un diseño 3D

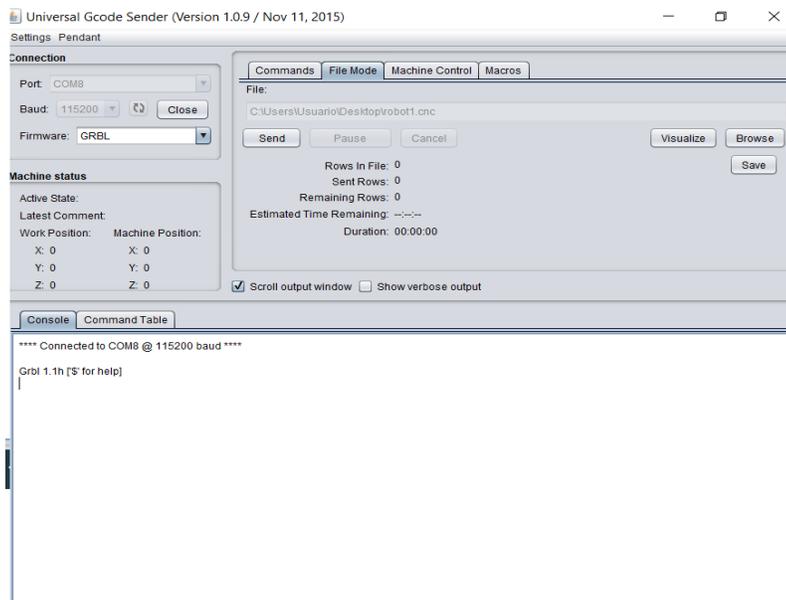
Luego de registrar el diseño 3D, se debe abrir el programa Universal Gcode Sender, para realizar el tallado del diseño 3D. Para esto es necesario que el CNC físico o máquina CNC esté conectado a la computadora y también esté encendido y luego hacer clic en el botón “Open” del Universal Gcode Sender.

Figura 3.51. Conexión del CNC a la computadora, para realizar el tallado



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.52. Programa Universal Gcode Sender

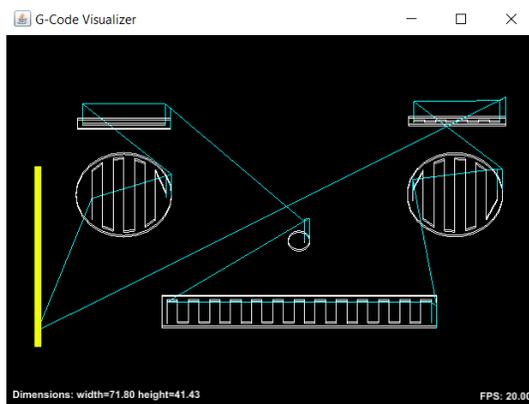


Fuente: Elaboración propia

El Gcode Sender permite ubicar y establecer el punto de inicio para la realización del tallado en forma automática.

En el Universal Gcode Sender, se debe elegir la opción File Mode y abrir el diseño. El botón “Visualize” mostrará el diseño 3D vectorizado.

Figura 3.53. Vista del diseño que muestra el Programa Universal Gcode Sender



Fuente: Elaboración propia

Para que el CNC realice el tallado se debe hacer clic en el botón Send. El tiempo del tallado dependerá de la complejidad del diseño 3D.

4. PRUEBAS Y MÉTRICAS DE CALIDAD DE SOFTWARE

4.1. PRUEBA DE SOFTWARE

Las pruebas de software, entendidas como el proceso sistemático de prevención, detección y corrección de defectos, es la herramienta eficaz para asegurar la calidad del producto.

4.1.1. Prueba de Test de Usuario

Para hacer las pruebas del sistema se ha optado por el Test de Usuario realizado al personal del Taller de Artesanías Machaca, en la fase final del desarrollo. En la realización del test se ha observado como el usuario interactúa con el sistema.

El resultado de las respuestas cuantitativas a las preguntas que se les hizo se muestran a continuación:

Tabla 4.1. Preguntas Test de usuario

N°	PREGUNTAS REALIZADAS	RESPUESTAS OBTENIDAS
1	¿El sistema es fácil de comprender y manejar?	90%
2	¿Las interfaces son amigables?	90%
3	¿Cumple con los fines para el que ha sido realizado el sistema?	85%
4	¿Las operaciones se realizan con normalidad?	90%
	Promedio	89%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2. Resultados Test de usuario

OBSERVACIONES REALIZADAS A LOS USUARIOS	%
Dificultades en el manejo	5%
Requiere de asistencia	15%
Ha encontrado errores o fallas	0%
Promedio	7%

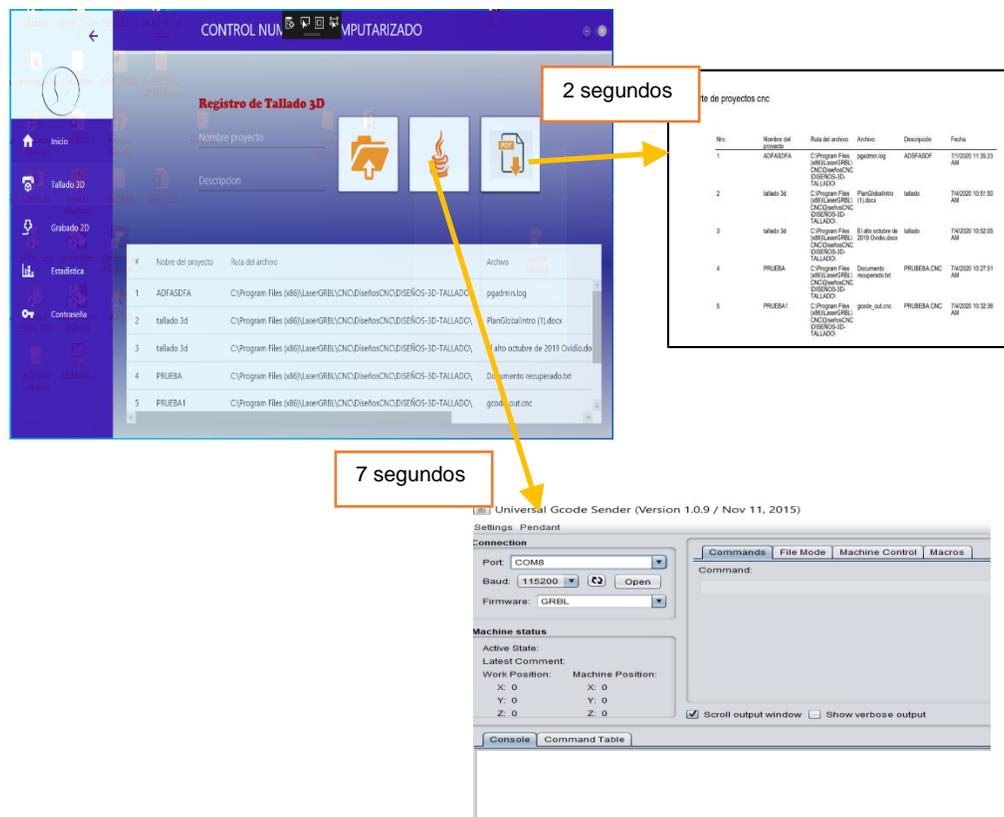
Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se puede decir que el sistema está bajo los parámetros de aceptación.

4.1.2. Prueba de rendimiento

Pruebas de rendimiento del software, se realizan, desde una perspectiva, para determinar lo rápido que realiza una tarea un sistema en condiciones particulares de trabajo.

Figura 4.1. Imagen de prueba de rendimiento.



Fuente: Elaboración propia

En el taller no se tiene ningún registro de los diseños que crean y utilizan para el tallado y grabado, con el sistema se podrán registrar los diseños computarizados que se realicen obtener en 2 segundos el reporte de los mismos.

4.2. NORMAS ISO/IEC 9126

La ISO/IEC 9126 es un estándar internacional para evaluar la calidad del software en base a un conjunto de características y sub-características de la calidad. El modelo ISO 9126 fue desarrollado por la ISO (organización de estandarización internacional por sus siglas en Ingles ISO) y este es uno de los grandes grupos reconocidos por los estándares aplicados internacionalmente a través de un amplio rango de solicitudes.

4.2.1. Funcionalidad

Es la certeza de que un componente, equipo o producto software realiza su función prevista y valora las características y capacidades del sistema, para satisfacer las necesidades según las establecen los atributos siguientes: adaptabilidad, exactitud, interoperabilidad, cumplimiento y seguridad.

Para calcular la funcionalidad se aplica el cálculo por punto función. Para este cálculo se toma en cuenta características que son:

- Número de entradas de usuario: Es la información que llega desde el exterior, tiene una sola dirección del exterior al interior.
- Número de salidas del usuario: Es la información elaborada por el sistema que son transmitidas al usuario, también actualizan algunos archivos, tiene una sola dirección del interior al exterior.

- Número de peticiones de usuario: Es una entrada interactiva que produce la generación de alguna respuesta del software inmediata en forma de salida interactiva.
- Numero de archivos: Es cada archivo maestro lógico, es decir es un grupo lógico de datos que puede ser una parte de una gran base de datos o un archivo independiente.
- Numero de interfaces externas: Son todas las interfaces legibles por la máquina que se utilizan para transmitir información a otro sistema.

Para calcular puntos función (PF), se utiliza la siguiente relación:

$$PF = \text{cuenta total} * (0.65 + 0.01 * \sum Fi)$$

Dónde: PF = Medida de funcionalidad.

Cuenta total = Es la suma de todas las entradas obtenidas en: N° de entradas, N° de salidas, N° de peticiones, N° de archivos y N° de interfaces externas.

$\sum Fi$ = Son los valores de ajuste de complejidad según las respuestas a preguntas destacadas.

