

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecatrónica

Trabajo de Investigación

**Diseño de una máquina ligera para acabados
texturizados en superficies planas de cemento**

Manfrin Pool Antialon Barrera
Alan Saul Ojeda Poma

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Mecatrónica

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres por bríndanos la oportunidad de tener una vida profesional enfocada a la ingeniería

Agradecemos a todos nuestros docentes de la universidad Continental por sus enseñanzas, que ayudaron a mejorar nuestras capacidades y conocimientos.

Agradecemos a todas las personas que directa e indirectamente hicieron que este trabajo de investigación sea posible

Los Autores

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo a todas las personas que con su apoyo académico, económico y moral hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

Los Autores

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
1 CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Problema General	4
1.1.2 Problemas específicos	4
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 Justificación	5
1.3.1 Justificación teórica	5
1.3.2 Justificación práctica	5
1.3.3 Justificación Metodológica	6
2 CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.1.1 Antecedentes internacionales	7
2.1.2 Antecedentes nacionales	9
2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 Parte Eléctrica	13
2.2.2 Parte electrónica	14
2.2.3 Parte Mecánica	19
2.3 Definición de términos básicos	34
3 CAPÍTULO III METODOLOGÍA	35
3.1 Tipo de investigación	35
3.2 Alcance de investigación	35
3.3 Metodología aplicada al desarrollo de la solución	36
4 CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE SOLUCIÓN	42

4.1	Estado de Arte	42
4.2	Identificación de la estructura optima	45
4.2.1	Lista de deseos y exigencias	45
4.2.2	Caja Negra	47
4.2.2.1	Entradas	47
4.2.2.2	Salidas	48
4.2.3	Estructura de Funciones	48
4.2.3.1	Funciones Parciales	48
4.2.4	Matriz Morfológica	50
4.2.4.1	Bocetos de conceptos de solución.	52
4.2.5	Análisis Técnico- Económico	57
4.2.6	Definición de la solución Optima	59
4.3	Diseño	61
4.3.1	Diseño Mecánico	61
4.3.2	Diseño del sistema de rectificación y de acople al sistema de control	82
4.3.3	Diseño del Control.	91
5	CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN	104
5.1	Simulaciones	104
5.1.1	Simulación Mecánica 1	104
5.1.2	Simulación Mecánica 2	107
5.1.3	Simulación del Sistema de Rectificación y de Control	109
5.2	Pruebas y Resultados	113
5.2.1	Pruebas y Resultados de la Simulación Mecánica 1	113
5.2.2	Pruebas y Resultados de la Simulación Mecánica 2	115
5.2.3	Pruebas y Resultados de la del Sistema de Rectificación y de Control	118
	CONCLUSIONES	123
	TRABAJOS FUTUROS	125
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
	ANEXOS	129

ÍNDICE DE FIGURAS

1	CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
	Figura 1.1 Acabado texturizado abstracto realizado con llana (izquierdo) y con rodillo de pintar (derecho).	1
	Figura 1.2 Proceso de texturizado realizado con llana	3
2	CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
	Figura 2.1 Módulo de variación de velocidad PWM en la tarjeta de entrenamiento para microcontrolador PIC, tomada de “Diseño de un sistema de control de velocidad para el motor DC de la pulidora metalográfica modelo 3E881”, por Canelles Michel, 2017, p56	8
	Figura 2.2 Máquina extractora de tuercas simulada en el software de Autodesk Inventor. Tomada de “Diseño de una máquina extractora para desmontaje de tuercas en válvulas de bombas Geho en minera Chinalco Perú S.A.”, por Hualpa Henry, 2016	10
	Figura 2.3 Tipos de acabado texturizado por escarchado, rodillo y moldes respectivamente.	11
	Figura 2.4 Máquina tarrajadora, de patente china. Tomada del catálogo de la página del proveedor. Por Ángel Wong, proveedor de maquinaria Ez Renda en Latinoamérica, 2019	12
	Figura 2.5 Molde en forma de piedra para acabado texturizado, hecho a base de Silicona	13
	Figura 2.6 Motor universal moderno, componentes y estructura. Tomada del material educativo de la compañía Weg sobre motores universales. Por la compañía Weg. 2018	14
	Figura 2.7 Diagrama esquemático, rectificador 220/230v AC a 12v DC, 5v DC. Tomado de un artículo de circuitería sobre electrónica de potencia. Por Aman Bharti. 2017	14
	Figura 2.8 Regulador de voltaje ajustable PWM motor de CA de control de velocidad 50V-220V 2000W, Tomado del catálogo del proveedor electrónico Tenflyer. Por Tenflyer. 2020	14
	Figura 2.9 Variador de frecuencia de la marca Danfoss, Tomada de My electrical Engineering. Por Steven McFadyen. 2012	15
	Figura 2.10 PIC18f2550. Tomado del catálogo de productos MicroChip. Por Microchip 2020	16
	Figura 2.11 Pantalla LCD 2x16 en funcionamiento. Tomado de Fabacademy. Por Fabacademy. 2019	16
	Figura 2.12. Interfaz del programa Mikroc PRO for PIC	17
	Figura 2.13. condicional IF en Mikroc PRO for PIC	17
	Figura 2.14. Estructura del ADC del PIC18F2550. Donde AN0-AN12, son entradas analógicas, la señal de salida digital convertida es de 10 bits.	18
	Figura 2.15 Imagen referencial de diseño de ejes con esfuerzos. Tomada de un artículo informativo de Roymech. Por Roymech. 2020	20
	Figura 2.16: Sensibilidad a la muesca en el caso de los aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T sometidos a flexión inversa de las cargas axiales inversas, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.	21

Figura 2.17: Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011	22
Figura 2.18: Conjunto de ecuaciones del factor de tamaño Kb, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 275, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.	23
Figura 2.19: Conjunto de ecuaciones de límite de la resistencia a la fatiga, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 275, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.	24
Figura 2.20 Esquema mecanismo biela – manivela. Tomada de “Construcción de una maqueta de un motor mono cilíndrico para demostración de la cinemática del motor en el mecanismo biela - manivela”. Por Juliana Reyes .2015	24
Figura 2.21 Diagrama cuerpo libre del mecanismo biela – manivela.	25
Figura 2.22 Marcas de identificación en las cabezas de los tornillos. Tomada de las tablas de estándares de Jacks Industry. Por KL. Jack. 2009	26
Figura 2.23 Clasificación de aceros según SAE. Tomada de El acero Aleado. Por Herreros Argentinos. 2019	28
Figura 2.24 Clasificación de los aceros según ASTM. Tomado del catálogo de aceros. Por Aceros Arequipa. 2015	29
Figura 2.25: Propiedades torsionales de las soldaduras de filete, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 462, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.	32
3 CAPÍTULO III METODOLOGÍA	35
Figura 3.1 Proceso Generalizado de Desarrollo y Diseño VDI. Tomado de Manual de Metodología VDI. Por Barriga Gamarra. 2018	37
Figura 3.2. Estructura de la metodología VDI 2221. Por Gallo Torre. 2019	37
Figura 3.3. Estructura de la Caja negra	39
Figura 3.4. Estructura de funciones posterior a la Caja Negra	39
Figura 3.5. Gráfico de evaluación	41
4 CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE SOLUCIÓN	42
Figura 4.1 Máquina tarrajedora, de patente china. Tomada del catálogo de la página del proveedor. Por Ángel Wong, proveedor de maquinaria Ez Renda en Latinoamérica,2019	42
Figura 4.2 Máquina revocadora Hongang Hg211. Tomada del catálogo de la página del proveedor Hongang	43
Figura 4.3 Izquierda: Pistola Tipo Tolva Truper para texturizados escarchados. Derecha: Aplicación de escarchado con la pistola Truper PITI 687	44
Figura 4.4 Estructura de la Caja Negra del Diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento	47
Figura 4.5 Estructura de Funciones del Diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento	50

Figura 4.6 Boceto pictórico de la Alternativa de solución 1	52
Figura 4.7 Circuito pictórico del sistema de Control y rectificación de la alternativa de solución 1	53
Figura 4.8 Boceto pictórico de la Alternativa de solución 2	54
Figura 4.9 Boceto pictórico del sistema de control de la alternativa de solución 2	55
Figura 4.10 Boceto pictórico de la Alternativa de solución 3	56
Figura 4.11 Boceto pictórico del sistema de control de la alternativa de solución 3	57
Figura 4.12 Tabulación Final del Análisis Técnico Económico.	59
Figura 4.13 Solución óptima basado en la alternativa de solución 1, ensamblada en el software de Autodesk inventor	60
Figura 4.14 Solución óptima del sistema de control basado en la alternativa de solución 1, simulada en el Software de Proteus	61
Figura 4.15 Mecanismo Biela manivela de la maquina	61
Figura 4.16 Diagrama Cuerpo Libre del Mecanismo Biela manivela de la maquina	62
Figura 4.17 Eslabones, uniones y punto fijo del mecanismo	62
Figura 4.18 Representación Pictórica de la fuerza de impacto	63
Figura 4.19 Motor quemador de 150w	63
Figura 4.20 DLC del flujo de velocidades en el mecanismo biela manivela	64
Figura 4.21 DLC del flujo de la velocidad Lineal del Pistón	65
Figura 4.22 DLC del flujo de la Fuerza del Mecanismo	65
Figura 4.23 Eje sujeto en el motor junto a la polea donde se ejerce la fuerza de reacción de estampado	66
Figura 4.24 DLC de fuerzas en el eje de la Maquina	67
Figura 4.25 DLC de fuerzas en la polea principal de la maquina	67
Figura 4.26 Fuerzas en el plano XY del eje	67
Figura 4.27 Fuerzas en el plano XZ del eje	68
Figura 4.28 DLC en el plano XZ para hallar el momento cortante	68
Figura 4.29 Momento Máximo en el plano XZ	69
Figura 4.30 Grafico de localización de la sensibilidad de la muesca q de la maquina sometidos a flexión inversa de las cargas axiales inversas, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.	70
Figura 4.31 Grafico de localización de la sensibilidad de la muesca qcortante de la maquina sometidos a torsión inversa, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.	70
Figura 4.32 Localización de los Pernos en el chasis de la Maquina	74
Figura 4.33 DLC de la distribución de fuerzas de los pernos	74

Figura 4.34 Motor universal a usar dibujado en el software de Autodesk Inventor con los agujeros para Perno SAE 5/16.	75
Figura 4.35 DLC de las fuerzas con el triángulo para aplicar la relación de tangentes	76
Figura 4.36 Ubicación del segundo agarre dibujado en el software de Autodesk Inventor.	77
Figura 4.37 DLC de la Distribución de Fuerzas para soldadura	78
Figura 4.38 Bocina del mecanismo biela manivela, en el software de Autodesk Inventor.	80
Figura 4.39 Pistón del mecanismo biela manivela, en el software de Autodesk Inventor.	81
Figura 4.40 Diagrama rectificador de Voltaje 220AC a 5VDC	82
Figura 4.41 Transformador de voltaje de 220VAC a 26VAC en Proteus	83
Figura 4.42 Onda senoidal de la señal a la entrada y salida del transformador	84
Figura 4.43 Puente de diodos con valor de salida de 24.7VAC, simulado en Proteus.	84
Figura 4.44 Doble onda rectificada a la salida del puente de diodos con un valor máximo de 35V.	85
Figura 4.45 Condensador polarizado de 2200uF y cerámico de 100nF para la etapa de filtrado en Proteus.	85
Figura 4.46 Señal filtrada de 35VAC para la entrada de nuestro regulador de voltaje LM7805	86
Figura 4.47 Regulador de voltaje LM7805 con una entrada de 35VDC manteniendo una salida constante de 5VDC en Proteus.	86
Figura 4.48 Señal continua de 5VAC a la salida del LM7805	87
Figura 4.49 Regulador de velocidad 50v – 220v AC, HiLetgo	87
Figura 4.50 Variador de velocidad TOPINCN de 500KΩ en el potenciómetro	89
Figura 4.51 Potenciómetro doble en físico (izquierda) y su simbología (derecha)	90
Figura 4.52 Circuito de la variación de voltaje para entrada analógica del PIC 18F2550 en Proteus.	90
Figura 4.53 PIC18f2550. Tomado del catálogo de productos MicroChip. Por Microchip 2020	91
Figura 4.54 Diagrama de Flujo del sistema de control e interfaz de usuario de la maquina	93
Figura 4.55 Entrada Analógica en RAP y Entrada del Pulsador en RCO en Proteus 8.10	94
Figura 4.56 Salidas del controlador Hacia el LCD y a los Leds de control en Proteus 8.10	95
Figura 4.57 Bloque de inicialización de Variables en MikroC	96
Figura 4.58 LCD 2x16 en Funcionamiento con las Variables de Potencia y Porcentaje de Velocidad en Proteus 8.10	98
Figura 4.59 Pantalla LCD 2x16 a usar en Proteus 8.10	101
Figura 4.60 Bloque de Programación C del LCD en MikroC	102
Figura 4.61 Representación del sistema de luces en Proteus 8.10	103

Figura 4.62 Bloque de Programación del sistema de Luces led en MikroC	103
5 CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN	104
Figura 5.1 Fuerza de 175.26 N aplicada en el plato para la simulación	104
Figura 5.2 Ubicación de la Aplicación de la Fuerza de 175.26 N	105
Figura 5.3 Restricción Fija de en la ubicación de los Pernos	106
Figura 5.4 Fijación en la base del eje.	106
Figura 5.5 Fuerza de 175.26 N aplicada en el plato para la simulación mecánica 2	107
Figura 5.6 Restricción Fija de en la ubicación de los Pernos	108
Figura 5.7 Fijación de dirección radial en el eje	108
Figura 5.8 Circuito unificado, incluyendo el sistema de Control y el sistema de Rectificación.	109
Figura 5.9 Primer Segmento del Circuito, uso de voltímetro para medir las señales	110
Figura 5.10 Segundo Segmento del Circuito, uso de voltímetro y osciloscopio digital para medir las señales de entrada hacia el LM7805	110
Figura 5.11 Segmento Final del Circuito de Rectificación, salidas para alimentación del PIC, y a los periféricos del controlador PIC, uso de voltímetro para la simulación.	111
Figura 5.12 Conexión de las señales procedentes de la Tabla 5.2 en el circuito de control	112
Figura 5.13 Cargado del programa en formato. hex y configuración de la oscilación interna de trabajo del PIC a 4Mhz	112
Figura 5.14 Resultado del análisis de Fatiga de Von Mises en la simulación mecánica 1.	113
Figura 5.15 Resultado del esfuerzo principal ejercido en el eje en la simulación mecánica 1.	114
Figura 5.16 Resultado del desplazamiento ejercido por la Fuerza en la simulación mecánica 1.	114
Figura 5.17 Resultado del análisis de Fatiga de Von Mises en la simulación mecánica 2.	116
Figura 5.18 Resultado del esfuerzo principal ejercido en el eje en la simulación mecánica 2.	116
Figura 5.19 Resultado del desplazamiento ejercido por la Fuerza en la simulación mecánica 2.	117
Figura 5.20 Resultado de los voltímetros del primer y segundo segmento, previo a la entrada del LM7805	118
Figura 5.21 Resultado de la onda azul de la señal de salida del transformador, y en amarillo la señal rectificada de 35v DC	119
Figura 5.22 Sistema de control sin realizar ninguna función hasta pulsar S1	120
Figura 5.23 Sistema de control accionado al pulsar S1, con una entrada analógica de 2.90v	121
Figura 5.24 Sistema de control a máxima potencia y porcentaje de velocidad.	122

ÍNDICE DE TABLAS

1	CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
	Tabla 1.1: Tablas de actividades con mayor exposición a riesgos ergonómicos	2
2	CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
	Tabla 2.1 Valores del TAD en función a la frecuencia de oscilación del PIC.	19
	Tabla 2.2: Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo Kt.	21
	Tabla 2.3: Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin	23
	Tabla 2.4: Dimensiones de roscas unificadas (UNS), serie de roscas bastas (UNC) y finas (UNF)	27
	Tabla 2.5: Relación entre la nomenclatura AISI-SAE con las propiedades mecánicas del acero	28
	Tabla 2.6: Composición del bronce	30
	Tabla 2.7: Propiedades mecánicas del bronce B505	30
	Tabla 2.8: Propiedades mecánicas del acero Inoxidable AISI 439	31
3	CAPÍTULO III METODOLOGÍA	35
	Tabla 3.1: Modelado de la lista de exigencias	38
	Tabla 3.2: Matriz morfológica	40
	Tabla 3.3: Matriz de análisis técnico	40
	Tabla 3.4: Matriz de análisis económico	41
4	CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISEÑO DE SOLUCIÓN	42
	Tabla 4.1: Tabla de dimensiones y especificaciones básicas de la Ez Renda XP-1200	43
	Tabla 4.2: Tabla de dimensiones y especificaciones básicas de la Revocadora Hongang Hg211	43
	Tabla 4.3: Tabla de dimensiones y especificaciones básicas de la Pistola Truper PITI 687	44
	Tabla 4.4: Tabla de Lista de Exigencias y Deseos	45
	Tabla 4.5: Matriz Morfológica de la máquina ligera para acabados texturizados	51
	Tabla 4.6: Evaluación Técnica	58
	Tabla 4.7: Evaluación Económica	58
	Tabla 4.8: Puntos Críticos de la Evaluación.	59
	Tabla 4.9: Parámetros de funcionamiento de la Bocina	80
	Tabla 4.10: Parámetros de funcionamiento del Pistón	81
	Tabla 4.11: Parámetros de trabajo, voltaje de entrada a 35VAC	86
	Tabla 4.12: Condiciones de Trabajo y Salida de voltaje de 5VDC	86
	Tabla 4.13: Especificaciones del regulador de velocidad 50v – 220v AC	88
	Tabla 4.14: Características Básicas del PIC18F2550	92

Tabla 4.15: Variables de Entrada del Controlador	94
Tabla 4.16: Variables de Salida del Controlador	95
Tabla 4.17: Parámetros a asignar hacia el ADC del PIC18F2550	97
Tabla 4.18: Parámetros de configuración a asignar hacia el Timer0 del PIC18F2550	100
5 CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN	104
Tabla 5.1: Parámetros aplicados para la simulación	105
Tabla 5.2: Parámetros aplicados para la simulación	107
Tabla 5.3: Detalle de cada salida de la fase final del circuito de rectificación.	111
Tabla 5.4: Resumen de los Resultados de la simulación a Fatiga del Eje comparados con los obtenidos en el diseño del Eje, de la simulación mecánica 1.	115
Tabla 5.5: Resumen de los Resultados de la simulación a Fatiga del Eje comparados con los obtenidos en el diseño del Eje, de la simulación mecánica 2.	117

RESUMEN

El acabado texturizado adorna y embellece las paredes, además de proteger y brindar una mayor resistencia a los factores ambientales donde es aplicada. En la actualidad el texturizado se realiza de manera tradicional donde generalmente se utiliza herramientas de apoyo como lo son las llanas, rodillos para pintar, pinceles, entre otros. Al ser de forma artesanal la estética y calidad del acabado texturizado depende de la destreza del trabajador, aparte de provocar alto riesgo ergonómico en zona del brazo y mano producto del movimiento repetitivo de trabajo, es por ello que se diseñó una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento para las edificaciones del Perú enfocado en la mejora de un proceso del sector de construcción y aplicando la metodología de diseño VDI 2221. Para lograr el movimiento de texturizado se propuso el mecanismo biela-manivela unido a un molde de silicona, también se implementó un variador de velocidad para regular el estampado de la máquina que unido con una pantalla LCD muestra los datos en función a la velocidad de estampado. La fuerza de impacto ejercida por la maquina es de 58.42 N, dicha carga se multiplico por 3 para el diseño y la simulación de fatiga donde se corrobore los cálculos del diseño. Finalmente se demostró que los resultados de la simulación del sistema de rectificación y de control funcionan correcta y eficientemente, asimismo los materiales utilizados van acorde a los cálculos y simulaciones realizados.

SUMMARY

The textured finish adorns and beautifies the walls, in addition to protecting and providing greater resistance to environmental factors where it is applied. Currently, texturing is done in a traditional way where support tools such as trowels, paint rollers, brushes, among others, are generally used. As it is handmade, the aesthetics and quality of the textured finish depend on the skill of the worker, apart from causing high ergonomic risk in the arm and hand area as a result of the repetitive movement of work, that is why a light machine was designed for textured finishes on flat cement surfaces for buildings in Peru focused on improving a process in the construction sector and applying the VDI 2221 design methodology. To achieve the texturing movement, the connecting rod-crank mechanism was proposed together with a silicone mold, a speed variator was also implemented to regulate the stamping of the machine that together with an LCD screen shows the data based on the stamping speed. The impact force exerted by the machine is 58.42 N, this load was multiplied by 3 for the design and the fatigue simulation where the design calculations were corroborated. Finally, it was shown that the simulation results of the rectification and control system work correctly and efficiently, also the materials used are in accordance with the calculations and simulations carried out.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación titulado “DISEÑO DE UNA MÁQUINA LIGERA PARA ACABADOS TEXTURIZADOS EN SUPERFICIES PLANAS DE CEMENTO” surgió de una mejora de un proceso en el sector de construcción, específicamente en el acabado texturizado de superficies planas que se aplica después del enlucido de las paredes o coloquialmente llamado como tarrajeo. El objetivo principal es diseñar una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento para las edificaciones del Perú, para realizar el movimiento de texturizado se hace uso del mecanismo biela-manivela pistón que por medio de un plato rotatorio se desliza el pistón y con la ayuda de los moldes de diseño se estampan los texturizados en las paredes. En el sistema de control se ve por conveniente utilizar el microcontrolador 18f2550 que está implícito en la visualización de los datos mostrados en la pantalla LCD y haciendo uso de un potenciómetro doble que está unido al variador de velocidad se modula la velocidad del motor.

El tipo de investigación es tecnológica, ya que se parte de una mejora de proceso mediante la investigación e innovación para crear una maquinaria, de igual forma el alcance de investigación es aplicada, dado que se utiliza conocimientos para el diseño completo de máquina ligera. En tal sentido se ha realizado el proyecto de investigación en cinco capítulos, dando a conocer en el primer capítulo titulado “planteamiento del estudio” que abarca planteamiento y formulación del problema, el objetivo general y específicos y la justificación teórica, práctica y metodológica. El capítulo dos titulado “marco teórico” abarca antecedentes nacionales e internacionales de la investigación, bases teóricas dividido en parte eléctrica, electrónica y mecánica, y definición de términos básicos. El capítulo tres titulado “metodología” abarca el tipo y alcance de investigación, así como la metodología aplicada al desarrollo de solución. El capítulo cuatro titulado análisis y diseño de solución abarca el estado de arte, identificación de la estructura óptima presentando la lista de deseos y exigencias, caja negra, estructura de funciones, matriz morfológica, bocetos de conceptos de soluciones, análisis técnico-económico, definición de la solución óptima para finalizar con el diseño mecánico, de rectificación y control. Finalmente, el capítulo cinco titulado “simulación” abarca simulación mecánica y sistema de rectificación y control, finalizando con los resultados y pruebas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Cuando se está construyendo una vivienda, no solo se construye una edificación, se construye también un reflejo de los gustos y emociones del propietario, tales pueden quedar plasmadas en las paredes del hogar, en el Perú es normal que se opte en dejar tarrajado las paredes para aplicar la pintura, pero uno puede plasmar diversos acabados abstractos en una pared a partir de esta actividad como en la Figura 1.1, a estas modificaciones se las conoce como acabados texturizados.

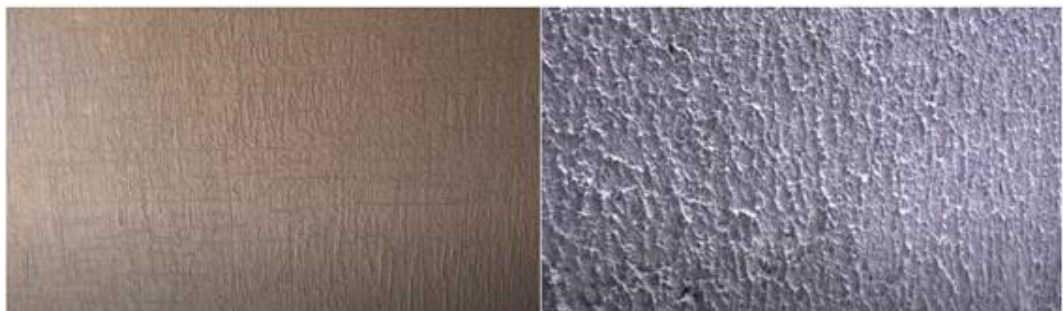


Figura 1.1 Acabado texturizado abstracto realizado con llana (izquierdo) y con rodillo de pintar (derecho).

En los trabajos como tarrajeo, pintado y el proceso de texturizado, que aun actualmente se sigue haciendo de forma manual y artesanal se usan las herramientas de albañilería como apoyo, algunos de estos acabados como el de escarchado o imitación de madera exigen un tiempo de trabajo extra en el cual uno

con un molde va plasmando repetitivamente en el muro hasta cubrir toda la superficie, este proceso puede ser cansado y agotador al ocupar mucho tiempo dependiendo del tamaño de la superficie que se requiere cubrir, además de llevar gran riesgo ergonómico en la zona de brazos y manos. Hay formas de apaciguar estas molestias como tomar pausas, pero lo óptimo sería contar con una maquinaria que mejore el proceso de texturizado.

Uno de los factores en construcción más olvidados es la ergonomía de la construcción, demostrado según datos de la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo 6ª EWCS, (EWCS,2019) donde se avala que los trabajos de construcción son unos de los trabajos con más riesgo ergonómico donde resaltan posturas forzadas, manejo manual de cargas, condiciones ambientales de trabajo y finalmente movimientos repetitivos como se ve en la Tabla 1.1. Esta posibilidad de riesgo es de 85%, lo cual hace que esta labor sea muy peligrosa diferencia de otras actividades como transporte, comercio o salud.

Tabla 1.1: Tablas de actividades con mayor exposición a riesgos ergonómicos

	Agricultura	Industrial	Construcción	Comercio	Salud	Otros Servicios
Movimientos Repetitivos de manos o brazos	79%	73%	85%	75%	65%	65%
Posiciones dolorosas o fatigantes	79%	57%	69%	54%	67%	47%
Llevar o mover cargas pesadas	58%	44%	73%	49%	40%	25%
Levantar o mover personas	1%	2%	1%	2%	59%	29%

Base: total de trabajadores (N=3.364) Tomada de Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo 6ª EWCS, 2018

En la figura 1.2 se puede notar el trabajo de texturizado hecho mediante el método tradicional, este proceso es realizado mediante el uso de una llana o un rodillo para pintar, donde el albañil depende de su criterio y experiencia realiza este proceso.



Figura 1.2 Proceso de texturizado realizado con llana

Este acabado y su proceso puede mejorarse si se logra obtener una maquinaria que puede repetir el proceso de texturizado mediante un molde el diseño, logrando así culminar el trabajo con un aspecto más estético y con mejor acabado, también el de poder implementar diseños abstractos complejos de gran variedad a gusto del usuario y variar la velocidad de estampado para una mejor maniobrabilidad del acabado, actualmente dicha maquinaria es aún inexistente.

De aquí surge la idea de crear un equipo de mano con un gran alcance en texturizados, que en el menor tiempo posible ayude con el problema ergonómico de la repetitividad asociada al proceso de texturizado, junto a ser un equipo de bajo costo y con posibilidad de implementar diversos diseños de acabados texturizados en superficies planas de cemento.

1.1.1 Problema General

¿Cómo establecer el diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento para las edificaciones del Perú?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Qué mecanismo con movimiento rectilíneo para el estampado de acabados texturizados se puede plantear en la máquina para acabados texturizados en superficies planas de cemento?
- ¿Qué materiales se pueden plantear en el diseño del mecanismo principal, para garantizar una buena eficiencia de la máquina para acabados texturizados?
- ¿Qué sistema eléctrico-electrónico de control de velocidad de estampado e interfaz de usuario se puede plantear en la máquina para acabados texturizados en superficies planas de cemento?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento para las edificaciones del Perú

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un mecanismo biela-manivela junto a todos sus componentes para obtener el movimiento rectilíneo para el estampado de acabados texturizados de la máquina para acabados texturizados en superficies planas de cemento.
- Plantear los materiales de los componentes del mecanismo biela manivela, para garantizar la eficiencia de la máquina para acabados texturizados en superficies planas de cemento.
- Plantear un sistema eléctrico-electrónico para el control de velocidad de estampado e interfaz de usuario mediante el uso de circuitos de potencia y el uso de un microcontrolador PIC18F2550.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

El presente trabajo al ser realizado mediante un mecanismo biela manivela que presiona constantemente el pistón para el estampado, se logra de esta forma el texturizado. Este proceso en la investigación va a aportar nuevos conocimientos teóricos en esta área en los parámetros de velocidad por diseño texturizado.

Actualmente esta labor se desarrolla mediante el uso de herramientas convencionales como son llana, rodillos y moldes prediseñados, para así lograr hacer acabados texturizados en función al criterio del albañil.

La máquina herramienta tendrá incorporada un variador de velocidad, el cual variando la velocidad de giro se podrá determinar la velocidad y fuerza necesaria para lograr un estampado según cada diseño específico, para así estandarizar más este proceso, así mejorándolo al poner un parámetro de velocidad de ajuste para cada diverso diseño de acabado texturizado, estos conocimientos pueden aportar para los futuros trabajos texturizado que al saber la fuerza necesaria al aplicar cada diseño, se lograra de alguna forma mejorar este proceso al saber con más detalle la velocidad y fuerza necesaria para aplicar a cada acabado, esto complementará a determinar los parámetros de ambas variables de velocidad y fuerza, para así lograr tramados por diseño, así se determinará el rango de velocidad del variador de la máquina para cada diverso acabado.

1.3.2 Justificación práctica

En la actualidad el procedimiento se sigue haciendo de forma artesanal con herramientas de albañilería. Lo que busca la máquina herramienta es mejorar este proceso añadiendo la función de estampado y de variación de la velocidad, lo cual se logrará mediante el uso de un motor con su respectivo variador de velocidad PWM, que en funciona los intereses del usuario se podrá hacer mejor el trabajo de texturizado, pero además de ello la maquinaria contará con un controlador PIC para así usando leds de estado y un display LCD, se mostrará el porcentaje de velocidad del motor, el mecanismo de funcionamiento es un mecanismo relativamente ligero, ya que se apoya en el tipo de biela-manivela como se observa en la para lograr el movimiento tipo estampado que plasmara

cada diseño en la superficie, logrando mejorar el proceso y haciendo más fácil el control y operación de la maquinaria.

1.3.3 Justificación Metodológica

Actualmente algunas personas han llevado a realizar diversos moldes a base de silicona, para lograr obtener diversos diseños para el texturizado. Estos moldes se realizan mediante el uso de una superficie con el diseño texturizado, silicona y cera. Calentando la silicona y finalmente plasmando el molde cubierto de cera en la silicona caliente para así lograr obtener un molde de silicona con el diseño específico. Con dichos moldes plasman el diseño manualmente en la superficie de cemento.

A partir de ello, con el uso del mecanismo y los moldes; se plantearía una nueva metodología de lograr el acabado texturizado mediante el estampado continuo, juntando ambas variables y plasmarlas en una maquinaria que realice este proceso de estampado del diseño de silicona, con el valor adecuado de velocidad que se determinara con el uso de la maquinaria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Antonio Núñez Jiménez, Michel Canelles Muir en su tesis “Diseño de un sistema de control de velocidad para el motor DC de la pulidora metalográfica modelo 3E881M”, 2017. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. En dicho instituto se encuentra una pulidora metalográfica modelo 3E881M y en los últimos años se ha visto limitado debido al deterioro paulatino haciendo necesario el diseño de un sistema de control de velocidad, utilizando el método de control de corriente de campo, de control de resistencia de circuito de armadura o inducido y de control del voltaje en los terminales de la armadura. Al introducir la técnica de mando de Modulación por Ancho de Pulso o de forma abreviada PWM generada por un microcontrolador, se logra una optimización técnica añadiendo nuevas velocidades tales como 550, 750 y 100 rpm dispuestos para materiales en aceros al carbono y económica al incurrir en costos menores a 30 dólares (**Canelles Michel, 2017**). Lo más relevante de esta tesis es la utilización de un microcontrolador para controlar la velocidad de un motor y será útil en la parte de control de nuestro proyecto de investigación. En la figura 2.2 se puede ver el módulo de variación de velocidad PWM en la tarjeta de entrenamiento para microcontrolador PIC.



Figura 2.1 Módulo de variación de velocidad PWM en la tarjeta de entrenamiento para microcontrolador PIC, tomada de “Diseño de un sistema de control de velocidad para el motor DC de la pulidora metalográfica modelo 3E881”, por Canelles Michel, 2017, p56.

Mora Rodriguez, Edison Stid en su tesis “Variador de velocidad con capacidad de comunicación ethernet en sistema SCADA”, 2019. Universidad Piloto de Colombia. Los motores trifásicos son piezas fundamentales en las industrias en consecuencia presenta fallas tales como mecánicas, eléctricas y de enlace de potencia, además no cuentan con la capacidad de variar su velocidad, controlar el óptimo arranque y registrar la información analógica, para lo cual se tiene como objetivo diseñar e implementar un variador de velocidad para un motor trifásico, que permite interactuar con un PLC vía Ethernet y un módulo de monitoreo, enlazado la conexión de un motor trifásico de ½ a 1 hp con un PLC Siemens logo 230RC interviniendo una librería de Arduino para el módulo de control, finalmente se unen al módulo de monitoreo. Los resultados obtenidos fueron visualizar en tiempo real el SPWM de un bombillo, las pruebas de frecuencia SPWM del motor en donde se obtuvo que después del 70% de variación empieza a salir de su zona de operación (**MORA RODRIGUEZ, Edison Stid. 2019**). Lo relevante de esta tesis es el funcionamiento del variador de velocidad pudiendo interactuar con motores trifásicos.

Ciavaglia Bozzano, Blanca en su tesis “Acabados y revestimientos en el diseño de arquitectura de tierra”, 2017. Universidad de la República. El revestimiento es una capa adherida que tiene como función la protección y embellecimiento de las paredes, siguiendo con las tendencias de sustentabilidad y ecología se

busca revalorizar la tierra en apartados en el revestimiento ya que está asociada a la eficiencia energética, tradición cultural y huella ecológica, el objetivo es investigar en el estudio de la arquitectura usando la tierra, a través del estudio particular de los acabados y revestimientos, conocer, comprender y apropiarse de la temática desde un enfoque técnico bajo una metodología de análisis y sistematización. Se obtiene como resultado una guía o recetario de la composición, características, preparación y ejecución del revestimiento de tierra. (CIAVAGLIA BOZZANO, Blanca 2017). Sirve de guía y conocimiento acerca de los revestimientos o también llamados texturizados y amplía la visión al utilizar un material como es la tierra.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Hualpa Alejandro, Henry Luis en su tesis “Diseño de una máquina extractora para desmontaje de tuercas en válvulas de bombas Geho en minera Chinalco Perú S.A.”,2016. En la Universidad Nacional del Centro del Perú. En la minera Chinalco Perú S.A. se trabaja con 10 bombas Geho, cada una cuenta con 6 válvulas cónicas, la presión generada por las bombas hace que continuamente las válvulas colapsen necesitando la extracción de tuercas para su reemplazo por nuevas válvulas, tiene como objetivo diseñar una máquina extractora para desmontar tuercas de válvulas de bombas Geho en minera Chinalco Perú S.A, por medio de la metodología VDI 2221. Los resultados finales medio de la metodología VDI 2221. En los resultados finales la máquina trabaja mediante el mecanismo biela, manivela, pistón y genera un par torsión de 2827 N.m, siendo el requerido 1600 N.m con un factor de seguridad del 1.7, el material usado es el acero ASTM A572 / A572M de grado 50. Lo más relevante de esta tesis es el uso del mecanismo biela, manivela, pistón que va ser usada en nuestro proyecto de investigación (Hualpa Henry,2016). La Figura 2.1 muestra la máquina ensamblada en el software de diseño Autodesk Inventor.

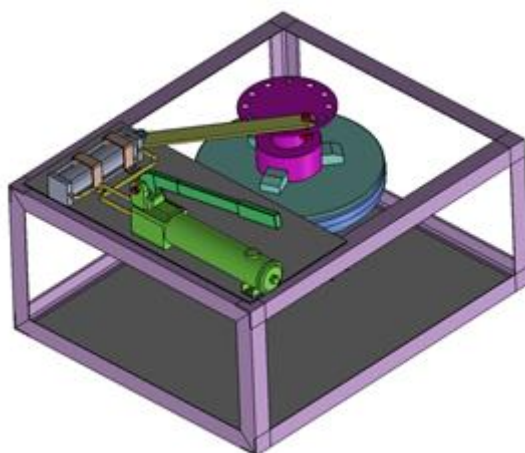


Figura 2.2 Máquina extractora de tuercas simulada en el software de Autodesk Inventor. Tomada de “Diseño de una máquina extractora para desmontaje de tuercas en válvulas de bombas Geho en minera Chinalco Perú S.A.”, por Hualpa Henry, 2016

Calcina Sotelo, Armando Felipe en su tesis “Optimización del funcionamiento de un motor de inducción para el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio UNCP”, 2016. Universidad Nacional del Centro del Perú. En los laboratorios de la UNCP se cuenta con equipo de enseñanza que utilizan motores eléctricos y al estar en funcionamiento generan consumos excesivos de energía eléctrica, esto sumado que lo equipos tienen una antigüedad de más de 45 años y por ende la eficiencia de los motores eléctricos es baja, se tiene como objetivo optimizar el funcionamiento de los motores eléctricos de inducción mediante un variador de frecuencia para el ahorro de energía eléctrica, en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú, usando el método experimental al manipular las variables independientes de tipo de arranque con estrella-triángulo y variador de frecuencia para analizar la variable dependiente de consumo de energía. Teniendo como resultados un menor consumo de energía en una hora de trabajo pasando del arranque antiguo con un consumo de 0.08915 kWh. a el arranque usando variador de frecuencia de con un consumo de 0.07725 kWh. (**CALCINA SOTELO, Armando Felipe. 2016**). Lo más relevante de esta tesis es la disminución del consumo energético de los motores usando los variadores de frecuencia.

Morales Martínez, Georgy Alonso y Roalcaba Saavedra, Stalyn en su tesis “Diseño de una máquina revocadora neumática de paredes con una capacidad

de 30 /H para la empresa Campo Verde S.A.C. – Motupe, Lambayeque”, 2018. Universidad Señor de Sipán. En América Latina las edificaciones están en crecimiento y más del 50% edificaciones actuales no cuentan con los servicios básicos de infraestructura, existen varias barreras para optimizar el proceso de construcción y esto genera horas de jornada más largas, inestabilidad laboral sumado a la poca capacitación de los trabajadores. Se tiene como objetivo diseñar una revocadora neumática para enlucir paredes con una capacidad de 30m²/h para incrementar la productividad de la empresa Campo Verde SAC. Los resultados obtenidos fueron un diseño de máquina de dimensiones de 1.2m de largo, 0.6m de ancho y 0.8m de alto, con un área de enlucido de 30 generando un volumen del material del 0.45trabajando con un torque de 33.1573 N.m y una potencia de 2Hp. (MORALES, Georgy Y ROALCABA, Stalyn 2018). Lo relevante de esta tesis es la mejora en un proceso de construcción al revocar concreto a la pared y sirve de conocimiento a nuestro trabajo de investigación.

2.2 Bases teóricas

- **Acabado texturizado:** Estética arquitectónica aplicada en superficies planas o lisas tales como los muros, techos y fachadas del hogar, pueden variar de diseños y formas según el tipo de material y la técnica usada en su aplicación. Aparte de decorar las superficies brindan características tales como alargar la duración de la estructura, protegerla del clima y el paso del tiempo, y son fáciles de lavar.



Figura 2.3 Tipos de acabado texturizado por escarchado, rodillo y moldes respectivamente.