Tabla 4.3. Parámetros de revisión

#	Parámetro de medición	Cuenta	Factores de ponderación			Res.
			Simple	Medio	Complejo	
No. De Entrada de Usuario:						
1	1. Ventana de ingreso	8	3	4	6	32
	2. Cambio de contraseña					
	3. Administración de usuarios					
	4. Registro y almacenamiento de diseño 3D para tallado					
	5. Registro y almacenamiento de diseño 2D para grabado					
	6. Datos estadísticos					
	7. Ingreso a Universal Gcode Sender					
	8. Ingreso a LaserGRBL.					
No. De Salidas de usuario:						
2	1. Reporte de diseños 3D	4	4	5	7	20
	2. Reporte de diseños 2D					
	3. Estadística					
	4. Historial de registro					
No. De Peticiones de usuario:						
3	1. Autenticación	7	3	4	6	28

	2. Modificación de contraseña					
	3. Elegir tipo de diseño					
	4. Guardar registro de diseño 3D					
	5. Guardar registro de diseño 2D					
	6. Obtener reporte de diseños 3D					
	7. Obtener reporte de diseños 2D					
	No. De Archivos:					
	1. Usuario					
	2. Grupo					
4	3. Proyecto	6	7	10	15	60
	4. Ruta					
	5. Diseño 3D					
	6. Diseño 2D					
5	No. De Interfaces externas	0	5	7	10	0
TOTAL						140

Fuente: Elaboración propia

La cuenta total de los puntos de función se debe ajustar en función a las características ambientales del sistema. Estos valores de ajustes de la complejidad, se obtienen de las respuestas a las siguientes preguntas, evaluadas en el rango de 0-5.

Tabla 4.4. *Tabla de Características ambientales del sistema*

IMPORTANCIA		0%	20%	40%	60%	80%	100%	
Nº	FACTORES DE COMPLEJIDAD	Sin influencia	Incidental	Moderado	Medio	Significativo	Esencial	Fi
		0	1	2	3	4	5	
1	¿Requiere el sistema copias de seguridad y de recuperación fiable?					X		4
2	¿Se requiere comunicación de datos?						X	5
3	¿Existen funciones de procesamiento distribuido?				X			3
4	¿Es crítico el rendimiento?			X				2
5	¿Se ejecutara el sistema con un entorno operativo existente y fuertemente utilizado?						X	5
6	¿Requiere el sistema entrada de datos interactiva?					X		4
7	¿Facilidad operativa?						X	5
8	¿Se actualiza los archivos maestros de forma interactiva?					X		4

9	¿Son complejas las entradas, las salidas, los archivos o las peticiones?	X	3
10	¿Procesamiento interno complejo?		X 5
11	¿Diseño del código reutilizable?	X	3
12	¿Facilidad de instalación?		X 5
13	¿Soporta múltiples instalaciones en diferentes sitios?	X	3
14	¿Facilidad de Cambios?	X	3
Factor de ajuste de complejidad			54

Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los datos en la fórmula: **PF = cuenta total * (0,65 + 0,01* \sum Fi)**
= 140 * (0,65+0,01*54) = 166,6 → Punto de función del Sistema de Registro de Diseños.

Comparando valores con el Punto de Función máximo \sum Fi = 70 se tiene: **PF = 140 * (0,65+0,01*70) = 189**

La relación obtenida entre ambos es la funcionalidad:

$$\text{Funcionalidad} = \text{PF} / \text{PFmax} = 166,6/189 = 0,88 * 100 = 88\%$$

4.2.2. Confiabilidad

La confiabilidad de un sistema es un elemento importante en su calidad general. Para determinar la confiabilidad se usa la relación entre el nivel de funcionalidad y la cantidad de recursos usados, es decir el tiempo que la aplicación está disponible para ser usada. Para el cálculo se utiliza la privacidad de que un sistema presenta fallas. El nivel de confiabilidad del sistema se representa mediante la siguiente función matemática:

$$F(t) = (\text{Funcionalidad}) * e(-\lambda t)$$

Función para observar un fallo en un instante t:

Probabilidad de hallar una falla: $P(T \leq t) = F(t)$

Probabilidad de no hallar una falla: $P(T > t) = 1 - F(t)$

Donde:

Funcionalidad = 0,88

$\lambda = 0,14$ (un error en cada siete ejecuciones)

tomando el tiempo t de 12 meses, la confiabilidad del sistema es:

$F(12) = 0,88 * e^{-0,14*12} = 0,16 \rightarrow$ equivalente a 16 % de fallas.

Reemplazando en la fórmula de no hallar una falla se tiene:

$P(T > t) = 1 - 0,16 = 0,84 \rightarrow$ equivalente a **84%** de que el sistema no presenta fallas. Por lo que se concluye que el sistema tiene un grado de confiabilidad de 84% durante los siguientes 12 meses.

4.2.3. Usabilidad

Es el grado en el que el software es fácil de usar, lo cual se refleja por la: facilidad de comprensión, facilidad de aprendizaje y operatividad. Para hacer la medición de la usabilidad se utilizará

Tabla 4.5. Resultados de usabilidad

CARÁCTERÍSTICA	DETALLE	%
Entendimiento por parte de los usuarios	Representada por la fórmula matemática: $X = A/B$ A = N° de funciones o tipos de funciones (casos de uso) que se han descrito del sistema B = N° total de funciones (casos de uso) del negocio.	86 %
	Reemplazando en la fórmula se tiene: $X = 6/7 = 0,86$	

Consistencia operacional	Representada por la fórmula matemática: X = 1-A/B A = N° de instancia operaciones con comportamiento inconsistente. B = N° total de operaciones.	86%
	Reemplazando en la fórmula se tiene: $X = 1 - 1/7 = 0,86$	
Consistencia operacional en el uso	Representada por la fórmula matemática: X = 1-A/B A = N° de funciones inaceptables que el usuario encontró en las pruebas en el periodo de desarrollo. B = N° funcione usadas por el usuario en las pruebas que hizo en el periodo de desarrollo.	87%
	Reemplazando en la fórmula se tiene: $X = 1 - 1/8 = 0,86$	
		Promedio 86%

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Mantenibilidad

Para calcular la Mantenibilidad del sistema se utilizará las medidas directas proporcionadas por la IEEE 982.1 – 1998, el cual propone un índice de madurez del sistema, que consiste en los cambios que producen en cada versión del producto para lo cual se tiene la siguiente ecuación:

$$IMS = [Mt - (Fa+Fm+Fe)] / Mt$$

En dónde:

Mt = Número de módulos en la versión actual.

Fa = Numero de módulos en la versión actual que se han cambiado.

Fb = Número de módulos en la versión actual que han añadido.

Fe = Número de módulos en la versión anterior que se han borrado en la versión actual. Si el valor del IMS se aproxima a 1, el sistema empieza a estabilizarse.

Teniendo los valores: $M_t = 5$, $F_a = 1$, $F_b = 0$, $F_e = 0$

Reemplazando en la ecuación: $IMS = [5-(1+0+0)] / 5 = 4 / 5 = 0,8$

Por tanto, el sistema tiende a estabilizarse en un 80%.

4.2.5. Portabilidad

La portabilidad del software es la capacidad del producto o componente de ser transferido de forma efectiva y eficiente de un entorno hardware, software, operacional o de utilización a otro. La portabilidad se basa en tres aspectos: Aplicaciones, Sistema Operativo y Hardware.

Se considera para la facilidad de instalación, ajuste y adaptación al cambio, la siguiente fórmula matemática:

$GP = 1-[CT / CRD]$ → Dónde: GP = Grado de portabilidad. CT = Costo de Transportar. CRD = Costo de Re- Desarrollo.

Si $GP > 0$, la portabilidad es más rentable que el re-desarrollo. Si $GP = 1$, la portabilidad es perfecta. Si $GP < 0$, el re-desarrollo es más rentable que portabilidad.

Teniendo datos de estimación que se reemplaza en la fórmula matemática, se tiene: $GP = 1-[75/1000] = 0,93$ → por tanto el sistema es portable en un 93 % más rentable que re-desarrollo.

4.2.6. Resultados

En base a los resultados obtenidos de las mediciones realizadas anteriormente, se puede determinar la evaluación de la calidad total.

Tabla 4.6. *Resultados de portabilidad*

CARACTERÍSTICA DEL ESTÁNDAR ISO/IEC 9126	RESULTADO OBTENIDO
Funcionalidad	88%
Confiabilidad	84%
Usabilidad	86%
Mantenibilidad	80%
Portabilidad	93%
Promedio de Evaluación de la calidad	86%

Fuente: Elaboración propia.

4.3. SEGURIDAD DEL SISTEMA

La seguridad de software consiste en proteger los datos y la información del sistema, para que los mismos no sean modificados.

4.3.1. Seguridad en el Sistema Operativo

Para la protección de los datos e información, se aplica el acceso para inicio de sesión mediante contraseña. Y se ha instruido a los usuarios autorizados la importancia de mantener en reserva dicha contraseña.

4.3.2. Seguridad a nivel aplicativo del sistema

El acceso al sistema define el acceso mediante identificación de usuario y contraseña. Para la seguridad de la contraseña se aplica el algoritmo de encriptación SHA1.

Figura 4.2. Código de algoritmo de encriptación SHA1

```

// encriptacion en sha1
2 referencias
public string PasswordShaUno(string cnc_password)
{
    using (SHA1 sha1Hash = SHA1.Create())
    {
        //From String to byte array
        byte[] sourceBytes = Encoding.UTF8.GetBytes(cnc_password);
        byte[] hashBytes = sha1Hash.ComputeHash(sourceBytes);
        string hash = BitConverter.ToString(hashBytes).Replace("-", String.Empty);
        //MessageBox.Show("The SHA1 hash of " + cnc_password + " is: " + hash);
        return hash;
    }
}

```

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Seguridad a nivel de base de datos

El acceso a la base de datos se ha cifrado, para que solamente el usuario autorizado pueda acceder.

4.4. REQUERIMIENTO DE HARDWARE Y SOFTWARE

Para el funcionamiento del Sistema de Registro de Diseños, se requieren las siguientes especificaciones:

Tabla 4.7. Requerimientos para el sistema

REQUERIMIENTOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REGISTRO DE DISEÑOS	
TIPO DE REQUERIMIENTO	DESCRIPCIÓN
Hardware	Un ordenador superior a la tecnología Pentium IV
Software	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema Operativo recomendado: igual o superior a la versión Windows vista 2. Microsoft Visual Studio Community 2015 3. Framework WPF 4. MySQL Connector 5. XAMPP 6. Universal Gcode Sender Versión 1.0.9

Fuente: Elaboración propia.

4.5. ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO

En el desarrollo e implementación del Sistema de Registro de Diseños, se ha obtenido lo siguiente:

- Registro y almacenamiento de diseños 3D para tallado.
- Registro y almacenamiento de diseños 2D para grabado.
- Reporte de diseños registrados.

Se realiza un análisis de costos en base al Modelo Constructivo de Costos (COCOMO) Intermedio, que es un modelo matemático de base empírica utilizado para estimación de costos de software.

Sistema de Registro de Diseños = 1677 Líneas de Código (LDC); convirtiendo en unidades de miles de líneas de código (KLDC, por sus siglas en ingles), se tiene:

$$1677 / 1000 \text{ LDC} = 1,677 \text{ KLDC}$$

Se debe hallar la variable Factor de Ajustes de Esfuerzo o Multiplicadores de Esfuerzo, la cual se obtiene mediante la multiplicación de los valores evaluados.

Tabla 4.8. Ecuaciones por tipo de modelo COCOMO: Básico e intermedio

Multiplicadores de esfuerzo (ME)			Valoración					
			Muybajo	Bajo	Nominal	Alto	Muyalto	Extr. alto
Atributos del producto								
1	RELY	Fiabilidad requerida del software	0,75	0,88	1,00	1,15	1,40	
2	DATA	Tamaño de la base de datos		0,94	1,00	1,08	1,16	
3	CPLX	Complejidad del producto	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,65
Atributos de la computadora								
4	TIME	Restricciones del tiempo de ejecución			1,00	1,11	1,30	1,66
5	STOR	Restricciones del almacenamiento			1,00	1,06	1,21	1,56
6	VIRT	Inestabilidad de la máquina virtual		0,87	1,00	1,15	1,30	
7	TURN	Tiempo de respuesta del computador		0,87	1,00	1,07	1,15	
Atributos del personal								
8	ACAP	Capacidad del analista	1,46	1,19	1,00	0,86	0,71	
9	AEXP	Experiencia en la aplicación	1,29	1,13	1,00	0,91	0,82	
10.	PCAP	Capacidad de los programadores	1,42	1,17	1,00	0,86	0,70	
11.	VEXP	Experiencia en S.O. utilizado	1,21	1,10	1,00	0,90		
12.	LEXP	Experiencia en el lenguaje de progr.	1,14	1,07	1,00	0,95		
Atributos del proyecto								
13.	MOD	Uso de prácticas de programación	1,24	1,10	1,00	0,91	0,82	
14.	TOOL	Uso de herramientas software	1,24	1,10	1,00	0,91	0,83	
15.	SCED	Restricciones en la duración del proy.	1,23	1,08	1,00	1,04	1,10	

Fuente: Obtenido de (Garita González & Lizano Madriz, 2017, p. 125).

$$ME = 1,15 * 0,94 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,00 * 1,15 * 0,86 * 0,91 * 0,86 * 0,90 * 1,00 * 1,00 * 0,91 * 1,04 = 0,71$$

Estos modos de desarrollo permiten utilizar cuatro valores constantes. Por otra parte, “Estos valores constantes, codificados aquí como “a”, “b”, “c” y “d”.

Tabla 4.9. Valores constantes por modo de desarrollo

<i>Modo de desarrollo</i>	COCOMO		<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
	Básico	Intermedio			
Orgánico	2,4	3,2	1,05		0,38
Semiacoplado		3,0	1,12	2,50	0,35
Empotrado	3,6	2,8	1,20		0,32

Fuente: Obtenido de (Garita González & Lizano Madriz, 2017, p. 124).

En la siguiente tabla, “se muestran las ecuaciones para esfuerzo nominal en personas/mes (E), tiempo estimado en meses (T) y personal requerido (P) así como los multiplicadores de esfuerzo (ME).

Tabla 4.10. Esquema de modos de desarrollo de software

DESCRIPCIÓN	COCOMO INTERMEDIO
Esfuerzo (E), en persona-mes	$(E) = a * (KLDC)^b * ME$ $E = 3,2 * (1,677)^{1,05} * (0,71) = 3,91$
Tiempo (T), en meses	$(T) = c * (E)^d$ $T = 2,50 * (3,91)^{0,38} = 4,2 \approx 4$
Personal (P), en personas	$(P) = E/T$ $P = 3,91/4,2 = 0,93 \approx 1$
Estimación del Costo total	$CT = Costo * P * T$ Costo promedio de 2 horas de trabajo por día en el mes = Bs. 1500 $CT = 1500 * 1 * 4 = 6000$
Costo por LDC	$Costo\ LDC = CT/LDC$ $= 6000/1677 = 3,6 \approx 4$

Fuente: Elaboración propia

Con estos resultados se estima que el sistema debería ser terminado en un plazo aproximado de 4 meses por una persona.

5. PRUEBAS Y COSTO DEL CNC

5.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES Y COMPARACIONES

Para hacer las pruebas del funcionamiento del tallado y del grabado del CNC desarrollado, se hicieron dos pruebas experimentales, cada una tanto para trabajos de grabado y de tallado en presencia del personal del Taller de Artesanías Machaca, que se describen a continuación:

5.1.1. Primera prueba experimental

Para el tallado: se diseñó un cuadrado instruido en el modo automático con un área de 15 cm x 15 cm (área de trabajo del CNC) y una altura de 0.3 cm, para verificar si se cumple con los desplazamientos y tallado por los ejes de coordenadas y si se abarca el área de 15 cm; los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5.1. *Primera prueba experimental de la funcionalidad tallado*

PRUEBA	SI	NO
Desplazamiento en el área de 15 cm x 15 cm	X	
Desplazamiento normal en los ejes x, y, z	X	
Realiza la extrusión según lo programado	X	

Fuente: Elaboración propia

Para el grabado: se hizo el diseño de un cuadrado instruido en el modo automático con un área de 15 cm x 15 cm (área de trabajo del CNC) para verificar si se cumple con los desplazamientos del láser por los ejes de coordenadas y si se abarca el área de 15 cm; los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5.2. *Primera prueba experimental de la funcionalidad grabado*

PRUEBA	SI	NO
Desplazamiento en el área de 15 cm x 15 cm	X	
Desplazamiento normal en los ejes x, y	X	
Realiza el grabado según lo programado	X	

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Segunda prueba experimental

Para el tallado: Se realizó un tallado de un diseño 3D con el CNC. Por otra parte, el mismo diseño lo realizó uno de los trabajadores del Taller, el cual utilizó como herramienta mecánica cinceles metálicos. En la siguiente tabla se detallan características y se hace la comparación correspondiente.

Tabla 5.3. Segunda prueba experimental de la funcionalidad tallado

Característica	Tallado realizado por el CNC	Tallado realizado por el trabajador
Tipo de madera	Venesta	Venesta
Grosor de la madera	0,3 cm	0,3 cm
Dimensiones	6 cm x 10 cm	6 cm x 10 cm
Tiempo del tallado	20 minutos	1 hora
Acabado	Fino	Regular

Fuente: Elaboración propia

Para el grabado: Se realizó el grabado de un diseño 2D con el CNC. Por otra parte, el mismo diseño lo realizó uno de los trabajadores del Taller, el cual utilizó como herramienta mecánica caudín. En la siguiente tabla se detallan características y se hace la comparación correspondiente.

Tabla 5.4. Segunda prueba experimental de la funcionalidad del grabado

Característica	Tallado realizado por el CNC	Tallado realizado por el trabajador
Tipo de madera	Venesta	Venesta
Grosor de la madera	0,3 cm	0,3 cm
Dimensiones	6,5 cm x 10 cm	6,5 cm x 10 cm
Tiempo del grabado	2 horas y Medio	2 hora con 20 minutos
Acabado	Muy Fino	Rústico

Fuente: Elaboración propia

5.2. ANÁLISIS DE COSTO DEL HARDWARE DEL CNC

Para el desarrollo del hardware del CNC, se han utilizado diferentes componentes, cuyo costo se detalla a continuación.

Tabla 5.5. Costos del hardware del CNC

#	DISPOSITIVOS	UNIDADES	COSTO POR UNIDAD (En Bs.)	COSTO TOTAL (En Bs.)
1	Motor paso a paso bipolar de 12 voltios y 1.2 Amperios más conectores	3,00	95,00	285,00
2	Mini torno de 170 watts	1,00	200,00	200,00
3	Rodamientos lineales de bolas	25,00	12,00	300,00
4	Laser de 1 watt	1,00	120,00	120,00
5	Arduino uno R3 mas cabe USB	1,00	55,00	55,00
6	Fuente de 12 voltios y 5 Amperios	1,00	40,00	40,00
7	CNC Shield V3	1,00	30,00	30,00
8	Driver A4988	3,00	15,00	45,00
9	Transistor IRFZ44N	1,00	3,50	3,50
10	Resistencia de 20 kilo ohms	1,00	0,50	0,50
11	Resistencia de 41 ohms	1,00	0,30	0,30
12	Cables de varios colores	1,00	5,00	5,00
13	Jumper cap	9,00	1,00	9,00
14	Acoples flexibles	3,00	15,00	45,00
15	Madera 30x6.5x1.8 cm	4,00	10,00	40,00
16	Madera 40x10x1.8 cm	2,00	8,00	16,00
17	Madera 30x10x1.8 cm	1,00	7,00	7,00
18	Madera 7.5x10x1.8 cm	2,00	5,00	10,00
19	Madera de 25x25x1.2 cm	2,00	10,00	20,00
20	Varilla roscada tipo husillo de 8 mm de avance	1,00	45,00	45,00
21	Varilla roscada de avance de 1.23 mm	2,00	5,00	10,00
22	Varillas lisa 40 cm	4,00	18,00	72,00
23	Varilla lisa 30 cm	2,00	15,00	30,00
24	Soporte de tuerca de husillo de 8 mm	1,00	8,00	8,00
25	Soporte parar tuerca de 8 mm	2,00	2,00	4,00
26	Tuerca de husillo de 8mm de avance	1,00	15,00	15,00
27	Tuerca para rosca de 1.25 mm de avance	4,00	2,00	8,00
28	Perno M3 de 25 mm	12,00	0,40	4,80

29	Pernos M4 de 25 mm	24,00	0,50	12,00
30	Perno de madera más tuerca M3 de 40 mm	4,00	0,50	2,00
31	Sujetadores de tuerca M3 de madera	4,00	0,50	2,00
32	Tornillo para madera de 40 mm	10,00	0,30	3,00
33	Lamina lata para soporte de mini torno	1,00	2,00	2,00
34	Resortes	4,00	1,00	4,00
35	Volandas	8,00	0,50	4,00
Total Bs.				1458,10

Fuente: Elaboración propia

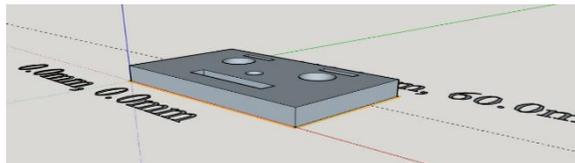
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

6.1. ANÁLISIS DE LAS DOS PRUEBAS EXPERIMENTALES

De la primera prueba experimental se puede decir que se ha obtenido un buen resultado del desplazamiento de los ejes X,Y,Z para el tallado; e X, Y para el grabado.