- **Máquina tarrajeadora:** Máquina industrial que realiza un acabado uniforme a las superficies de las edificaciones utilizando cemento, agua, arena y cal. Esto

con el fin de brindar una capa de lisa para el pintado o texturizado. (Requelme Cholan, 2017)



Figura 2.4 Máquina tarrajadora, de patente china. Tomada del catálogo de la página del proveedor. Por Ángel Wong, proveedor de maquinaria Ez Renda en Latinoamérica, 2019

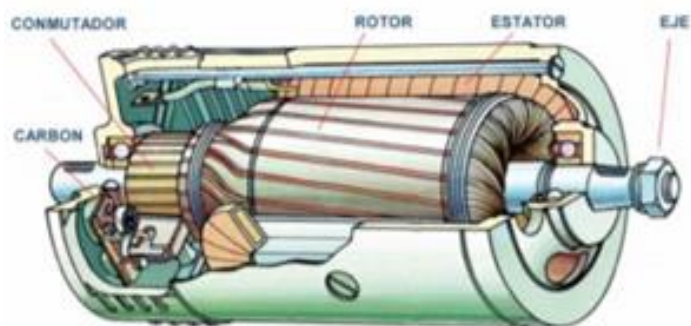
- **Moldes de silicona para Texturizado:** Realizados a partir de una superficie a plasmar, estos moldes se hacen con silicona, cera y plastilina, para lograr tener un molde con el diseño de texturizado a estampar. Este proceso se hace artesanalmente y sin estandarización, la creación de moldes está en función a la perspectiva del usuario.



Figura 2.5 Molde en forma de piedra para acabado texturizado, hecho a base de Silicona

2.2.1 Parte Eléctrica

- **Motor Universal:** Máquina capaz de transformar electricidad en energía mecánica gracias a los efectos del campo magnético, además de poder operar tanto en AC como en DC, entre sus partes encontramos: rotor, estator, carcasa, caja de conexiones, cojinetes y tapas. La parte principal de un motor y con el que puede funcionar es el estator y rotor, este equipo puede funcionar tanto en corriente alterna, como en corriente continua. (Burbano Ortiz, 2018)



Motor eléctrico moderno.

Figura 2.6 Motor universal moderno, componentes y estructura. Tomada del material educativo de la compañía Weg sobre motores universales. Por la compañía Weg.2018

- **Circuito rectificador AC/DC:** Es un circuito de electrónica de potencia, sirve para transformar la tensión alterna a una tensión continua en el tiempo. Los rectificadores más modernos o controlados presentan transistores como igbt, bipolares, mosfet, entre otros, además de tiristores y otros dispositivos, su control se ejecuta retardando el ángulo de disparo. (Alvarez Acevedo, 2016)

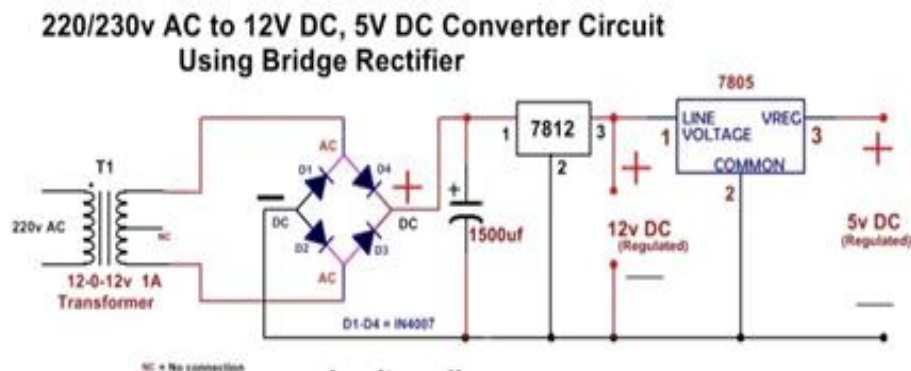


Figura 2.7 Diagrama esquemático, rectificador 220/230v AC a 12v DC, 5v DC . Tomado de un artículo de circuitería sobre electrónica de potencia. Por Aman Bharti.2017

2.2.2 Parte electrónica

- **Variador de velocidad PWM:** Dispositivo electrónico que controla la velocidad de un actuador eléctrico a través del monitoreo de la frecuencia de entrada suministrada. (Piñero Rueda , 2015)



Figura 2.8 Regulador de voltaje ajustable PWM motor de CA de control de velocidad 50V-220V 2000W, Tomado del catálogo del proveedor electrónico Tenflyer. Por Tenflyer.2020



Figura 2.9 Variador de frecuencia de la marca Danfoss, Tomada de My electrical Engineering.
Por Steven McFadyen.2012

- **Microcontrolador PIC18f2550:** La tecnología VLSI (alta escala de integración) producto de los microprocesadores, permitió en un futuro introducir en pequeños chips un sistema entero, a estos dispositivos actualmente se les conoce como microcontroladores, dentro de su estructura se encuentra una CPU, una memoria de datos, una memoria para el programa, un circuito de reset y finalmente un circuito oscilador, además de sus puertos para entrada y salida. El microcontrolador PIC18f son parte de una familia de microcontroladores de 8bits, son fabricados por la empresa Microchip, en su repertorio, posee 75 instrucciones en modo estándar, 8 funciones especiales, puede procesar con frecuencias de hasta 40Mhz, una memoria flash del programa de hasta 32K y posibilidad de conversores analógico/digital. (USERS, 2011)

En particular el PIC18f2550 entre sus características principales posee: 1KB dual port RAM más un 1KB GP RAM, Transceptor de velocidad completa, 16 puntos finales (IN/OUT), resistencias internas pull up (D+ / D-), 48 MHz (12MIPS) y pin-to-pin compatible con PIC16C7X5. (Microchip, 2020)



Figura 2.10 PIC18f2550. Tomado del catálogo de productos MicroChip. Por Microchip 2020

- **Display LCD:** LCD hace mención a Pantalla de Cristal Líquido, este dispositivo está compuesto por un material cristalino que por medio de dos capas de conducción orientan la luz en su paso para así finalmente plasmar los datos entregados. En este material cristalino se transmiten corrientes por electrodos transparentes, así representando caracteres reorientando su transparencia. La pantalla está compuesta por moléculas de cristal líquido alargadas, asignadas de forma paralela en la fase cristalina. Este display gráfico se puede manipular más fácilmente en el software de programación Mikroc PRO for Pic mediante el uso de la librería LCD (Armijos Álvarez, y otros, 2011)



Figura 2.11 Pantalla LCD 2x16 en funcionamiento. Tomado de Fabacademy. Por Fabacademy. 2019

- **MiKroC PRO for PIC:** Es un programa que brinda la posibilidad de insertar un programa en lenguaje de bajo nivel en el microcontrolador PIC , mediante el uso de la programación C. Que mediante el uso de sus diversas funciones C, logra compilar el programa para convertirlo en lenguaje ensamblador, para así insertarlo en el microcontrolador, además se puede enlazar con otros softwares de simulación como proteus para demostrar la veracidad del programa. Contiene librerías para facilitar la programación.

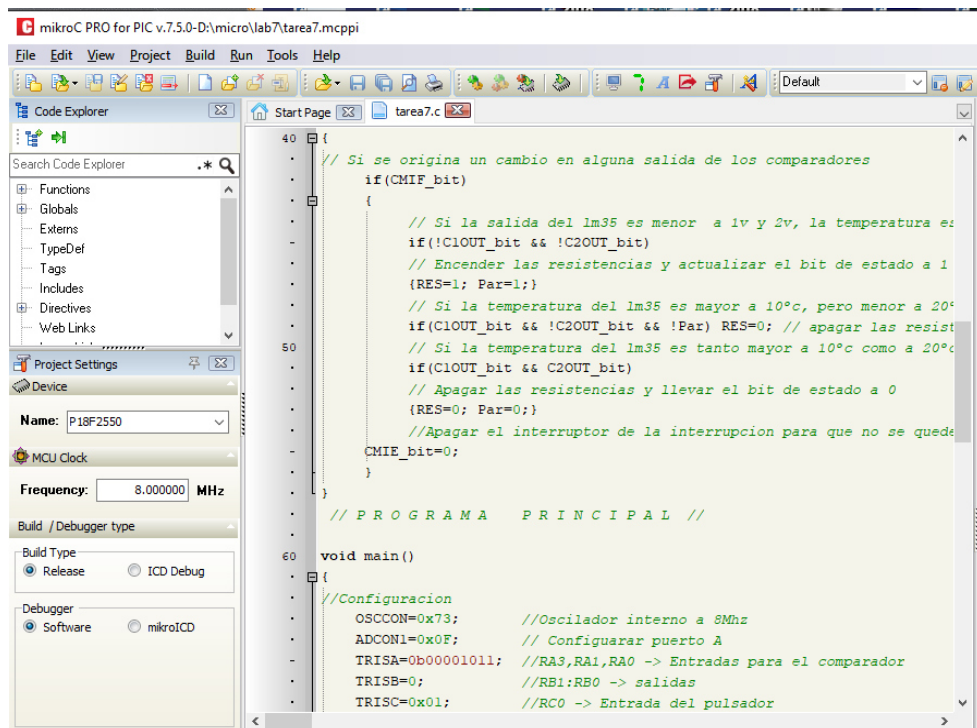


Figura 2.12. Interfaz del programa Mikroc PRO for PIC

- If , condicional de lenguaje C:** Es una condicional del lenguaje C, que brinda el acceso a un grupo de bloques si se logra cumplir la condición descrita en IF, se puede complementar con otras condiciones como else, en donde se accede al bloque donde si la condición del IF principal no fue cumplida.

```

// Si se pasa de presion baja a presion normal antes de lso 5 s
if(Pres_Baja && Presion>=75.0)
{
    // Actualizar los bits de estado
    Pres_Normal=1; Pres_Baja=0;
    // detener temporizacion
    TMR0ON_bit=0;
}

```

Figura 2.13. condicional IF en Mikroc PRO for PIC

- Periférico ADC del PIC 18F2550:** Este periférico conocido como convertidor análogo digital, brinda señales digitales de 10 bits para el proceso dentro del microcontrolador, en función a una señal analogica inferior a 5v para proteger

el PIC, este proceso puede tomar un poco de tiempo, se requiere determinar bien dichos tiempos como el tiempo de adquisición y tiempo de conversión. Este periférico puede configurarse más fácilmente en el software MikroC PRO for PIC mediante el uso de la librería ADC. Su estructura es la siguiente:

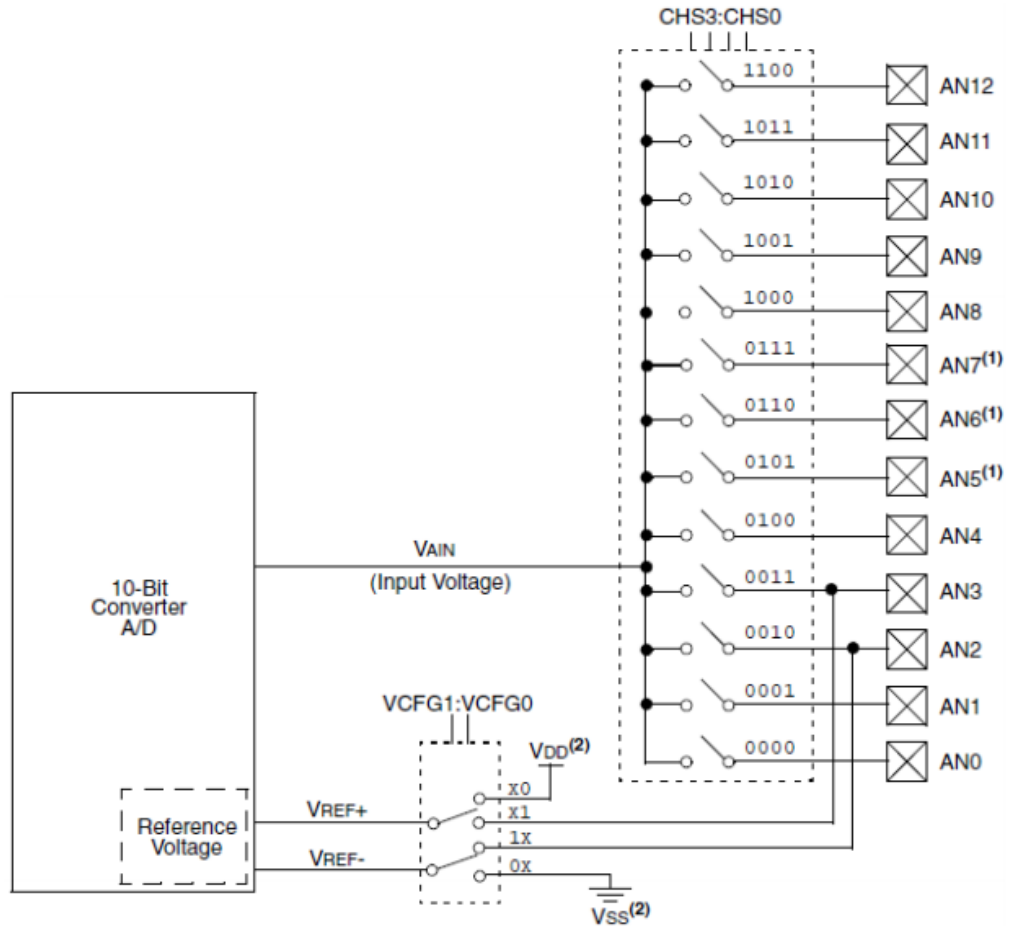


Figura 2.14. Estructura del ADC del PIC18F2550. Donde AN0-AN12, son entradas analógicas, la señal de salida digital convertida es de 10 bits.

- **TAD:** Es una unidad de medida de tiempo del ADC del PIC, como un reloj de conversión. El valor del TAD está en función a la oscilación interna del PIC, su uso se determina para determinar la duración del tiempo de adquisición y tiempos de conversión de cada proceso de conversión analógica-digital. En la Tabla 2.1 se define los parámetros para determinar el valor del TAD, en función a la frecuencia de trabajo programada más cercana

Tabla 2.1 Valores del TAD en función a la frecuencia de oscilación del PIC.

AD Clock Source (TAD)		Maximum Device Frequency	
Operation	ADCS2:ADCS0	PIC18FXXXX	PIC18LFXXXX ⁽⁴⁾
2 TOSC	000	2.86 MHz	1.43 MHz
4 TOSC	100	5.71 MHz	2.86 MHz
8 TOSC	001	11.43 MHz	5.72 MHz
16 TOSC	101	22.86 MHz	11.43 MHz
32 TOSC	010	45.71 MHz	22.86 MHz
64 TOSC	110	48.0 MHz	45.71 MHz
RC ⁽³⁾	x11	1.00 MHz ⁽¹⁾	1.00 MHz ⁽²⁾

Tomada de Conversión Análogo Digital del PIC18F2550. Por Juan Merlo. 2019

2.2.3 Parte Mecánica

- Diseño de ejes para el esfuerzo:** Al diseñar un eje, no siempre se requiere hacer cálculos de esfuerzos en todos sus puntos, basta con hacerlo en algunos puntos críticos. En la mayoría de casos estas localizaciones se encuentran en la superficie, en zonas axiales en los cuales el momento flector es enorme, en las zonas donde hay par-torsión presente y finalmente donde se encuentren acumulaciones de esfuerzos. (Shigley, 2008) Esto se puede calcular mediante las fórmulas de esfuerzo de von mises como se ve en la fórmula 2.1. Un análisis estático como se ve en la fórmula 2.2 y finalmente ASME elíptica en la fórmula 2.3 estas fórmulas son similares ya que parten de un concepto en común donde en función a una operación entre momento y torque, se logra determinar el diámetro y afinar mejor el factor de seguridad. Las Formulas, determinan el proceso de cálculo de ejes según Richard D. Budynas y J. Keith Nisbet

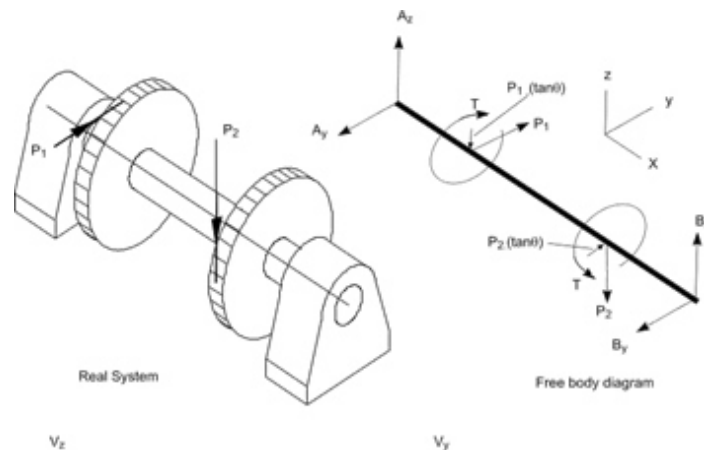


Figura 2.15 Imagen referencial de diseño de ejes con esfuerzos. Tomada de un artículo informativo de Roymech. Por Roymech. 2020

Análisis de Von Mises: para ejes giratorios, redondos y sólidos, no se toman en cuenta las cargas axiales.

$$\frac{S_y}{F_s} = \sqrt{\left(\frac{32 * M}{\pi * d^3}\right)^2 + 3 \left(\frac{16 * T}{\pi * d^3}\right)^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

- Sy: Resistencia a la fluencia
- Fs: Factor de Seguridad
- M: Momento flexionante
- d: Diámetro del eje
- T: Torsión

Análisis Estático ED-Soldeberg: los esfuerzos se combinan mediante la teoría de distorsión (ED), su uso es aplicado en la mayoría para determinar el criterio de falla, para propósitos de diseño se aplica la formula.

$$d = \sqrt[3]{\left[\frac{16 * n}{\pi * S_y} \sqrt{[4(k_f * M)^2 + 3(k_{fs} * T)^2]}\right]} \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

- Sy: Resistencia a ala fluencia
- n: Factor de Seguridad
- M: Momento flexionante
- d: Diámetro del eje
- T: Torsión
- Kf: Factor de concentración de esfuerzo por fatiga de la flexión
- Kfs: Factor de concentración de esfuerzo por fatiga de la Torsión

Para determinar el Radio de muesca se usa la siguiente tabla de factores de concentración de esfuerzos. Valores típicos de primera iteración en el diseño del eje, los valores dependen de relaciones de características apropiadas y no de dimensiones específicas.

Tabla 2.2: Estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo K_t .

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d=0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d=0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado: ($r/d=0.02$)	2.2	3.0	-
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	-	-
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

Tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 356, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

La existencia de irregularidades o discontinuidades como ranuras, orificos o muescas incrementan los esfuerzos flectantes o torsoeres teóricos. La sensibilidad de la muesca sometida a la torsión está en la figura 2.16.

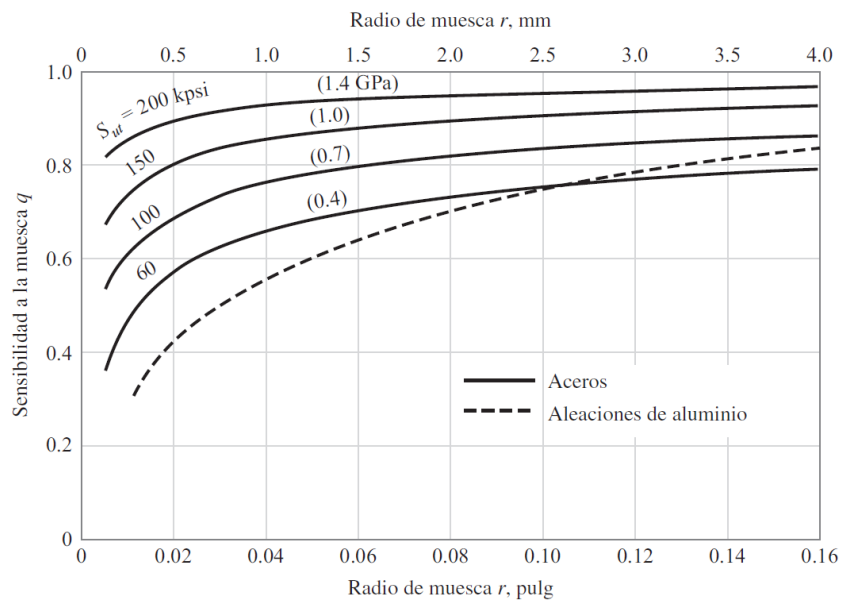


Figura 2.16: Sensibilidad a la muesca en el caso de los aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T sometidos a flexión inversa de las cargas axiales inversas, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

La sensibilidad de la muesca sometida a la flexión está en la figura 2.17.

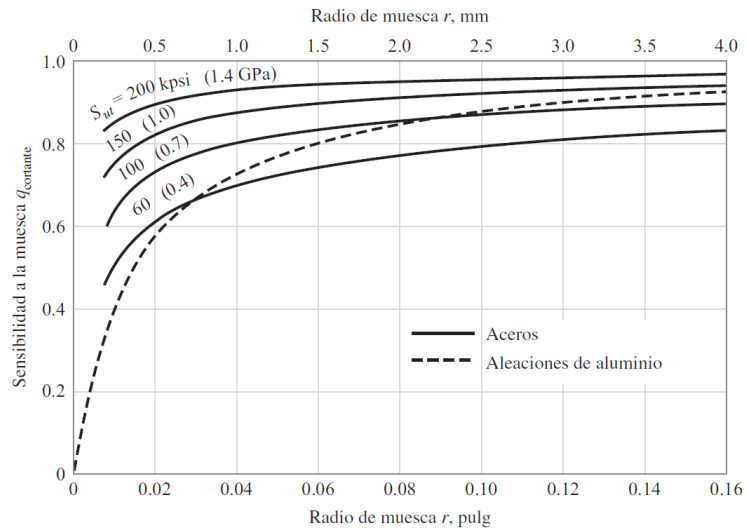


Figura 2.17: Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

ED ASME Elíptica: Similar que ED análisis estático, ASME elíptica tiene una validación más aproximada del eje basándose en las siguiente Formulas y consideraciones.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16*n}{\pi} \sqrt{\left[4 \left(\frac{k_f*M}{S_e}\right)^2 + 3 \left(\frac{k_{fs}*T}{S_y}\right)^2\right]}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Donde:

- Sy: Resistencia a la fluencia
- Se: Limite de Fatiga
- n: Factor de Seguridad
- M: Momento flexionante
- d: Diámetro del eje
- T: Torsión
- Kf: Factor de concentración de esfuerzo por fatiga de la flexión
- Kfs: Factor de concentración de esfuerzo por fatiga de la Torsión

Límite de resistencia a la Fatiga en ubicación Crítica (Se):

$$Se = Ka * Kb * Se' \dots\dots\dots (2.4)$$

Donde:

- K_a : Factor de Superficie
- K_b : Factor de Tamaño
- S_e : Limite de la Resistencia a la Fatiga

Factor de Superficie K_a , Valores de a y b para resolver la ecuación de Marin según el tipo de acabado en el material.

Tabla 2.3: Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} Mpa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale la forja	39.9	272	-0.995

Tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 318, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

Factor de Tamaño K_b , Para poder ser halladas los valores del factor de tamaño según el diámetro se evaluó en más de 133 conjuntos de puntos de datos.

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Figura 2.18: Conjunto de ecuaciones del factor de tamaño K_b , tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 275, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

Límite de la Resistencia a la Fatiga. Para ser hallados estos valores límites de la resistencia a la fatiga se realizó ensayos de esfuerzos, siendo S_{ut} la resistencia a la tensión mínima.

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Figura 2.19: Conjunto de ecuaciones de límite de la resistencia a la fatiga, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 275, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

- **Mecanismo biela - manivela:** Este mecanismo está formado por una barra articulada que en un extremo está unida con una manivela y con un pistón en el otro extremo, logrando así un movimiento lineal. Al rotar el eje, la manivela transmite este movimiento circular hacia la biela que refleja un movimiento de vaivén reflejado en el pistón, este sistema funciona igual si el eje rota al revés. (Reyes Nieto, 2015).

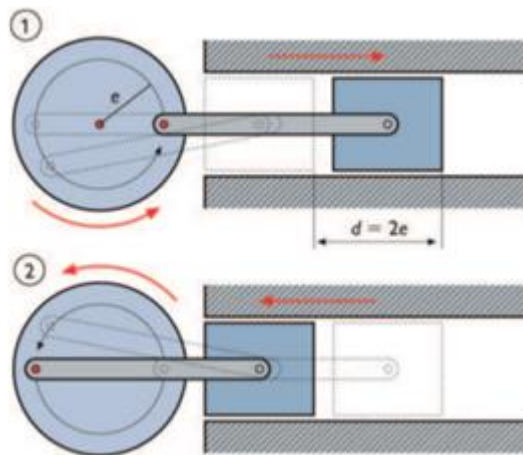


Figura 2.20 Esquema mecanismo biela – manivela. Tomada de “Construcción de una maqueta de un motor mono cilíndrico para demostración de la cinemática del motor en el mecanismo biela - manivela”. Por Juliana Reyes .2015

Esta fórmula nos ayuda a deducir los grados de libertad del mecanismo.

$$M = 3(N - 1) - 2(jp) - jn \dots \dots \dots (2.5)$$

Donde:

- M: Número de grados de libertad

- N: Número total de eslabones del mecanismo
- Jp: Número total de uniones Principales
- Jn: Número total de uniones de orden Superior

Este mecanismo disgregándolo en un DLC se divide en el siguiente diagrama y las siguientes formulas.

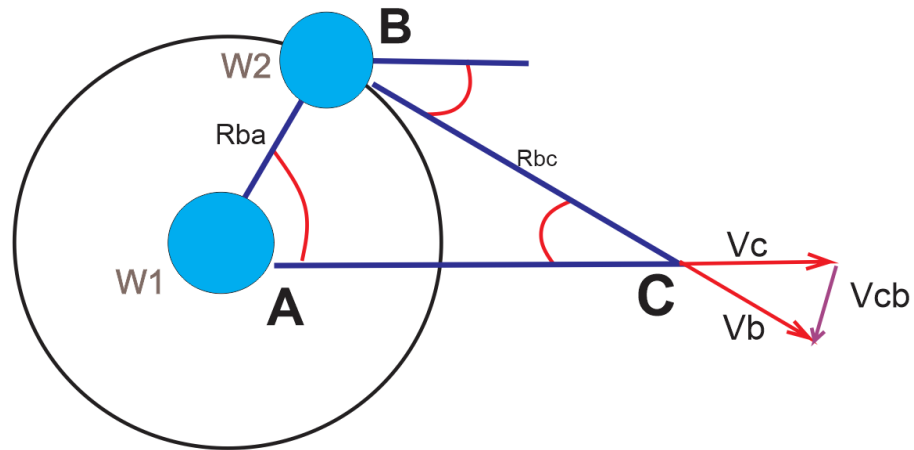


Figura 2.21 Diagrama cuerpo libre del mecanismo biela – manivela.

Para calcular la velocidad lineal Vb, en el eslabón b.

$$Vb = Va + w1 * Rba \dots\dots\dots(2.6)$$

Donde:

- Vb: Velocidad en el eslabón B
- Va: Velocidad tangencial en el Punto de A
- W1: Velocidad Angular en A
- Rba: Radio BA

Luego se complementa la misma fórmula aplicándola en Vc

$$Vc = Vb + w2 * Rcb \dots\dots\dots(2.7)$$

Donde:

- Vc: Velocidad en el eslabón C
- Vb: Velocidad en el Punto de B
- W2: Velocidad Angular en B
- Rcb: Radio CB

- Clasificación de pernos:** Los pernos son elementos roscados usados en su mayoría en máquinas, su función mecánica es la unión de piezas en una unión en común. La unión es fija y desmontable en la mayoría de casos, existen una gran variedad de tornillos con diversos roles, aplicaciones y configuraciones en las máquinas y en las estructuras metálicas en las que se aplica (Torres Gallardo, 2014)

La norma SAE J1199_2001 cubre los requisitos mecánicos y materiales para ocho clases de propiedades de sujetadores métricos roscados externamente de acero en tamaños M1.6 a M36, inclusive, y adecuados para su uso en aplicaciones automotrices y relacionadas. Los productos incluidos son pernos, tornillos, espárragos, pernos en U, tornillos premontados y conjuntos de arandelas (sems), y productos fabricados de la misma manera que sems, excepto sin arandela. (SAE, 2001)

Para determinar la resistencia de prueba mínima (SP), se aplica las siguiente Figura.










Grade Marking	Specification	Material	Bolt and Screw Size (Inches)	Proof Load psi	Tensile Strength min. psi
	SAE-J429 Grade 1	Low or Medium Carbon Steel	1/4 thru 1-1/2	33,000	60,000
	ASTM-A307		1/4 thru 4		60,000
	SAE-J429 Grade-2	Low or Medium Carbon Steel	1/4 thru 3/4	55,000	74,000
	SAE-J429 Grade 5		Over 3/4 thru 1-1/2	33,000	60,000
	SAE-J429 Grade 5	Medium Carbon Steel Quenched and Tempered	1/4 thru 1	85,000	120,000
			Over 1 thru 1-1/4	74,000	105,000
	ASTM-A449		1/4 thru 1	85,000	120,000
			Over 1 thru 1-1/2	74,000	105,000
			Over 1-1/2 thru 3	55,000	90,000
	ASTM-A325 Type 1	Medium Carbon Steel Quenched and Tempered	1/2 thru 1-1/2	85,000	120,000
			Over 1 thru 1-1/2	74,000	105,000
	ASTM-A325 Type 3	Weather Resistant Steel Quenched and Tempered	1-1/8 thru 1-1/2	74,000	105,000
			1/2 thru 1	85,000	120,000
	ASTM-A354 Grade BB	Low Alloy Steel Quenched and Tempered	1/4 thru 2-1/2	80,000	105,000
			Over 2-1/4 thru 4	75,000	100,000
	ASTM-A354 Grade BC	Alloy Steel Quenched and Tempered	1/4 thru 4	105,000	125,000
			Over 2-1/2 thru 4	95,000	115,000
	SAE-J429 GRADE 8	Medium Carbon Alloy Steel Quenched and Tempered	1/4 thru 1-1/2	120,000	150,000
	ASTM-A354 Grade BD	Alloy Steel Quenched and Tempered			
	ASTM-A490 Type 1	Alloy Steel Quenched and Tempered	1/2 thru 1-1/2	120,000	150,000

Figura 2.22 Marcas de identificación en las cabezas de los tornillos. Tomada de las tablas de estándares de Jacks Industry. Por KL. Jack. 2009

Existe una fuerza inicial de tensión aplicada en todo perno, para determinarla, se aplica la siguiente Formula.

$$F_i = 0.9 * A_t * S_p \dots\dots\dots(2.8)$$

Donde:

- F_i : Tensión inicial de Pernos
- A_t : Área de Esfuerzo de tensión
- S_p : Resistencia de prueba de Material

Para determinar el área de esfuerzo a la tensión se usa la siguiente Tabla.

Tabla 2.4: Dimensiones de roscas unificadas (UNS), serie de roscas bastas (UNC) y finas (UNF)

Tamaño	Diámetro mayor (nominal) d (in)	ROSCA GRUESA UNC			ROSCA FINA UNF		
		Número de hilos por pulgada	Diámetro menor dt (in)	Área de esfuerzo a tracción At (in ²)	Número de hilos por pulgada	Diámetro menor dt (in)	Área de esfuerzo a tracción At (in ²)
0	0.0600	-	-	-	80	0.0438	0.0018
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258
1/4	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187
1/2	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560
3/4	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630

Tomada de la página Laboratorios de producción e ingeniería industrial, 2018.

- **Clasificación de aceros SAE:** Elaborar una clasificación de aceros es dificultosa, por la causa de la constante aparición de nuevos tipos de acero y nuevos elementos en la aleación. Aun así para el gran número de aceros comunes y las pocas cantidades de elementos de aleación, la SAE – AISI, como

otras normativas, elaboraron un sistema de clasificación que se aplican satisfactoriamente en el medio. (Garrido Soto , 2009)

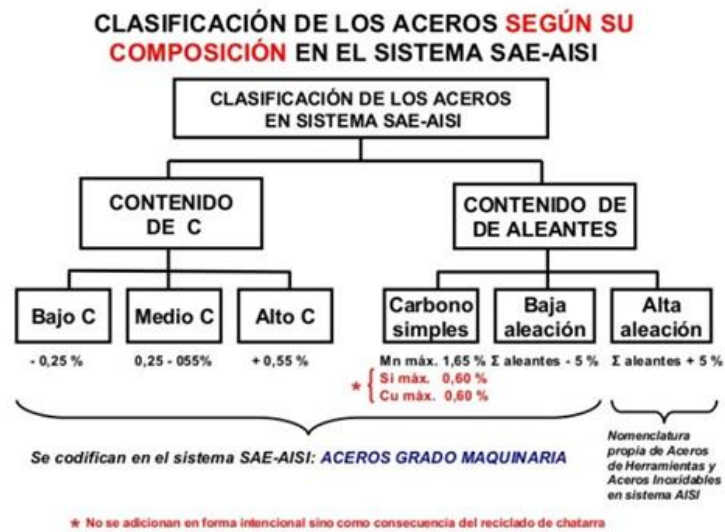


Figura 2.23 Clasificación de aceros según SAE. Tomada de El acero Aleado. Por Herreros Argentinos. 2019

Tabla 2.5: Relación entre la nomenclatura AISI-SAE con las propiedades mecánicas del acero

N.º SAE O AISI	Resistencia la tracción Rm.		Límite de fluencia Re		Alargamiento en 50 mm	Dureza Brinell
	Kgf/mm*	MPa	Kgf/mm*	MPa		
1010	40	392.3	30.2	292.2	39	109
1015	42.9	420.7	32	313.8	39	126
1020	45.8	449.1	33.8	331.5	36	143
1025	50.1	491.1	34.5	338.3	34	161
1030	56.3	552.1	35.2	345.2	32	179
1035	59.8	586.4	38.7	377.5	29	190
1040	63.4	621.7	42.2	413.8	25	201
1045	68.7	673.7	42.2	413.8	23	215
1050	73.9	724.7	42.2	413.8	20	229
1055	78.5	769.8	45.8	449.1	19	235
1060	83.1	814.9	49.3	483.5	17	241
1065	87	853.2	51.9	509	16	254
1070	90.9	891.4	54.6	535.4	15	267
1075	94.7	928.7	57.3	560.9	13	280
1080	98.6	966.9	69.8	586.4	12	293

Tomada de Diagrama Hierro Carbono. Por Mauricio Montoya. 2015

- Clasificación de aceros ASTM:** Los estándares de acero ASTM son esenciales para clasificar, especificar y evaluar las propiedades mecánicas, químicas y metalúrgicas de los diversos tipos de aceros, su aplicación directa está en la producción de piezas mecánicas, piezas para la industria y finalmente para la construcción. Los aceros pueden ser de tipo inoxidable, de carbono, estructural, férrico y de aleación. Las normas de aceros en esencia son útiles para guiar a refinerías, laboratorios, fabricantes de productos y otros usuarios independientes, guiándonos para así garantizar una aplicación segura. (ASTM INTERNATIONAL, 2020)

Está formado de la siguiente manera:

ASTM	A 3 6 / A 3 6 M	-	9 6	a
Norma	Código (sistema Inglés y Sistema Métrico)		Año de adopción	Revisión en año
Ejemplos:				
ASTM A 6 / A 6M	- 9 6 b			Requerimientos generales para planchas, perfiles y láminas de acero estructural laminados.
	3° revisión en 1996			
ASTM A615/A615M	- 9 6 a			Barras de acero deformado y lisa para refuerzo de concreto armado
	2° revisión año 1996			

Figura 2.24 Clasificación de los aceros según ASTM. Tomado del catálogo de aceros. Por Aceros Arequipa. 2015

- Bronce ASTM B505/B584:** Originalmente se utilizó el término Bronce a las aleaciones de cobre con estaño, pero hoy en día, este término es utilizado para nombrar cualquier 5 aleación que tenga como elemento principal el cobre. Existe una excepción que son las aleaciones de cobre con zinc, que son conocidas como latones y que poseen hasta un 12% del principal elemento de aleación. Los bronce comerciales principales son aleaciones de cobre con estaño, silicio, aluminio o berilio; además pueden tener fósforo, plomo, níquel o zinc, para brindar diferentes propiedades mecánicas y físicas al material. (Narváez Chediak , 2013)

El bronce A.S.T.M B505/B584, coloquialmente se lo conoce como bronce fosforado, comercial o estándar, posee sobresalientes propiedades mecánicas,

gran capacidad de maquinado y resistencia a los esfuerzos y a la tensión. Se recomienda su uso para máquinas ligeras, así como en la elaboración de chumaceras, casquillos y stoperos.

Tabla 2.6: Composición del bronce

	% MIN	% MAX	USOS
COBRE	79	82	El proceso de solidificación continuo ofrece calidad y ventajas significativas hacia el proceso de fundición, ya sea mediante arena o centrifugado.
ESTAÑO	2	4	
PLOMO	6	8	
ZINC	7	10	
NÍQUEL	--	1	
FÓSFORO	--	1	

Tomado de Industrial Okendo S.A. 2020

Tabla 2.7: Propiedades mecánicas del bronce B505

Resistencia a la tensión	2000 kg/cm ²
Alargamiento en 5.08 centímetros	18.00%
Dureza Brinell	50 a 60
Conductibilidad	16.40%
Densidad	8.70 gr/cm ³

Tomado de Industrial Okendo S.A. 2020

- **Acero Inoxidable AISI 439:** En un tipo de acero de bajo carbono, usado comúnmente en ambientes con altas temperaturas. Esto debido a su alta resistencia a la oxidación en temperaturas elevadas. Además de ser fácil de moldear y maquinar. En sus aplicaciones más básicas está en un uso más automotriz, en cabezales, y en el sistema de escape, donde trabaja a altas temperaturas en ambientes oxidantes.

En la tabla 2.8 se observan sus características mecánicas del Acero inoxidable 439.

Tabla 2.8: Propiedades mecánicas del acero Inoxidable AISI 439

Resistencia a la fluencia al 0.2 %	48 Kpsi
Dureza HRB	77
Limite a la tension	68 Kpsi

Tomado de NKS de México. 2020

- **Esfuerzos en Uniones Soldadas:** Para soldar estructuras metálicas se puede trabajar bajo estas normas, donde entra el tipo de electrodo y la posición en la cual se va a soldar, cabe decir que esta norma entra en la soldadura bajo arco eléctrico, se puede aplicar en aceros estructurales, en aplicaciones como en puentes, máquinas, edificios y estructuras metálicas arquitectónicas. En los métodos de operación se recomienda soldar con arco corto, así como una gestión de temperatura de los electrodos calentándolos a temperaturas de 70 y 120 C°, en caso de estar húmedos se recomienda resecar los electrodos a 350°C en un lapso mínimo de 60 minutos. (AWS, 2015) Además de ello se usarán unas fórmulas de soldadura en función a su área, en el caso es un área rectangular así que se basara el análisis en función a estas fórmulas según Richard D. Budynas y J. Keith Nisbet. Empezando por la Figura.

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
	$A = 0.707h(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b + d)}$	$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
	$A = 1.414 \pi hr$		$J_u = 2\pi r^3$

* G es el centroide del grupo de soldaduras; h es el tamaño de la soldadura; el plano del par de torsión está en el plano de la página; todas las soldaduras son de ancho unitario.

Figura 2.25: Propiedades torsionales de las soldaduras de filete, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 462, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

Área de soldadura y Segundo momento polar unitario del Área:

$$J_u = \frac{(b+d)^3}{6} \dots \dots \dots (2.9)$$

Donde:

- Ju: Segundo momento polar unitario del área
- B: Base
- D: Altura

$$Area = 1.414 * h * (b + d) \dots \dots \dots (2.10)$$

Donde:

- B: Base
- D: Altura
- H: Ancho del filete

Esfuerzo primario, secundario y esfuerzo permisible:

$$\tau' = \frac{7.9356 * fs}{Area} \dots \dots \dots (2.11)$$

Donde:

- τ' : Esfuerzo primario
- Fs: Factor de seguridad

$$\tau'' = \frac{Mc \cdot c}{J} \dots\dots\dots (2.12)$$

Donde:

- τ'' : Esfuerzo secundario
- Mc: Momento cortante
- C: Distancia del centro de filete.

$$\tau_{perm} = \sqrt{\tau x''^2 + (\tau y'' + \tau y')^2} \dots\dots\dots (2.13)$$

Donde:

- τ'' : Esfuerzo Secundario
- τ' : Esfuerzo Primario
- τ_{perm} : Esfuerzo Permisible

2.3 Definición de términos básicos

PWM: Por sus siglas en inglés, significa Pulse Width modulation, traducido al español como Modulación del Ancho del Pulso. Mayormente se toma de una señal de pulso cuadrada, cada pulso efectuado se considera como ciclo de trabajo, en el cual consiste en variar el periodo entre encendido y apagado, algo así como en un ON Y OFF, esta práctica se usa mayormente para controlar intensidad de luz, como también en la modulación de velocidad de motores.