De la segunda prueba experimental, se obtenido los siguientes resultados que se muestran en las siguientes figuras:

Figura 6.1. Comparación de tallados entre el CNC y lo realizado por el trabajador



DISEÑO 3D ORIGINAL



TALLADO DE DISEÑO 3D
REALIZADO POR EL
TRABAJADOR



TALLADO DE DISEÑO 3D
REALIZADO POR EL CNC

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.2. Comparación de grabados, en pieza de madera.



DISEÑO 2D ORIGINAL



GRABADO DE DISEÑO
2D REALIZADO POR EL
TRABAJADOR



GRABADO DE DISEÑO 2D
REALIZADO POR EL CNC

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos numéricos obtenidos el tallado se realiza en tiempo más rápido y de forma precisa; mientras que, de forma manual se tarda más tiempo y el resultado obtenido es regular con imprecisiones y no fino. En el caso del grabado, los resultados que se obtienen son muy diferentes; según los datos obtenidos el CNC tarda un poco más de tiempo en realizar el grabado según la nitidez del diseño, pero el resultado que se obtiene es un grabado muy fino y muy preciso; mientras que, haciendo de forma manual y empleando las técnicas artísticas y habilidades el resultado que se obtiene es rústico e impreciso.

6.2. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Habiéndose realizado la estimación de costos tanto del Sistema de Registro de Diseños y del CNC, se tiene el siguiente costo total que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6.1. Costo total del CNC y el Sistema de Registro de Diseños

Solución Tecnológica	Descripción	Costo en Bs.
CNC	Costo estimado de los componentes físicos	1458,1
Sistema de Registro de Diseños	Costo estimado según COCOMO INTERMEDIO	6000
Costo Total del Proyecto		7458,1

Fuente: Elaboración propia

En el mercado nacional una CNC de una funcionalidad, cuesta desde Bs. 4000, en comparación a la CNC desarrollada con arduino con doble funcionalidad que nos sale a un costo económico en comparación con el mercado nacional la diferencia del costo es grande.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

A la culminación del presente proyecto y conforme a las actividades de finidas para el Desarrollo e Implementación de un Control Numérico Computarizado con Arduino y Sistema de Registro de Diseños, para Trabajos de Tallado y de Grabado en Piezas de Madera caso: Taller de Artesanías Machaca, se concluye que: el producto obtenido que consta de dos partes, el CNC y el Sistema de Registro de Diseños, y cuenta con todas las características requeridas por los usuarios resultando una herramienta de gran ayuda para los trabajos de artesanía que se efectúan en el taller, y que reduce el esfuerzo físico y el tiempo empleado al realizar trabajos de tallado y grabado en piezas de madera.

Con la implementación del Sistema de Registro de Diseños, se pretende tener registrado y organizado los diseños computarizados que serán realizados. Mismos que pueden volver a ser utilizados para la producción masiva.

La mantenibilidad del sistema influyó positivamente en la gestión de la información, teniendo el código documentado y bien organizado permite que se puedan analizar y solucionar los problemas encontrados de manera eficiente. La organización de la arquitectura y generación automática de código permite que el sistema sea flexible para la implementación de cambios y nuevas funcionalidades, teniendo un nivel de mantenibilidad alto. La usabilidad del sistema influyó positivamente en la gestión de la información, la capacitación de usuarios y la creación de interfaces en base a prototipos permitieron que la aplicación sea entendible por los usuarios.

Por otra parte, el CNC automatizado y controlado por computadora se constituye en una máquina-herramienta de gran ayuda para la producción de productos de calidad y rentabilidad del Taller de Artesanías Machaca. La efectividad de las dos funcionalidades del CNC influyó positivamente en el personal del taller

ya que contribuirá a mitigar los tiempos de trabajo y los esfuerzos para obtener productos de diseños previamente elaborados y que mayormente tienen cierto grado de complicación.

7.2. RECOMENDACIONES

Se deberá promover la capacitación a los trabajadores del taller sobre el manejo de los programas Universal Gcode Sender y LaserGRBL, antes del uso diario de la CNC.

Se deberá promover la capacitación a los trabajadores del taller sobre el manejo de programas para la creación de diseños en 3D y 2D.

Se deberá aplicar normas sobre el manejo de contraseña para mantener la seguridad del Sistema de Registro de Diseños.

Se recomienda la actualización y mantenimiento del sistema a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Abella, A., Sánchez, J., & Segovia, M. A. (2004). *Libro Blanco del Software Libre en España*. Free Software Foundation.
- Allegro Microsystems, I. (2019). *www.alldatasheet.com*. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/338780/ALLEGRO/A4988.html>
- Ambler, S. (2010). *The Object Primer. Third Edition. Agile Model-Driven Development with*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Barrera Chalen, C. A. (2018). *PROTOTIPO DE MAQUINA CNC ENFOCADA A IMPRESIÓN DE CIRCUITOS ELECTRONICOS PARA LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL*. Trabajo de Titulación, publicado: Universidad de Guayaquil.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *METODOLOGIA de la INVESTIGACION*. Madrid - España: Shalom.
- Campos Ocampo, M. (2017). *MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN ACADÉMICA*. Universidad de Costa Rica.
- Casillas Santillán, L. A., Gibert Ginestà, M., & Pérez Mora, Ó. (2009). *Bases de datos en MySQL*. uoc.
- Chicol Morales, C. S. (2014). *ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO EN LA MOVILIZACIÓN DE LAS ÓRDENES DE TRABAJO EN EL TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL*. Trabajo de Graduación, publicado: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- Condori Maldonado, J. L. (2014). *“SISTEMA DE PEDIDOS VÍA WEB Y CONTROL DE INVENTARIOS CASO: PLÁSTICOS V.J.F. LTDA.”*. La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.
- Consejo Económico y Social de Naciones Unidas. (19 de Abril de 2018). *un.org*. Obtenido de https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESS2018-overview_sp.pdf

- Cordoba Nieto, E. (3 de Diciembre de 2006). Manufactura y automatización. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 26 No.3, DICIEMBRE DE 2006 (120-128), 26(3), 120-128.*
- Correa Espinoza, A. (2017). *Desarrollo de sistema para el manejo de 3 ejes implementado a una Máquina de Control Numérico.* Tesis de Grado, publicada: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cortijo Leyva, R. E. (2018). *Implementación de una tarjeta de control para una mesa mediante Control Numérico Computarizado.* TRABAJO DE TITULACIÓN,: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.
- DEBER, E. (5 de Septiembre de 2017). *deltafinanciero.* Obtenido de <http://deltafinanciero.com/2755-Bolivia-tiene-bajo-nivel-de-automatizacion-en-empresas>
- Departamento de Ingeniería. (2018). *olimpia.cuautitlan2.unam.mx.* Obtenido de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m2/De_roscas_tornillos.pdf
- Espinoza Maldonado, F., Jiménez Pérez, A., Farías Mancilla, J. R., Saucedo Carbajal, Á., & Muñoz Gómez, J. A. (2016). CARACTERIZACIÓN DE LÁSERS DE BAJA POTENCIA. *Pistas Educativas, 202-2019.*
- Facultad de Ingeniería de la UNAM. (2015). *aducarte.weebly.com.* Obtenido de http://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/4._acero_refuerzo.pdf
- Fernández, J. M., & Cadelli, S. (2014). *Convivencia de metodologías: Scrum y Rup en un proyecto de gran escala.* La Habana.
- Flores Laura, F. (2016). *“DISEÑO DE UNA MÁQUINA CONTROLADA POR ORDENADOR” PARA REALIZAR TRAZADOS - GRABADOS DE RELIEVES EN MATERIALES BLANDOS Y LIGEROS.* La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES.
- Garita González, G., & Lizano Madriz, F. (2017). Estimación de costo de software: Una propuesta de aplicación pedagógica de COCOMO. *Revista UNICIENCIA, 118-133.*
- Github. (2019). *github.com.* Obtenido de <https://github.com/gnea/grbl/wiki/Grbl-v1.1-Configuration#0--step-pulse-microseconds>

- Gómez Pindado, J. (2018). *Diseño e implementación del control de motor paso mediante dispositivos embebidos*. Valladolid: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
- Guerrero Selma, S. (2011). *Auditoría de contraseñas en Oracle Database*. Univesidad de Cádiz.
- Gutierrez Ramirez, J. M., Jaramillo Botero, J. C., & Machado Sanchez, H. A. (2015). *IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE CIFRADO Y ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES PARA LA PLATAFORMA CIC 4.0 DE INTERACTIVE INTELLIGENCE*. BOGOTÁ: FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA.
- Hansmann, U., & Stober, T. (2009). *Agile Software Development, Best Practices for Large Software Development Projects*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *METODOLOGÍA de la investigación*. Mc Graw Hill.
- Hernández Trasobares, A. (2003). <https://dialnet.unirioja.es/>. *Proyecto social: Revista de relaciones laborales*, 149-165. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=793097>
- Hock-Chuan, C. (2018). ntu.edu.sg. Obtenido de <https://www.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/arduino/Arduino.html>
- Huaman Varas, J. B., & Huayanca Quispe, C. (2017). *DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE COMPRAS Y VENTAS EN LA EMPRESA HUMAJU*. Lima: Universidad Autónoma del Perú.
- Ingeniería del Software . (2007). www.kybele.etsii.urjc.es. Obtenido de <http://www.kybele.etsii.urjc.es/docencia/IS4/2007-2008/Material/ProcesoUnificado1.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. (19 de Marzo de 2017). *EN BOLIVIA MÁS DE 50 MIL PERSONAS SE DEDICAN A LA CARPINTERÍA*. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/en-bolivia-mas-de-50-mil-personas-se-dedicar-a-la-carpinteria/>

- isc Product Specification. (2019). *www.iscsemi.cn*. Obtenido de <https://datasheet.octopart.com/IRFZ44N-Inchange-Semiconductor-datasheet-15981338.pdf>
- Lapiedra Alcamí, R., Devece Carañana, C., & Guiral Herrando, J. (2011). *Introducción a la gestión de sistemas de información en la empresa*. Col·lecció Sapientia.
- Lascano Ramon, R. A. (2018). *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE CORTE Y GRABADO LÁSER EN MATERIALES DE BAJA DENSIDAD PARA UN CENTRO DE DISEÑO GRÁFICO.”*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.
- Lisana, S. (2014). *Review on the effectiveness of Agile Unified Process in software development with vague system requiremen*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences.
- Litwak, N. D., & Escalante, J. E. (2004). *SEGURIDAD INFORMÁTICA Y CRIPTOGRAFÍA*. Corrientes: Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste.
- Marqués, M. (2011). *Bases de datos*. Publicacions de la Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- Marzal, A. (24 de Mayo de 2010). *es.slideshare.net*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/magister845/net-y-wpf>
- Mendías Cuadros, J. M. (2018). *fdi.ucm.es*. Obtenido de <http://www.fdi.ucm.es/profesor/mendias/PSyD/docs/PSyDtema5.pdf>
- Modelo de Test de Usuario del Gobierno de Chile. (2005). *www.guiadigital.gob.cl/*. Obtenido de <http://www.guiadigital.gob.cl/guia-v2/capitulos/05/anexos/pauta-test-usuario.pdf>
- Molina Portilla, A. F. (2012). *DISEÑO, CONSTRUCCION Y PROGRAMACION DE UN PROTOTIPO DE MAQUINA CNC PARA EL FRESADO Y PERFORADO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO PCB*. Trabajo de Grado, Publicado: UNIVERSIDAD DE NARIÑO.

- Morones Ibarra, J. R. (2010). *www.researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/47537175_Laser_50_anos/link/53da9dff0cf2e38c63389a5b/download
- Núñez Mori, J. G. (2010). *Usabilidad en Metodologías Ágiles*. Madrid.
- Object Management Group. (2017). *Unified Modeling Language*. Massachusetts: Object Management Group.
- Ortega Cabrera, E. E. (2010). "ESTUDIO DE APLICABILIDAD Y COMPARATIVO DE UN MODELO DE CALIDAD A PRODUCTOS DE SOFTWARE CON LA NORMA ISO/IEC 9126". Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Palacios, R., & Delgado, V. (2006). Introducción a la Criptografía: tipos de algoritmos. *ResearchGate*, 42-46.
- Pasquel Castillo, C. R. (2019). *DISEÑO DE UNA FRESADORA CNC PARA PCBs MEDIANTE ARCHIVOS GERBER Y FUENTE EXCELLON*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL.
- Pérez Lamancha, B. (2006). *PROCESO DE TESTING FUNCIONAL INDEPENDIENTE*. Montevideo: Instituto de Computación (InCo) Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.
- Pilaquina Cantuña, F. X., & Villarreal Jiménez, R. A. (2010). *IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA PERFORACIÓN MÚLTIPLE DE IEZAS EN SERIE QUE PERMITA MEJORAR LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN EL ÁREA DE NEUMÁTICA Y CONTROL*. Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
- Pilatuña Carchi, Y. M., & Pillajo Tipantuña, I. R. (2018). *AUTOMATIZACIÓN DE UNA FRESADORA CNC PARA EL TALLADO DE PIEZAS DE MADERA EN LA EMPRESA POST-FORMADOS DEL VALLE*. Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software Un enfoque práctico*. México: McGraw-Hill.
- Rojas Vélez, R. E., & Fernández Guamán, D. X. (2018). *Desarrollo de un sistema basado en C# con el IDE Visual Studio para automatizar el proceso de ventas*

en la papelería y bazar Damary's ubicada en la ciudad de Guayaquil.
Guayaquil: Universidad de Guayaquil.

Ronquillo Castro, C. A. (2015). *“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA UNA MÁQUINA DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC) SOBRE UN SISTEMA EMBEBIDO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SOFTWARE LIBRE”*. Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Sánchez Mamani, E. G. (2013). *ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE CONTABILIDAD VIA WEB CASO: "PANIFICADORA PAN CASERO"*. Proyecto de Grado, publicado: Universidad Mayor de San Andrés.

Sánchez Mamani, E. G. (2013). *ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE CONTABILIDAD VIA WEB CASO: "PANIFICADORA PAN CASERO"*. La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.

Schuler, C. A. (2002). *ELECTRÓNICA, PRINCIPIOS Y APLICACIONES*. Barcelona: REVERTÉ, S. A.

Sejas Mollinedo, M. A. (2017). *IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE GRABADO DE PLACAS IMPRESAS PCB CON SOFTWARE Y HARDWARE LIBRE*. Trabajo de Aplicación de Examen de Grado, publicado: Universidad Mayor de San Andres.

Silva Fur, M. A., & Choque, C. T. (2017). *“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL*. Puno: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.

Sommerville, I. (2005). *“Ingeniería del Software”*. Madrid: Pearson Educacion S.A.

Tramullas, J., & Garrido, P. (2006). eprints.rclis.org. *Fundamentos*. Madrid, España:

Pearson Prentice Hall. Obtenido de

<http://eprints.rclis.org/7592/1/Cap%C3%ADtulo1.pdf>

UNED. (2011). *ieec.uned.es*. Obtenido de

http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_2_ISE6_2_1.pdf

- UTN – FICA - EISIC. (2011). *repositorio.utn.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/629/2/CAPITULO%20II.pdf>
- Vázquez Alba, D., & Carballido Rodríguez, J. (2008). *www.researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/251078919_Fundamentos_del_laser_y_su_aplicacion_en_urologia
- Vivanco Vivanco, R. R. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA MÁQUINA CNC LASER PARA LA IMPRESIÓN DE PLANTILLAS DE CIRCUITOS SMD*. Trabajo de Titulación, publicado: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Wikipedia. (2 de Julio de 2020). *es.wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/C_Sharp

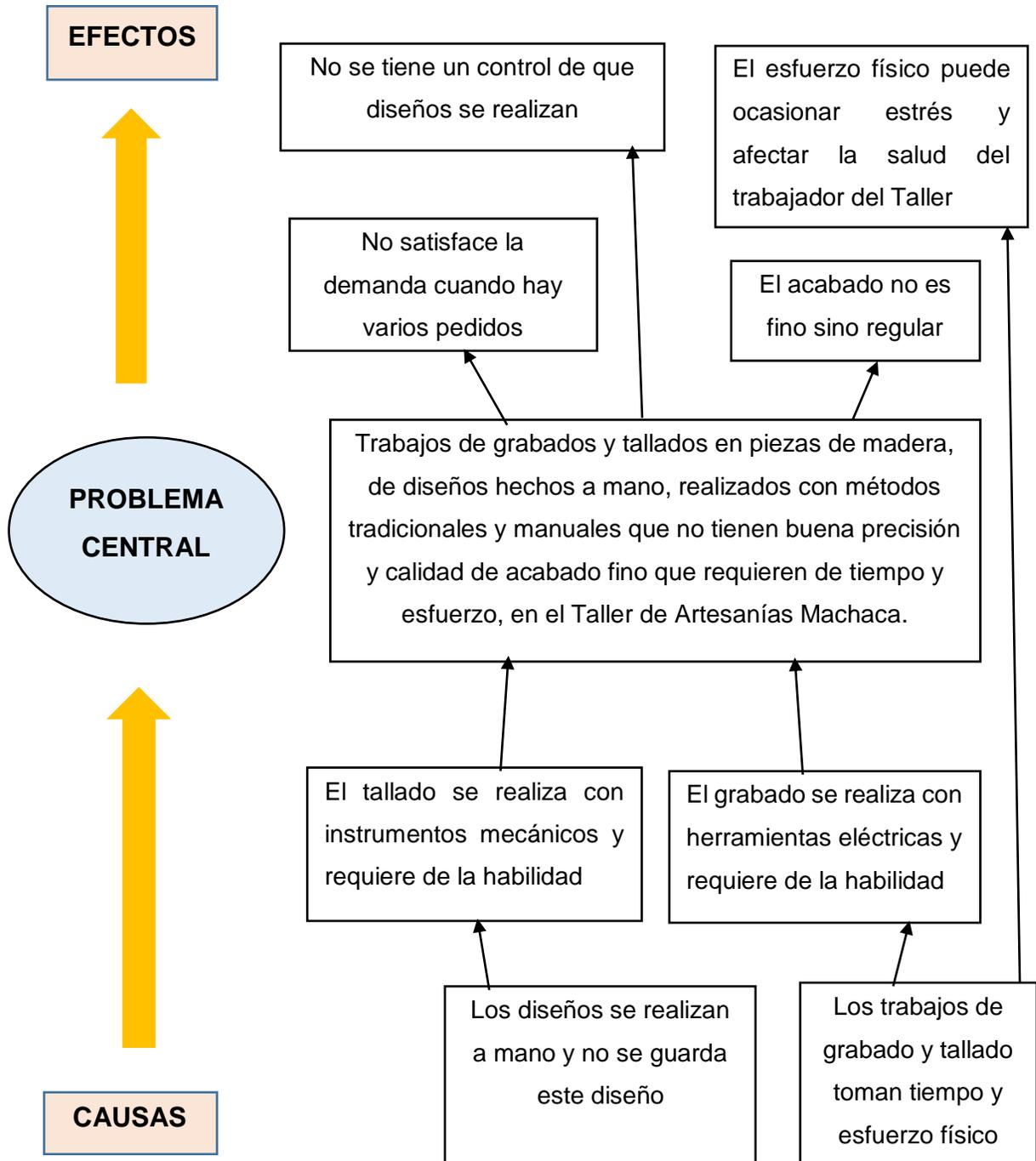
ANEXOS

ANEXO 1:

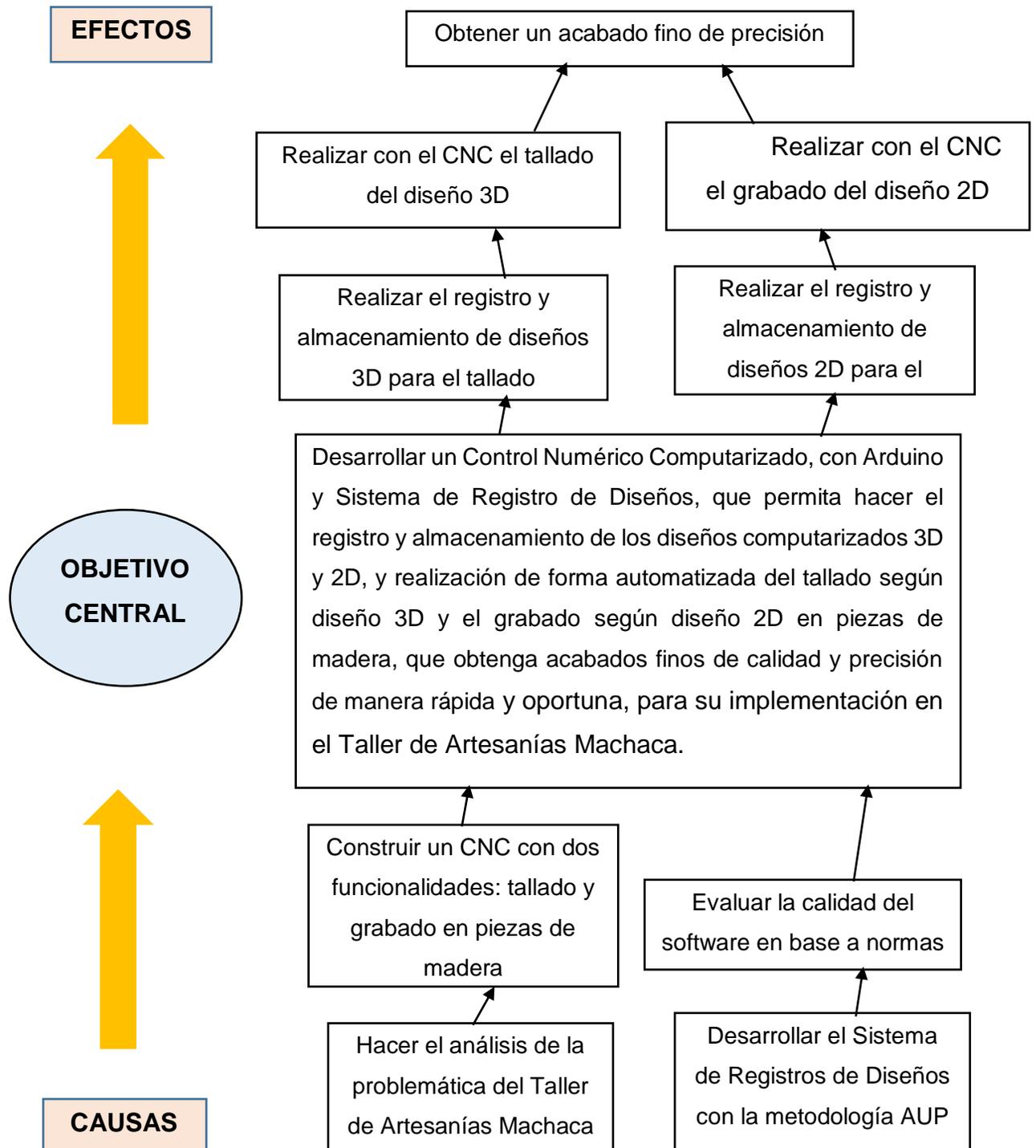
A. ÁRBOL DE PROBLEMAS

B. ÁRBOL DE OBJETIVOS

A. ÁRBOL DE PROBLEMAS



B. ÁRBOL DE OBJETIVOS



ANEXO 2:

MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO PARA USO DEL CNC DESARROLLADO

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología sirve de mejora en el funcionamiento y óptima atención de una empresa, institución u organización para el cumplimiento de sus objetivos y metas propuestos.

El Taller de Artesanías Machaca, para mejorar su producción de pequeñas artesanías en madera, requiere de una máquina herramienta, para el tallado y grabado en piezas de madera, que cuente con un sistema de registro de diseños para el control de los diseños realizados, por lo que se ha desarrollado e implementado un Control Numérico Computarizado (CNC)

El CNC desarrollado, realizara el tallados o grabado de un diseño computarizado mediante los programas Universal G-Code Sender (para el tallado) y LaserGRBL (para el grabado). El Sistema de Registro de Diseños permite registrar los diseños y guardarlo, con el fin de tener el control de los diseños realizados.

2. OBJETIVO

Presentar al usuario final, las funcionalidades del Sistema de Registro de Diseños y uso de los programas Universal GCode Sender y LaserGRBL, para el uso del CNC desarrollado e implementado en el Taller de Artesanías Machaca.

3. DESTINATARIO

Trabajadores del Taller de Artesanías Machaca.

4. REQUERIMIENTO PREVIO

Para hacer uso del CNC desarrollado, el usuario requiere contar con:

- Una computadora, que tenga instalado XAMPP y que este configurado para que inicie con sus servicios al momento de encender la computadora. En donde también se encuentre instalado el Sistema de Registro de Diseños y los programas Universal Gcode Sender y Laser GRBL.

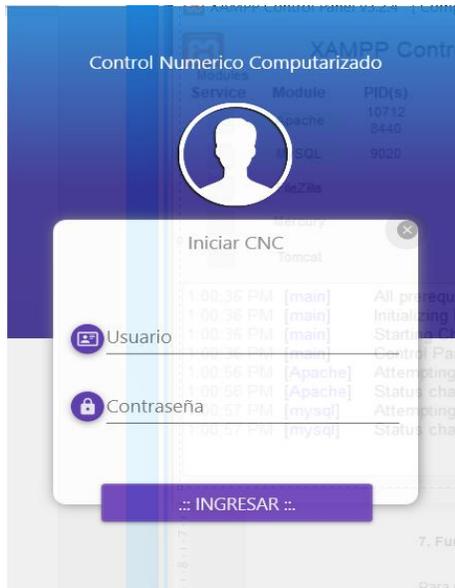
5. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

Para que funcione el CNC desarrollado, este debe estar conectado a la a la energía eléctrica y a la computadora donde se encuentra el Sistema de Registro de Diseños.

5.1. Forma de ingreso y salida del Sistema de Registro de Diseños

Para ingresar se debe introducir el nombre de usuario y contraseña.

Figura 1. Ventana de login



Fuente: Elaboración propia

Si el nombre de usuario y contraseña son correctos se mostrará la ventana principal del sistema, ejemplo:

Figura 2. Ventana principal del sistema



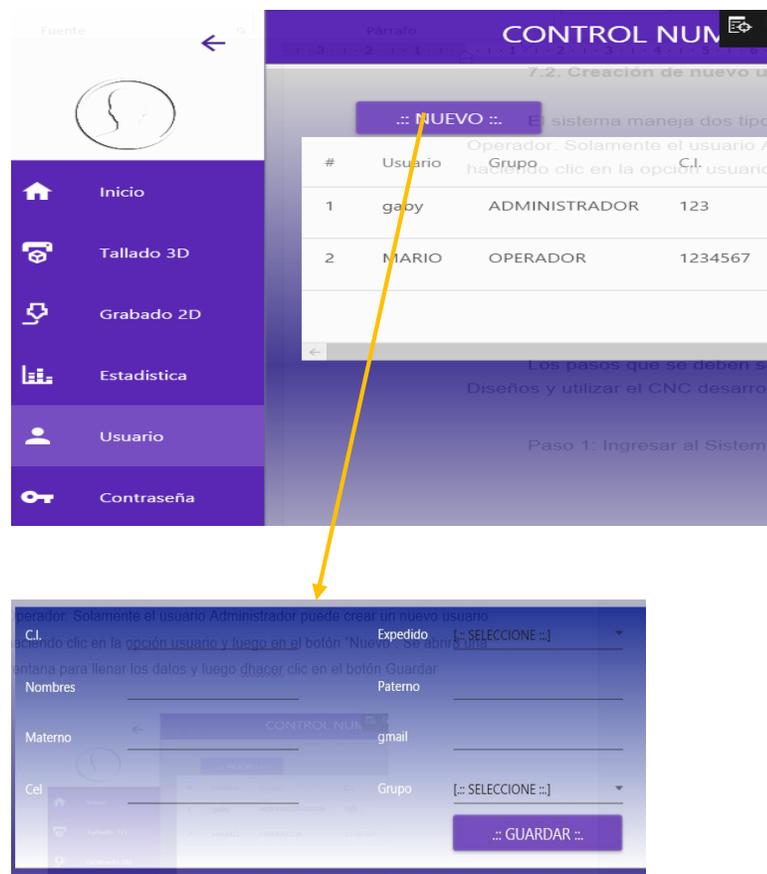
Fuente: Elaboración propia

Para salir del sistema se debe hacer clic en el botón de cerrar que se encuentra en la parte superior derecha de la ventana.

5.2. Creación de nuevo usuario

El sistema maneja dos tipos de usuarios que son: Administrador y Operador. Solamente el usuario Administrador puede crear un nuevo usuario haciendo clic en la opción usuario y luego en el botón “Nuevo”. Se abrirá una ventana para llenar los datos y luego hacer clic en el botón Guardar

Figura 3. Adición de usuario



Fuente: Elaboración propia

5.3. Registro y almacenamiento de un diseño 3D

Para el registro de un diseño 3D se debe elegir la opción “Tallado 3D”. Posteriormente introducir los datos del diseño: nombre y descripción y luego hacer clic en el botón Carpeta, para ubicar el diseño 3D. Una vez que sea ubicado el diseño, se registrará automáticamente y también se guardará automáticamente el diseño en la carpeta Tallado.

Figura 4. Opción Tallado 3D



Fuente: Elaboración propia

5.4. Registro y almacenamiento de un diseño 2D

Para el registro de un diseño 2D se debe elegir la opción “Grabado 2D”. Posteriormente introducir los datos del diseño: nombre y descripción y luego hacer clic en el botón Carpeta, para ubicar el diseño 2D. Una vez que sea ubicado el diseño, se registrará automáticamente y también se guardará automáticamente el diseño en la carpeta Grabado.