PIC: Es un dispositivo con similitud a un circuito integrado, formado por una unidad de procesamiento CPU, como también memorias RAM y ROM, sus puertos se pueden configurar como entradas/salidas y periféricos, formando un dispositivo con gran variedad de aplicaciones.

Motor Universal: Son un tipo de motor caracterizado por funcionar tanto con corriente DC como corriente AC, usados mayormente en aparatos electrodomésticos, tienen un par muy alto y pueden lograr grandes velocidades.

RPM: Revoluciones Por Minuto es una unidad de frecuencia que indica el número de vueltas que da un eje de un motor, se puede medir mediante un tacómetro, en función del millar de revoluciones.

Semiconductor: Es un elemento que se puede comportar como conductor o como aislante, compuestos por elementos como Silicio y Germanio en su mayoría, se puede alterar sus propiedades eléctricas en función al campo eléctrico o magnético.

Acabado Texturizado: Usado en su mayoría para mejorar la estética tanto visual como la estructural de un muro, existen una gran variedad de acabados texturizados, en donde se pueden usar pastas texturizadas para mejorar su diseño.

ADC: Convertidor análogo digital del PIC18f2550 de forma simplificada

TAD: Unidad de tiempo en función al periodo de oscilación de trabajo del PIC18F2550.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación tecnológica tiene como objetivo adaptar el conocimiento científico para la solución de diferentes problemas que beneficien a la sociedad. Sus alcances son experimental y aplicada. (Espinoza Montes, 2010)

El presente trabajo tiene el tipo de investigación tecnológica dado que parte de punto crítico que genera problema y necesidad en la construcción, además de mejorar este proceso mediante un proceso de investigación e innovación para crear una maquinaria que satisfaga este punto, y mejore el proceso de texturizado.

3.2 Alcance de investigación

El alcance de investigación aplicada tiene como objetivo adaptar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías que sean aplicadas de manera inmediata en la solución de los problemas de la sociedad. (Espinoza Montes. 2010)

El presente trabajo tiene el alcance de investigación aplicada dado que conocimientos adquiridos en el diseño, creación de planos 2d y 3d, simulación sin/con cargas, son usados para diseñar un equipo de mano para acabados texturizados, en la investigación se aplicarán conceptos teóricos para diseñar una maquinaria, para su futura creación, al plasmar dichos conocimientos en un ambiente real, donde se aproximaron los resultados mediante simulaciones, así sustentando el alcance aplicado de la investigación.

3.3 Metodología aplicada al desarrollo de la solución

Metodología de Diseño VDI 2221: Los métodos de diseño fueron creados con el fin de ordenar y acelerar la actividad creadora del diseñador, actualmente existen muchos métodos, pero todos tienen puntos en común que se puede apreciar en las variaciones de su aplicación. (Barriga Gamarra, 2016) Se toma como referencia el método VDI 2221 generalizado uno de los primeros en aparecer y optimizando cada una de sus cuatro fases las cuales son:

- I. **Comprensión de la Solicitud:** Se comprende el problema a tratar a través del diseño del producto, recursos disponibles y restricciones, en este apartado, se establecerá el problema o proceso a mejorar, junto a los requerimientos básicos y añadidos tanto por los investigadores como el usuario final.
- II. **Concepto de Solución:** Se emplean conceptos de ingeniería para buscar el resultado óptimo y el diseño más óptimo del equipo (bosquejo, forma de trabajo, materiales a utilizar). Se complementará este proceso mediante la creación de múltiples alternativas de solución con diversas fuentes de potencia como también una variedad de múltiples controladores para la interfaz de usuario con el LCD.
- III. **Elaboración del Proyecto:** Al culminar la actual etapa, se obtienen ya los planos, la lista de las piezas y los cálculos respectivos. Esto se logrará previo al diseño abstracto en cálculos y mediciones, estos datos se van a validar mediante el uso de softwares de simulación, en esta investigación se aplicará el uso de software de Autodesk Inventor, Proteus y Mikroc PRO for PIC, para el diseño de planos mecánicos, planos eléctricos-electrónicos y simulación del programa del controlador PIC respectivamente. Este proceso en parte va a validar el trabajo en los cálculos y razonamientos con la simulación en estos softwares.
- IV. **Elaboración (Ingeniería) de Detalles:** En esta etapa ya se tendrá los planos de la máquina para su fabricación y su montaje además de los cálculos utilizados, en pocas palabras ingeniería de detalle acerca del proyecto. (Barriga Gamarra, 2016). Como previamente se logró validar las

dimensiones, datos, mecanismo, la programación para el controlador y los planos de circuitado. Se logrará brindar los planos mecánicos y eléctricos , junto al código de la programación para el controlador, estos datos ya fueron previamente validados. Con estos planos ya se podrá pasar a la creación física real del prototipo.

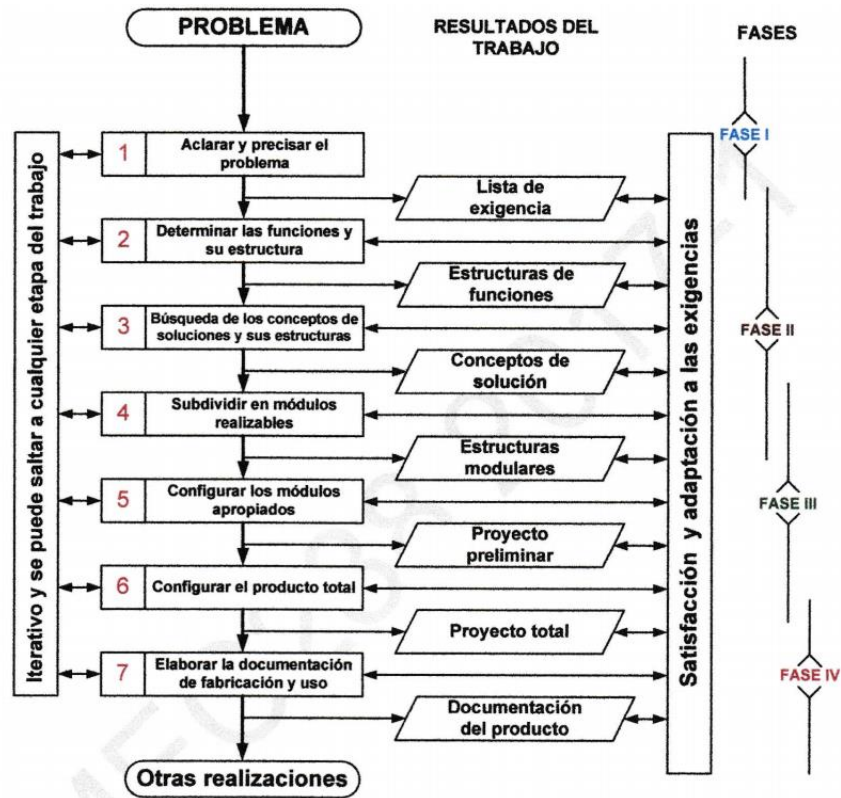


Figura 3.1 Proceso Generalizado de Desarrollo y Diseño VDI. Tomado de Manual de Metodología VDI. Por Barriga Gamarra. 2018

En la fase de comprensión de la solicitud se establece la necesidad del producto el cual es plasmado en la lista de exigencias con las exigencias y deseos de la máquina, seguido a esto se establece el concepto de solución donde se hace uso de la caja negra y se especifica las funciones parciales en la estructura de funciones, se traza cada solución en la matriz morfológica para posteriormente seleccionar la solución más óptima.



Figura 3.2. Estructura de la metodología VDI 2221. Por Gallo Torre. 2019

En esta fase algunos autores han propuesto diversas secuencias para una mejor conceptualización tanto del proceso a mejorar como también de la estructura interna y externa del prototipo, esta secuencia de pasos se puede observar en la Figura 3.2. En el caso particular de la investigación realizada , se va a plantear la aplicación de la lista de exigencias para determinar los requerimientos de la máquina para tener una buena conceptualización del diseño, la caja negra para saber el proceso final, la estructura de funciones para determinar mejor los actuadores, mecanismo, fuente de energía y controlador del prototipo, para finalmente validar mediante una matriz morfológica, y determinar el equipo más viable tanto técnica y económicamente.

Lista de exigencias: Es el primer paso para empezar con la metodología de diseño, aquí se menciona los requisitos que debe cumplir la máquina de acabados texturizados y según la prioridad de cada requisito se divide en exigencias o deseos. En la tabla inferior de elaboración propia se dispone todos los apartados que contiene la lista de exigencias.

Tabla 3.1: Modelado de la lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		Universidad Continental	Pág:
PROYECTO		Ingeniería Mecatrónica	Fecha:
Características	Exigencias o deseos	Condiciones	Responsable

Caja negra: Continuando con la metodología de diseño, se procedo con la elaboración de la caja negra donde en la parte izquierda se menciona los procesos de entradas (señales, energía y materia). Al lado derecho de la caja negra se menciona los procesos de salidas (señales, energía y materia), todo referente a la máquina para acabados texturizados.



Figura 3.3. Estructura de la Caja negra

Estructura de funciones: Se disgrega la caja negra partiendo de las funciones parciales para ver internamente cómo funciona en conjunto el sistema de acabado texturizado, manteniendo las mismas entradas y salidas. Esto ayudará a conceptualizar mejor cada propuesta de diseño con sus respectivas características.

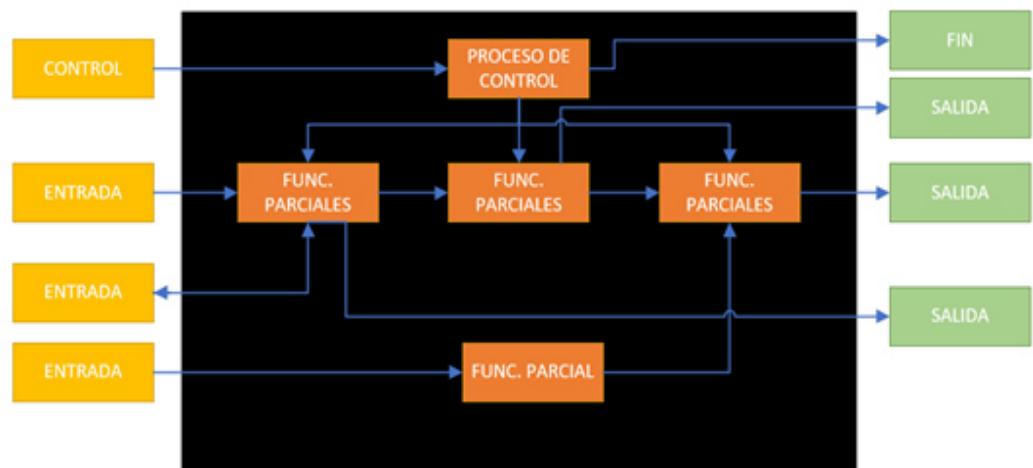


Figura 3.4. Estructura de funciones posterior a la Caja Negra

Matriz morfológica: A partir de cada función parcial se presenta la matriz morfológica que contiene alternativas de diseño, se traza la propuesta de cada función parcial para encontrar la opción más viable que debe contener la máquina herramienta de acabado texturizado de forma secuencial, en el proyecto de investigación se establecen 3 alternativas de solución.

Tabla 3.2: Matriz morfológica

FUNCIONES PARCIALES	PORTADORES DE FUNCIONES		
	PORTADOR 1	PORTADOR 2	PORTADOR 3
	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3

Análisis técnico – económico: Al contar con las 3 posibles soluciones de la máquina herramienta de texturizado se procede a escoger la más viable teniendo en cuenta las variantes de conceptos o también llamado criterios de evaluación, se asigna un puntaje a cada variante (g) y según la solución se asigna el puntaje específico (p) para obtener un resultado total y por medio de del gráfico de evaluación seleccionar la solución adecuada. Con el diseño finalmente elegido, se trabajará hasta el final de la investigación.

Tabla 3.3: Matriz de análisis técnico

Diseño Mecatrónico Valor técnico xi							Área de Diseño			
PROYECTO:										
Criterios de evaluación para diseños en fase de proyectos										
Variantes de Concepto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		Sideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
Puntaje máximo										
Valor Técnico xi										

Tabla 3.4: Matriz de análisis económico

Diseño Mecatrónico Valor económico y_i			Área de Diseño							
PROYECTO:										
Criterios de evaluación para diseños en fase de proyectos										
Variantes de Concepto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		Sideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
Puntaje máximo $\sum gp$										
Valor Económico y_i										

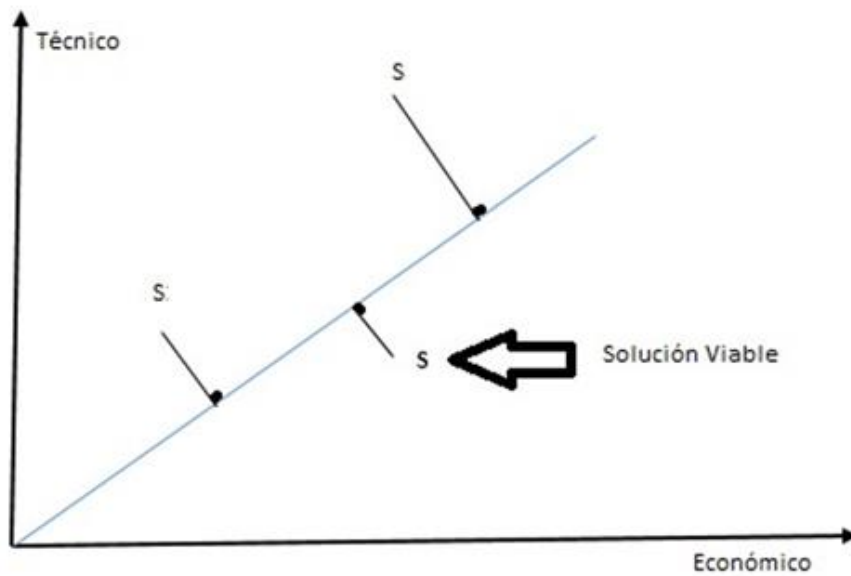


Figura 3.5. Gráfico de evaluación

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE SOLUCIÓN

4.1 Estado de Arte

EZ RENDA XP-1200

Es Una máquina de enyesado de cemento para pared interna fabricado por la compañía Ez Renda ubicada en Guangdong, China. Para el funcionamiento de la máquina se tiene que adecuar las dos columnas de soporte hasta la altura del techo, luego se posiciona delante de la pared a enyesar o tarrajear y dos trabajadores van colocando el material a utilizar como el cemento, yeso, cal, mezcla lisa, perlita o mortero de arcilla. La máquina revoca y enyesa al mismo tiempo la pared sobre la cual se está trabajando al realizar el movimiento rectilíneo de arriba a abajo por medio de las columnas de soporte. El costo puede ser muy elevador entre 2000 a 10000 dólares así que solo es usado para enyesar grandes superficies, además solo puede ser usado en interiores.



Figura 4.1 Máquina tarrajedora, de patente china. Tomada del catálogo de la página del proveedor. Por Ángel Wong, proveedor de maquinaria Ez Renda en Latinoamérica,2019

Tabla 4.1: Tabla de dimensiones y especificaciones básicas de la Ez Renda XP-1200

Dimensión (LxWxH)	1350x700x500 mm
Peso	110Kg
Velocidad de enyesado	80 - 100m ² /hora
Longitud de enyesado	1200mm
Intensidad de trabajo	2 trabajadores
Potencia	0.75KW

Tomado del Catálogo de Ez Renda XP-1200

Hongang Hg211

Es una máquina revocadora portátil para proyectar cemento, mortero o revestimiento de masilla para paredes en interiores y exteriores fabricado por Gingkedeou ubicada en Shanghai, China. El funcionamiento de la máquina se realiza por medio de una válvula que acciona el compresor de aire ubicado en el mango y dispara o pulveriza la mezcla a la pared a tarrajear través de los agujeros ubicados en la tolva. Al ser de dimensiones modestas tiene poco peso y fácilmente puede ser usado por un trabajador de construcción.



Figura 4.2 Máquina revocadora Hongang Hg211. Tomada del catálogo de la página del proveedor Hongang

Tabla 4.2: Tabla de dimensiones y especificaciones básicas de la Revocadora Hongang Hg211

Dimensión (LxWxH)	78x24x23 mm
Peso	2.05Kg
Tipo de material	acero inoxidable
Potencia	4KW

Tomado del Catálogo de Especificaciones Hongang HG211

Truper PITI - 687

Es una pistola de tolva para texturizado fabricado por Truper ubicada en Jilotepec, México. El funcionamiento de la pistola es colocar el texturizado en la tolva y por medio de un compresor de aire sale disparado el material por la boquilla de la pistola, el único tipo de texturizado que puede realizar la pistola es el escarchado o salpicado que tiene la forma de montículos de material esparcidos en toda la pared. Esta pistola también puede funcionar como pistola de pintar debido a la regulación de diámetro de la boquilla.



Figura 4.3 Izquierda: Pistola Tipo Tolva Truper para texturizados escarchados. Derecha: Aplicación de escarchado con la pistola Truper PITI 687

Tabla 4.3: Tabla de dimensiones y especificaciones básicas de la Pistola Truper PITI 687

Presión de aire	40 - 90 PSI
Peso	1.6Kg
Diámetros de la boquilla para el texturizado	Fina: 5mm Media: 6mm Gruesa: 8mm

Tomado del Catálogo de Especificaciones Truper PITI 687

4.2 Identificación de la estructura optima

4.2.1 Lista de deseos y exigencias

Esta lista brinda los deseos o exigencias que la maquina debe satisfacer, fuente a un breve listado a los requerimientos básicos en una maquina ligera de construcción, como también a base del aporte de algunas personas afines a la construcción.

Tabla 4.4: Tabla de Lista de Exigencias y Deseos

LISTA DE EXIGENCIAS			
PROYECTO: Diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento		UNIVERSIDAD CONTINENTAL	FECHA:
		Elaborado por: -Ojeda Poma Alan Saul - Antialon Barrera, Manfrin Pool	
FECHA (cambios)	DESEO O EXIGENCIA	DESCRIPCION	RESPONSABLE
31/08/20	E	FUNCION PRINCIPAL: Realización del acabado de paredes (texturizado) con concreto a través de una maquina ligera.	ANTIALON BARRERA MANDRIN POOL
10/09/20	E	MATERIA PRIMA: La materia prima estándar para la realización del empastado de las paredes será el concreto, premezclado entre cemento, arena y agua.	OJEDA POMA ALAN SAUL
21/09/20	D	FUERZA: La fuerza de impacto debe ser la necesaria para lograr un texturizado sin errores, además de poder calibrar dicha fuerza con el PWM.	OJEDA POMA ALAN SAUL
10/09/20	E	SEGURIDAD: La máquina deberá contar con carcasa aisladora de peligro y de componentes eléctricos.	ANTIALON BARRERA MANDRIN POOL
15/09/20	D	COSTOS: El costo total del prototipo no deberá superar los 300 soles en un caso hipotético, es necesario hacerlo lo más económico posible.	OJEDA POMA ALAN SAUL

16/09/20	E	SEÑALES: La máquina deberá contar con una pantalla LCD que indique el porcentaje de velocidad en tiempo real.	ANTIALON BARRERA MANDRIN POOL
30/09/20	D	FABRICACION: La máquina debe ser diseñada para que la fabricación pueda ser realizada en cualquier taller con equipamientos normales, además de que las partes de la máquina que estén en contacto con el concreto tengan que ser de material inoxidable para su optima ejecución y evitar futuros problemas.	OJEDA POMA ALAN SAUL
05/10/20	E	ENERGÍA: El suministro de energía es esta limitado a el uso de fuentes de energía comunes, como corriente monofásica 220V o baterías.	ANTIALON BARRERA MANDRIN POOL
15/10/20	D	DIMENSIONES Y PESO: La longitud máxima de la maquina no deberá superar los 30 cm de ancho, 40 cm de largo y 40 cm de altura. El peso debe ser no mayor a 4 kg.	ANTIALON BARRERA MANDRIN POOL
17/09/20	D	MANTENIMIENTO: La máquina debe ser diseñada para hacerle futuros cambios tanto de piezas como de accesorios, de fácil desarme y rearme.	OJEDA POMA ALAN SAUL
18/09/20	E	CONTROL: La máquina debe ser realizada con un controlador capaz de trabajar con pantalla lcd como también con entradas analógicas simultáneamente.	OJEDA POMA ALAN SAUL
14/09/20	E	AUTOMATIZACIÓN: La máquina deberá tener un sistema de regulación de velocidad , junto a una interfaz de control.	OJEDA POMA ALAN SAUL

4.2.2 Caja Negra

En este apartado se consideran las entradas y salidas de la maquinaria en general, entre las magnitudes más representativas se toma en cuenta son: materia, energía e información. Su estructuración se encuentra en la figura 4.1.

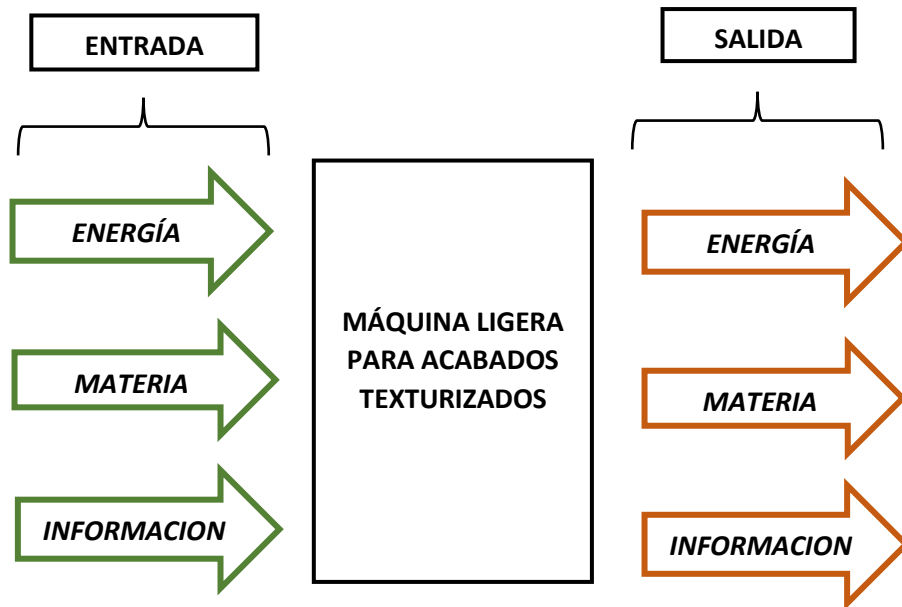


Figura 4.4 Estructura de la Caja Negra del Diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento

4.2.2.1 Entradas

INFORMACION:

- Perilla Del variador de velocidad en el parámetro deseado

ENERGÍA:

- Energía eléctrica 220v para accionar el motor como también para el circuito de potencia para el microcontrolador.

MATERIA:

- Preparar la mezcla de cemento deseada para ser compactada por la máquina.
- Molde de silicona con el diseño a estampar.

4.2.2.2 Salidas

INFORMACION:

- Visual del LCD donde muestra el porcentaje de velocidad, en tiempo real

ENERGÍA:

- Calor
- Ruido y Vibraciones

MATERIA:

- Diseño estampado en la superficie de cemento.

4.2.3 Estructura de Funciones

La función principal de la máquina de acadios texturizados es realizar un movimiento lineal en forma de estampado donde la velocidad y fuerza se va a controlar con el variador de velocidad, junto a la información mostrada en el LCD. Para lograr esta labor se divide las funciones en lo mostrado en la Figura 4.5. Además de subdividirlo en los parámetros de un sistema mecánico, eléctrico-electrónico y de control.

4.2.3.1 Funciones Parciales

- **Suministro de Energía:** La máquina debe tener un suministro de energía eléctrica, esta energía alimentara al controlador como a los actuadores internos de la máquina.
- **Controlador:** El controlador es el encargado de procesar una entrada tipo analógica para mostrar dicha información procesada en una pantalla, este controlador va a operar mediante un control de tipo abierto sin retroalimentación, sin sensores.
- **Mostrar Datos:** En este apartado consta de mostrar tanto la potencia real del motor, como también el porcentaje de velocidad, del motor en tiempo real, esta información se actualizará constantemente.
- **Variador de Velocidad:** Esta función consta de poder variar la velocidad de giro del motor o fuente de energía mecánica, para así un mejor control del proceso de Texturizado.

- **Suministro de Energía mecánica:** Significa que la maquina tiene un suministro de energía mecánica (motor), que será procesada mediante los diversos mecanismos de la máquina.
- **Accionado de la Maquina:** La máquina debe contar con dispositivo accionador, esto para encender tanto el mecanismo, el controlador y los sub circuitos internos de la máquina.
- **Mecanismo de Recorrido Lineal:** La máquina debe procesar el suministro de energía mecánica en un mecanismo de tipo vaivén, que al final es el encargado de estampar el diseño en la superficie.
- **Agarre del Molde de silicona:** La máquina debe tener un mecanismo y un elemento que sujete el molde, esto debe ser lo más factible y fácil de desmontar para poder cambiar otro molde, además de ser seguro y fiable.

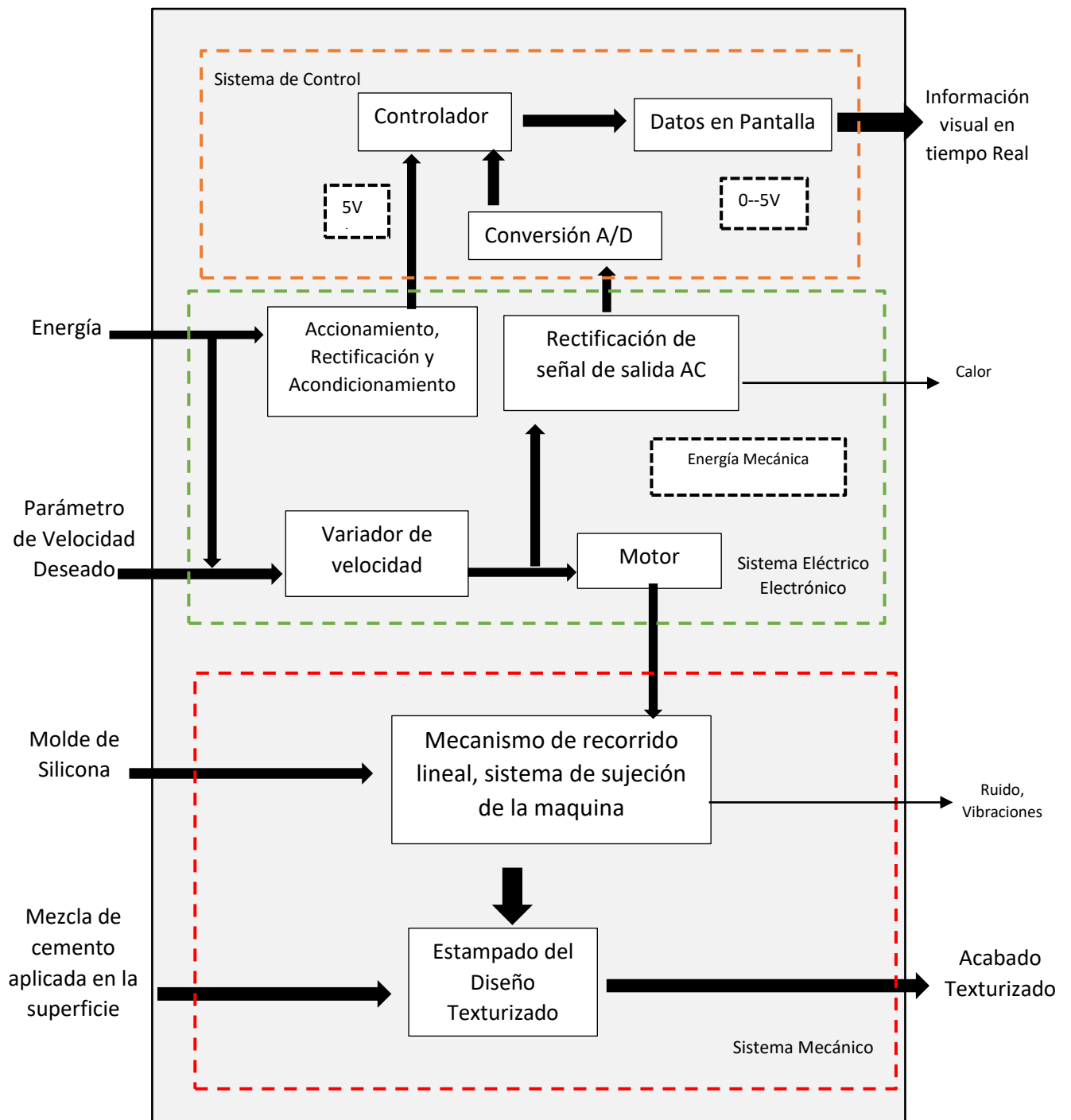











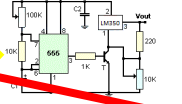







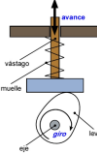
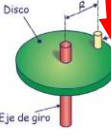
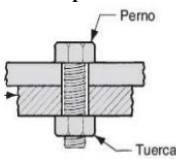

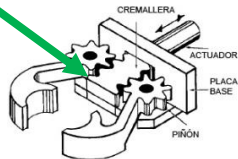
Figura 4.5 Estructura de Funciones del Diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento

4.2.4 Matriz Morfológica

En esta matriz se va a tomar en cuenta la realización de tres variables de solución con sus respectivas funciones, pero cumpliendo la estructura de funciones previamente expuesta.

El fin de este análisis es determinar el diseño óptimo para la maquina siguiendo la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Matriz Morfológica de la máquina ligera para acabados texturizados

Funciones parciales	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	Suministro de Energía	Corriente Alterna 	Baterías DC 
Controlador	Arduino Uno 	PIC 	Nano PLC 
Mostrar Datos	Hitachi HD44780/2x16 	GLCD/128x64 	LCD 4X20V/4x20 
Variador de Velocidad	Variador de Velocidad PWM AC 	Circuito Variador de Velocidad DC 	Válvula Limitadora de Presión 
Suministro de Energía Mecánica	Motor DC 	Motor Neumático 	Motor Universal 
Accionamiento de la Máquina	Pulsador 	Interruptor 	Pedal 
Mecanismo de Recorrido Lineal			
Agarre del molde de Silicona	Empernado 	Sujetado 	Mecanismo de Agarre 

4.2.4.1 Bocetos de conceptos de solución.

- **Alternativa 1:** Esta alternativa tiene como única fuente de energía, una fuente 220v, cuenta con un motor universal de poca RPM, además de un controlador PIC, que es capaz de cumplir muchas tareas simultaneas, además de ser económico y ligero, además de ello el mecanismo principal es del tipo Biela Manivela. En la Figura 4.6 se describe pictóricamente las características de la alternativa.

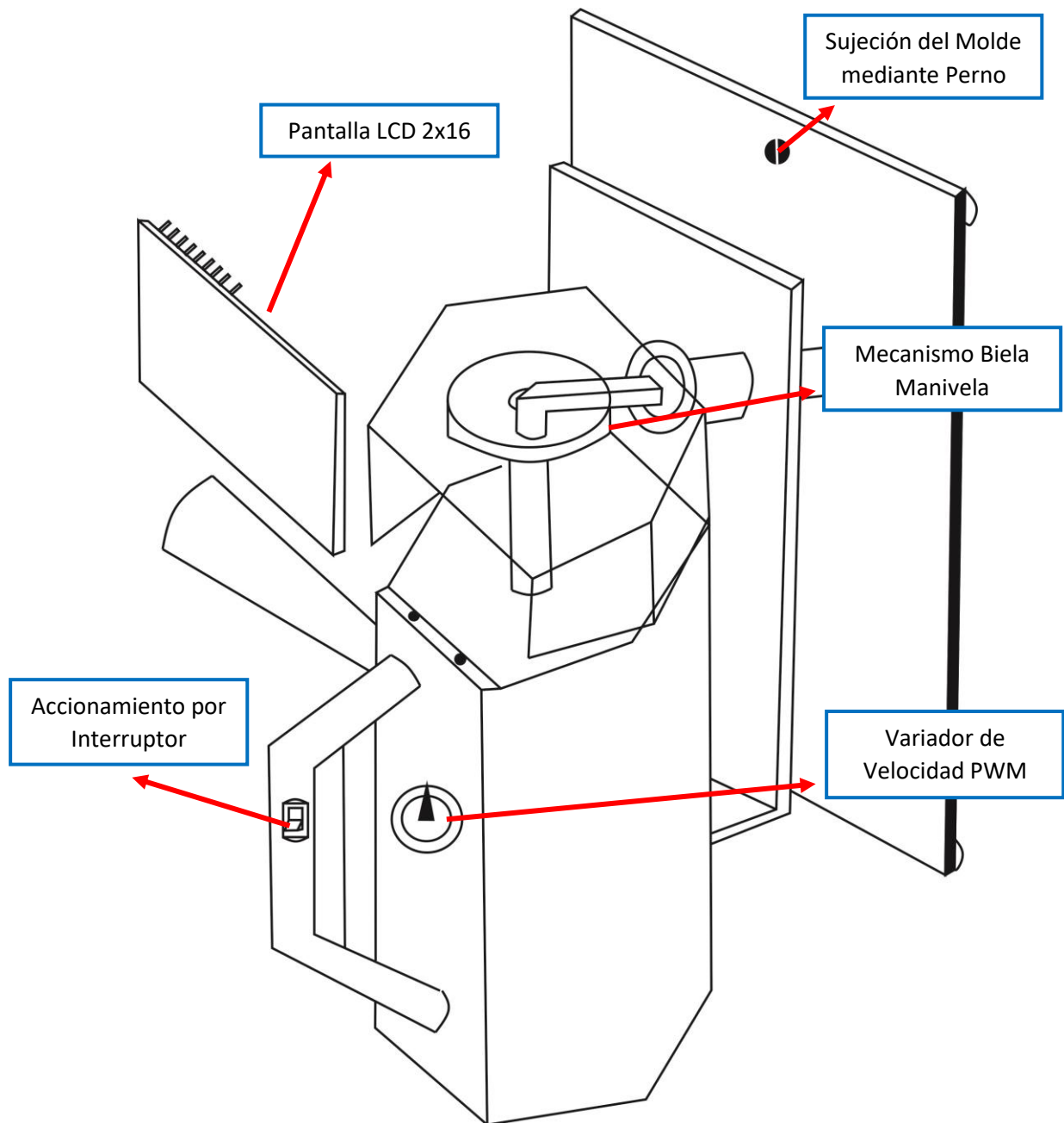


Figura 4.6 Boceto pictórico de la Alternativa de solución 1

Esta alternativa cuenta con un controlador PIC que en función al variador de Velocidad PWM y el procesamiento de datos en un LCD 2x16, logra brindar dichos datos, este sistema se complementa con un sistema de rectificación para el subintro de energía tanto al motor universal como al sistema de control. En la Figura 4.7 se representa dicho sistema de forma Pictórica.

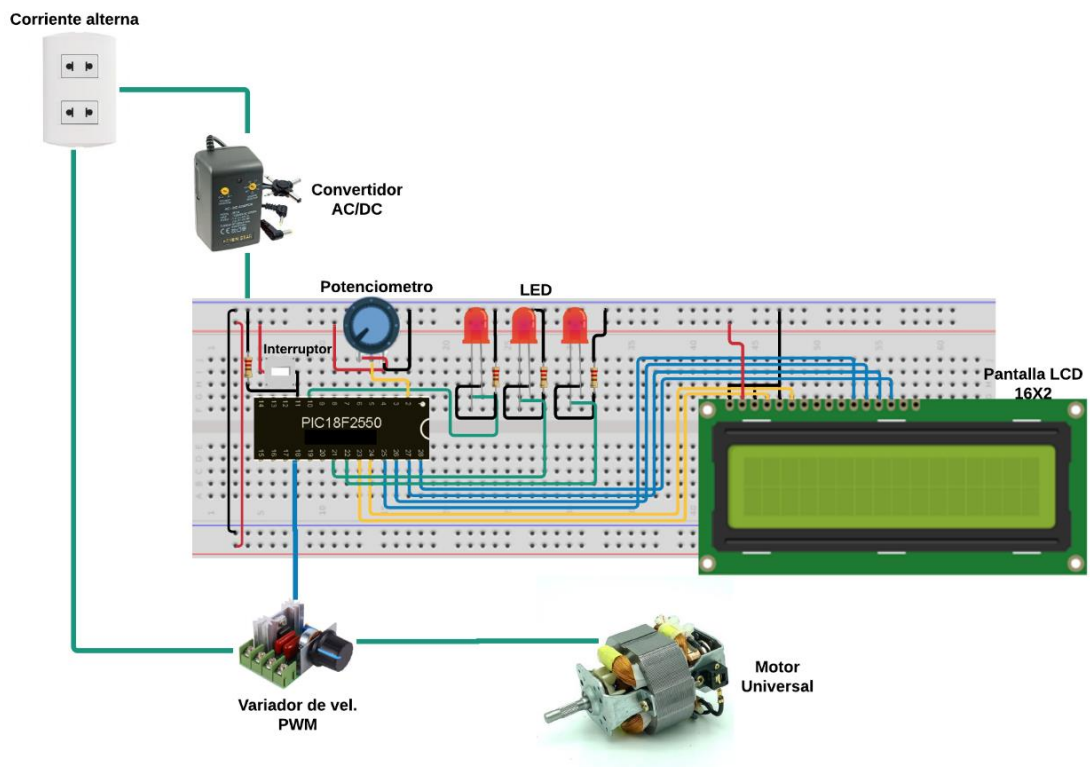


Figura 4.7 Circuito pictórico del sistema de Control y rectificación de la alternativa de solución 1

- **Alternativa 2:** Esta alternativa parte del suministro de baterías internas del equipo, lo que lo hace más portátil, la fuente de energía mecánica en un motor DC de poca potencia, como sistema de control parte de un nano PLC compacto. Además parte de un mecanismo de movimiento lineal tipo levas. En la Figura 4.8 se describe pictóricamente la alternativa de solución número 2.

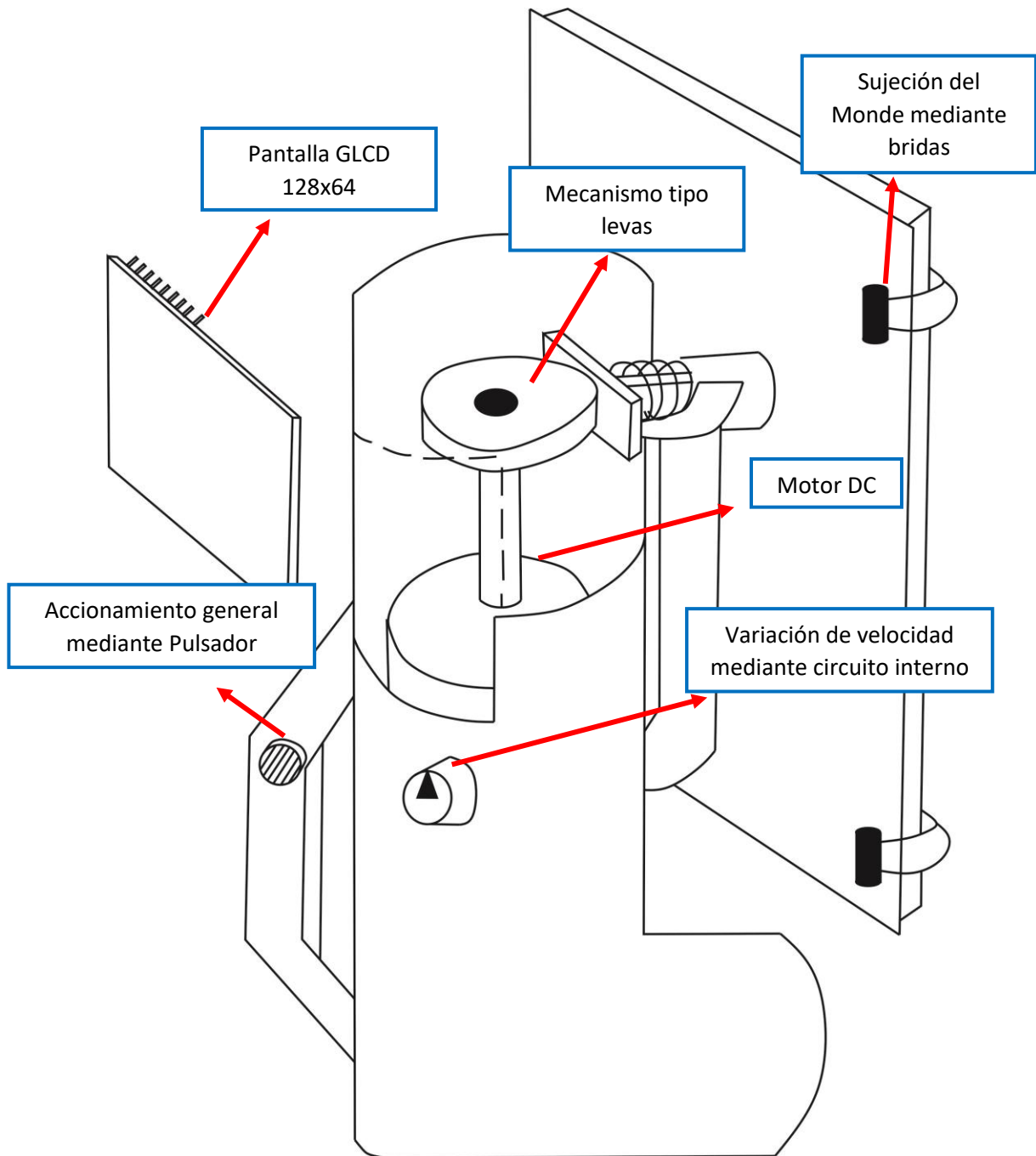


Figura 4.8 Boceto pictórico de la Alternativa de solución 2

Este sistema cuenta con un controlador PLC con un suministro de energía de Baterías DC, por este motivo no será necesario usar un circuito rectificador, ya que todo el sistema trabajará con corriente continua, este sistema será accionado por un pulsador para encender o apagar la máquina, además de tener un GLCD como alternativa para mostrar los datos. Para variar la Velocidad se cuenta con un circuito de variador de velocidad DC. En la figura 4.9 se muestra la representación pictórica de este sistema.

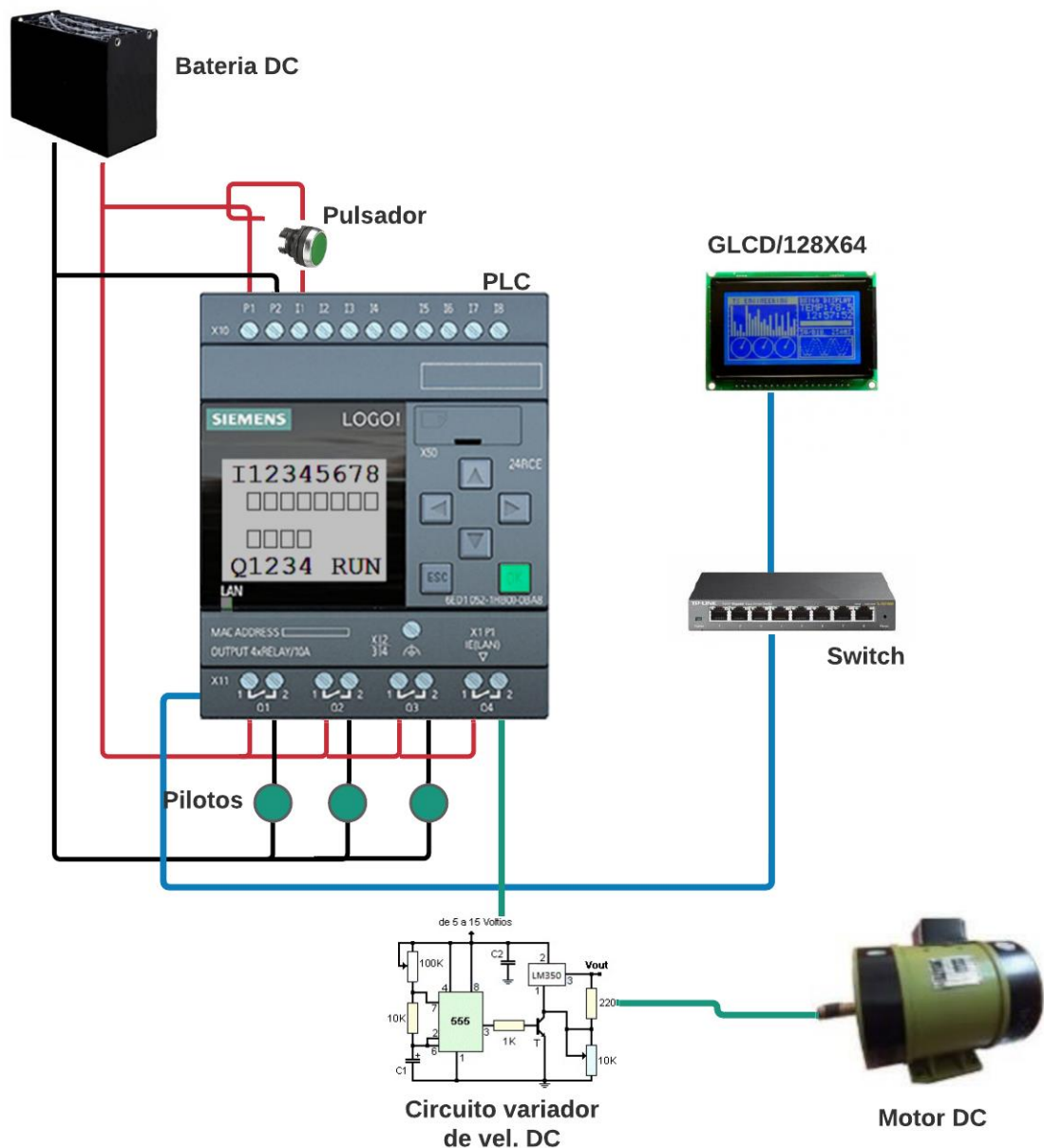


Figura 4.9 Boceto pictórico del sistema de control de la alternativa de solución 2

- Alternativa 3:** Esta última opción obtiene dos fuentes de energía, empezando por un suministro en corriente continua de paneles fotovoltaicos. El motor, el sistema de sujeción y la regulación de velocidad se hace mediante energía neumática procedente de un compresor. En la Figura 4.10 se hace una representación pictórica junto a las características principales de la alternativa de solución 3.

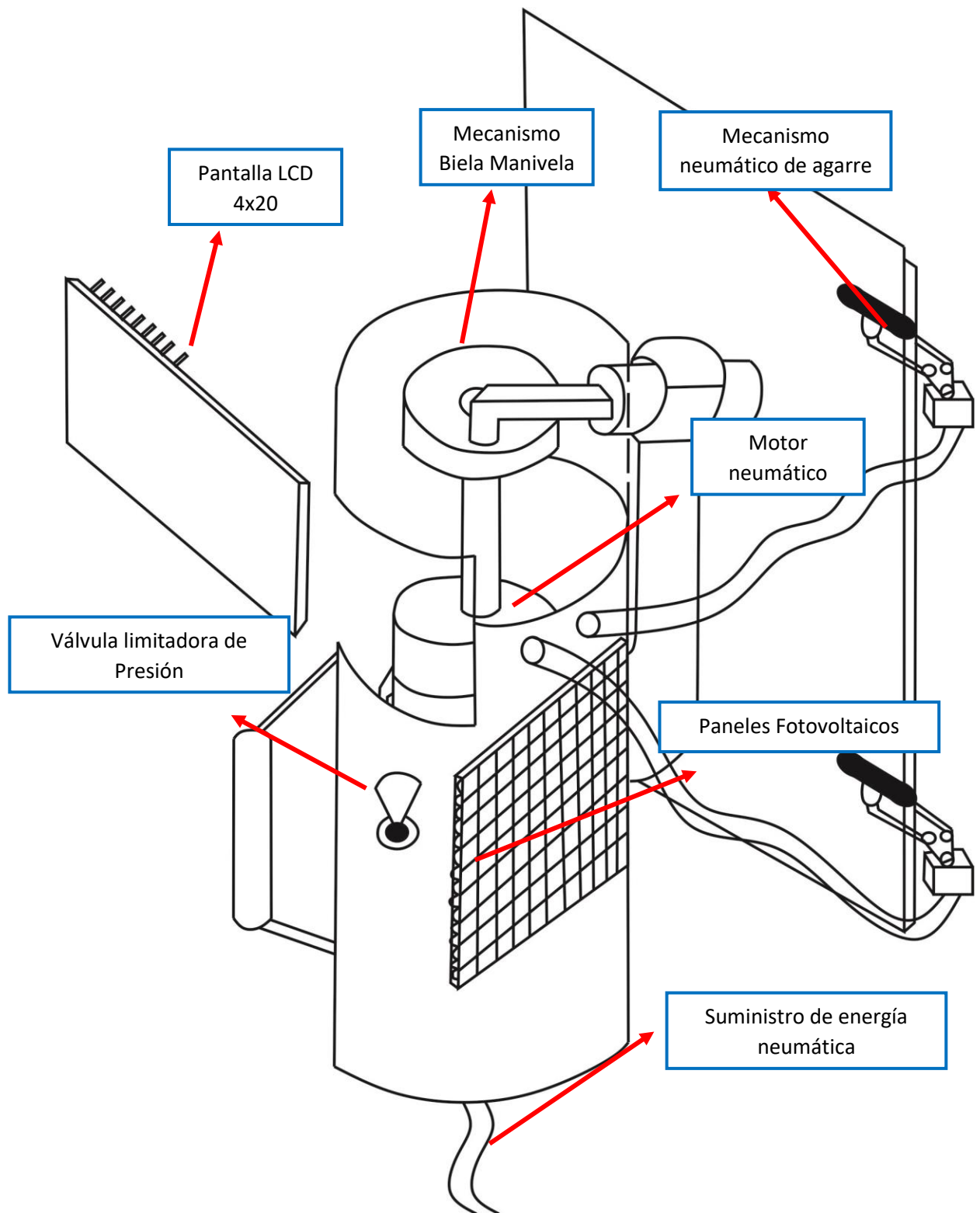


Figura 4.10 Boceto pictórico de la Alternativa de solución 3

En esta alternativa cuenta con un sistema de control usando un controlador Arduino basando en una fuente de energía con paneles Fotovoltaicos, este sistema solo acciona a la válvula neumática la cual trabaja con un motor neumático con energía neumática procedente de un compresor, para mostrar los datos este controlador usa un LCD 4x20, además de ser accionado neumática y eléctricamente por pedal. En la Figura 4.11 se muestra una representación pictórica del sistema de control de la alternativa de solución 3.

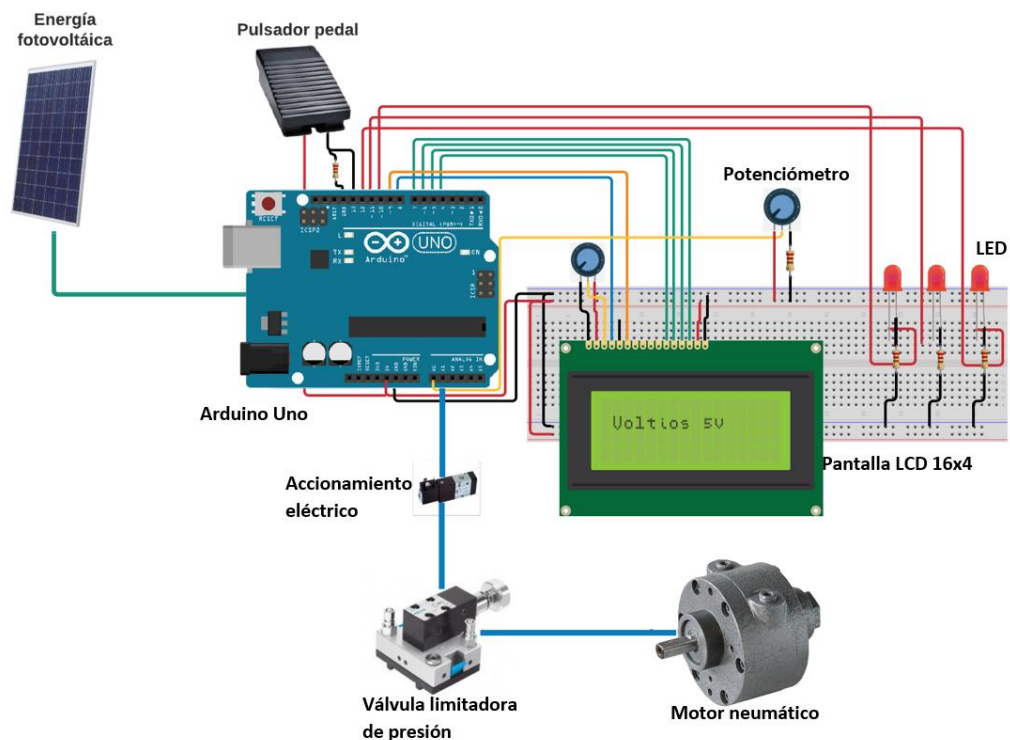


Figura 4.11 Boceto pictórico del sistema de control de la alternativa de solución 3

4.2.5 Análisis Técnico- Económico

Luego de presentar los tres prototipos y dar sus respectivas descripciones se harán unas tablas de valoración para sí definir cuál prototipo cumple las expectativas y requerimientos necesarios.

Se presenta la evaluación de proyectos preliminares en dos tablas, tabla de valoración técnica y tabla de valoración económica. Se tienen las siguientes consideraciones:

- p: puntaje de 0 a 4 / 0= No satisface, 1= Casi aceptable, 2= Suficiente, 3= Bien, 4= Muy bien (ideal)

- g: el peso ponderado está en función de los criterios de evaluación (1 al 9)

Se hace el diagrama de evaluación de proyectos preliminares en el cual se da a conocer la alternativa que tenga el mejor valor técnico o económico similar a la estructura óptima

El desarrollo de las alternativas de solución, así como la elección de la mejor alternativa de solución queda evidenciada en las tablas 4.6 y en la 4.7, como la tabulación del resultado final en la figura 4.6

Tabla 4.6: Evaluación Técnica

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS Valor Técnico (xi)										
Proyecto: Diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento										
Evaluación de diseño en la fase de proyecto preliminar										
Variantes de Proyectos			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa Ideal	
Nro.	Criterios	peso(g)	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función	3	3	9	1	3	1	3	4	12
2	Diseño	4	3	12	2	8	3	12	4	16
3	Seguridad	4	2	8	3	12	2	8	4	16
4	Ergonomía	2	1	2	1	2	2	4	4	8
5	Fabricación	4	3	12	2	8	2	8	4	16
6	Montaje	3	3	9	2	6	1	3	4	12
7	Tamaño	5	4	20	1	5	1	5	4	20
8	Automatización	4	2	8	2	8	4	16	4	16
Puntaje máximo		29	21	80	14	52	16	59	32	116
valor Técnico Y1			0.69		0.45		0.51		1	

Tabla 4.7: Evaluación Económica

DISEÑO MECÁNICO - EVALUACIÓN DE PROYECTOS Valor Económico (yi)										
Proyecto: Diseño de una máquina ligera para acabados texturizados en superficies planas de cemento										
Evaluación de diseño en la fase de proyecto preliminar										
Variantes de Proyectos			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa Ideal	
Nro.	Criterios	peso(g)	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Motor	5	4	20	2	10	1	5	4	20
2	Eje	5	4	20	1	5	2	10	4	20
3	Disco	3	4	12	2	6	2	6	4	12
4	Carcasa	4	1	4	2	8	1	4	4	16
5	Accesorios	2	1	2	3	6	1	2	4	8
6	Material	5	1	5	2	10	2	10	4	20
7	Control	5	2	10	3	15	3	15	4	20
8	Mantenimiento	3	3	9	1	3	2	6	4	12
Puntaje máximo		29	20	82	16	63	14	58	32	128
Valor Económico X1			0.64		0.49		0.45		1	

Para el paso final se tabulan los diversos resultados en la tabla para procesarlos en la figura.

Tabla 4.8: Puntos Críticos de la Evaluación.

	X Valor Técnico	Y Valor Económico
Alternativa 1	0.69	0.64
Alternativa 2	0.45	0.49
Alternativa 3	0.51	0.45
Alternativa Ideal	1	1

En la figura 4.12 se muestra que la alternativa 1 es la que se aproxima más a la alternativa ideal, así que será la elegida para llevar a cabo el diseño.

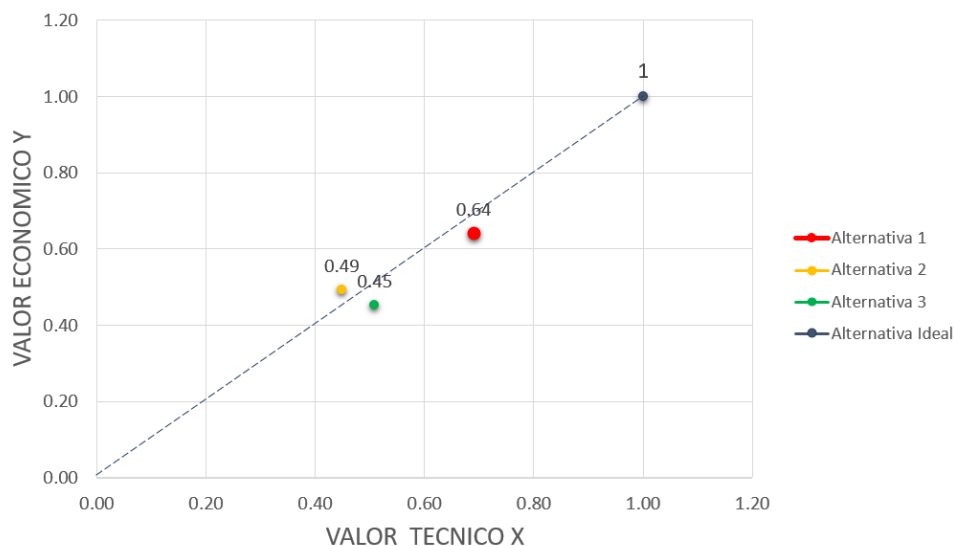


Figura 4.12 Tabulación Final del Análisis Técnico Económico.

4.2.6 Definición de la solución Óptima

De acuerdo al diagrama de tabulación de las diversas alternativas, se muestra que la mejor alternativa para llevar a cabo el diseño es la alternativa 1.

Este diseño tiene la ventaja de tener solo una fuente de alimentación, un controlador barato y de poco consumo de energía, un variador de velocidad más económico y de confiable desempeño, mecanismo más práctico, y un sistema de agarre más sencillo para su constante cambio. Estos factores en general determinaron su destaque entre las otras alternativas.

Esta solución empieza accionándose mediante un interruptor para el flujo de energía hacia un circuito rectificador AC/DC como también para el variador de velocidad, que en función al parámetro de velocidad suministrara dos entradas , uno hacia el motor universal y otro hacia el circuito de rectificación de señal para el controlador, este controlador al funcionar como un sistema de lazo abierto, procesara la señal analógica para mandar dicha información al LCD , en tiempo real, además de estar funcionando el dispositivo a la par, estampado el diseño en un sistema de agarre mediante perno, para un agarre seguro y de fácil desmontaje.

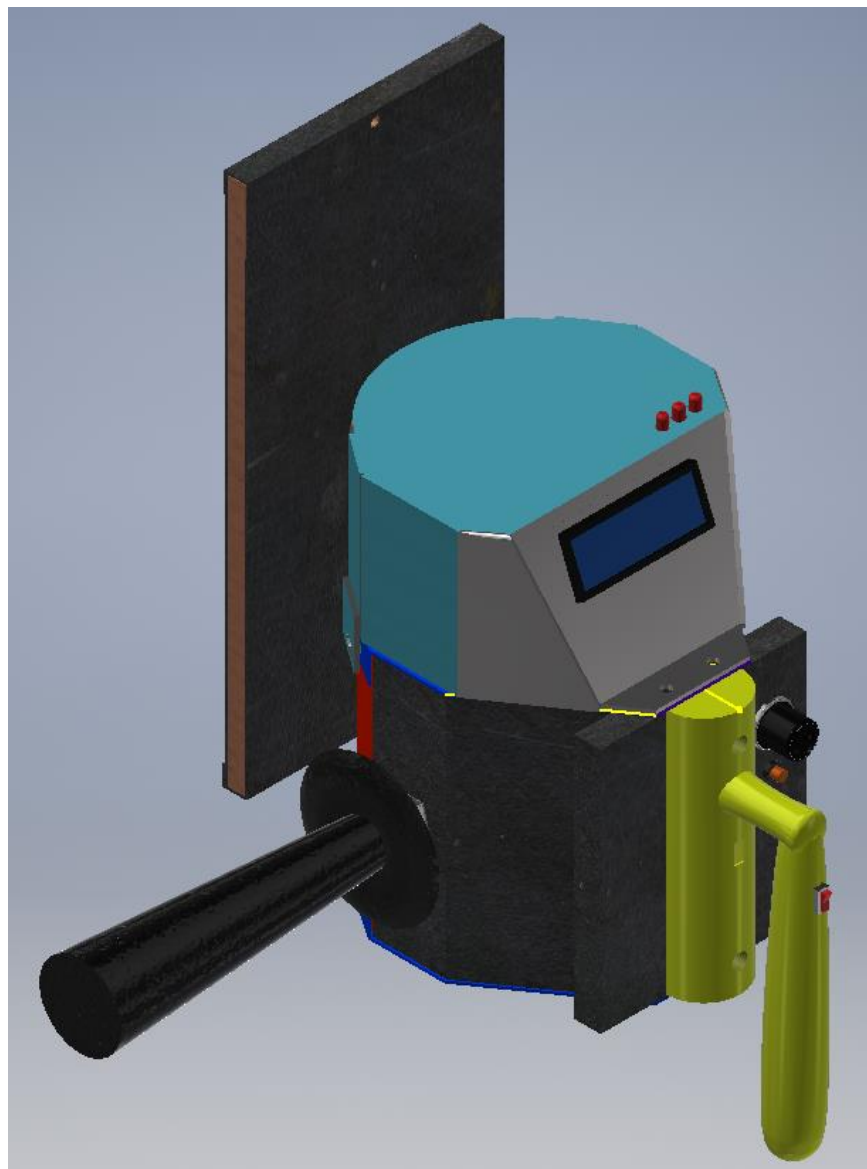


Figura 4.13 Solución óptima basado en la alternativa de solución 1, ensamblada en el software de Autodesk inventor

En la Figura 4.14 se muestra la conceptualización del circuito del sistema de control de la alternativa de solución 1, en el Software de Proteus.

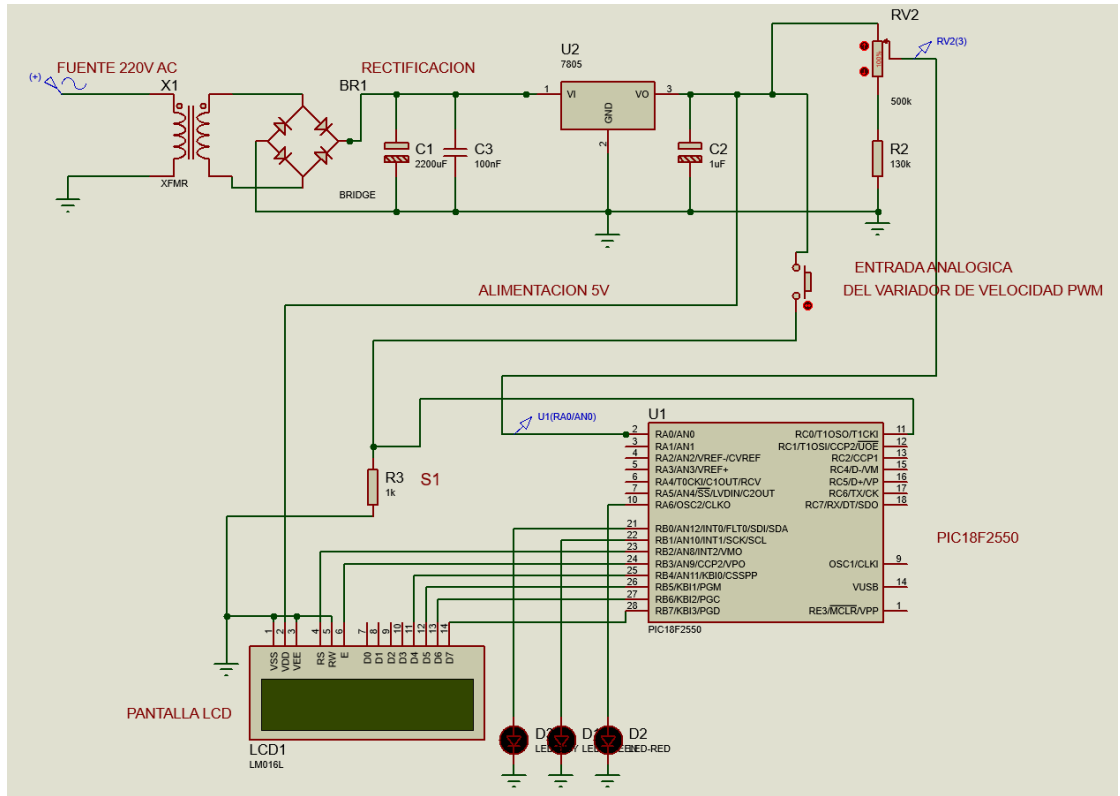


Figura 4.14 Solución óptima del sistema de control basado en la alternativa de solución 1, simulada en el Software de Proteus

4.3 Diseño

4.3.1 Diseño Mecánico

- **Mecanismo y Fuerza de Impacto de la maquina**

La máquina está basada en un mecanismo biela manivela, lo que hace que la energía suministrada por el motor sea convertida en un movimiento tipo de vaivén, como se observa en la figura 4.14. El cálculo explicado a continuación ayudara a determinar mejor el impacto de la máquina, para ser usado en futuros procedimientos

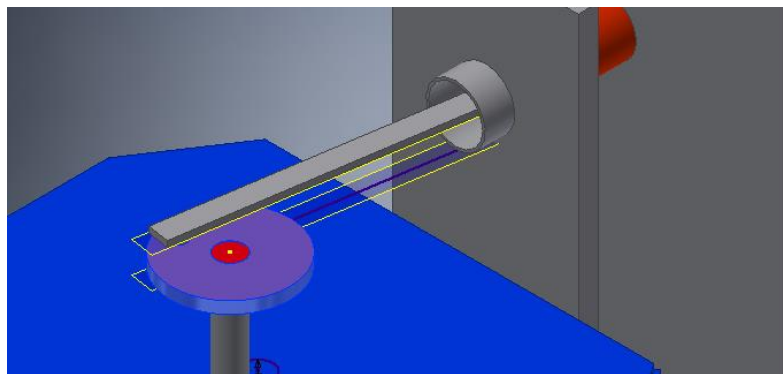


Figura 4.15 Mecanismo Biela manivela de la maquina

En primer lugar, se determina el número de grados de libertad del mecanismo, esto se logra mediante la fórmula (2.5)

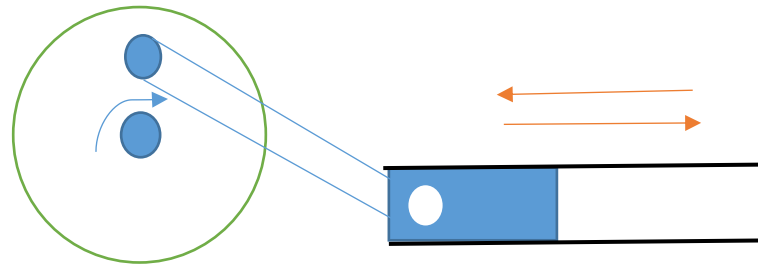


Figura 4.16 Diagrama Cuerpo Libre del Mecanismo Biela manivela de la maquina
Identificar el punto fijo (eje)/eslabones / uniones:

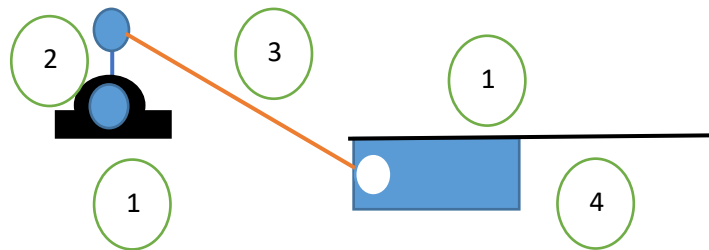


Figura 4.17 Eslabones, uniones y punto fijo del mecanismo
4 eslabones = N, 3 uniones = JP y una corredera = JP.

Grados de libertad (M):

$$M = 3(N - 1) - 2(jp) - jn \dots\dots\dots (fórmula 2.5)$$

$$M = 3(4 - 1) - 2(3 + 1) - 0 = 1$$

Conclusión: El mecanismo solo cuenta con un grado de libertad, lo que significa que solo podrá lograr un movimiento lineal en un solo eje, tal como se desea para el impacto de estampado.

Fuerza de Impacto de la maquina

Para determinar esta fuerza de impacto, es necesario determinar la potencia suministrada del motor universal, en el caso.

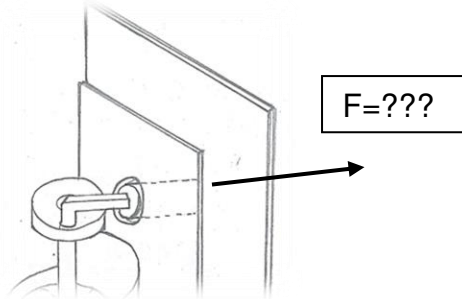


Figura 4.18 Representación Pictórica de la fuerza de impacto

Esta Fuerza será utilizada para hacer los respectivos cálculos de eje, por lo cual se desea que este sea de un buen material además de ser muy resistente, no solo para que aguante la fuerza de impacto, sino que aguante otros efectos externos, por ello, a la fuerza de impacto resultante, se le va a multiplicar con un factor de seguridad de para asegurar el eje a todo tipo de trabajo y esfuerzos externos. En esta máquina requiere un motor universal con una potencia buena, y que no tenga muchas revoluciones por minuto, el motor seleccionado está en la Figura 4.18.



Figura 4.19 Motor quemador de 150w

Datos Obtenidos que serán utilizados:

- Velocidad: 1000 rpm
- Potencia de salida: 150 Watts

Velocidad angular en el mecanismo: Para determinar la fuerza ejercida por el mecanismo de la máquina, se tiene que empezar para calcular la velocidad angular del segundo eslabón.

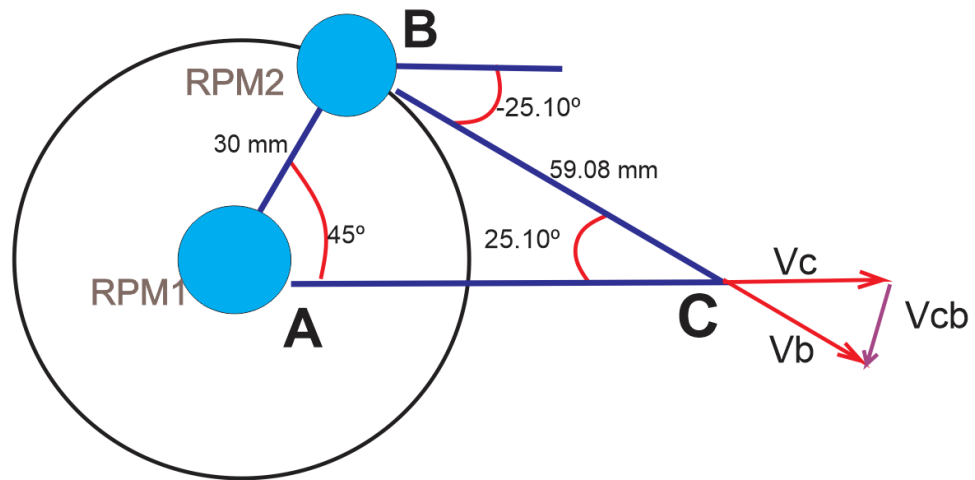


Figura 4.20 DLC del flujo de velocidades en el mecanismo biela manivela

$$RPM1 = 1000 \text{rpm} = 104 \text{ rad/s}$$

Los Ángulos a utilizar:

- En A = 45°
- En B = -25.10°
- En C = 25.10°

Primera Matriz de Velocidad en B, V_b :

$$V_b = V_a + w_1 * R_{ba} \dots \dots \dots \text{(fórmula 2.6)}$$

$$V_b = \begin{pmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & 104 \\ 3\cos(45) & 3\cos(45) & 0 \end{pmatrix}$$

Como Resultado se obtiene:

$$V_b = [220.61 i \quad 220.61 j]$$

Matriz de Velocidad en C:

$$V_c = V_b + w_2 * R_{cb} \dots \dots \dots \text{(fórmula 2.7)}$$

$$V_c = \begin{pmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & w_2 \\ 6\cos(-25.10) & 6\sin(-25.10) & 0 \end{pmatrix}$$

Como Resultado de la ecuación se obtiene:

$$V_c = [5.43 * w_2 \ i \ 2.54 * w_2 j]$$

Al finalizar eso como V_c es paralela a V_{bi} , por ello se igualan:

$$220.61 = 5.43 * w_2$$

Al acabar se obtiene la segunda velocidad angular para hacer el calculo

$$w_2 = 40.62 \text{ rads/s}$$

Por lo tanto:

$$RPM_2 = 40.62 \text{ rad/s}$$

Esta velocidad angular nos ayudara a determinar la velocidad del pistón, para luego realizar el cálculo de fuerza que va ejercer sobre la superficie.

Velocidad lineal en el pistón:

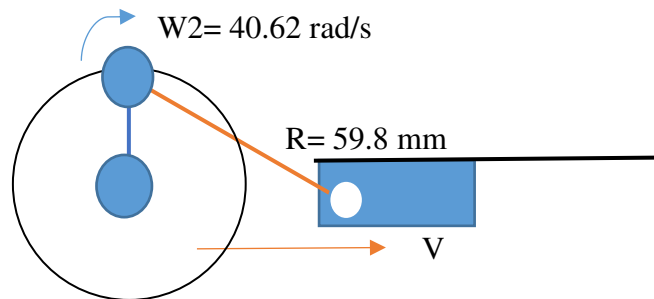


Figura 4.21 DLC del flujo de la velocidad Lineal del Pistón

$$V = w * r$$

$$v = 40.62 * 59.8 \text{ mm}$$

$$v = 2.52 \text{ m/s}$$

Calculo de la fuerza F, de Impacto:

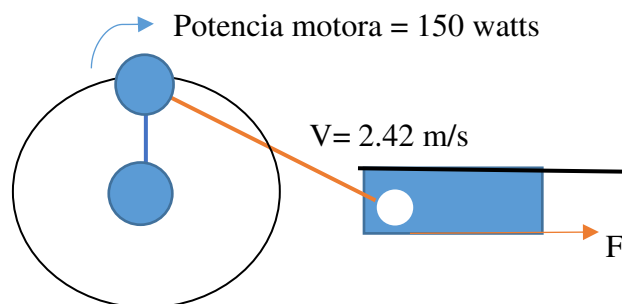


Figura 4.22 DLC del flujo de la Fuerza del Mecanismo

$$Pot = F * V$$

$$150 = f * 2.52$$

$$F = 58.42 \text{ N}$$

Por lo tanto, tenemos los siguientes resultados

Velocidad del pistón= $V = 2.42 \text{ m/s}$

Fuerza de Impacto = $F = 58.42 \text{ N}$

Conclusión: La fuerza obtenida es la cual el pistón avanza, determinamos la fuerza de estampado, así que, al aplicarla en la pared, esta nos brindara una a fuerza semejante en repesalia, así que esta fuerza debe ser aguantada por el eje, es por ello que para que soporte dicha fuerza, además de factores externos, se multiplicara dicha fuerza por un factor de seguridad de 3, para garantizar la resistencia del eje.

- **Análisis de Von Mises y Fatiga del eje**

La máquina recibe una fuerza de 58.42 N en respuesta al estampado, esta fuerza será multiplicada por un Factor de seguridad de 3 para garantizar su resistencia, esta fuerza entrará a la única polea del eje.

$F = 175.26 \text{ N}$

Diseño del Eje: El eje estará sujeto a un rodamiento(A) interno del motor, y entrará la fuerza radial previamente hallada en el cálculo de fuerza $|F = 175.26 \text{ N}$. En la Figura 4.22 se observa el eje sujeto al motor de la maquina con la polea donde se ejerce la fuerza de reacciona de 175.26 N.