Figura 5. Opción Grabado 2D

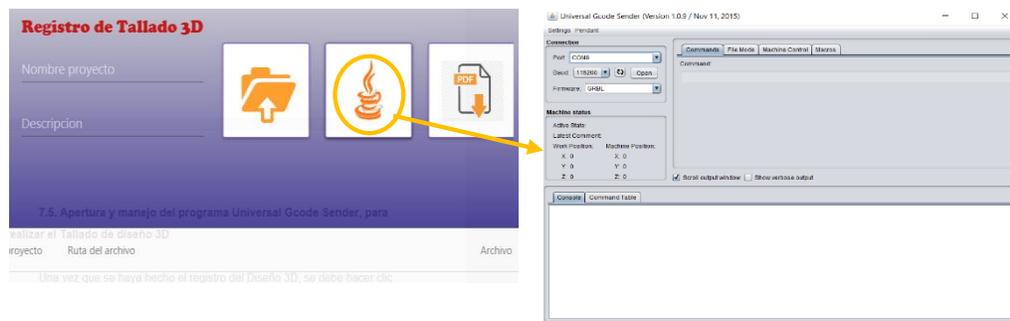


Fuente: Elaboración propia

5.5. Apertura y manejo del programa Universal Gcode Sender, para realizar el Tallado de diseño 3D

Una vez que se haya hecho el registro del Diseño 3D, se debe hacer clic en el botón de ejecución para abrir el Programa Universal Gcode Sender

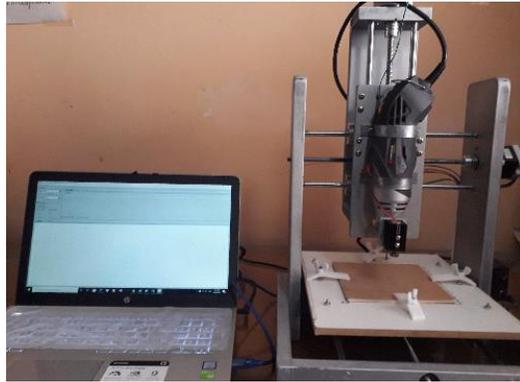
Figura 6. Opción para abrir el programa Universal Gcode Sender



Fuente: Elaboración propia

La máquina CNC debe estar encendida y conectada a la computadora donde está instalado el Sistema de Registro de Diseños.

Figura 7. *Conexión del CNC a la computadora para el Tallado*

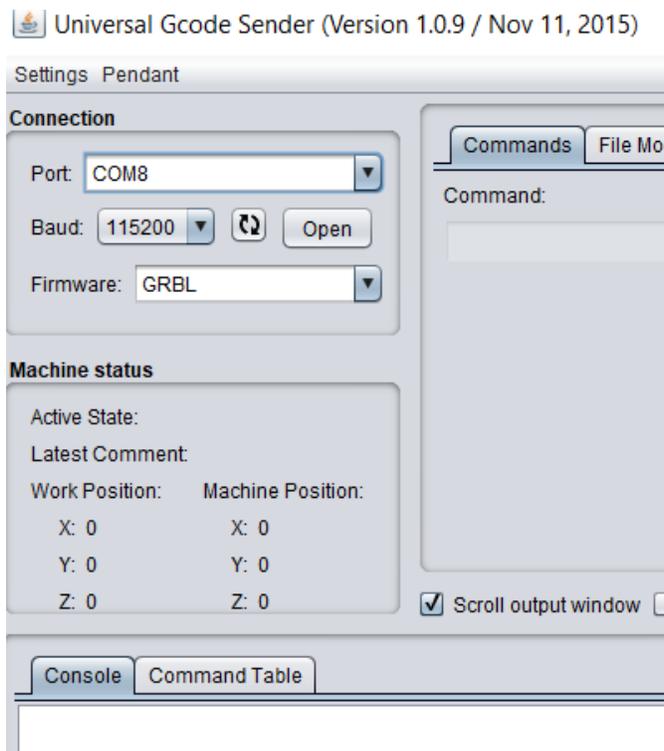


Fuente: Elaboración propia

Para que la maquina CNC realice el tallado automatizado mediante el Universal Gcode Sender, se debe hacer lo siguiente.

Paso 1: Verificar el puerto de conexión y hacer clic en el botón “Open”

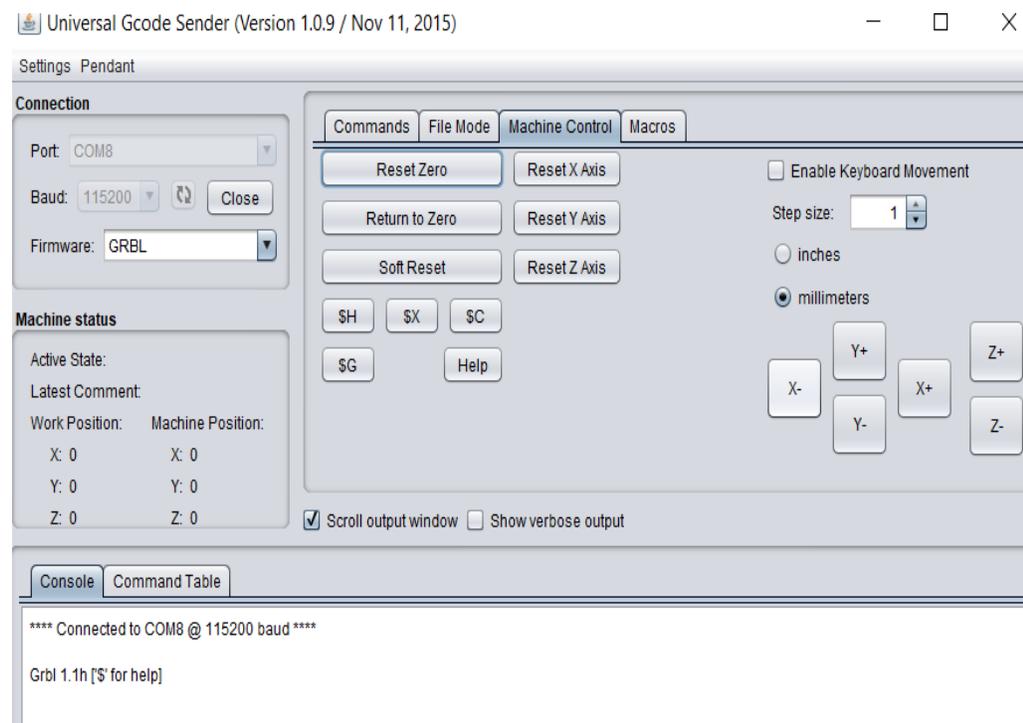
Figura 8. *Conexión del CNC en el Universal Gcode Sender*



Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Ir a la pestaña “Machine control”, en donde los botones X, Y, Z permitirá ubicar el punto de inicio para que el CNC realice el tallado. Una vez que se ubique el punto de inicio se debe hacer clic en el botón “Reset Zero”. Si por alguna razón se va a otra ubicación el botón “Return to Zero” permite volver al punto de inicio que hemos fijado.

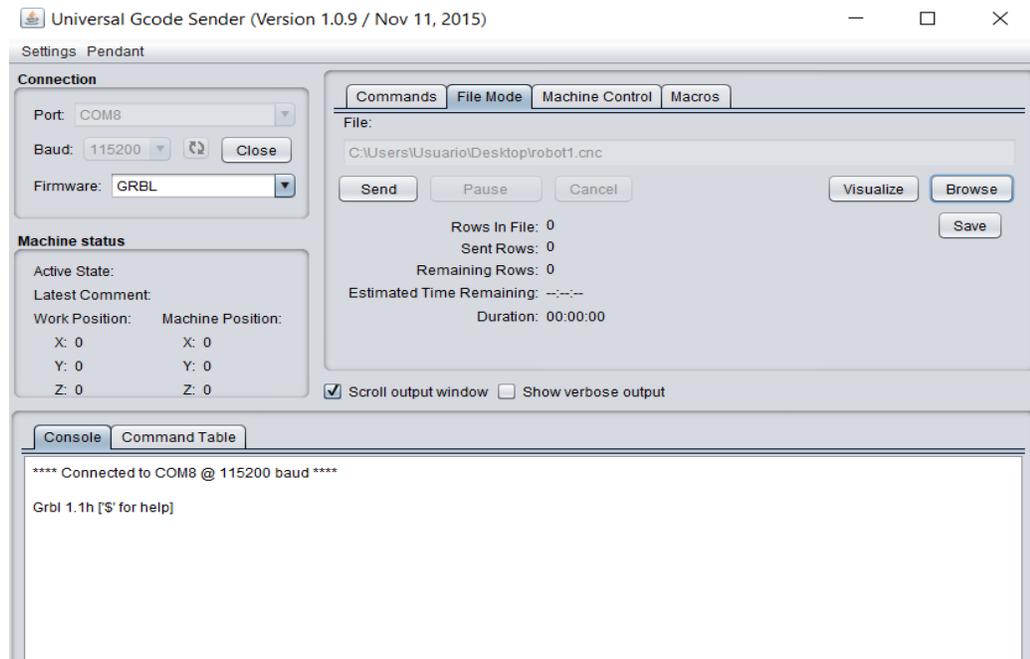
Figura 9. Opciones para ubicación del punto de inicio en Universal Gcode Sender



Fuente: Elaboración propia

Paso 3: Para que el CNC realice el tallado del diseño 3D, primero hay que abrirlo, para lo cual se hace clic en la pestaña File Mode, luego hacer clic en el botón “Browse”, ubicar el archivo y abrirlo. El botón “Visualize” mostrar el diseño que ha de ser tallado de forma vectorizada. Para que el CNC haga el tallado se debe hacer clic en el botón “Send”, y de esta forma se podrá obtener un tallado realizado de forma automatizada.

Figura 10. Pestaña para el envío y ejecución en el Universal Gcode Sender

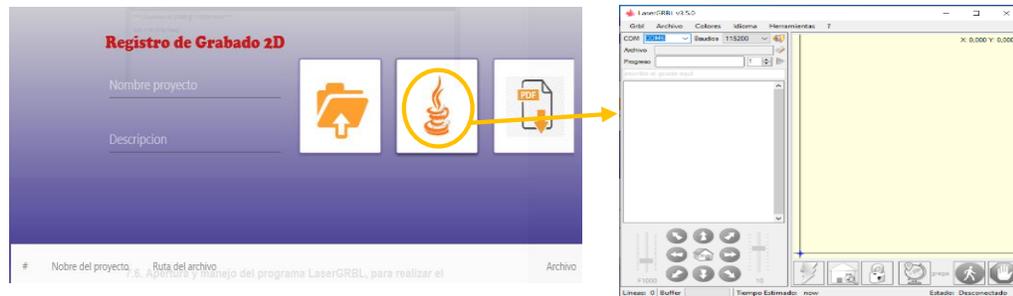


Fuente: Elaboración propia

5.6. Apertura y manejo del programa LaserGRBL, para realizar el Grabado de diseño 2D

Una vez que se haya hecho el registro del Diseño 2D, se debe hacer clic en el botón de ejecución para abrir el Programa LaserGRBL.