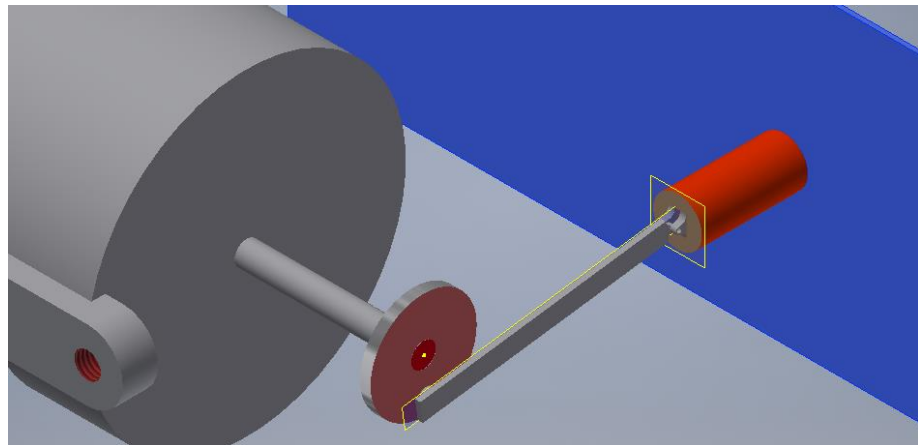


Figura 4.23 Eje sujeto en el motor junto a la polea donde se ejerce la fuerza de reacción de estampado

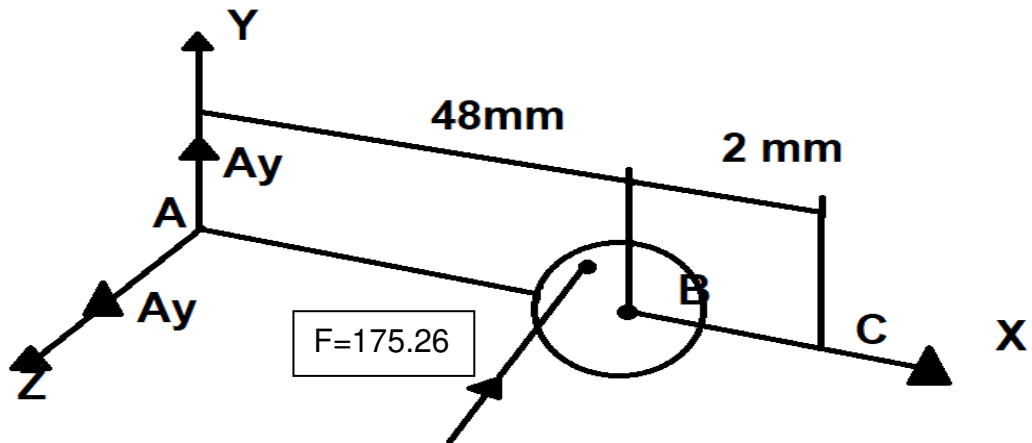


Figura 4.24 DLC de fuerzas en el eje de la Maquina

Calculo de Torsión:

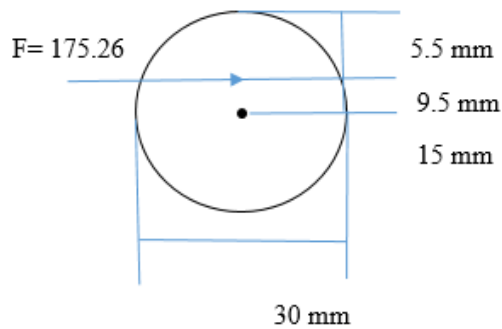


Figura 4.25 DLC de fuerzas en la polea principal de la maquina

Se hace la multiplicación de la única fuerza entrante con la distancia con el centro

Polea b (Torsión)

$$T = 175.26 \cdot 0.0095$$

$$T = 1.662633 \text{ N.M}$$

Cálculos de fuerzas en el eje XY



Figura 4.26 Fuerzas en el plano XY del eje

$A_y = 0 \text{ N}$, No hay fuerza

Cálculos de fuerzas en el eje XZ

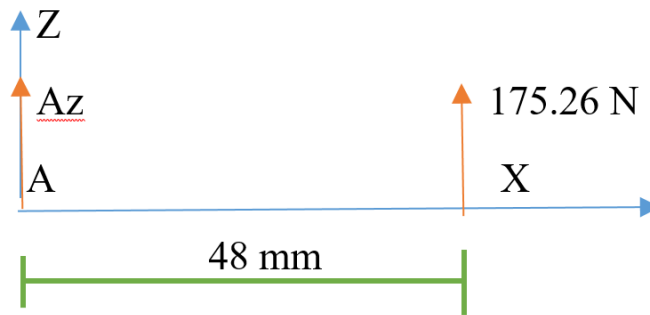


Figura 4.27 Fuerzas en el plano XZ del eje

$$\sum F_z = A_z + 175.26 = 0$$

$$A_z = -175.26 \text{ N}$$

Calculo del momento $0 < X < 48 \text{ mm}$

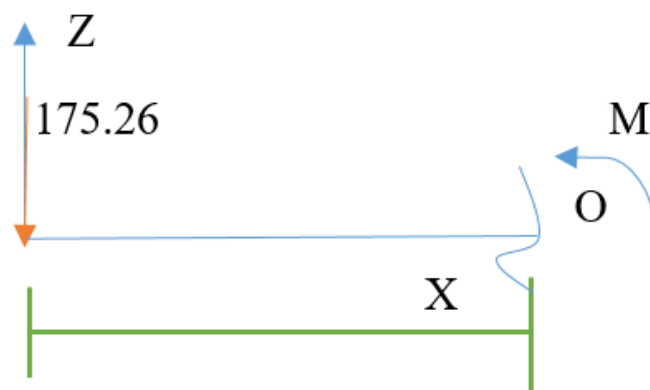


Figura 4.28 DLC en el plano XZ para hallar el momento cortante

$$\sum M_o = M + 175.014 * X = 0$$

Cuando $X=0$

$$M = -175.26 * 0 \quad M = 0$$

Cuando $X = 0.048 \text{ mm}$

$$M = -175.26 * 0.048$$

$$M = -8.40 \text{ N.m}$$

Gráfico de Momentos plano XZ:

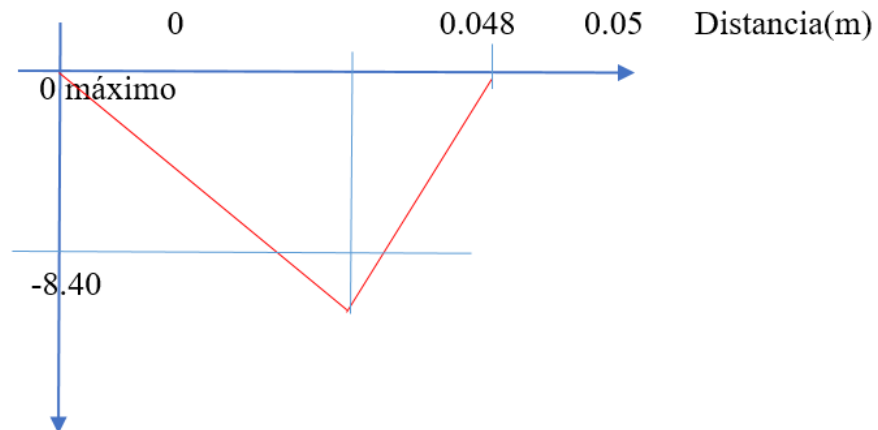


Figura 4.29 Momento Máximo en el plano XZ

Calculo de momento máximo

$$M. max = \sqrt{-8.40^2 + 0^2}$$

$$M=8.40 \text{ Nm}$$

Análisis de Von Mises:

De la Tabla se obtiene: $r/d=0.02$

$$\frac{S_y}{F_s} = \sqrt{\left(\frac{32 * M}{\pi * d^3}\right)^2 + 3 \left(\frac{16 * T}{\pi * d^3}\right)^2} \dots\dots\dots \text{(fórmula 2.1)}$$

Para el eje se usará de material, un Acero 1020 Rolado en Frio que tiene las siguientes propiedades:

- 393 Mpa = S_y
- 469 Mpa = S_{ult}
- 131 HB=Dureza

Se continuará trabajando con $F_s= 2$

Sustituyendo datos:

$$\frac{393 * 10^6}{F_s = 2} = \sqrt{\left(\frac{32 * 8.40}{\pi * d^3}\right)^2 + 3 \left(\frac{16 * 1.66}{\pi * d^3}\right)^2}$$

$$d= 6.04484592 \text{ mm}$$

Análisis Estático Con radio de muesca $r = 0.1208$ se obtiene de la Figura 4.29 para hallar la sensibilidad de la muesca q . Y de la Figura 4.30 la sensibilidad de las muescas q_{cortante} . Aplicando de las figuras 2.16 y 2.17.

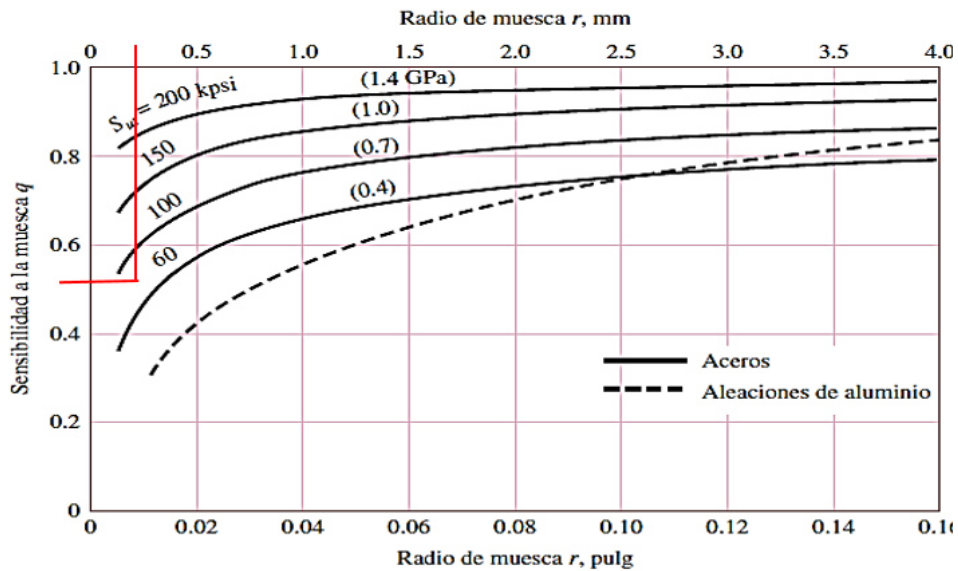


Figura 4.30 Grafico de localización de la sensibilidad de la muesca q de la maquina sometidos a flexión inversa de las cargas axiales inversas, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

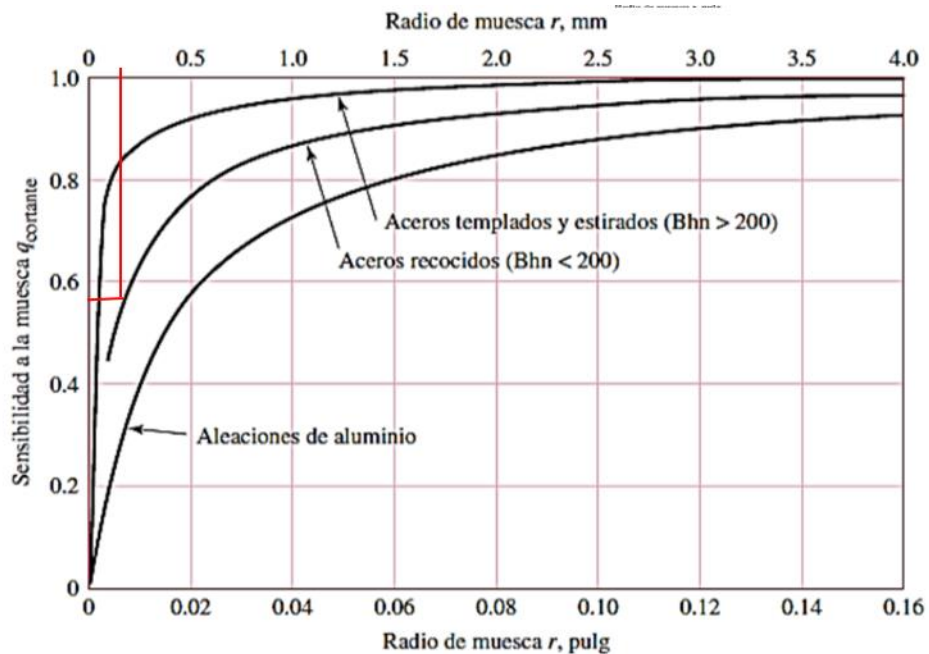


Figura 4.31 Grafico de localización de la sensibilidad de la muesca q_{cortante} de la maquina sometidos a torsión inversa, tomada del libro Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, pág. 282, por Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett novena edición, 2011.

De las figuras previas los valores de q y qc son:

- q=0.45
- qc=0.57

Aplicando en las fórmulas de Shirley para Kf y Kfs:

$$Kf = 1 - q(2.7 - 1)$$

$$Kfs = 1 - qc(2.2 - 1)$$

Hallar radio de Filete de las estimaciones de primera iteración de los factores de concentración del esfuerzo Kt. De la Tabla 2.2

$$r/d=0.002 \mid r=0.02*6.0448$$

$$r=0.120896$$

Sustituyendo en las formulas, con los datos obtenidos en las tablas:

- q=0.45
- qc=0.57

$$Kf = 1 - 0.45(2.7 - 1)$$

$$q=0.45 \text{ y } qc=0.57$$

$$Kfs = 1 - 0.57(2.2 - 1)$$

$$Kf=0.235$$

$$Kfs=0.316$$

Luego de determinar estos datos se procede a sustituirlos en la fórmula para determinar el análisis estático.

$$d = \sqrt[3]{\left[\frac{16*n}{\pi*sY} \sqrt{[4(kf * M)^2 + 3(kfs * T)^2]}\right]} \dots\dots\dots \text{(fórmula 2.2)}$$

$$d = \sqrt[3]{\left[\frac{16 * 2}{\pi * 393Mpa} \sqrt{[4(0.235 * 8.40)^2 + 3(0.316 * 1.66)^2]}\right]} * 10^3$$

$$d= 4.7176 \text{ mm}$$

ASME Elíptica, Análisis por Fatiga:

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

Para simplificar el análisis empezamos hallando Se (Limite a la Fatiga):

$Se = Ka * Kb * Se'$ (fórmula 2.4)

Factor de Superficie Ka:

En el proceso de selección de a y b , se desea hacer el eje mediante maquinado, por lo consecuente obtendremos estos datos según la Tabla 2.3:

- a=4.51
- b=-0.265
- Sult=469Mpa

Sustituyendo en la fórmula para hallar Ka según Shirley

$$Ka = aSult^b$$

$$Ka = 4.51(469)^{-0.265}$$

$$Ka = 0.8837$$

Factor de Tamaño Kb:

En el análisis previo de Von mises el diámetro del eje fue de: d=6.04484mm, este será usado para determinar Kb en la Figura 2.18:

De las condiciones y formulas el diámetro es de 2.79 a 51 mm, por lo cual se aplica las siguiente formula y condiciones.

$Kb = 1.24d^{-0.157}$ (figura 2.18)

Aplicando 6.04mm en la fórmula:

$$Kb = 1.24(6.04)^{-0.157}$$

$$Kb = 0.9349$$

Límite de la resistencia a la fatiga Se':

Del material seleccionado, bajo sus características el esfuerzo último es de:

$$S_{ult} = 469 \text{ Mpa}$$

Bajo la condición seleccionada se aplica la fórmula de la primera premisa de la Figura 2.19 la cual es:

$$S_{e'} = 0.5 * S_{ult} \dots\dots\dots \text{(figura 2.19)}$$

$$S_{e'} = 0.5 * 469 \text{ Mpa}$$

$$S_{e'} = 234500000 \text{ Pa}$$

Finalmente Hallando Se aplicando al formula 2.4:

$$S_e = K_a * K_b * S_{e'} \dots\dots\dots \text{(fórmula 2.4)}$$

$$S_e = 0.8837 * 0.9349 * 234500000 \text{ Pa}$$

$$S_e = 194158167.9 \text{ Pa}$$

Reemplazando los datos previos obtenidos en la formula simplificada, para determinar el diámetro del eje:

$$d = \sqrt[3]{\left[\frac{16 * n}{\pi} \sqrt{4 \left(\frac{k_f * M}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{k_f * S * T}{S_y} \right)^2} \right]} \dots\dots\dots \text{(fórmula 2.3)}$$

$$d = \sqrt[3]{\left[\frac{16 * 2}{\pi} \sqrt{4 \left(\frac{0.235 * 8.40}{393 \text{ Mpa}} \right)^2 + 3 \left(\frac{0.316 * 1.66}{234500000 \text{ Pa}} \right)^2} \right]}$$

$$d = 6.5720 \text{ mm}$$

Conclusión: En este largo apartado se aplicó tres métodos para deducir el diámetro del eje, este diámetro vario según el método, en fin se Eligió el diámetro de ASME Elíptica, para aplicarlo al diseño de la máquina, este diámetro de eje será redondeado a 7mm para estandarizarlo mas

- d= 6.04484592 mm Von Mises
- d= 4.7176 mm Análisis Estático
- **d=6.5720 mm** Asme Elíptica

- **Sujeción de la Maquina, Pernos**

El motor de la maquina tiene que estar sujeto al chasis según la lista de exigencias, para lograr esto se debe empernar el motor, el chasis y el sistema de agarre como se observa en la imagen, esto ayudara a mejor estabilidad.

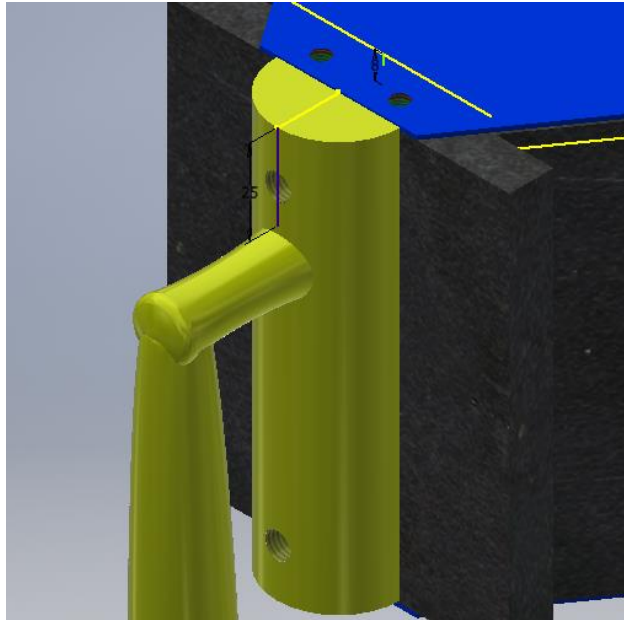


Figura 4.32 Localización de los Pernos en el chasis de la Maquina

Para ello se hace en primer lugar un diagrama de cuerpo Libre, donde se simula la posición del perno, las distancias y el peso del equipo.

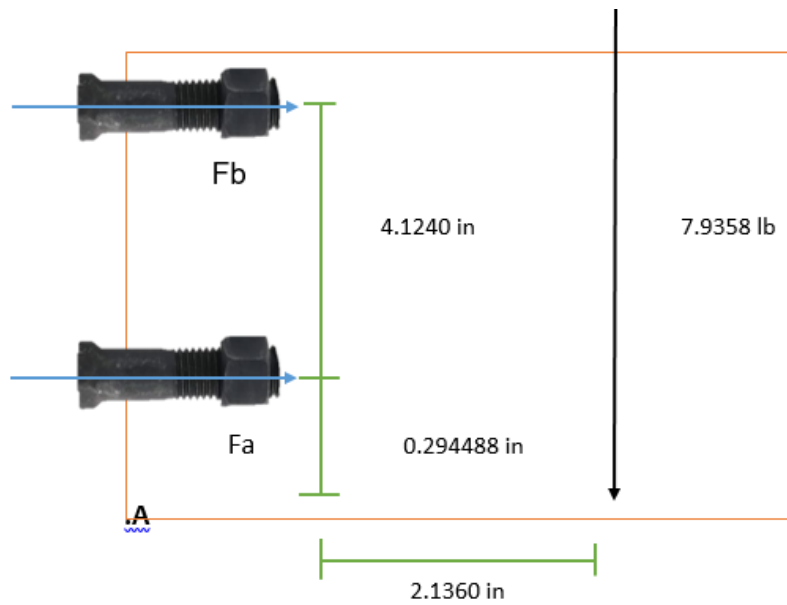


Figura 4.33 DLC de la distribución de fuerzas de los pernos

En el caso el motor a usar, este viene con orejas con rosca para perno de fábrica como se observa en la Figura 4.33, así que se usó dichos pernos, que son 2 Pernos clase SAE de 5/16 de diámetro, grado 2, el cual es usado en estructuras grandes lo cual nos brindara un factor de seguridad bien alto.

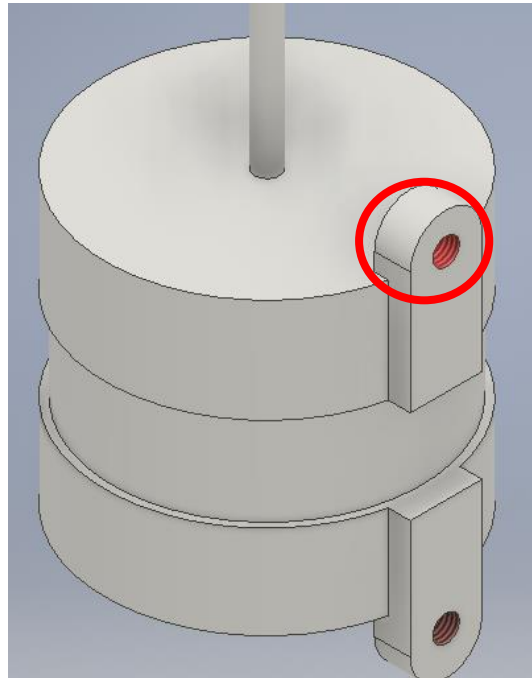


Figura 4.34 Motor universal a usar dibujado en el software de Autodesk Inventor con los agujeros para Perno SAE 5/16.

Empezando se hace la suma de momentos en A.

Peso de la maquina = 3.5983 kg= 35.3 N =7.9358 lb

$$\sum A = -7.9358 * fs * 2.13 - fa * 0.294488 - fb * 4.418488 = 0$$

En la ecuación esta con muchas variables así que se buscara hacer una nueva ecuación con las tangentes de los dos triángulos resultantes como se observa en la Figura 4.34.

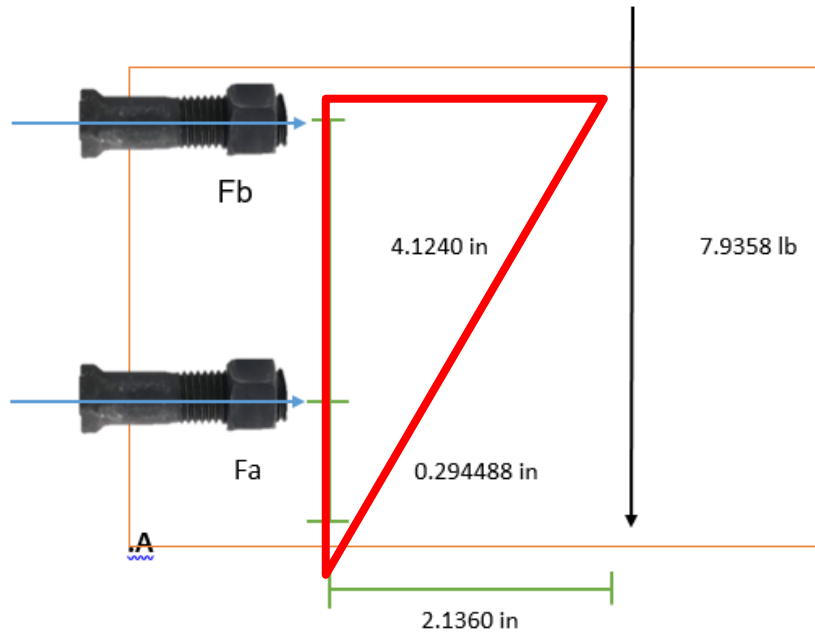


Figura 4.35 DLC de las fuerzas con el triángulo para aplicar la relación de tangentes Así que se obtendrá otra fórmula de relación en función al triángulo:

$$\frac{fb}{4.42} = \frac{fa}{0.294488}$$

Al ser 2 pernos grado 2 SAE están en este rango al ser su diámetro de 5/16 o 0.3125 in:

De la Figura 2.22 Se obtiene los siguientes parámetros eligiendo el Perno de grado 2:

- Sp (Resistencia a prueba Mínima) = 55 kpsi,

De la Tabla 2.4 Se obtiene los siguientes parámetros eligiendo el Perno de tamaño 5/16:

- Área de esfuerzo a tracción=0.0524 in*2

Con dichos datos podemos resolver la formula principal de pernos:

La fuerza b al ser la más alejada es la que tiene mayor fuerza:

$$fb = 0.9 * area * sp \dots\dots\dots (fórmula 2.8)$$

$$fb = 0.9 * 0.0524 * 55000$$

$$fb = 2593.8 \text{ lb}$$

Con ello, sustituyendo en la fórmula 2

$$fa = 172.8151526 \text{ lb}$$

Finalmente sustituimos en la fórmula uno ambos valores para hallar el factor de seguridad:

$$-7.93 * fs * 2.13 - 172.815 * 0.294488 - 2593.8 * 4.418488 = 0$$

$$fs = 681.0266$$

Conclusión: Con el cálculo hecho queda demostrado que el perno a usar es más que suficiente para quedar sujeta con la máquina uniendo el chasis, el motor y el agarre como lo plasma en la lista de exigencias, además de aprovechar las orejas del motor de fábrica para este proceso.

- **Sujeción de la Máquina, Soldadura**

Para agarrar y operar la máquina se tiene dos agarres, uno el principal y empernado, y otro lateral, este agarre lateral va a estar soldado. Este agarre se puede observar en la Figura 4.35 Para ello haremos el cálculo de soldadura, para determinar el factor de seguridad y el tipo de electrodo a usar.

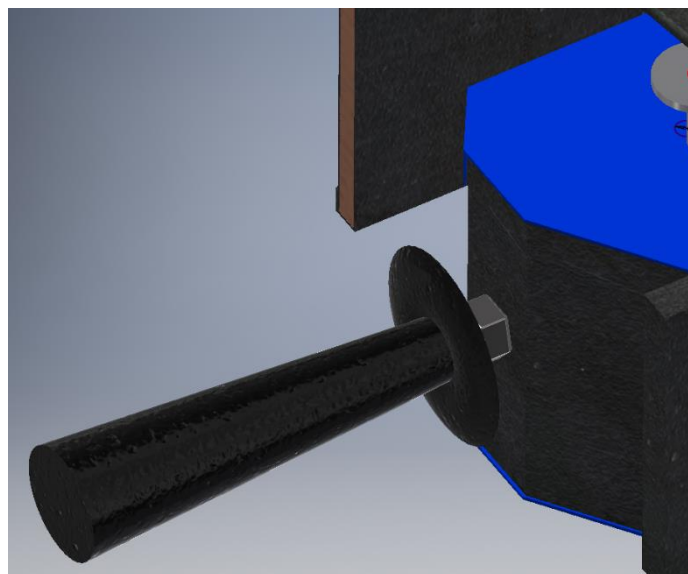


Figura 4.36 Ubicación del segundo agarre dibujado en el software de Autodesk Inventor.

Para iniciar es necesario hacer un Diagrama de cuerpo libre Figura 4.36, La máquina al tener 2 mangos uno sujetado por pernos y otro sujetado por soldadura E6011 mediante una forma cuadrada, la carga es el peso de la maquina en lb.

$F = 7.9358 \text{ ln}$, esfuerzo del E6011 = 62000 lb/in

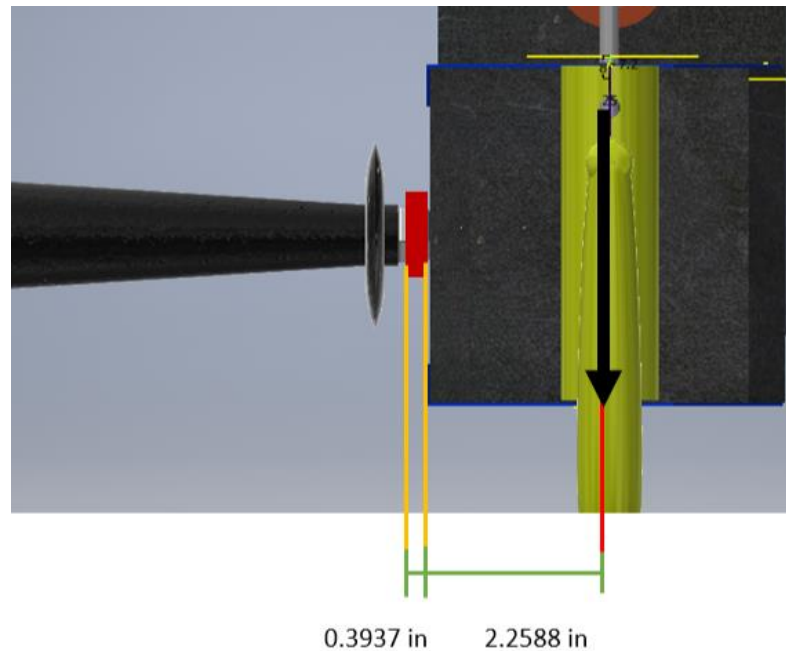


Figura 4.37 DLC de la Distribución de Fuerzas para soldadura

El electrodo a usar es el E6011, Se determina el esfuerzo Permisible.

- T. Perm= 0.30xx
- T. Perm= 0.30*62000lb/in= 18600lb/in

Al ser cuadrada la soldadura del filete, usaremos la propiedad número 5 de un cordón de soldadura rectangular de la Figura 2.25 el cual basa en el siguiente procedimiento.:

Al ser cuadrada b y d son iguales = 0.7874 in

$$J_u = \frac{(b+d)^3}{6} \dots \dots \dots \text{(fórmula 2.9)}$$

$$J_u = \frac{(0.7874 + 0.7874)^3}{6}$$

$$J_u = 0.6509$$

Luego se procede a determinar el área del cordón de soldadura

$$Area = 1.414 * h * (b + d) \dots\dots\dots (f\acute{o}rmula 2.10)$$

$$Area = 1.414 * \frac{1}{8} * (0.7874 + 0.7874) = 0.2783 \text{ in}^2$$

Al ser torsional se usan las f\acute{o}rmulas de esfuerzo primario y secundario

$$\tau' = \frac{7.9356 * fs}{Area} \dots\dots\dots (f\acute{o}rmula 2.11)$$

$$\tau'' = \frac{Mc * c}{J} \dots\dots\dots (f\acute{o}rmula 2.12)$$

$$\tau_{perm} = \sqrt{(\tau'')^2 + (\tau' + \tau'')^2} \dots\dots\dots (f\acute{o}rmula 2.13)$$

Se empieza hallando J:

$$J = 0.707 * h * Ju$$

$$J = 0.707 * \frac{1}{8} * 0.6509 = 0.05833$$

$$Mc = 7.9356 * fs * 2.2588, \quad c = 0.3937, \quad T_{perm} = 18600 \text{ lb/in}$$

Aplicando en la f\acute{o}rmula 2.12

$$\tau'' = \frac{7.9356 * fs * 2.2588 - 0.3937}{0.05833} = 300.55 * fs$$

Aplicando en la f\acute{o}rmula 2.11

$$\tau' = \frac{7.9356 * fs}{0.2783} = 28.51 * fs$$

Finalmente aplicando en f\acute{o}rmula 2.13

$$18600 = \sqrt{(300.55 * fs)^2 + (28.51 * fs)^2}$$

$$fs = 61.60$$

Conclusi\acute{o}n: Con ello se demostr\acute{o} que el filete de soldadura si va a aguantar el peso de la m\acute{a}quina, adem\acute{a}s de que con factor de seguridad de 61.60, se asegura que el filete de soldadura va a aguantar m\acute{a}s esfuerzo y cargas.

- **Bocina**

El mecanismo va a estar haciendo que el pistón este continuamente avanzando y retrocediendo, así que se requiere de una bocina capaz de amortiguar la fricción generada por el proceso del mecanismo biela manivela, empezando por la bocina la cual va a estar continuamente recibiendo el impacto generado por el pistón. En la Figura 4.37 se observa la bocina en el software de Autodesk Inventor.

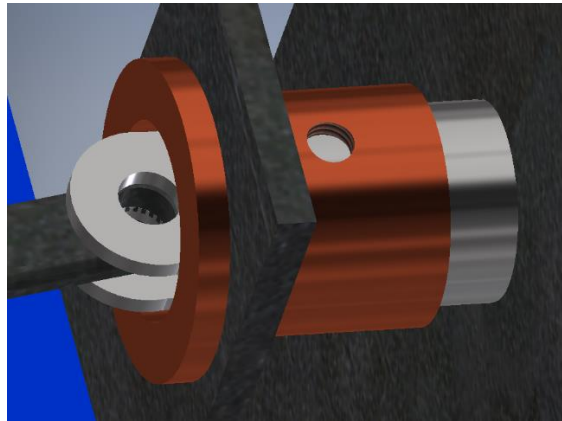


Figura 4.38 Bocina del mecanismo biela manivela, en el software de Autodesk Inventor.

Para determinar el material a usar dicha bocina nos enfocaremos en un material que cumpla los parámetros determinados en la tabla 4.9.

Tabla 4.9: Parámetros de funcionamiento de la Bocina

N°	Parámetro	Descripción
1	Resistencia a la humedad	La humedad de los elementos como el cemento premezclado
2	Antifricción	Resistencia la fricción del rose constante del pistón
3	Resistencia la corrosión	Resistencia los elementos químicos corrosivos del entorno húmedo de trabajo
4	Resistencia a altas velocidades	Producto del movimiento del pistón en su canal

Una vez tenemos definidos estos parámetros se tiene que determinar el material de la bocina.

Para ello se plantea el uso del bronce ASTM B505, el cual tiene gran capacidad de soportar altas velocidades de giro al ser empleado en cojinetes, es resistente a la corrosión, además de ser usado en ambientes húmedos, rodamientos, estructura de maquinarias como aros de pistones o cojinetes. Además de tener propiedades

mecánicas resistentes como la Resistencia a la tracción de 262 Mpa, el cual es mayor a la resistencia límite a fatiga ejercida por el eje de 142 Mpa, eso asegura que este material tendrá un buen desempeño en el mecanismo biela manivela.

Conclusión: Se determinó el material a usar para la bocina del mecanismo, esto debido a que se debe cumplir con ciertos parámetros que no todos los tipos de bronce pueden soportar, este bronce soporta ambientes húmedos y corrosivos como puede ser la constante exposición a la mezcla de cemento para el texturizado.

- **Pistón**

El pistón es el elemento que va a estar continuamente avanzando y retrocediendo en el sistema mecánico, este elemento va a estar expuesto continuamente a la humedad y corrosión del entorno de cemento fresco premezclado, además de ser resistente a la oxidación. En la Figura 4.38 se observa el pistón en el Software de Autodesk Inventor.

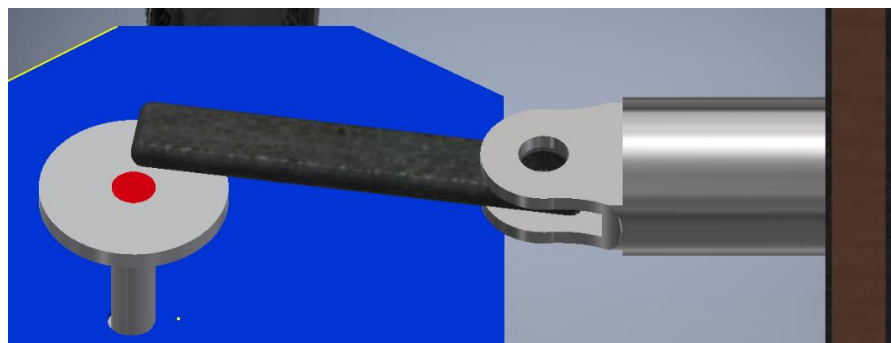


Figura 4.39 Pistón del mecanismo biela manivela, en el software de Autodesk Inventor.

Es necesario que este elemento este compuesto por un material inoxidable, así que se planteó el uso del Acero Inoxidable 439, El cual cumple con los parámetros descritos en la tabla 4.10

Tabla 4.10: Parámetros de funcionamiento del Pistón

N°	Parámetro	Descripción
1	Resistencia a altas temperaturas	La humedad de los elementos como el cemento premezclado
2	Alta Resistencia a la Oxidación	Resistencia la fricción del rose constante del pistón
3	Resistencia a la corrosión	Resistencia los elementos químicos corrosivos del entorno húmedo de trabajo

Este tipo de acero inoxidable sobresale entre sus semejantes por su gran resistencia a la oxidación siendo superior a la del acero inoxidable 409, es su aplicación más común está en el sistema de escape de los automóviles ya que están destinados a soportar las altas temperaturas como a la corrosión alta generada por el sistema.

Conclusión: Se determinó el material a usar para el pistón del mecanismo este material sobresale por su alta resistencia a la oxidación y corrosión, además de soportar las altas temperaturas, estos casos se aplican directamente en el trabajo del texturizado ya que se aplica en un ambiente húmedo y corrosivo, además de soportar las altas temperaturas producto de la fricción de la bocina con el pistón.

4.3.2 Diseño del sistema de rectificación y de acople al sistema de control

- **Circuito Rectificador de Voltaje de 220Vac a 5Vdc**

Los circuitos rectificadores eliminan o invierten la corriente alterna en corriente continua utilizando diodos y condensadores. Al conectar un enchufe a un tomacorriente se tiene valores típicos de operación de 220 voltios en corriente alterna (VAC) esto es útil para el accionamiento del motor que realiza el texturizado, pero no para sistemas electrónicos puesto que son sensibles a los cambios bruscos de corriente y generalmente no soportan altos voltajes, es por ello que se recurre al uso de circuitos rectificadores para transformar, reducir y hacer constante el voltaje. El PIC 18F2550 acepta voltajes de entrada de 2 a 5.5 voltios de corriente continua (VDC), con el circuito rectificador se pretende transformar la corriente de 220VAC a 5VDC para un correcto trabajo de operación del PIC. En la Figura 4.37 se observa el circuito rectificador para alimentación del PIC y periféricos.

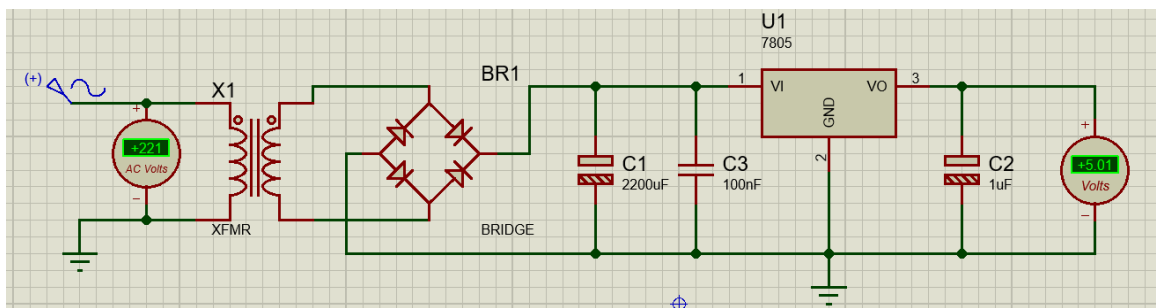


Figura 4.40 Diagrama rectificador de Voltaje 220AC a 5VDC

El funcionamiento comienza con la entrada de corriente de 220VAC al pasar por el transformador se reduce el voltaje a 26VAC manteniendo la frecuencia de 60Hz,

en la entrada del puente de diodos la onda es alterna senoidal y como salida se tiene una onda rectificada e invertida de forma pronunciada, los condensadores de 2200uF y 100nF sirven para atenuar la onda que ingresa al regulador de voltaje LM7805 que tiene como voltaje de salida 5VAC finalmente esta corriente sirve para la entrada del PIC 18F2550.

Valores y gráficos de voltaje del circuito rectificador por etapas:

- **Transformación:** El transformador de voltaje es un equipo estático que transforma o varía el voltaje a uno mayor o menor en su salida manteniendo la frecuencia de 60Hz. Presenta 2 componentes fundamentales el bobinado primario y secundario y basándose en el principio de inducción electromagnética se logra reducir el voltaje de 220VAC a 26VAC teniendo un voltaje máximo de 35V que ha de servir para la entrada del regulador de tensión LM780.

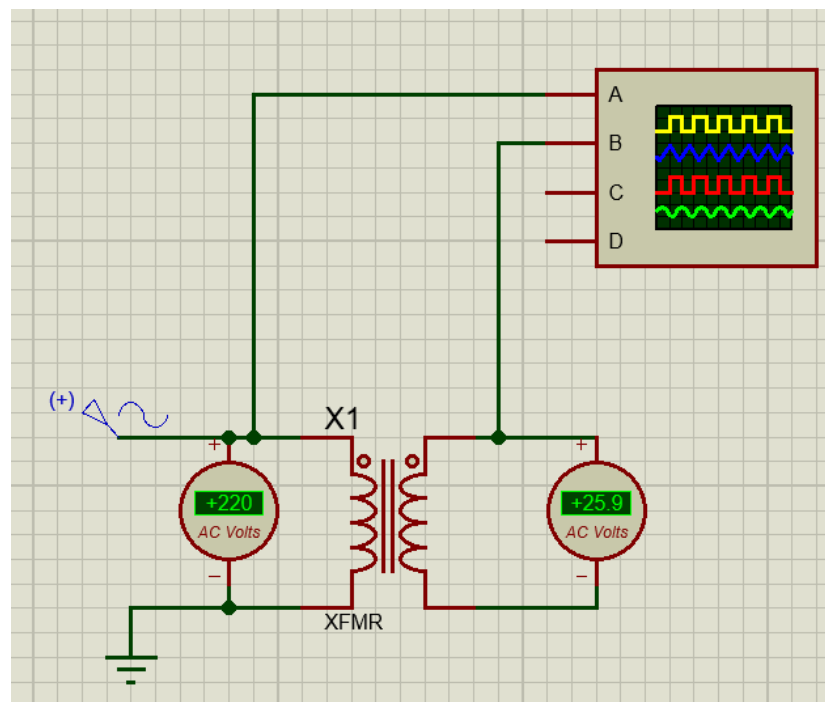


Figura 4.41 Transformador de voltaje de 220VAC a 26VAC en Proteus

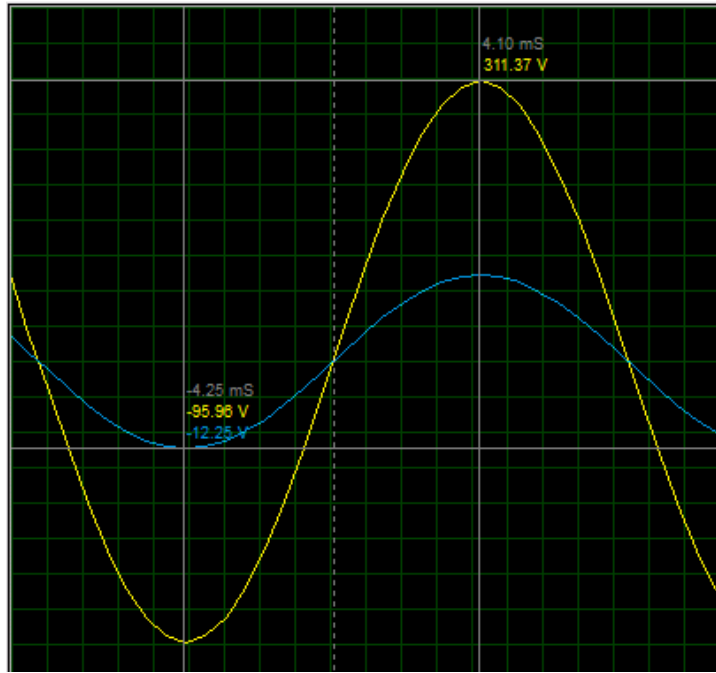


Figura 4.42 Onda senoidal de la señal a la entrada y salida del transformador

- **Rectificación:** El diodo es un componente electrónico que permite el paso de corriente hacia una dirección, pero no a la inversa, su representación simbólica es parecida al de una flecha y la corriente fluye del ánodo al cátodo, es usado principalmente para rectificar y suprimir corrientes. Un puente de diodos es una configuración de 4 diodos para dejar pasar e invertir la corriente en un dispositivo.

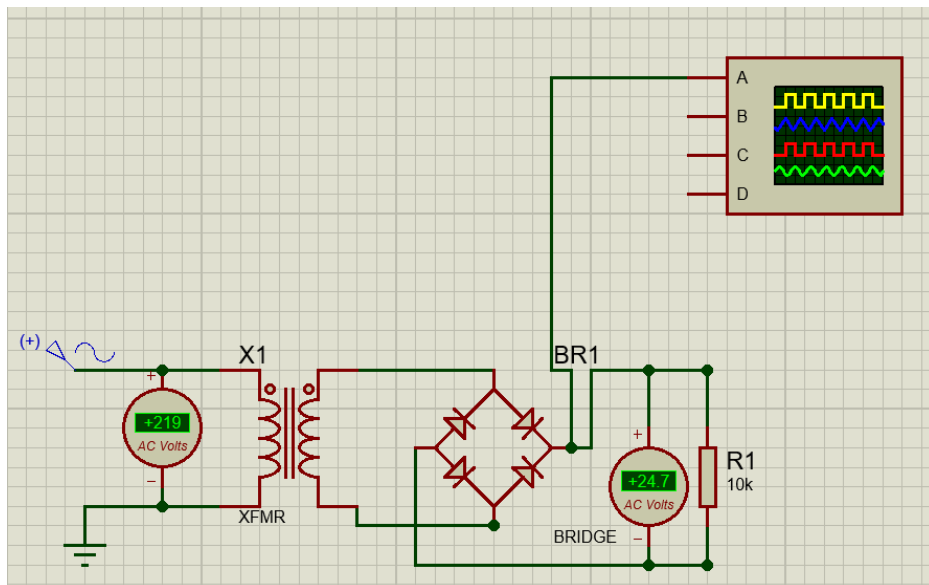


Figura 4.43 Puente de diodos con valor de salida de 24.7VAC, simulado en Proteus.

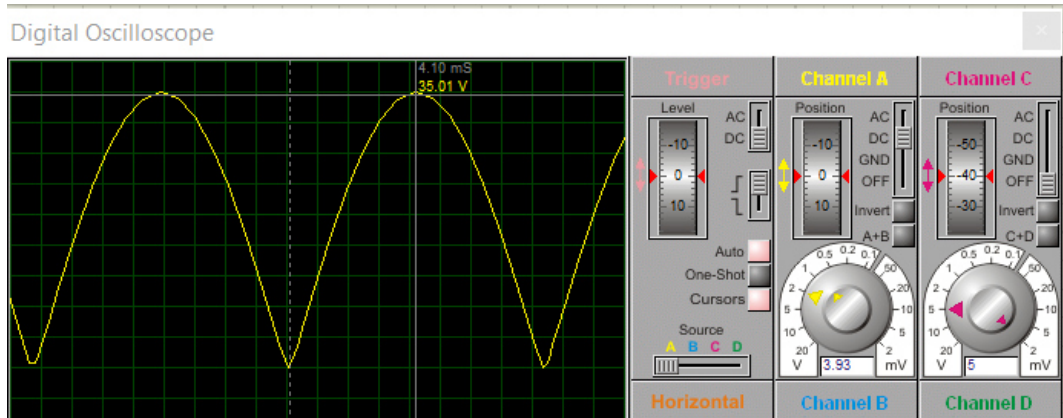


Figura 4.44 Doble onda rectificada a la salida del puente de diodos con un valor máximo de 35V.

- **Filtrado:** El condensador es un componente electrónico que almacena la energía por medio del campo eléctrico y puede repartir esta energía al circuito cuando se requiera. Existen de dos tipos electrolíticos y cerámicos, los electrolíticos tienen polaridad y se puede diferenciar la parte positiva de la negativa por el tamaño de los terminales o por el símbolo al tener una parte con rayas, los cerámicos no tienen polaridad se pueden colocar indistintamente en un circuito. Esto nos ayuda a mantener el voltaje regulado.

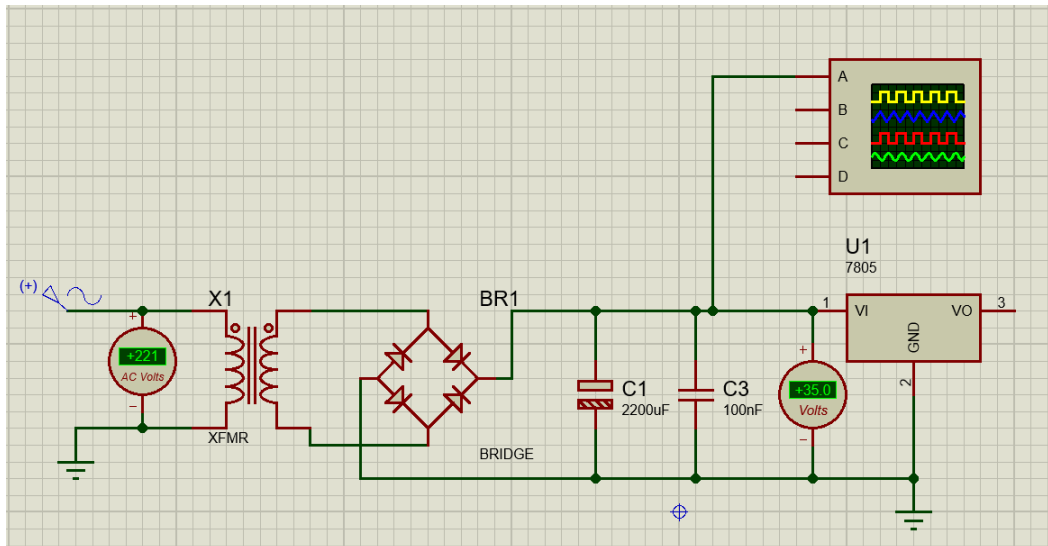


Figura 4.45 Condensador polarizado de 2200uF y cerámico de 100nF para la etapa de filtrado en Proteus.

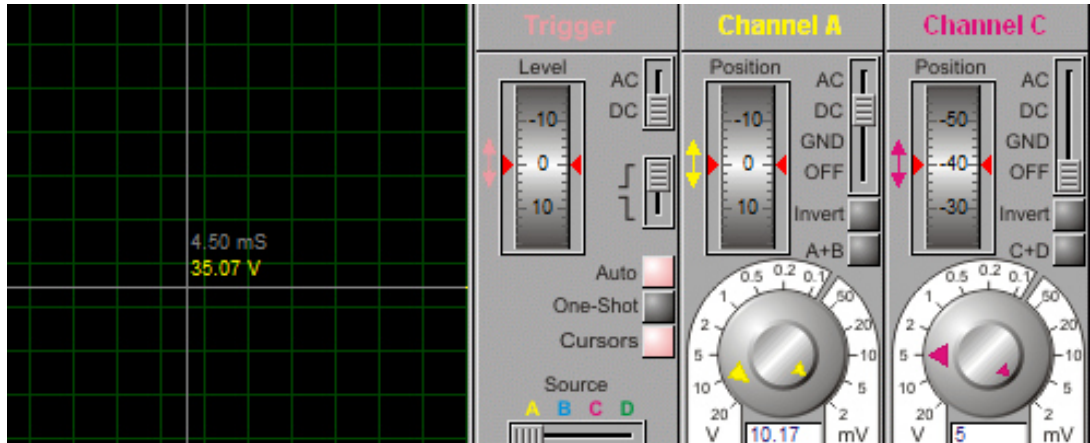


Figura 4.46 Señal filtrada de 35VAC para la entrada de nuestro regulador de voltaje LM7805

- **Regulador:** El LM7805 es un dispositivo electrónico que varía su voltaje de entrada y mantiene la salida a una tensión regulada de 5VDC, dentro presenta una serie de arreglos de transistores bipolares NPN y PNP.

Tabla 4.11: Parámetros de trabajo, voltaje de entrada a 35VAC

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_I	Input Voltage	$V_O = 5V \text{ to } 18V$	35
		$V_O = 24V$	40

Tomado del Datasheet del LM 7805, Por Fairchild

Tabla 4.12: Condiciones de Trabajo y Salida de voltaje de 5VDC

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^\circ\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}, P_O \leq 15\text{W}, V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25	

Tomado del Datasheet del LM 7805, Por Fairchild

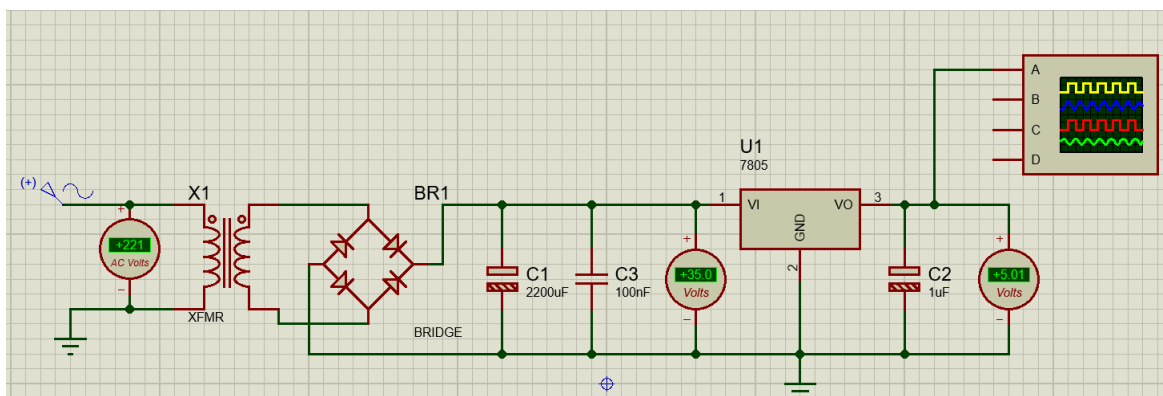


Figura 4.47 Regulador de voltaje LM7805 con una entrada de 35VDC manteniendo una salida constante de 5VDC en Proteus.

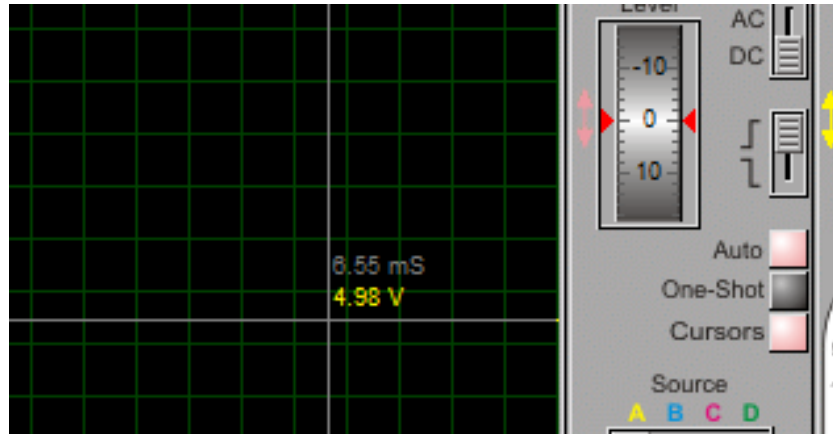


Figura 4.48 Señal continua de 5VAC a la salida del LM7805

Conclusión: El circuito parte de una fuente de corriente alterna a 220v, en las etapas siguientes se filtró y proceso dicha señal hasta convertirla a continúa finalizando en una señal continua con 5 voltios de salida, este circuito tiene un fin , el cual es alimentar en primer lugar al PIC, alimentar al LCD y utilizar una señal para añadirla junto al doble potenciómetro, que servirá como entrada analógica para el sistema de control.

- **Regulador de Velocidad:**

Para la variación de la velocidad del motor que va a realizar el texturizado, se optó por la selección de un regulador de velocidad en vez de su fabricación debido a diferentes apartados que facilitan y permiten un mejor manejo del diseño de la máquina ligera, los cuales se van a detallar en la parte inferior. El modelo de regulador de velocidad elegido es manufacturado por la empresa HiLetgo con características acordes al motor a usar.



Figura 4.49 Regulador de velocidad 50v – 220v AC, HiLetgo

Tabla 4.13: Especificaciones del regulador de velocidad 50v – 220v AC

ESPECIFICACIONES	VALOR	UNIDAD
Tensión de alimentación	110 - 250	VAC
Voltaje de salida	50 - 250	V
Potencia máxima	2000	W
Corriente máxima	25	A
Dimensiones	47*35*27	mm
Peso	40	g

Tomado del Catálogo de Variador de Velocidad PWM 50v – 220v AC, HiLetgo

- **Tensión de alimentación:** La corriente eléctrica que ingresa al motor puede llegar hasta los 220VAC y colocando el regulador de voltaje escogido entre la corriente eléctrica de entrada y el motor puede soportar valores de 110v a los 250v AC, más que suficiente para la tensión de alimentación.
- **Voltaje de salida:** El regulador de voltaje puede variar su salida de desde un mínimo de 50V hasta 250V estando igualmente dentro del parámetro de los 220V
- **Potencia:** La potencia que puede soportar llega hasta los 2000W, esto es más que suficiente del tope de potencia de 150W del motor.
- **Precio:** El precio es de 30 soles, si se hubiera optado por fabricar el variador de velocidad en la lista de componentes igualaría este precio sin contar con la soldadura y la experiencia para fabricar adecuadamente este tipo de dispositivo.
- **Dimensiones y peso:** Sus dimensiones son muy reducidas alcanzado los 47mm de largo, 35mm de ancho y 27mm de alto, con un peso de 40 gramos. La máquina ligera de texturizados tiene dimensiones de 121x120x128 mm y el variador tiene que ser compacto y con poco peso para la comodidad de usuario.

Conclusión: Este dispositivo es ligero además de eficiente para el uso en la máquina, esto ayuda a complementar el diseño, en este dispositivo se va a cambiar su perilla principal, compuesta por un potenciómetro de 500k, para sustituirla con

un doble potenciómetro de 500k, esto para sincronizar tanto la variación del motor, como el voltaje de entrada analógica para el controlador.

- **Regulador de voltaje**

La perilla del regulador de velocidad HiLetgo tiene acoplado un potenciómetro de 500K Ω que realiza la variación de velocidad; para mostrar en la pantalla LCD los valores del potencia y velocidad se tiene que hacer un arreglo para proporcionar la salida del variador de velocidad con la entrada analógica del PIC18F2550 que máximo puede soportar 5v de corriente continua, para lo cual se vio por conveniente cambiar el potenciómetro de 500K Ω por un potenciómetro doble que es la unión de dos resistencias variables accionadas por una sola perilla. De forma que los 3 pines de la parte superior sirven para el control de velocidad y los de la parte inferior para la visualización de potencia y velocidad en el LCD alimentadas por un voltaje de 5v de corriente continua.

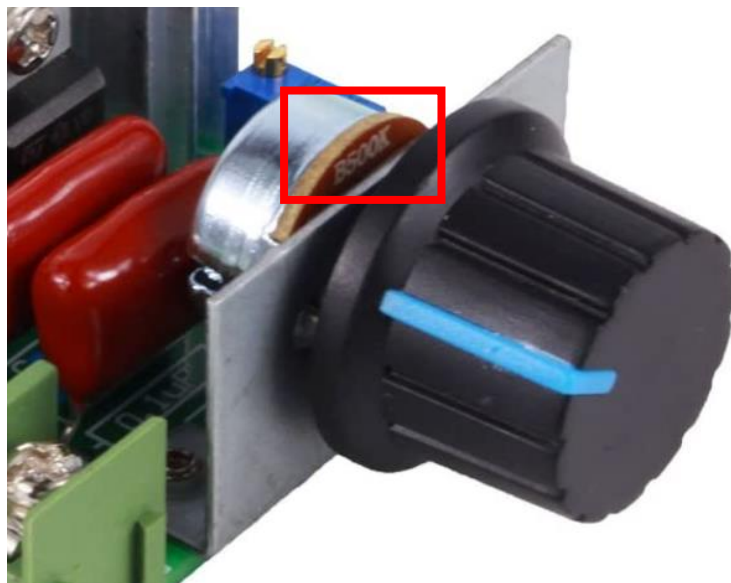


Figura 4.50 Variador de velocidad TOPINCN de 500K Ω en el potenciómetro

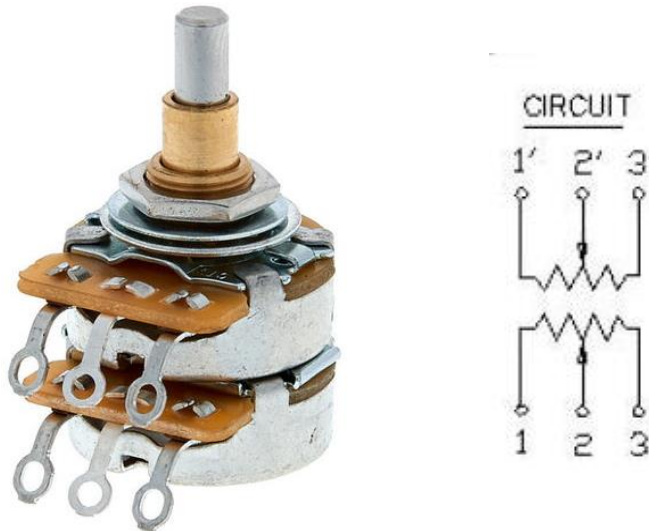


Figura 4.51 Potenciómetro doble en físico (izquierda) y su simbología (derecha)

La alimentación de 5v de corriente continua para el PIC 18F2550 también se utiliza para la variación de voltaje que para la entrada analógica de PIC 18F2550 y por medio de la programación realizada en el software MikroC se visualiza la potencia y porcentaje de velocidad, el potenciómetro vario de $0K\Omega$ hasta $500K\Omega$ y para poder configurar la salida de 1v a 5v de corriente continua se conecta una resistencia de $130K\Omega$.

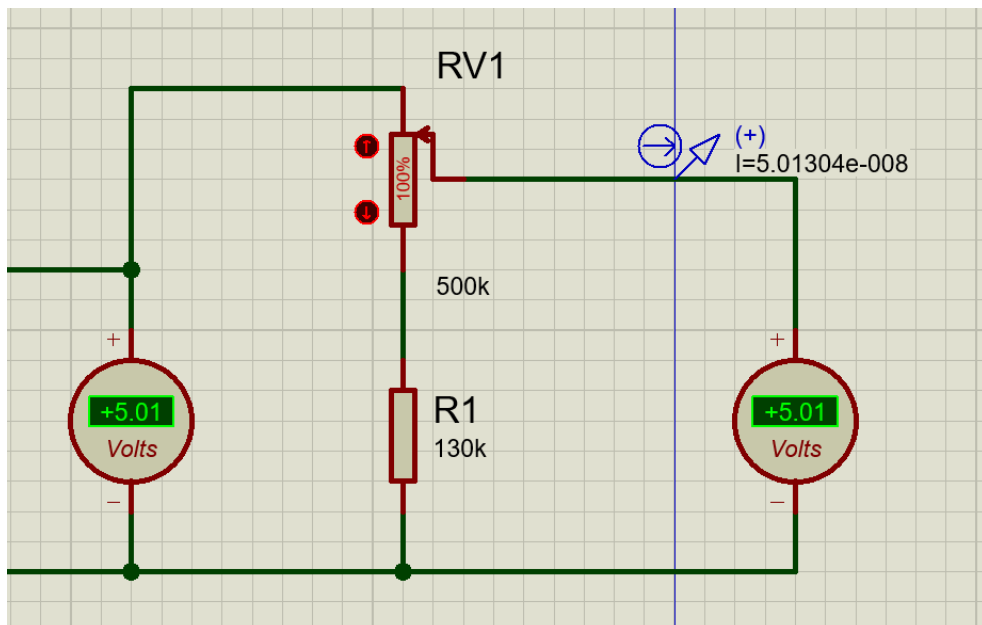


Figura 4.52 Circuito de la variación de voltaje para entrada analógica del PIC 18F2550 en Proteus.

De esta forma se tiene el circuito de alimentación del PIC 18F2550 que rectifica y reduce el voltaje de 220V de corriente alterna a 5V de corriente continua, asimismo se utiliza el mismo voltaje para la variación de 1V a 5V de corriente continua y mediante una proporción realizada en la programación en MikroC se visualiza en la pantalla LCD.

Conclusión: Este dispositivo doble se aplica para en una parte aislar la alta potencia ejercida en el variador de velocidad al interactuar con el motor, y el bajo voltaje de 5v suministrado por el circuito de rectificación. Así sincronizando dicho movimiento de ambas señales, esto sirve para que el controlador trabaje con una señal de 0 a 5v en corriente continua, sin correr riesgos y protegiendo ambos circuitos. Esta ligera señal será procesada en el controlador para mandar información los diversos actuadores bajo el sistema de control del Controlador.

4.3.3 Diseño del Control.

- **Dispositivo de Control y Estructura de Funcionamiento**

Para Realizar una operación de procesar una señal analógica proveniente del variador de velocidad PWM, es necesario no solo un controlador que tenga esta función incluida, sino que también pueda procesar dicha información y mandarla a un LCD. El PIC es un dispositivo de control muy ligero y completo, aunque existen muchas variedades, se eligió el más adecuado para la tarea a realizar, este es el PIC18F2550, el cual solo requiere una alimentación de 5V en continua para funcionar, además de ser un equipo completo y ligero, en la Tabla se muestra las características básicas de este controlador, de las cuales nos interesa, su memoria, los canales de conversión Analógica-Digital, y el Timer para programar temporizaciones pequeñas.



Figura 4.53 PIC18f2550. Tomado del catálogo de productos MicroChip. Por Microchip 2020

Tabla 4.14: Características Básicas del PIC18F2550

Nº	CARACTERISTICA
1	Retención de datos mayor a 40 años
2	Encapsulado DIP de 28 pines
3	Voltaje de operación desde 2V hasta 5.5V DC
4	Memoria de programa Flash 32KB
5	Memoria RAM 2048 bytes
6	Memoria de datos EEPROM 256 bytes
7	Velocidad de la CPU 12 MIPS
8	Opera con un oscilador interno desde 31KHz hasta 8MHz, además permite 2 relojes externos hasta 40MHz
9	Módulos de comunicación UART, USART, I2C y SPI, MSSP (puerto maestro serial de sincronismo)
10	Posee 10 canales de conversión análoga-digital (ADC) de 10 bits
11	Con 24 líneas de entrada y salida (I/O)
12	Tiene 2 comparadores análogos
13	Tiene 2 módulos CCP (Captura/Compara/PWM)
14	Tiene un Timer de 8 bits, y 3 Timers de 16 bits
15	Posee interfaz USB 2.0 de alta velocidad (12Mbit/s)

Con nuestro controlador ya establecido, se usará la programación C para determinar nuestro sistema de control abierto.

Para establecer mejor dicha Dinámica, la programación se basará en el siguiente diagrama de Flujo:

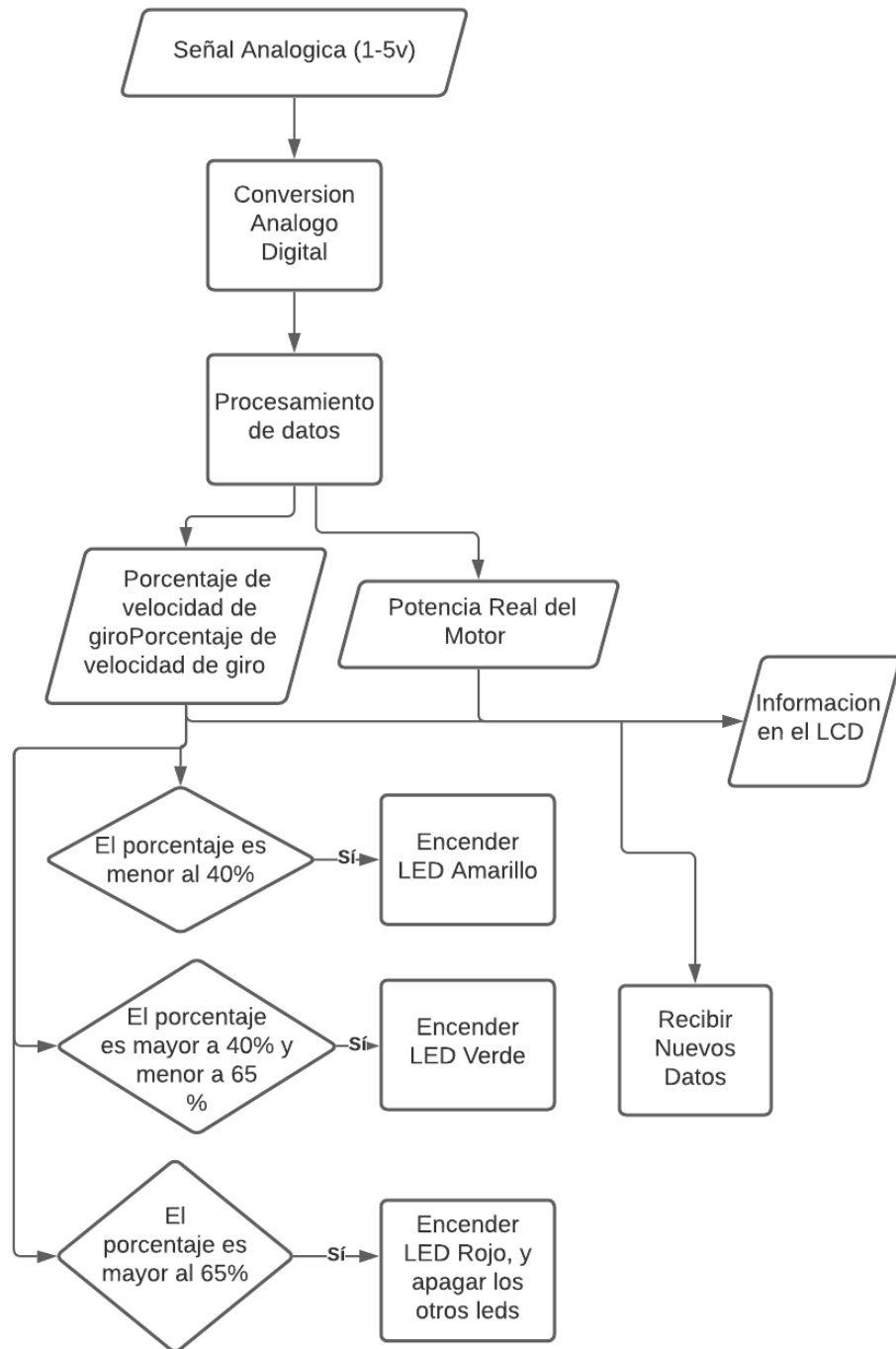


Figura 4.54 Diagrama de Flujo del sistema de control e interfaz de usuario de la maquina

Conclusión: Esta Secuencia lógica empezara a funcionar con un pulsador que encenderá la lectura y la pantalla, al encenderse el circuito, se mostrara en la pantalla del LCD el valor de Potencia del motor y el porcentaje de velocidad de la máquina, en funciona a dicho valor se encenderán los Leds.

Si el valor es menor a 45% de velocidad, el led amarillo estará encendido, si el valor de velocidad está entre 45% a 65%, se encenderá el led amarillo y el verde, y si al final el valor de la velocidad es mayor A 65%, se encenderá solo el led Rojo.

- **Declaración de Variables e Inicialización del sistema**

Variables de Entrada: Para empezar, se debe declarar las entradas del sistema, descritas en la tabla:

Tabla 4.15: Variables de Entrada del Controlador

N°	Variable de Entrada	Descripción	Puerto del Controlador
1	S1	Pulsador para encender el sistema	RC0
2	Lectura	Señal analógica procesada digitalmente proveniente del variador de velocidad PWM	RA0

Dichas entradas están representadas gráficamente en la figura, cabe decir que para que no existan lecturas erróneas, el puerto RA0 donde se encuentra la entrada analógica, debe estar alejada de los otros puertos a usar, aislándolo de otras fuentes de flujo de corriente.

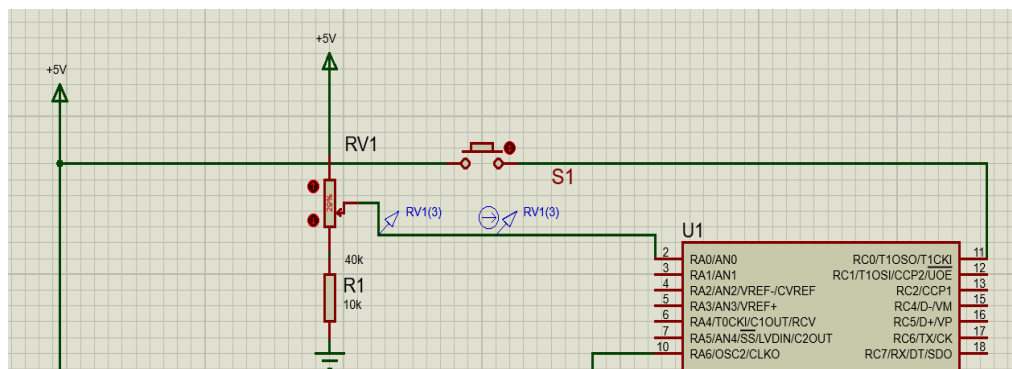


Figura 4.55 Entrada Analógica en RAP y Entrada del Pulsador en RC0 en Proteus 8.10

Variables de Salida: En las variables de salida Tabla 4.16, se considerará dos variables el valor del porcentaje de velocidad y el valor de la Potencia, ya que ambos valores, aunque parten de una misma lectura, son procesados individualmente, y unidos en un punto en común establecido como el LCD. Además de ello los leds complementan esta representación mediante su dinámica, previamente explicada.

Tabla 4.16: Variables de Salida del Controlador

N°	Variable de Salida	Descripción	Puerto del Controlador
1	Porcentaje	Valor de porcentaje de velocidad del motor	RB2 a RB7
2	Potencia	Valor de porcentaje de velocidad del motor	RB2 a RB7
3	DB	Diodo LED Amarillo , utilizado para indicar poca velocidad	RB0
4	DG	Diodo LED Verde , utilizado para indicar velocidad normal	RB1
5	DR	Diodo LED Rojo , utilizado para indicar alta velocidad	RA6

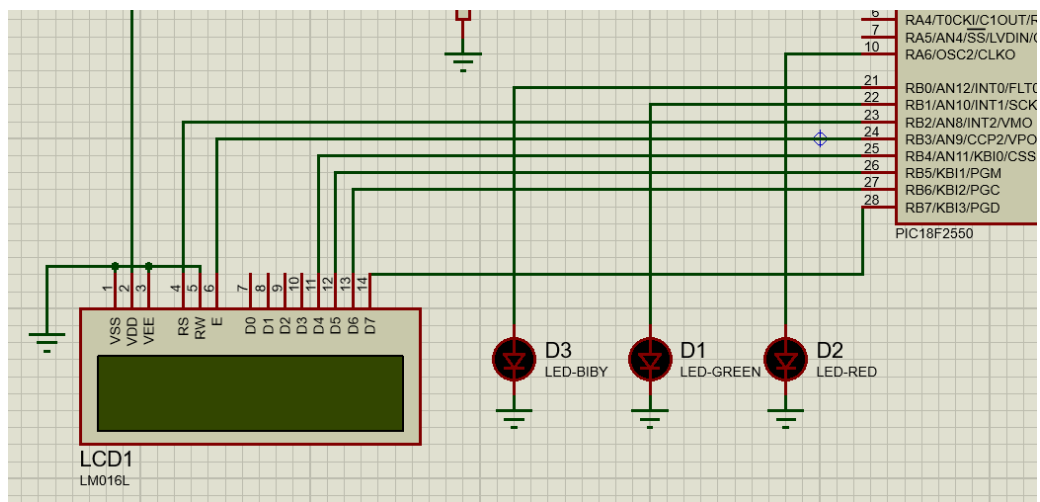


Figura 4.56 Salidas del controlador Hacia el LCD y a los Leds de control en Proteus 8.10

Inicialización del Sistema: Con dichas entradas y salidas ya definidas, se empieza a definir la inicialización del PIC18F2250.

- **Oscilación:** Se aplicará el uso de la oscilación interna del PIC a 4 MHz
- **Variables internas llevadas a 0:** Toda variable tipo bit, llevada a 0
- **Apagar la Pantalla:** La pantalla empezara apagada hasta pulsar el Pulsador S1.

En la figura 4.56 se muestra la programación de la inicialización del Sistema en el Software MikroC.

```

// Configuración
OSCCON=0x63;
TRISA=0b00000101;
TRISB=0;
TRISC=0x03;

// Inicialización:
Sist_Func=0;
DB=0;
DG=0;
DR=0;
p1=0;
p2=0;
LCD_Init();
LCD_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
LCD_Out_CP("-----APAGADO-----");
LCD_Out(2,1,"-----");

```

Figura 4.57 Bloque de inicialización de Variables en MikroC

Conclusión: El sistema de control, al ser uno abierto, solo se enfocará en recibir información y procesarlo, la entrada principal está representada por la entrada analógica en el puerto RA0, dicha información será usada para activar los actuadores, y brindar la salida visual en el LCD de dicha información. El sistema empieza apagado incluyendo al LCD.

- **Configuración del ADC**

El ADC es quien va a procesar la señal analógica de entrada para brindar una señal digital que será procesada internamente, se puede decir que es el periférico que requiere más trabajo en su programación. Aunque en el Programa MikroC existe una librería llamada ADC para facilitar su uso, todavía se requiere hacer unos pequeños cálculos para configurarlo eficientemente.

Para configurar el convertidor análogo digital se debe definir parámetros representado en la tabla 4.17.

Tabla 4.17: Parámetros a asignar hacia el ADC del PIC18F2550

N°	Parámetros
1	Conversión análogo digital sin voltaje de referencia
2	Configuración del Puerto AN0 como única entrada analógica para la conversión.
3	Datos digitales justificados a la derecha
4	Definir 4TAD como tiempo de adquisición.
5	Definir 4Tosc como la duración del TAD

Definir Duración de TAD: El PIC está trabajando con una frecuencia de trabajo de 4 MHz. Primero se halla el Periodo de trabajo del PIC.

$$Periodo(Tocs) = \frac{1}{4Mhz} = 0.25\mu s$$

Procesando esa información se tiene como resultado un periodo de trabajo de 0.25μs. Para definir mejor el parámetro nos apoyamos de la tabla (2.1) para definir la duración del TAD

$$4 * T_{osc} = TAD$$

$$4 * 0.25\mu s = 1\mu s = TAD$$

Procesado eso definimos que cada TAD será de una duración de 1 μs

Definir Tiempo de Adquisición: El tiempo de adquisición del ADC es importante para una buena lectura sin errores, en este caso el PIC18F2550 tiene un parámetro de duración del tiempo de adquisición en la hoja de datos del producto.

$$T_{adq} > 2.45\mu s.$$

Por este parámetro y para asegurar la conversión se establece que el proceso del Tiempo de adquisición se tomara con un tiempo de 4TADs.

Conclusión: Solo se va a usar un canal analógico del PIC, además de ello se calculó la duración del TAD = 1 μs en función a la frecuencia de trabajo 4 Mhz. Para definir el tiempo de adquisición, así programando eficientemente el ADC, sin usar líneas o tiempos de más. Los demás valores serán procesados automáticamente con ayuda de las librerías del programa MiKroC PRO for PIC.

- **Definir Parámetros de información para el LCD**

Estos parámetros serán mostrados en la pantalla del LCD, estos datos además de ir como información constante en el LCD como se observa en la figura 4.57.

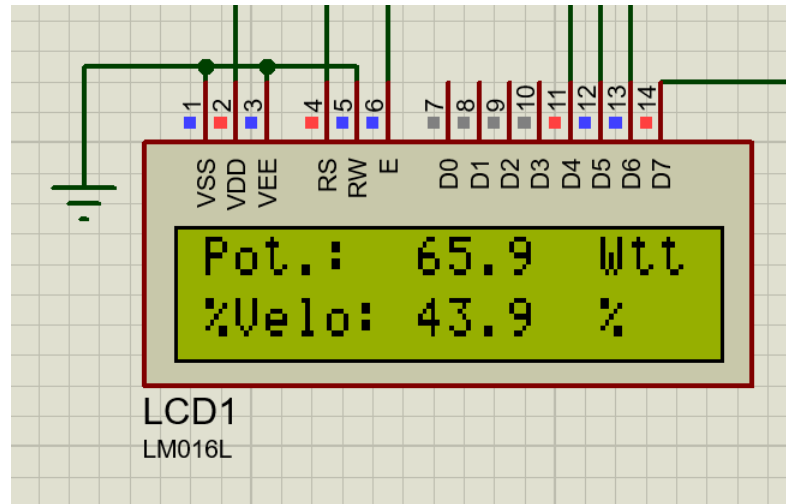


Figura 4.58 LCD 2x16 en Funcionamiento con las Variables de Potencia y Porcentaje de Velocidad en Proteus 8.10

En el LCD se muestran la información de en primer lugar potencia real del Motor, y en la segunda fila, está el Porcentaje de Velocidad del Motor, dichos datos se obtienen de la lectura del ADC del PIC.

Además de dar información visual en el LCD se usa el Porcentaje de Velocidad para activar o desactivar los leds en función al diagrama de flujo del sistema de Control.

Definir Parámetros del Porcentaje de Velocidad: Para definir el valor real de los parámetros tanto de Potencia y de Porcentaje de Velocidad, es necesario realizar una conversión para establecer el parámetro, a partir de los datos digitales brindados por el ADC.

Los datos brindados por el ADC varían entre 0 a 1024, así que se planteara una fórmula de relación propia para determinar dichos parámetros.

$$\frac{\text{Lectura ADC}}{\text{Maxima Lectura ADC}} = \frac{\text{Porcentaje de Velocidad}}{\text{Max Valor de Porcentaje de Velocidad}}$$

Sustituyendo los datos según esta lista:

- Máxima Lectura ADC =1024
- Max Valor de Porcentaje de Velocidad =100

$$\frac{Lectura\ ADC}{1024} = \frac{Porcentaje\ de\ Velocidad}{100}$$

Despejando la Ecuación:

$$Porcentaje\ de\ Velocidad = \frac{Lectura\ ADC * 100}{1024}$$

Definir Parámetros de la Potencia del Motor: Similar al caso previo los datos brindados por el ADC varían entre 0 a 1024, así que se planteara una fórmula de relación para determinar dichos parámetros.

$$\frac{Lectura\ ADC}{Maxima\ Lectura\ ADC} = \frac{Potencia\ del\ Motor}{Max\ Valor\ de\ Potencia\ del\ Motor}$$

Sustituyendo los datos según esta lista:

- Máxima Lectura ADC =1024
- Max Valor de Porcentaje de Velocidad =150

$$\frac{Lectura\ ADC}{1024} = \frac{Potencia\ del\ Motor}{100}$$

Despejando la Ecuación:

$$Potencia\ del\ Motor = \frac{Lectura\ ADC * 150}{1024}$$

Conclusión: Estas fórmulas halladas, serán añadidas al programa general del PIC para, que este los valla resolviendo a cada rato, así actualizando a la información constantemente en el LCD, Ambas fórmulas nacen producto de la conversión analoga digital previamente diseñada.