Figura 11. Opción para abrir el programa LaserGRBL



Fuente: Elaboración propia

La máquina CNC debe estar encendida y conectada a la computadora donde está instalado el Sistema de Registro de Diseños.

Figura 12. *Conexión del CNC a la computadora para el Grabado*



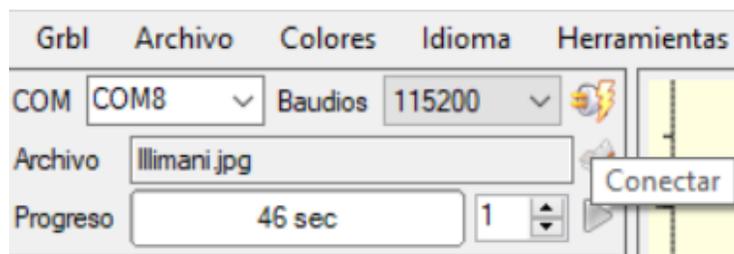
Fuente: Elaboración propia

Para que la maquina CNC realice el grabado automatizado mediante el programa LaserGRBL, se debe hacer lo siguiente.

Paso 1: Verificar el puerto de conexión y hacer clic en el botón “Conectar”

Figura 13. *Verificación y conexión de puerto en LaserGRBL*

 LaserGRBL v3.7.0

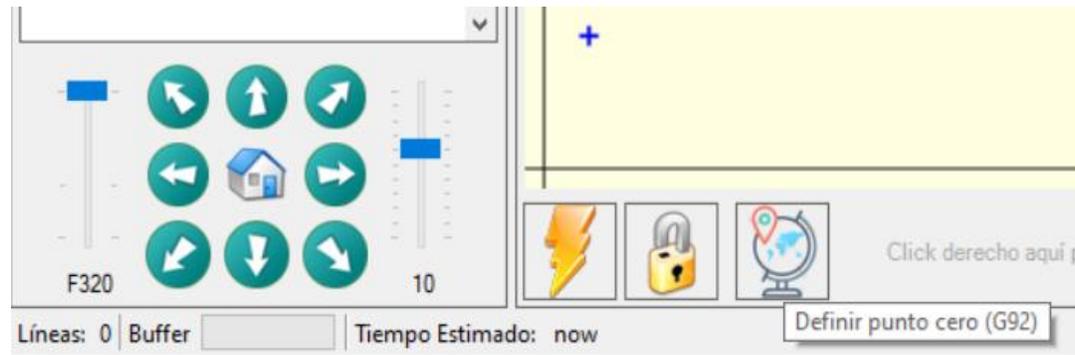


Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Con los botones de ubicación se debe ubicar el punto de inicio, desde donde el CNC realizará el grabado del diseño. Una vez que se ubique el

punto de inicio se debe hacer clic en el botón “Definir punto cero”, para reiniciar en este punto hacer clic en el botón “Reiniciar Grbl”.

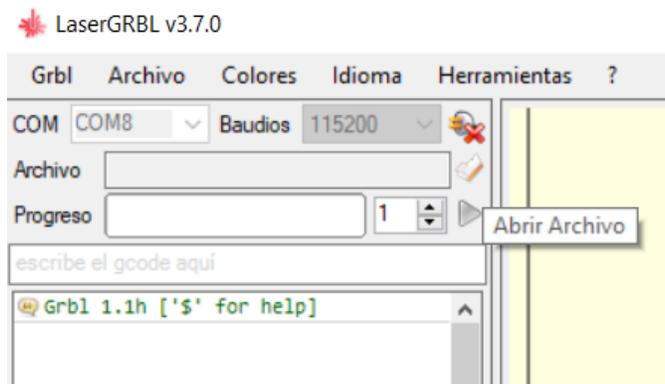
Figura 14. Opciones para ubicación y definición del punto de inicio en LaserGRBL



Fuente: Elaboración propia

Paso 3: Se debe abrir el diseño, haciendo clic en el botón “Abrir Archivo”

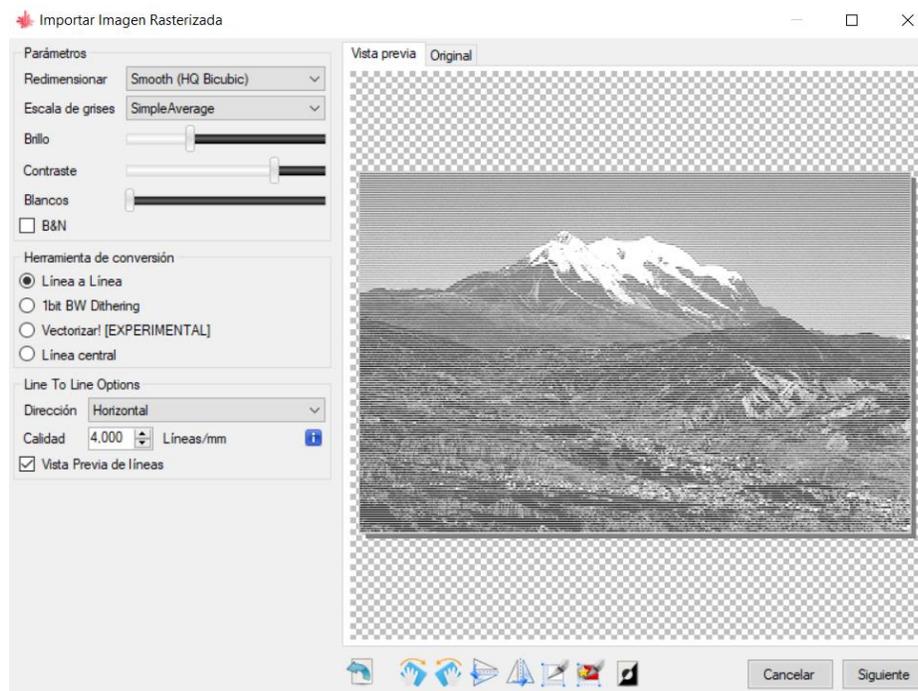
Figura 15. Opciones para abrir el diseño en LaserGRBL



Fuente: Elaboración propia

Paso 4: Elegir los parámetros de redimensionar (para alta o baja o baja definición), la escala de grises, la opción de conversión (forma en que se hará el grabado) y la calidad de líneas por milímetro. Cuantas más líneas por milímetro se tenga más nítido será el grabado, se recomienda para una nitidez las líneas sean entre 4 o 5 líneas por mm. Una vez que elegido los parámetros se debe hacer clic en el botón “Siguiente”.

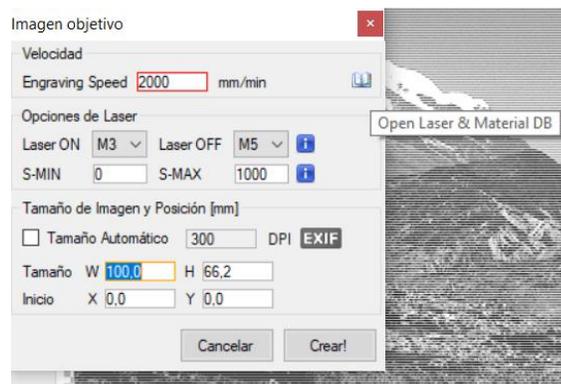
Figura 16. Opciones de parámetros del diseño en LaserGRBL



Fuente: Elaboración propia

Paso 5: En la ventana “Imagen objetivo” se puede establecer el tamaño en que se hará el grabado. Las demás opciones no es necesario tocar. Se debe hacer clic en el botón “Open Laser & Material DB” y se abre la ventana de “Select your configuration”

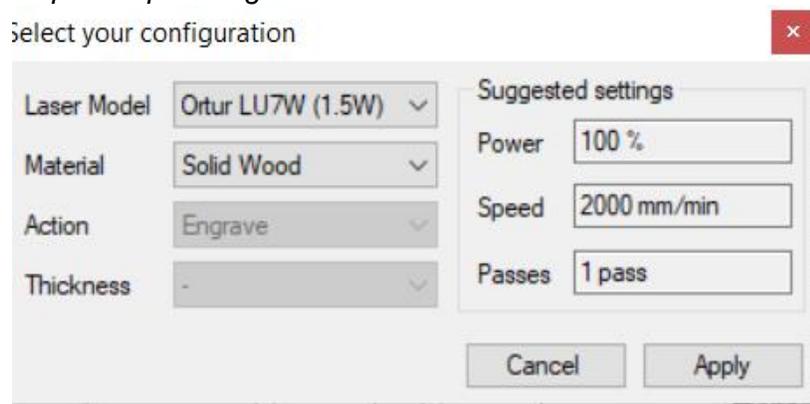
Figura 17. Opciones del tamaño para el grabado en LaserGRBL



Fuente: Elaboración propia

Paso 6: En la ventana la ventana de “Select your configuration”, se puede cambiar el tipo de material en el que se ha de hacer el grabado. Se recomienda dejar como esta las demás opciones y hacer clic en el botón “Apply”.

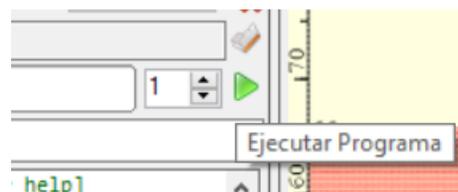
Figura 18. Opciones para elegir el material y porcentaje del poder de láser empleado para el grabado del diseño



Fuente: Elaboración propia

Paso 7. Hacer clic en el botón “Crear!” Y hacer clic en el botón “Ejecutar programa”. De esta forma el CNC realizará el grabado del diseño 2D.

Figura 19. Opción para ejecutar la realización del grabado en LaserGRBL



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3:

AVALES DE CONFORMIDAD