- **Configuración del Timer0**

El PIC cuenta con 3 Times, en el caso se aplicará una temporización pequeña, para actualizar la pantalla LCD cada 0.5s, para evitar trabajo demás y normalizar más

la medición en dicho periodo. Para ello se necesita hacer una temporización de 0.5 segundos.

En primer lugar, se hace un listado de Parámetros de configuración:

Tabla 4.18: Parámetros de configuración a asignar hacia el Timer0 del PIC18F2550

N°	Parámetros
1	Timer0 a 16 bits
2	Pre divisor de trabajo de 64
3	Frecuencia del PIC es de 4 MHz

Con el listado mencionados se hacen los respectivos cálculos del valor de los registros TMR0H y TMR0L, que como el timer0 está configurado a 16 bits, se requiere de dos registros de 8 bits cada uno.

Valor de TMR0: Para determinar el valor del registro se usa la siguiente formula genérica:

$$TMR0 = \frac{Tiempo}{Predivisor * 4Tosc}$$

Para determinar el valor sustituimos los valores:

- Tiempo = 0.5
- Pre divisor = 32
- 4Tosc = 4*0.25µs = 1µs

Los datos representados en la formula quedan como:

$$TMR0 = \frac{0.5}{32 * 1 * 10^{-6}} = 49911$$

Lo siguiente es dividir dicho bloque en 256, porque cada registro consta de 8 bits, en decimal, seria 256. Esto para separarlo en dos registros: TMR0H y TMR0L.

Valor de TMR0H:

Para determinar este valor es necesario que de la división se tome en cuenta solo la parte entera de la división.

$$TMR0H = \frac{49911}{256} = 194.9684$$

En el caso el registro TMR0H queda determinado como:

$$TMR0H = 194$$

Valor de TMR0L:

Para determinar TMR0L queda restar a TMR0, la multiplicación de 194 y 256 para determinar el valor del registro faltante.

$$TMR0L = 49911 - 256 * 194 = 247$$

$$TMR0L = 247$$

Con ello completamos los dos registros que en simultaneo temporizan al Timer0 en 0.5s.

Conclusión: Este sistema de temporización corta, ayuda a que el LCD solo se actualice cada 0.5s, para mostrar el valor de conversión obtenido aislándolo del ruido provocado por señales externas que pueden hacer variar la información en el LCD a cada momento, como el ADC está en constante trabajo, estas mediciones pueden ser fastidiosas al estar variando a cada momento, aun estando estático la variación de la Perilla del variador de velocidad PWM.

- **Configuración del Display Grafico**

La pantalla LCD a usar es una pantalla liquida de 2x16, dos filas, 16 columnas, el comercialmente más usado es el HITACHI HD44780, cuya representación en el Software de Proteus 8.1 está en la figura 4.58.

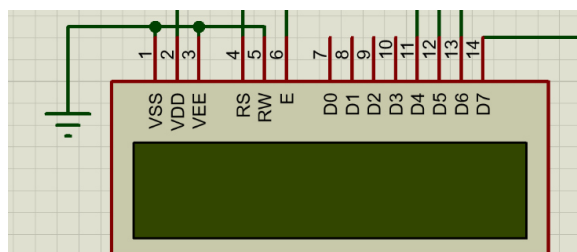


Figura 4.59 Pantalla LCD 2x16 a usar en Proteus 8.10

En el software de Mikro pro for PIC, existe la librería LCD, que facilita la programación de dicha pantalla, así que solo se necesita hacer la respectiva función detallada en la Figura 4.59. Para así plasmar ambas variables de Potencia y Porcentaje de Velocidad Previamente detalladas, en la Pantalla LCD.

```
// Formatear ambos parametros
sprintf(Texto, "%5.1f", Potencia);
LCD_Out(1, 7, Texto);
sprintf(Texto, "%5.1f", Porcentaje);
LCD_Out(2, 7, Texto);
```

Figura 4.60 Bloque de Programación C del LCD en MikroC

Conclusión: El LCD requiere de poca programación, pero aun así es un periférico muy importante, ya que en él se plasma el resultado de todo lo previamente programando en el PIC.

- **Diseño del sistema de Luces**

El sistema de luces tiene los siguientes objetivos en función al valor del porcentaje de velocidad del motor:

- Si el porcentaje de Velocidad es menor a 45% solo estará encendido el led Amarillo
- Si el porcentaje de Velocidad es mayor a 45% y menor a 65%, estará encendido el led Amarillo y el led Verde.
- Si el Porcentaje de Velocidad es mayor a 65%, se encenderá solo el led Rojo.

Los diodos leds a usar son los comunes, de un voltaje de operación de 2v, estos leds son muy luminosos, además de ser baratos y prácticos en el montaje. En la figura 4.60 se muestra la esquematización de los leds en Proteus, en funcionamiento.

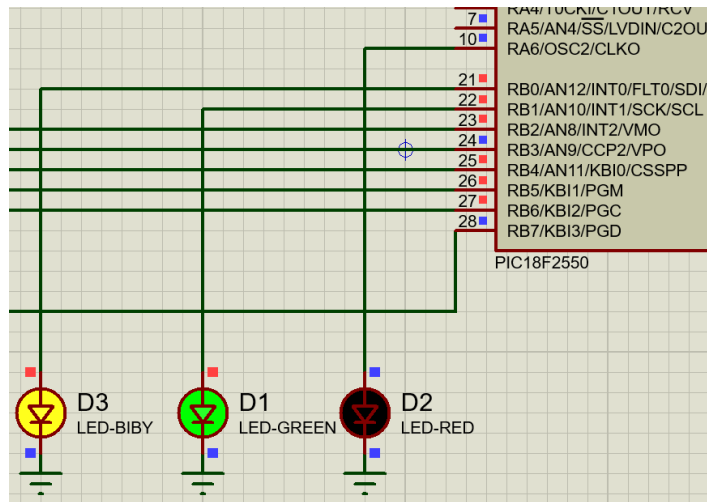


Figura 4.61 Representación del sistema de luces en Proteus 8.10

En la Figura 4.61 se muestra el bloque de programación usado para desarrollar la estructura de funcionamiento de los Leds.

```

if(Porcentaje<45.0)
{
    DB=1;
    DG=0;
    DR=0;
}
if(Porcentaje<65.0 && Porcentaje>45.0)
{
    DB=1;
    DG=1;
    DR=0;
}
if( Porcentaje>65.0)
{
    DB=0;
    DG=0;
    DR=1;
}

```

Figura 4.62 Bloque de Programación del sistema de Luces led en MikroC

Conclusión: Los leds se apagan y encienden en función al valor del porcentaje de velocidad del motor, dicho valor proviene de la conversión análoga digital, este sistema de luces fue diseñado así, para hacer más fácil el uso de la máquina, cuando el usuario está observando la pared o a otro lado y quiere tener referencia del porcentaje de la velocidad, estas luces brindan dicha información sin necesidad de ver la pantalla del LCD.

CAPÍTULO V

SIMULACION

5.1 Simulaciones

5.1.1 Simulación Mecánica 1

En este apartado se tomará en cuenta la realización de una fuerza entrante de 175.026 N en la zona donde es el nexo entre la biela y el plato giratorio, como se observa en la Figura 5.1. Para hacer un análisis de esfuerzos aplicando el Software de Inventor. Solo enfocado en el eje ya que este es el elemento principal del sistema mecánico.

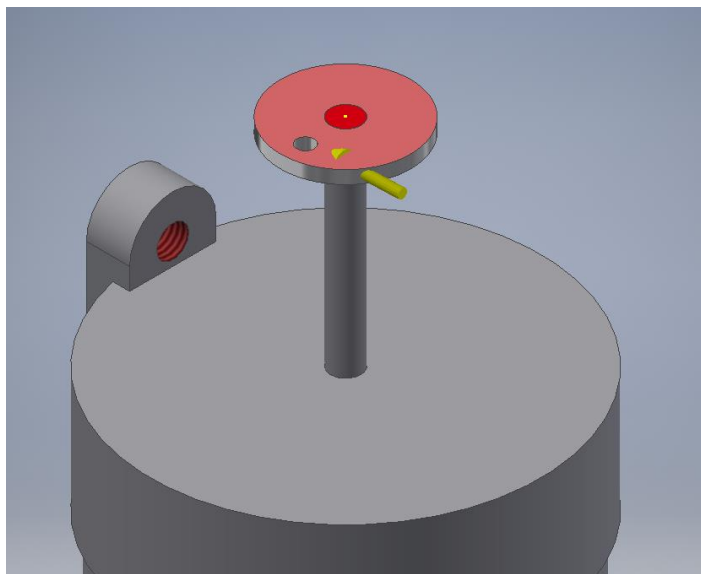


Figura 5.1 Fuerza de 175.26 N aplicada en el plato para la simulación

En primer lugar, en la Tabla 5.1 se Observa los parámetros iniciales aplicados.

Tabla 5.1: Parámetros aplicados para la simulación

N°	Parámetro
1	Magnitud Aplicada de 175.26 N
2	Restricción Fija en ambos apoyos de Perno
3	Restricción Fija en la base del eje
4	Asignar el material del eje Acero AISI 1020 rolado en Frio

En la Figura 5.2 se observa la fuerza de 175.26 N aplicada en la zona del Plato, esta fuerza es la misma con la que se realizan los cálculos del análisis de Von Mises y fatiga del eje.

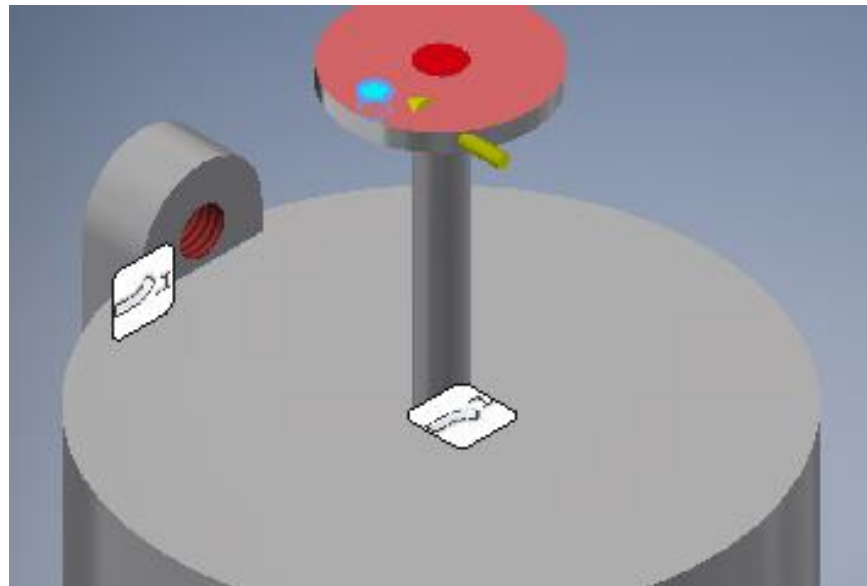


Figura 5.2 Ubicación de la Aplicación de la Fuerza de 175.26 N

En la Figura 5.3 se observan las restricciones hechas en la zona de ambos pernos, para la sujeción, esto porque el motor esta empernado a la máquina y se mantendrá firme en su uso.

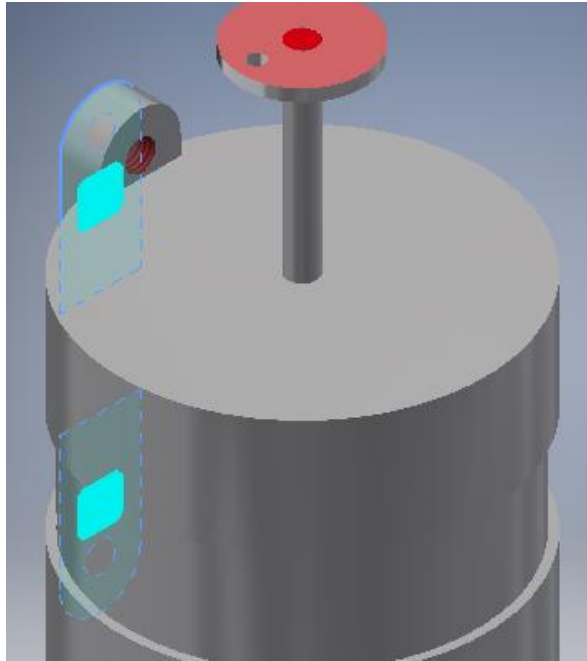


Figura 5.3 Restricción Fija de en la ubicación de los Pernos

En la Figura 5.4 se observa la fijación en la base del eje, esto para llevarlo al extremo, al no tener movimiento circular de rotación en la simulación

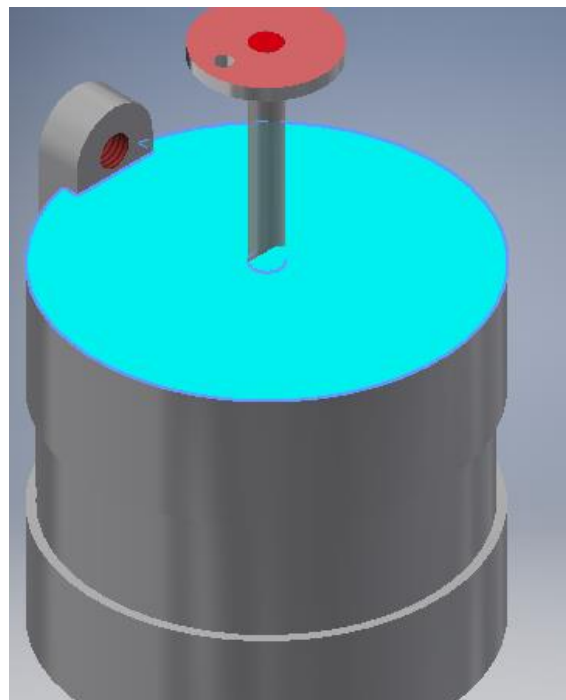


Figura 5.4 Fijación en la base del eje.

Estos datos son ingresados y procesados en el software de Autodesk Inventor en la simulación de esfuerzos.

5.1.2 Simulación Mecánica 2

En este apartado se retomará la aplicación de la fuerza de 175.026 en el mismo lugar, solo que, quitando la restricción fija en la base del eje, sustituyéndola por la aplicación de una fijación de dirección radial, así brindando libertad de giro hacia el eje, esto debido a que, en la primera simulación mecánica, la fatiga principal fue de 285 Mpa en la base del eje, esto supera al límite de resistencia a la fatiga que es de 142 Mpa, por ello se hizo una nueva simulación con libertad de giro en el eje para demostrar que la Fatiga principal es menor a 142 Mpa. En la Figura 5.5 se observa la nueva fijación de la simulación.

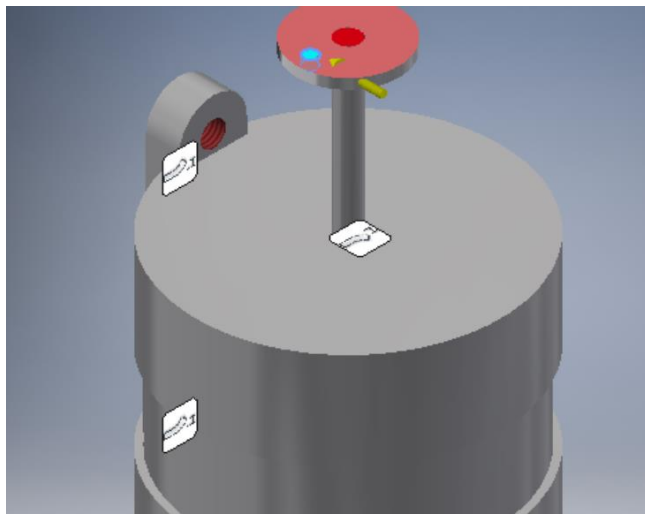


Figura 5.5 Fuerza de 175.26 N aplicada en el plato para la simulación mecánica 2

En primer lugar, en la Tabla 5.2 se Observa los parámetros aplicados.

Tabla 5.2: Parámetros aplicados para la simulación

N°	Parámetro
1	Magnitud Aplicada de 175.26 N
2	Restricción Fija en ambos apoyos de Perno
3	Fijar dirección radial en el eje
4	Asignar el material del eje Acero AISI 1020 rolado en Frio

En la Figura 5.6 se observan las restricciones hechas en la zona de ambos pernos, para la sujeción, este paso se repite con la anterior simulación mecánica.

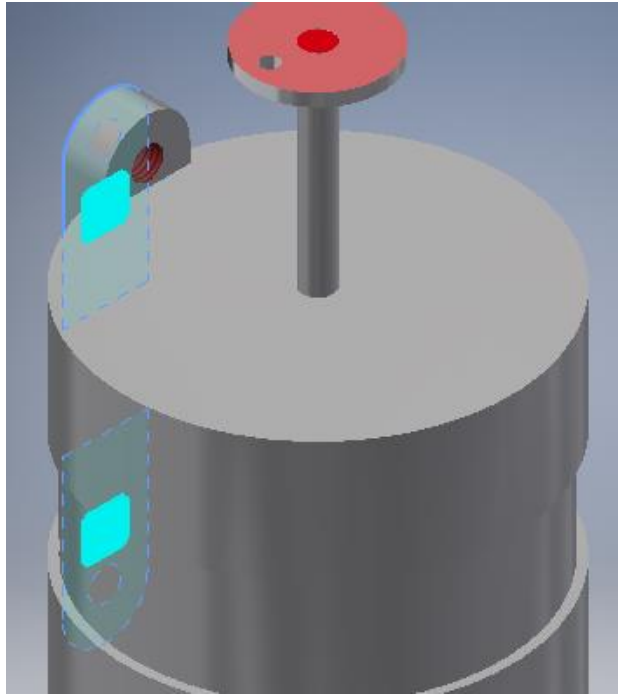


Figura 5.6 Restricción Fija de en la ubicación de los Pernos

En la Figura 5.7 se observa la fijación de dirección radial, esto hace que el eje pueda rotar, este es el cambio que diferencia ambas simulaciones

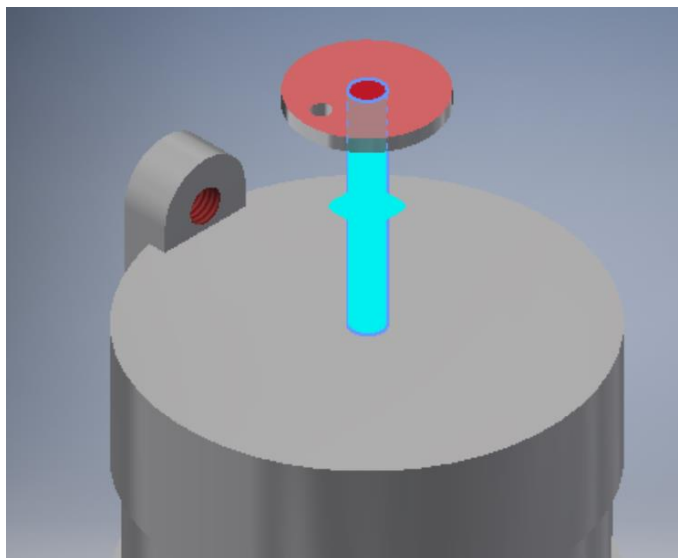


Figura 5.7 Fijación de dirección radial en el eje

Estos datos son ingresados y procesados en el software de Autodesk Inventor en la simulación de esfuerzos.

transformador de 35 v, para simular esta parte se aplicará el uso de un osciloscopio y un voltímetro.

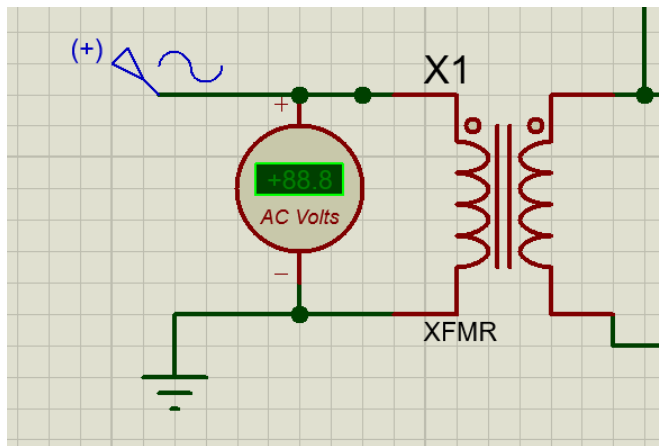


Figura 5.9 Primer Segmento del Circuito, uso de voltímetro para medir las señales

En la Figura 5.10 se encuentra la segunda parte del circuito en la cual consiste del uso de un puente rectificador de diodos junto a dos condensadores, uno de 2200 uF y de 100nF, para estabilizar la señal, esto para llegar a la entrada del dispositivo LM7805.

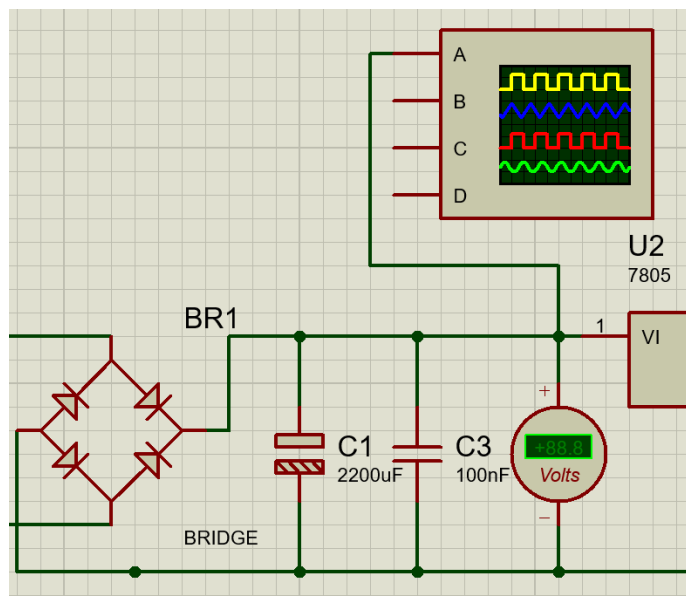


Figura 5.10 Segundo Segmento del Circuito, uso de voltímetro y osciloscopio digital para medir las señales de entrada hacia el LM7805

En la Figura 5.11 se observa la parte final del sistema de Rectificación, empezando por la salida del LM7805, donde alimenta al PIC y a la Pantalla LCD con una señal rectificada de 5v, y se anexa el doble potenciómetro proveniente del Variador de

velocidad PWM para la entrada Análoga digital, junto a la entrada del Pulsador para el PIC.

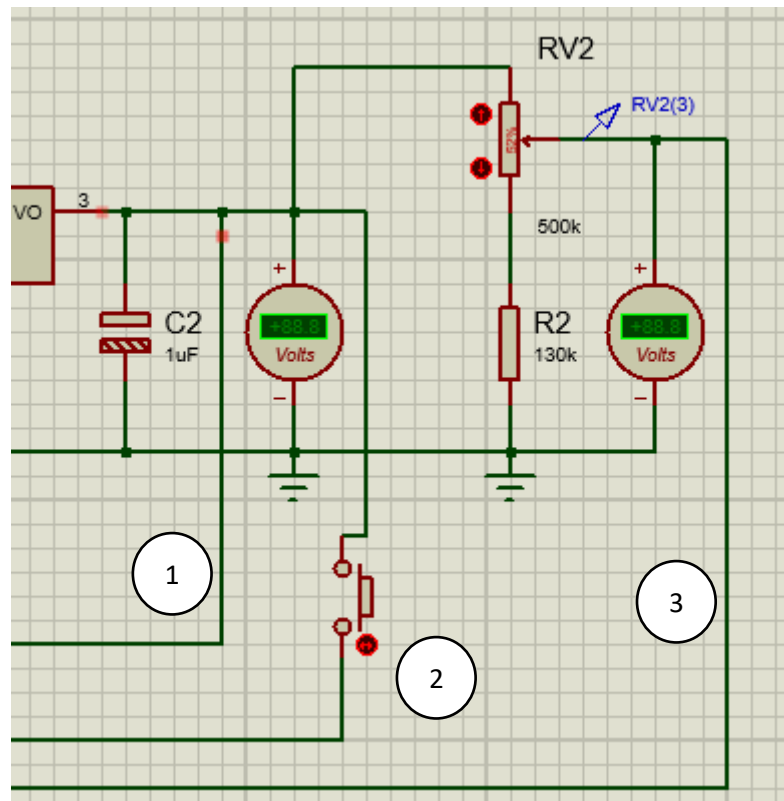


Figura 5.11 Segmento Final del Circuito de Rectificación, salidas para alimentación del PIC, y a los periféricos del controlador PIC, uso de voltímetro para la simulación.

En la Tabla 5.3 se detalla cada una de las salidas de la fase final del circuito rectificador.

Tabla 5.3: Detalle de cada salida de la fase final del circuito de rectificación.

N°	Parámetro
1	Voltaje de alimentación de 5V para el PIC y el LCD
2	Entrada del Pulsador en el puerto RC0 del PIC18F2550
3	Señal de salida del doble potenciómetro del variador de velocidad PWM para la entrada análoga digital del PIC18F2550

Con estas salidas se alimenta al circuito de control compuesto por el controlador PIC, el LCD, el pulsador, y los leds de control. En la Figura 5.12 se muestra el conexionado de las señales de la tabla 5.2 para ser procesadas con el PIC18F2550.

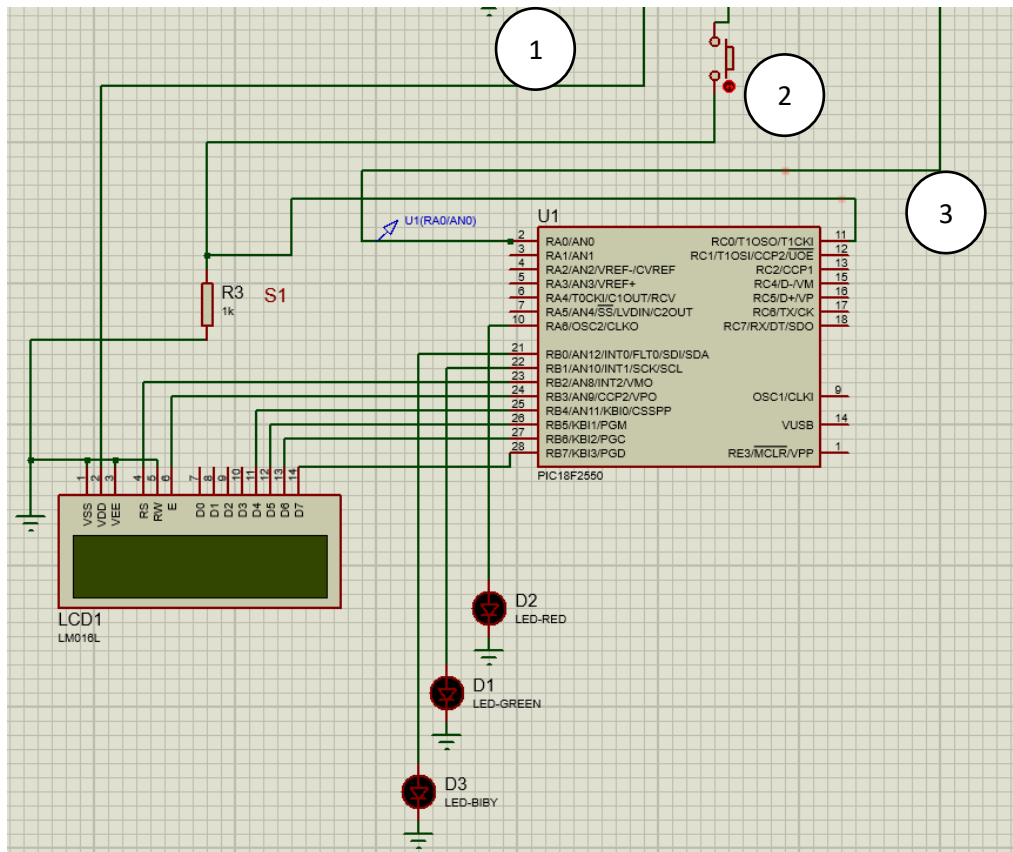


Figura 5.12 Conexión de las señales procedentes de la Tabla 5.2 en el circuito de control. Para finalizar se debe hacer la configuración para la simulación del programa. En la Figura 5.13 se muestra la configuración de la frecuencia de trabajo del PIC a 4Mhz, este dato procede de los cálculos y la programación hecha en el diseño del sistema de control, además debe hacerse el cargado del programa procedente de MikroC en formato. hex

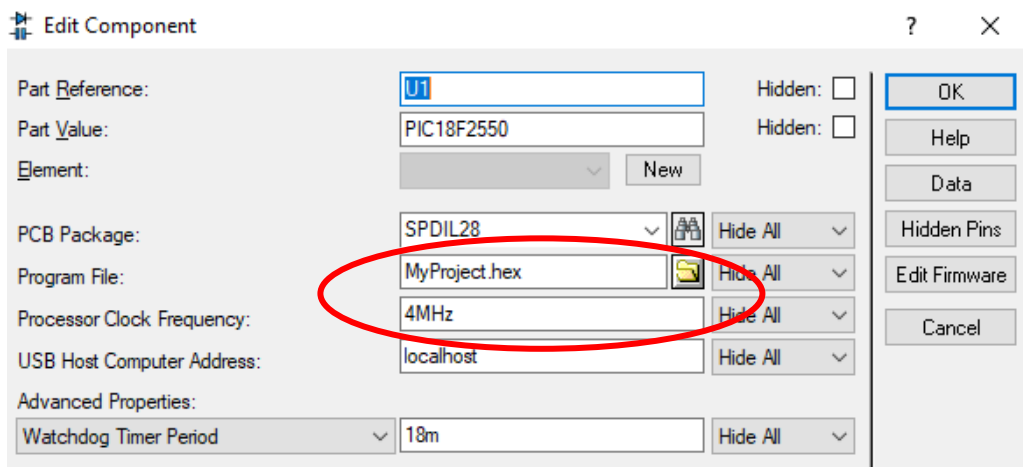


Figura 5.13 Cargado del programa en formato. hex y configuración de la oscilación interna de trabajo del PIC a 4Mhz

5.2 Pruebas y Resultados

5.2.1 Pruebas y Resultados de la Simulación Mecánica 1

Aplicando la simulación de Fatiga con la fuerza de entrada de 175.26 N, el software nos brinda una serie de resultados empezando por el resultado de Von mises.

En la Figura 5.14 se muestra el análisis de Fatiga de Von mises. Este resultado muestra que el eje soporta una Fatiga máxima de 265.326 MPa a causa de la fuerza ejercida de eje. Además de deformar ligeramente el eje, esto debido a la fijación de movimiento circular en la base.

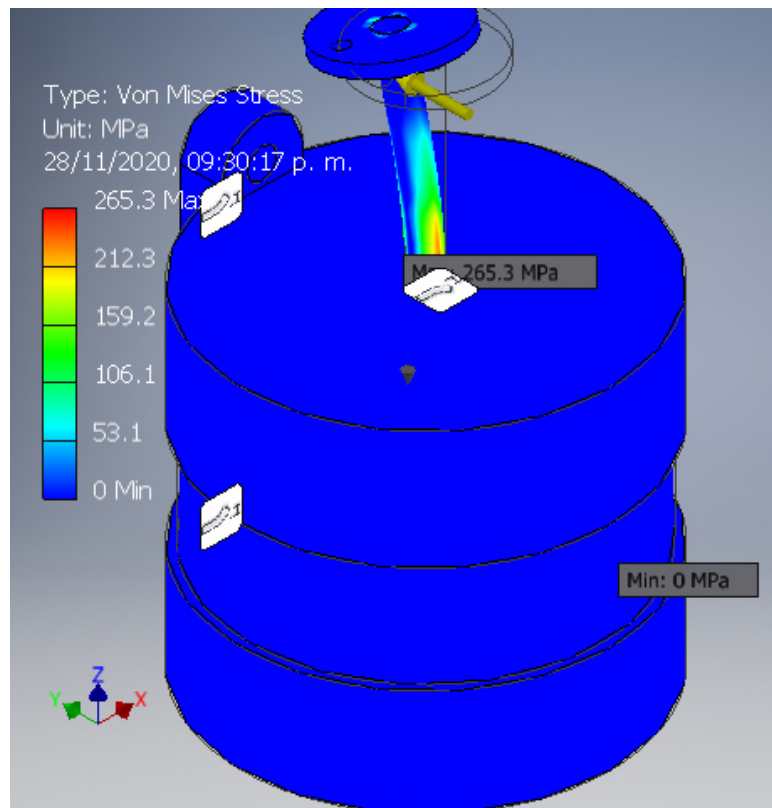


Figura 5.14 Resultado del análisis de Fatiga de Von Mises en la simulación mecánica 1.

En la Figura 5.15 se muestra el resultado del esfuerzo principal, en este resultado se muestra que el eje soporta un esfuerzo de 285.5 Mpa, ejercido en la base del eje, esto debido a la fijación de la base del eje.

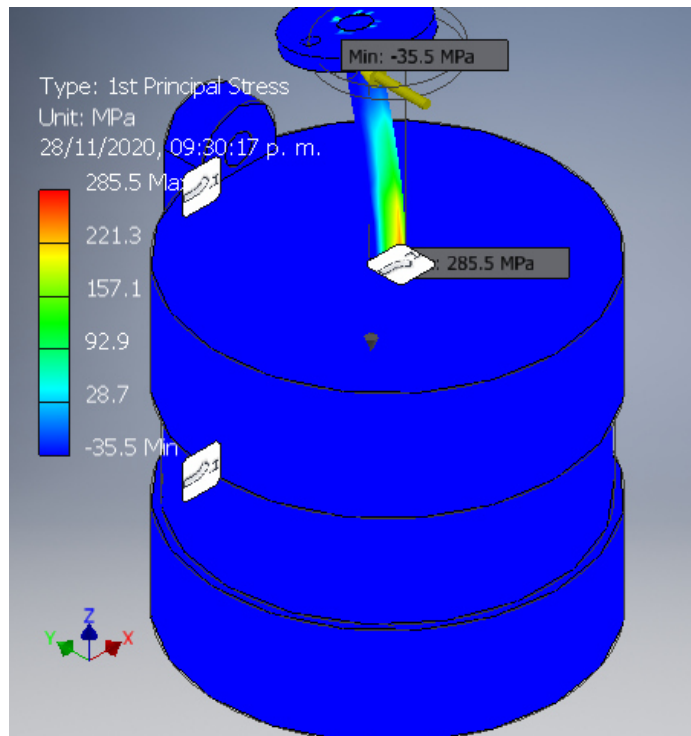


Figura 5.15 Resultado del esfuerzo principal ejercido en el eje en la simulación mecánica 1. Existe una deformación en forma de desplazamiento en el plato superior del eje. En la Figura 5.16 se muestra el desplazamiento ocurrido en el disco superior producto del esfuerzo y a la fuerza ejercida, la deformación es de 0.3607 mm como máximo.

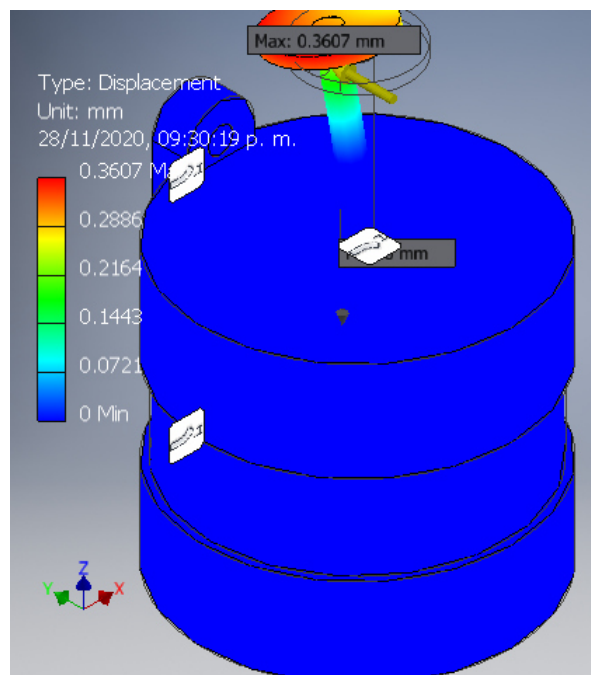


Figura 5.16 Resultado del desplazamiento ejercido por la Fuerza en la simulación mecánica 1.

Al resumir estos resultados se ven plasmados en la Tabla 5.4, esta información va a ser comparada con los datos obtenidos en el diseño del eje en el capítulo 4.

Tabla 5.4: Resumen de los Resultados de la simulación a Fatiga del Eje comparados con los obtenidos en el diseño del Eje, de la simulación mecánica 1.

N°	Nombre	Valor de Simulación	Valor del Diseño
1	Fatiga de Von Mises	265.326 MPa	Sy393 = MPa/ Se = 142 Mpa
2	Fatiga Principal	285.476 MPa	Sult = 469 MPa/ Se = 142 Mpa
3	Factor de Seguridad	1-15	2
4	Momento en la restricción fija	7.90674 N.m	8.40 Nm

Resultado: Al estar la fijación estática en el eje, este no puede girar, lo cual acumula mucha concentración de esfuerzo en este punto, como lo señalado en la figura 5.14, esta Fatiga es superior al límite de resistencia a la fatiga de 142 Mpa. Esto conlleva a un factor de seguridad bajo de 1. Es por ello que se hará una nueva simulación en el cual se brindará la libertad de giro en el eje, así eliminando la concentración de esfuerzo en la base del eje. Finalmente, en la simulación mecánica 1 se demostró que el momento máximo soportado por el eje es de 7.90Nm. Similar al momento máximo soportado por el eje en el plano XZ.

5.2.2 Pruebas y Resultados de la Simulación Mecánica 2

Aplicando la simulación de Fatiga con la fuerza de entrada de 175.26 N, el software nos brinda una serie de resultados empezando por el resultado de Von mises. Igual que en la simulación mecánica 1.

En la Figura 5.17 se muestra el análisis de Fatiga de Von mises. En este resultado el esfuerzo máximo que soporta el eje es de 63.22 Mpa como máximo, lo cual lo hace muy inferior al límite de resistencia a la Fatiga en ubicación Critica de 142 Mpa. Con esta simulación se demuestra que en condiciones reales el eje soportara esta carga.

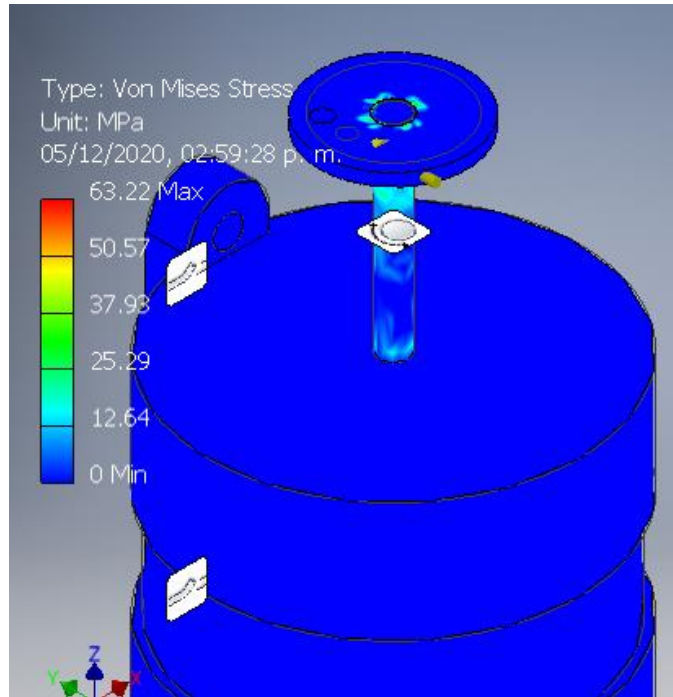


Figura 5.17 Resultado del análisis de Fatiga de Von Mises en la simulación mecánica 2. En la Figura 5.18 se muestra el resultado del esfuerzo principal, en este resultado se reduce ligeramente la concentración de fatiga a 56.37 Mpa como la máxima concentración de fatiga, se puede observar que la carga se distribuye uniformemente alrededor del eje.

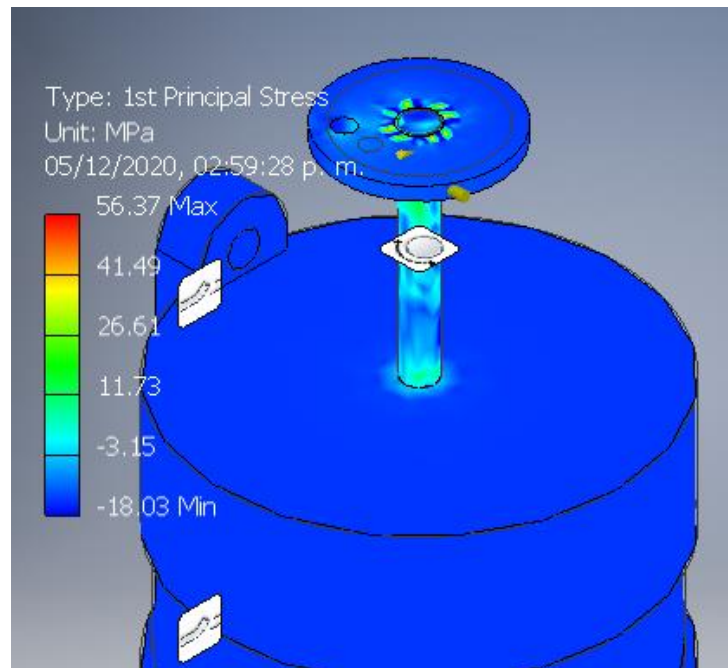


Figura 5.18 Resultado del esfuerzo principal ejercido en el eje en la simulación mecánica 2.

En la Figura 5.19 se observa que existe un ligero desplazamiento en el plato del eje, el desplazamiento es muy pequeño lo cual hace que la fijación de movimiento radial hace que el eje rote, debido a ello el desplazamiento es muy pequeño.

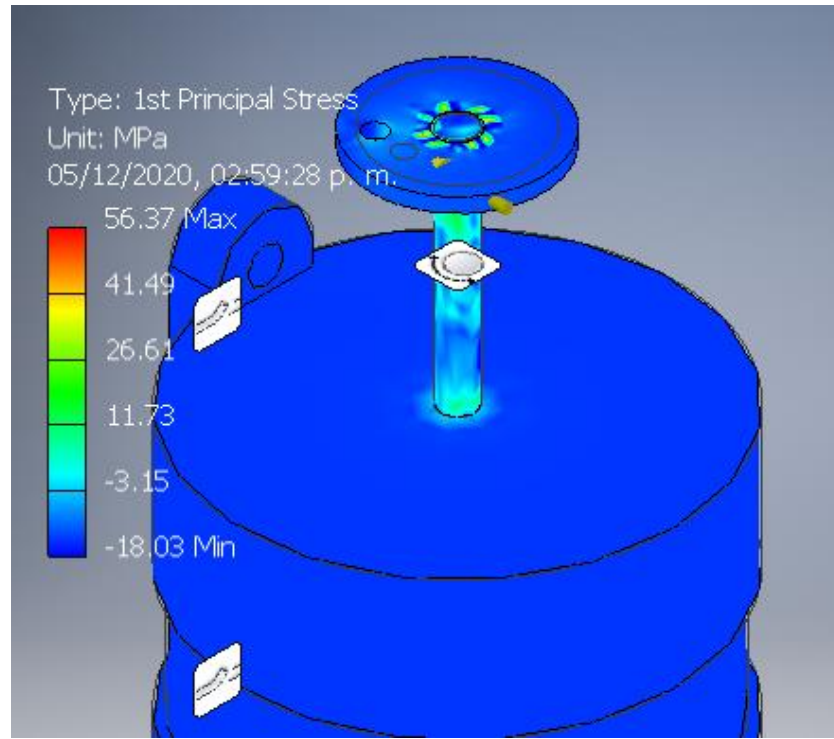


Figura 5.19 Resultado del desplazamiento ejercido por la Fuerza en la simulación mecánica 2. Al resumir estos resultados se ven plasmados en la Tabla 5.5, esta información va a ser comparada con los datos obtenidos en el diseño del eje en el capítulo 4. Para demostrar que, en este caso más real, el eje soporta esta carga de forma eficiente.

Tabla 5.5: Resumen de los Resultados de la simulación a Fatiga del Eje comparados con los obtenidos en el diseño del Eje, de la simulación mecánica 2.

N°	Nombre	Valor de Simulación	Valor del Diseño
1	Fatiga de Von Mises	63.22 MPa	Sy393 = MPa/ Se = 142 Mpa
2	Fatiga Principal	56.37 MPa	Sult = 469 MPa/ Se = 142 Mpa
3	Factor de Seguridad	4-15	2
4	Momento en la restricción fija	0.8527 N.m	8.40 Nm

Resultado: En este caso la simulación demostró que, añadiendo la libertad de giro en el eje, se disminuye considerablemente la fatiga en el eje, haciéndola inferior al

límite de resistencia a la fatiga designada en el capítulo 3. Con esta libertad de giro, el eje soporta una carga uniforme en a través de todo el eje lo cual eleva el factor de seguridad a 4 en el mínimo punto. Como se le brindo la libertad de giro, el momento en el plato es mucho menor a lo designado en el capítulo 3, ya que ese análisis es en forma estática.

5.2.3 Pruebas y Resultados de la del Sistema de Rectificación y de Control

Para el circuito de control y de rectificación se aplicará en primer lugar la verificación del voltaje y señal, por partes del circuito. Para ello se empezará por el primer segmento.

En la Figura 5.20 se muestra el resultado de las señales del voltaje mediante los voltímetros, en la figura se observa que en el primer voltímetro se observa que entra 220v en corriente alterna, que al ser procesada en el transformador y puente de diodos trae como resultado un voltaje de 35 voltios en corriente continua.

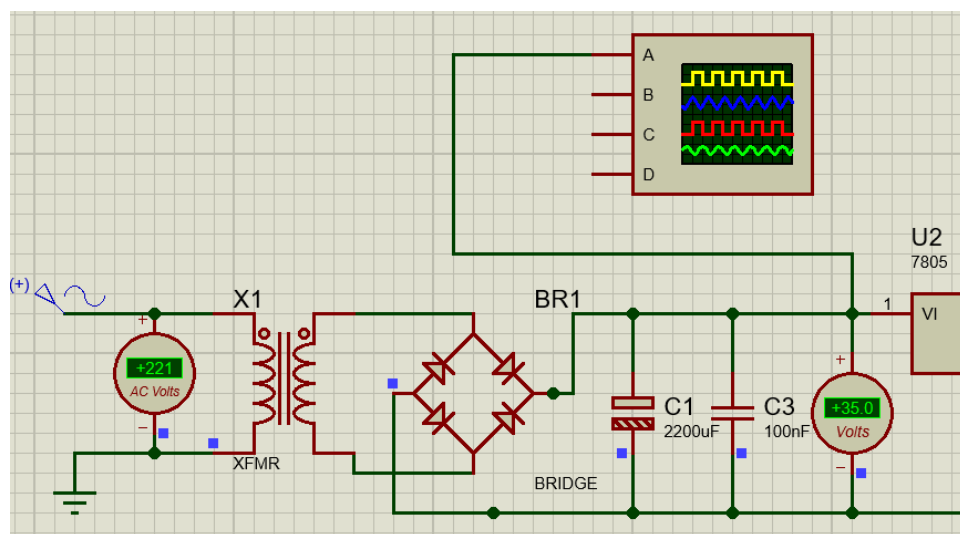


Figura 5.20 Resultado de los voltímetros del primer y segundo segmento, previo a la entrada del LM7805

En la Figura 5.21 se observan de color amarillo la onda constante a 35v DC rectificada por los condensadores.

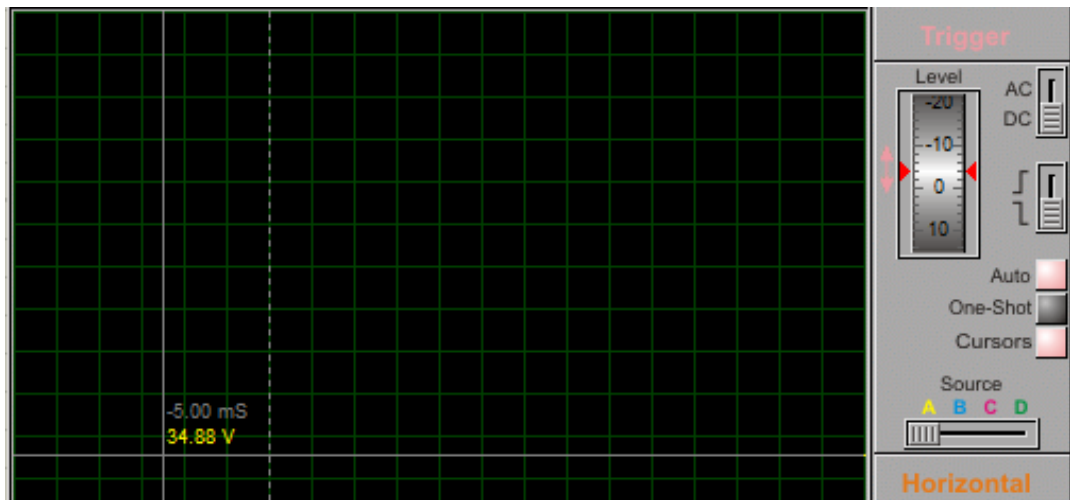


Figura 5.21 Resultado de la onda azul de la señal de salida del transformador, y en amarillo la señal rectificada de 35v DC

Luego se toma el segmento 3 unido al sistema de control con sus respectivos voltímetros para verificar el funcionamiento y desempeño del controlador PIC con sus periféricos.

En la Figura 5.22 se observa el segmento final de rectificación unido con el controlador PIC, se observa que el controlador funciona bien con el circuito de rectificación. Por el momento se encuentra apagado.

Se observa que el controlador está en funcionamiento, pero brinda un mensaje en el LCD de apagado, para encender la lectura del ADC, se tiene que presionar el pulsador S1 como en a la programación previamente realizada.

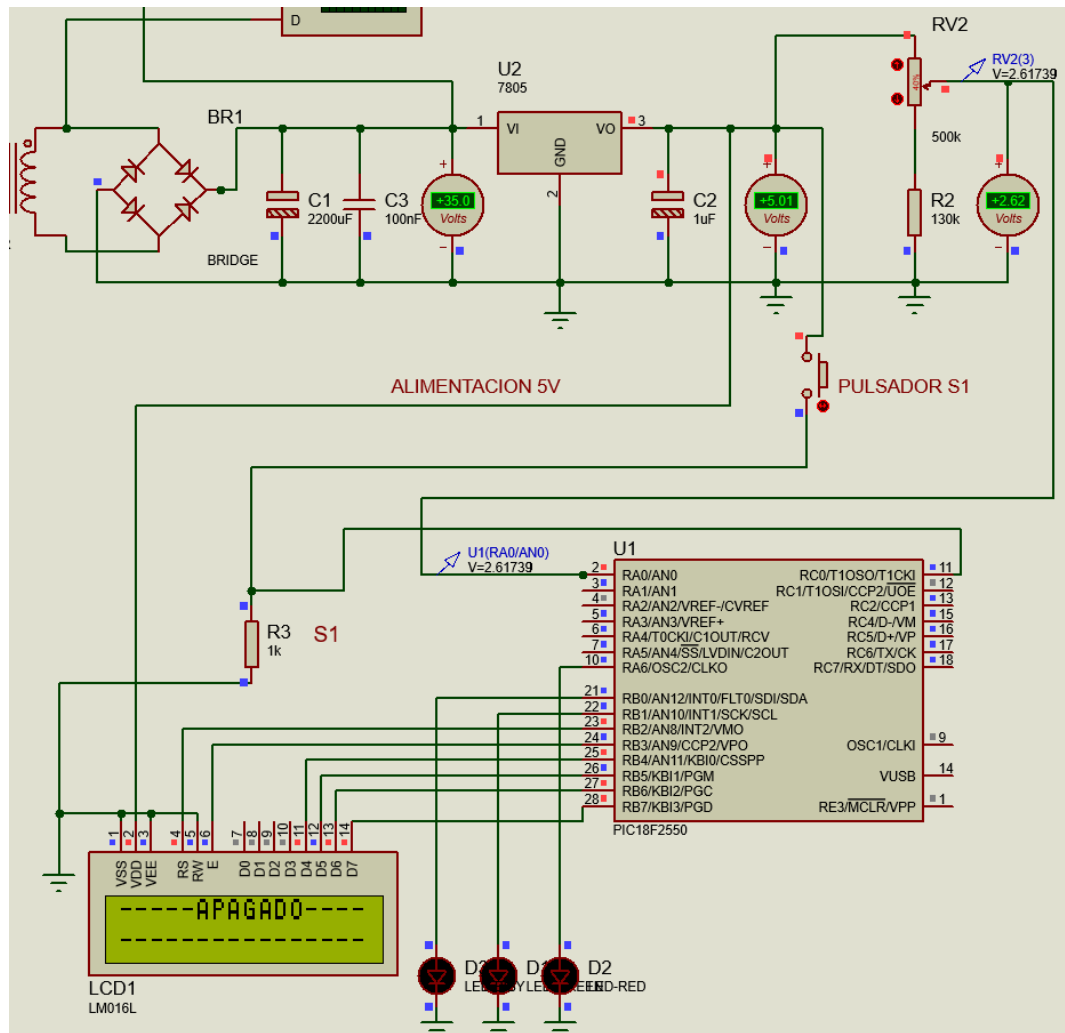


Figura 5.22 Sistema de control sin realizar ninguna función hasta pulsar S1

Al pulsar S1 el controlador enciende sus periféricos y nos brinda la lectura de la figura 5.17 en la cual el LCD nos brinda la lectura del porcentaje de Velocidad de giro del motor como también la potencia suministrada del variador de velocidad, esto es posible gracias al doble potenciómetro de 500k ohm que trabaja con el variador de velocidad y trabaja con el circuito de control simultáneamente, sin hacer peligrar el circuito de control.

En la Figura 5.23 está representado el accionamiento del pulsador S1 mediante el circulo 1, y el doble potenciómetro de 500k ohm junto al voltaje analógico variable de entrada al PIC mediante el circulo 2, esta lectura analógica se observa en su respectivo voltímetro ubicado a su derecha, en el caso esta es de 2.90v DC.

Al variar este valor del potenciómetro la lectura cambia cada 0.5s, como también los leds varían según el porcentaje de velocidad, esta premisa cumple lo

programado en el diseño del sistema de control, ya que el porcentaje de velocidad es inferior al 65% del porcentaje de velocidad.

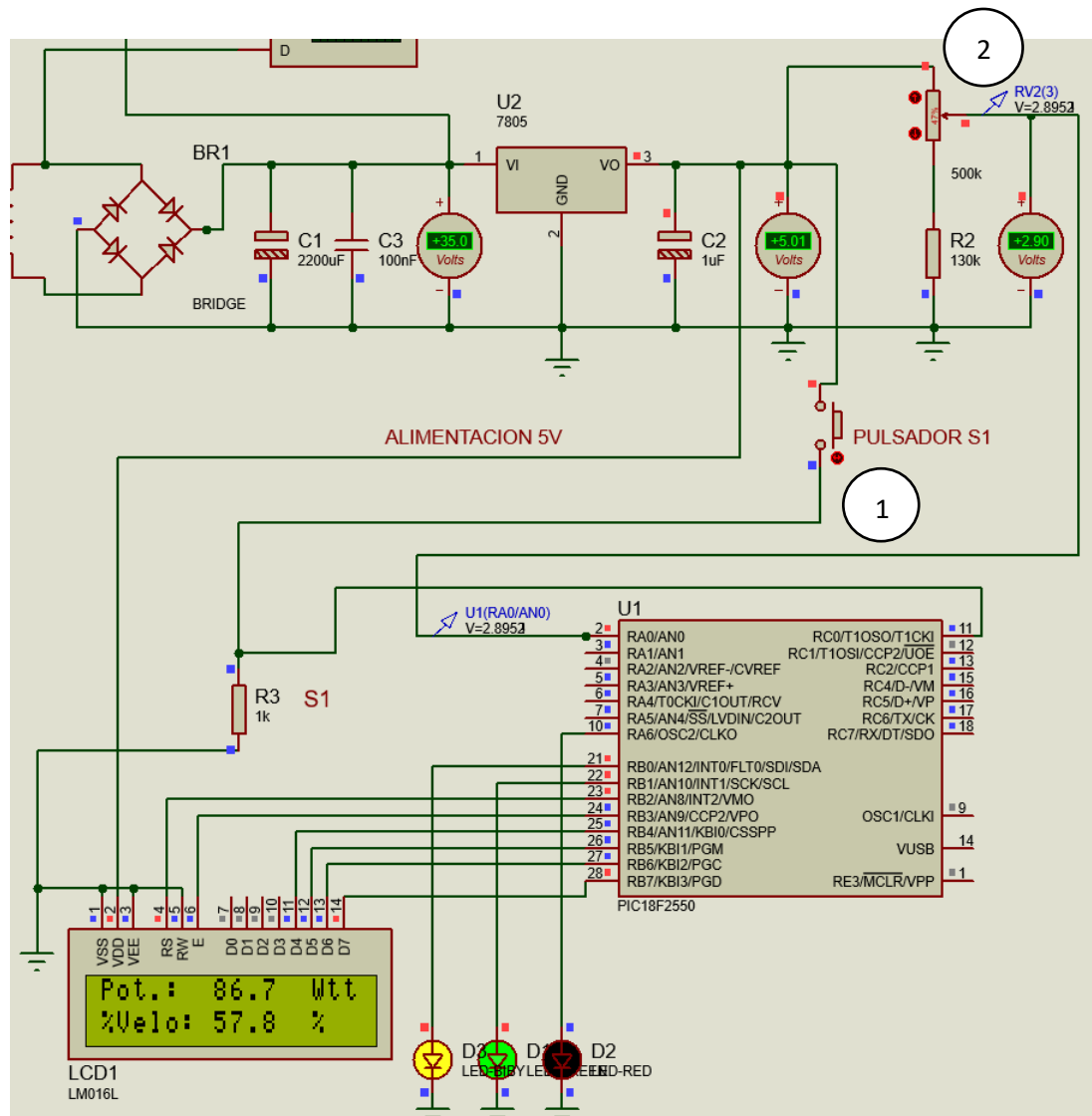


Figura 5.23 Sistema de control accionado al pulsar S1, con una entrada analógica de 2.90v. Si al variar el potenciómetro a la máxima velocidad posible, este brinda una señal de 5v DC, este voltaje es lo máximo que puede soportar el PIC18F2550. En la Figura 5.24 se observa el potenciómetro brindando el mayor voltaje que puede suministrar de 5v, en la pantalla del LCD se muestra que la potencia y el porcentaje de velocidad está en su valor máximo, el led Rojo está activo, cumpliendo a la premisa programada en el diseño de control, ya que es mayor al 65% de velocidad. Si se desea apagar la lectura se vuelve a presionar el Pulsador S1.

CONCLUSIONES

En función a los resultados obtenidos en el análisis de la parte mecánica y puestos a prueba en el apartado de las simulaciones, el mecanismo biela-manivela se diseñó con 1 grado de libertad ya que la máquina ligera de texturizado solo realiza un movimiento lineal que es usado para el estampado de los moldes de texturizado, la velocidad lineal del pistón fue de 2.52 m/s generando una fuerza de estampado de 58.42N y empleando un factor de seguridad de 3 para obtener una fuerza de 175.26N para el diseño de eje, con esto el pistón resiste la fuerza del estampado y factores externos que puedan aparecer.

En el apartado de ensamble de la máquina ligera de texturizado, los resultados en los pernos brindan un factor de seguridad de 60 con esto es difícil el fallo por su elevado factor de seguridad; en los cordones de soldadura se obtuvo un factor de seguridad de 4 soportando de esta manera pesos añadidos en la máquina si el usuario no lo tiene en un entorno libre.

Para determinar la correcta asignación de material se planteó diversos parámetros por elemento del mecanismo, empezando por el eje y polea donde se aplicó un Acero AISI 1020 rolado en frío que se caracteriza por tener buena resistencia a la fluencia, como también es de fácil maquinado, además de no estar expuesto mucho a la corrosión y a la humedad gracias a la carcasa. También se asignó para la bocina el bronce ASTM B505 debido a su resistencia a la oxidación, corrosión y altas temperaturas, además de aliviar la fricción generada entre la bocina y el pistón, en este último elemento asignó el Acero Inoxidable 439 debido a su alta resistencia a la corrosión y oxidación respecto a otros aceros inoxidable.

Para el desarrollo del sistema eléctrico electrónico de control de velocidad e interfaz de usuario se propuso el uso de un doble potenciómetro de 500k ohm el cual trabaja con el variador de velocidad PWM designado a usar, y a la vez trabajar, con el circuito de rectificación y de control, en el cual se encuentra establecido una interfaz de usuario visual mediante una Pantalla LCD y unos LEDs para el control visual indirecto, aplicando este doble potenciómetro se bloquea la posibilidad de cortos o fallos en ambos circuitos ya que ambos funcionaran en función a la variación de la perilla del potenciómetro, pero ambos trabajarán aislado uno del otro.

Para variar la velocidad del motor se planteó el uso de un módulo de variación de velocidad PWM, puesto que este variador no es muy costoso, estando a un costo de 5.86 dólares en tiendas virtuales, este módulo será complementado usando el doble potenciómetro estando unido con el sistema de control y rectificación. Finalmente se hizo la programación de un Timer en el PIC18F2550 para actualizar la pantalla del LCD cada 0.5 segundos y de esta forma eliminar el ruido que puede hacer variar el valor en la pantalla constantemente, este fenómeno es fastidioso en un ambiente real, es por ello que se mantendrá contraste cada lectura cada 0.5s, mejorando altamente la interfaz de usuario.

TRABAJOS FUTUROS

La investigación se enfocó a un diseño conceptual de la maquina enfocado al proceso de texturizado mediante el estampado de diseños, aún quedan líneas que podrían ser explotadas o mejoradas al realizar pruebas reales partiendo del diseño ya fabricado, Entre estos posibles mejoras o trabajos destacan:

- El trabajo puede mejorarse en primer lugar, logrando juntar otro mecanismo intercambiable con el eje, este mecanismo cuenta con un sistema de engranajes planetarios, el cual brindara la posibilidad de un movimiento circular en formas de masaje, el cual puede ser aplicado en la pared para tarrajear la pared, así logrando ampliar el alcance de la maquina al tarrajear y hacer texturizados en la pared solo al cambiar el mecanismo en el eje.
- Se puede diseñar un sujetador para una revocadora de cemento que al accionarse con el interruptor de inicio de la maquina dosifique el cemento junto a que la maquina empieza a estampar el diseño, esta revocadora estará unida a la maquina en forma de accesorio, la complementación se enfocara en buscar que revocadora cumplirá dicha función.
- El sistema de control de la maquina es abierto, lo que significa que no tiene retroalimentación a base de sensores, para complementar más este sistema de control, convirtiéndolo en un sistema de control cerrado, se puede plantear el uso de sensores de proximidad para calibrarlos a una distancia que afecte el desempeño de la máquina, así accionar unos servomotores que alejen la maquina o que brinden una señal de alerta, cabe mencionar que el controlador actual es capaz de trabajar con más periféricos. Este trabajo será posible al construir y poner a pruebas el diseño de la máquina para así modernizarlo con este sistema de control cerrado.
- Finalmente se puede plantear el uso de un resorte en el pistón para amortiguar el impacto, ya sea externo o interno producto del estampado continuo de la máquina, la determinación del uso de este resorte podrá ser planteada de manera más clara con la fabricación del diseño y poniéndolo a pruebas de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **LÍNEA PREVENCIÓN**. “*Ergonomía en el sector de la construcción*” [en línea]. 2013 [consulta: 04-09-2020]. Disponible en: http://www.lineaprevenccion.com/ProjectMiniSites/IS0020/material/generales/intro_ergonomia_alta.pdf.
- [2] Anónimo. *Tabla de salarios y beneficios sociales*. [En línea] Lima: FTCCP, 2019. [Consulta: 10-4-2020]. Disponible en :
- [3] **CANELLES MUIR, Michel**. “*DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD PARA EL MOTOR DC DE LA PULIDORA METALGRÁFICA MODELO 3E881M*”. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez. Moa, Tesis de grado, 2017.
- [4] **MORA RODRIGUEZ, Edison**. “*VARIADOR DE VELOCIDAD CON CAPACIDAD DE COMUNICACIÓN ETHERNET EN SISTEMA SCADA*”. Universidad Piloto de Colombia. Bogotá , Tesis de Grado, 2019.
- [5] **BOZZANO CIAVAGLIA, Blanca**. “*ACABADOS Y REVESTIMIENTOS EN EL DISEÑO DE ARQUITECTURA DE TIERRA*”. Universidad de la Republica. Montevideo, Tesina de Grado, 2017.
- [6] **HUALPA ALEJANDRO, Henry**. “*DISEÑO DE UNA MÁQUINA EXTRACTORA PARA DESMONTAJE DE TUERCAS EN VÁLVULAS DE BOMBAS GEHO EN MINERA CHINALCO PERÚ S.A.*” UNCP. Huancayo, Tesis de grado, 2016.
- [7] **CALCINA SOTELO, Armando**. “*OPTIMIZACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL LABORATORIO UNCP*”. UNCP. Huancayo, 2016.
- [8] **MORALES MARTINEZ, Georgy y ROALCABA SAAVEDRA, Stalyn** “*DISEÑO DE UNA MÁQUINA REVOCADORA*”. Universidad Señor de Sipan. Chiclayo, 2018.
- [9] ACEROSAREQUIPA, 2015, Catálogos de productos y servicios [en línea]. [imagen]. 2015 [Consulta: 30 May 2020]. Disponible en: <http://www.acerosarequipa.com/fileadmin/templates/AcerosCorporacion/PDF/catalogo-productos-2019.pdf>
- [10] **ALVAREZ ACEVEDO, Francisco**. “*Estudio e implementación de un convertidor AC/DC para el control de un motor de continua del laboratorio*”. Universidad de Coruña, Coruña , 2016.
- [11] BHARTI, AMAN, 2018, 230v ac to 12v 1A dc and 5v 1A dc power supply circuit diagram [en línea]. [imagen]. 2018 [consulta: 29 May 2020]. Disponible en: <https://www.circuitspedia.com/regulated-dc-power-supply-230v-ac-to-12v-dc-and-5v-dc/>
- [12] ASTM INTERNATIONAL. “Steel Standards” [en línea]. 2020 [consulta: 30-5-2020]. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/steel-standards.html>
- [13] AVALOS, ADALID. “Revoques” [en línea]. 2016 [consulta: 30-05-2020]. Disponible en: <https://adalidavalos.jimdo.com/app/download/11884925031/Clase+8+Revoque.pdf?t=1507402370>
- [14] AWS. “Código de soldadura estructural - acero” [en línea]. 2015 [consulta: 30-05-2020]. Disponible en: https://pubs.aws.org/Download_PDFS/D1.1-2015-SPA-PV.pdf
- [15] **BURBANO ORTIZ, Jaime**. “*Reparación de una bicicleta eléctrica*”. Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito , 2018.
- [16] EZRENDA, 2020, Rendering machine [en línea]. [imagen]. 2020 [consulta: 30 May 2020]. Disponible en: <http://www.ezrenda.com/plastermachine/C0OfsIMF0-P.html>
- [17] FABACADEMY, 2019, Output devices [en línea]. [imagen]. 2019 [consulta: 30 May 2020]. Disponible en: <http://fabacademy.org/2019/labs/kochi/students/jofin-thomas/Week12.html>

- [18] **GARRIDO SOTO**, Cristian. “*Armado estructural de un bloque en una construcción naval*”. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2009.
- [19] **HERREROS ARGENTINOS**, 2018, El acero aleado [en línea]. [imagen]. 2018 [consulta 30 May 2020]. Disponible en: <https://www.herrerosargentinos.com.ar/articulo-99-que-es-el-acero-aleado/>
- [20] **INDUSTRIAL OKENDO S.A.** “C.D.A. 84400 ASTM B505/B584” [en línea]. 2020 [consulta: 30-05-2020]. Disponible en: <https://okendo.mx/84400.pdf>
- [21] **K.L., Jack**. “Industry standards and specifications” [en línea]. 2009 [consulta: 30-05-2020]. Disponible en: https://www.kljack.com/docs/default-source/default-document-library/kl_jack_fasteners-technical_data_and_charts.pdf
- [22] **MCFADYEN, STEVEN**, 2012, Variable Frequency Drive [en línea]. [imagen]. 2012 [consulta: 5 May 2020]. Disponible en: <https://myelectrical.com/notes/entryid/152/variable-frequency-drive>
- [23] **MICROCHIP**. “PIC18F2550” [en línea]. 2020 [consulta: 29-05-2020]. Disponible en: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F2550#additional-features>
- [24] **MONTOYA HENAO, MAURICIO y DÁVILA BLANDÓN, DANIEL**, 2015, Diagrama hierro-carbono [en línea]. [imagen]. 2015 [consulta: 30 May 2020]. Disponible en: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/5-diagrama-hierro-carbono/>
- [25] **NARVÁEZ CHEDIAK**, Andrés. “*Desarrollo de la tecnología para la elaboración de bronce fosfórico UNS C93700 para aplicaciones en construcción de partes y elementos de máquina de forma artesanal*”. Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, 2013.
- [33] **PIÑERO RUEDA**, Jose. “*Control de un motor de inducción usando un variador*”. Universidad de Sevilla, Sevilla, 2015.
- [26] **REQUELME CHOLAN**, Andree. “*Comparación de costos de un sistema tradicional de tarrajeo y manejando una revocadora, utilizando la metodología lean para proponer soluciones al alto porcentaje de desperdicio que genera el uso de revocadora en edificios en cajamarca, 2017*”. Universidad Privada del Norte, Lima, 2017.
- [27] **REYES NIETO**, Juliana. “*Construcción de una maqueta de un motor monocilíndrico para demostración de la cinemática del motor en el mecanismo biela - manivela*”. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, 2015.
- [28] **ROYMECH**, 2020, Shaft Design Basics [en línea]. [imagen]. 2020 [consulta: 30 May 2020]. Disponible en: https://roymech.org/Useful_Tables/Drive/Shaft_design.html
- [29] **SAE**. 2001. “Mechanical and Material Requirements for Metric Externally Threaded Steel Fasteners J1199_200103” [en línea]. 2001 [consulta: 30-05-2020]. Disponible en: https://www.sae.org/standards/content/j1199_200103/
- [30] **SHIGLEY**, Joseph E. Diseño en ingeniería mecánica. Murrieta, Jesús y Alatorre, Efrén (trad). 8va edición. Ciudad de México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2008. ISBN-13: 978-970-10-6404-7
- [31] **TENFLYER**, 2016, regulador de voltaje ajustable PWM motor de CA de control de velocidad 50V-220V 2000W [en línea]. [imagen]. 2016 [Consulta: 29 May 2020]. Disponible en: https://www.amazon.es/gp/product/B01CNL1AH0/ref=as_li_qf_asin_il_tl?ie=UTF8&tag=luis-carlos-21&creative=24630&linkCode=as2&creativeASIN=B01CNL1AH0&linkId=216c3ba4116c1b33cde5900988a4e8be&th=1
- [32] **TORRES GALLARDO**, Ruben. “*Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmeccánica*”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2014.

- [33]USERS. 2011. *Microcontroladores*. Buenos Aires : Fox Andina, 2011.
- [34]WEG, 2011, Motor eléctrico moderno [en línea]. [imagen]. 2011. [consulta: 30 May 2020]. Disponible en: <https://www.weg.net/institucional/ES/es/>
- [35] **MONTES ESPINOZA**, Ciro. Metodología de investigación tecnológica. Huancayo : Imagen Gráfica , 2020.
- [36] **GALLO TORRES**, Dante Jim Randal. “*Diseño e implementación de un robot de un robot humanoide para terapia de niños con trastorno del espectro autista*”. Universidad Continental, Huancayo 2019.
- [37] Budynas, Richard G. y Nisbett, J. Keith. Diseño de ingeniería mecánica de Shigley . s.l. : McGrawHill, 2011.
- [38] Laboratorios producción e ingeniería industrial. Laboratorios producción e ingeniería industrial. [En línea] 2018. [Citado el: 13 de 11 de 2020.] <http://labprod Pascual.blogspot.com/2017/05/t-introduccion-roscas-definicion-y.html>.
- [39] Boylestad, Robert y Nashelsky, Louis. Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. s.l. : Pearson Educación, 2009.
- [40] NKS DE MEXICO. “Acero Inoxidable 439” [en línea]. 2020 [consulta: 26-10-2020]. Disponible en: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-439/>

ANEXOS

Código de Programación del PIC18F2550 en MikroC:

```
/*
**
* Programa: Programación del sistema de control de máquina de acabados texturizados
* Fecha : 07/09/20
*****
**/

// Definir entradas y salidas

#define S1 RC0_bit

#define DB RB0_bit

#define DG RB1_bit

#define DR RA6_bit

// Variables para controlar el display

sbit LCD_RS at RB2_bit;

sbit LCD_EN at RB3_bit;

sbit LCD_D4 at RB4_bit;

sbit LCD_D5 at RB5_bit;

sbit LCD_D6 at RB6_bit;

sbit LCD_D7 at RB7_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISB2_bit;

sbit LCD_EN_Direction at TRISB3_bit;

sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;

sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;

sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;

sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;

// Variables para el LCD

unsigned Lectura; // Variable de resultado del adc

char Texto[15];

float Potencia; // Variable para calcular la potencia

float Porcentaje; // Variable para calcular el Porcentaje e velocidad

// bits de estado
```

```

bit Sist_Func;    // Sistema Funcionando

bit p1;

bit p2;

// Programa Principal //

void main()

{

    // Configuración

    OSCCON=0x63;          // Osc. interno -> 4 MHz

    TRISA=0b00000101;    // RA2,RA0 -> Entradas

    TRISB=0;             // Puerto B controla display y actuadores

    TRISC=0x03;         // Puerto c Una entrada del Pulsador S1

    // Inicialización:

    Sist_Func=0;

    DB=0;

    DG=0;

    DR=0;

    p1=0;

    p2=0;

    LCD_Init();          // Inicializar el display

    LCD_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Ocultar el cursor

    LCD_Out_CP("----APAGADO----"); // Presentar texto fijo

    LCD_Out(2,1,"-----");

    // ADC con canales AN0, TAD=4TOSC, TACQ=4TAD, justif. a derecha

    ADCON1=0b00001110;

    ADCON2=0b10010100;

    //timer 0 con prediv 64

    TOCON=0b10010100;

    //BUCLE PRINCIPAL//

    while(1)

    {

```

```

// Arranque del proceso con pulsador S1
if( !Sist_Func && S1 && !p1 && !p2)
{
    Sist_Func=1;      // iniciar sistema
    ADON_bit=1;      // Encender el ADC
    DB=0;
    // Encender el timer 1 y formar la primera activación
    TMR0ON_bit=1;
    TMROIF_bit=1;
    // Presentar texto fijo en el display
    LCD_Cmd(_LCD_CLEAR);
    LCD_Out_CP("Pot.:   Wtts");
    LCD_Out(2,1,"%Velo:  % ");
    p1=1;
    p2=0;

}

// Si el sistema esta funcionando
if ( Sist_Func && !S1 && p1 && !p2)
{
    Lectura=ADC_Get_Sample(0);    // leer el valor de la entrada analógica
    Potencia=Lectura*150.0/1024;  // Calcular el valor de la potencia
    Porcentaje=Lectura*100.0/1024; // Calcular el valor del porcentaje de velocidad
    // Actualizar el display cada 0.5 segundos
    if(TMROIF_bit)
    {
        // programar el timer1 para 0.5 s
        TMR0H=194; TMR0L=247;
        TMROIF_bit=0;
        // Formatear ambos parametros

```

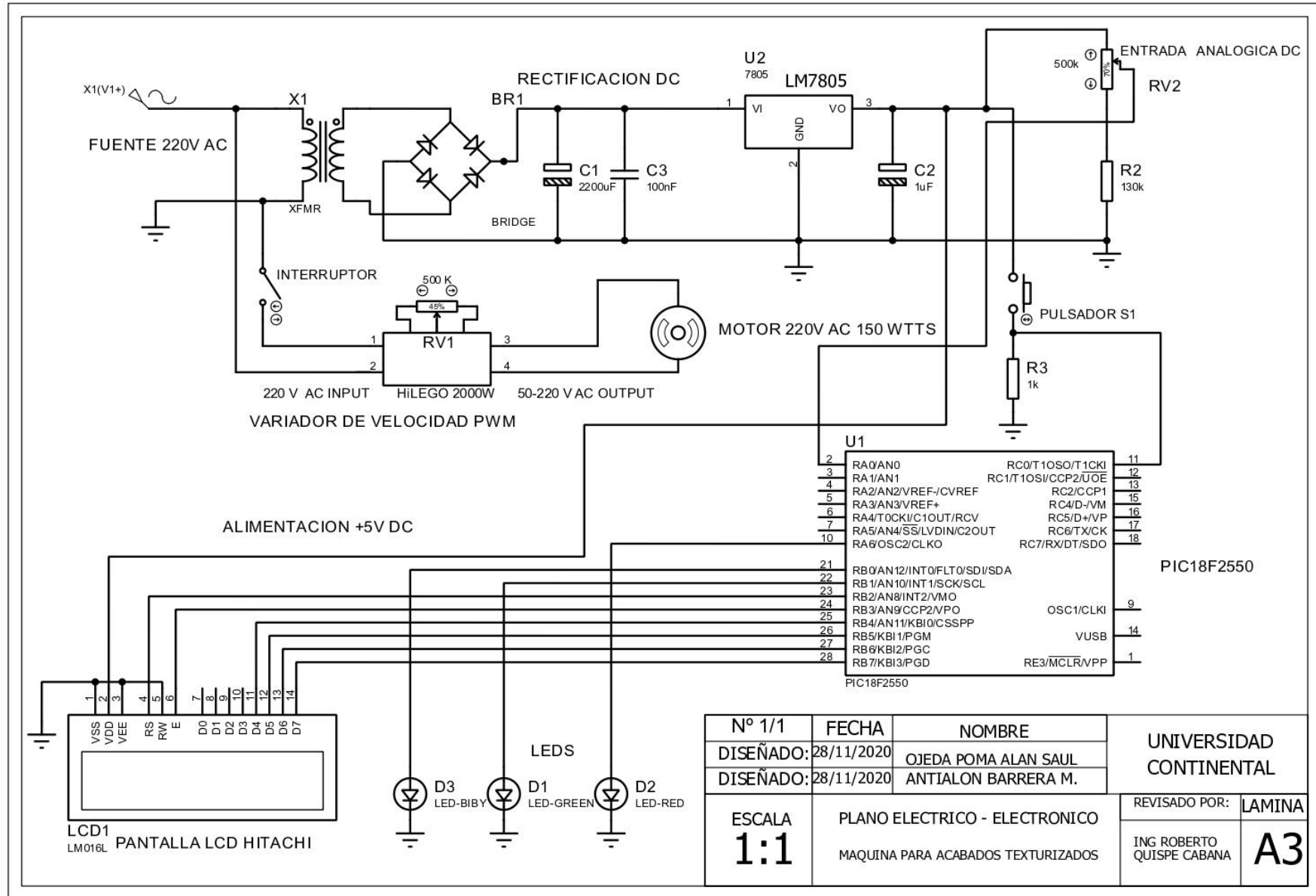
```

printf(Texto,"%5.1f",Potencia); // Formatear datos de la potencia
LCD_Out(1,7,Texto);
printf(Texto,"%5.1f",Porcentaje); // Formatear datos del porcentaje
LCD_Out(2,7,Texto);
}
// Bloque para encender led amarillo
if(Porcentaje<45.0)
{
    DB=1;
    DG=0;
    DR=0;
}
// Bloque para encender led amarillo y led verde
if(Porcentaje<65.0 && Porcentaje>45.0)
{
    DB=1;
    DG=1;
    DR=0;
}
// Bloque para encender el led rojo
if( Porcentaje>65.0)
{
    DB=0;
    DG=0;
    DR=1;
}
// Bloque para apagar el sistema con una nueva pulsacion de S1
if ( S1 && p1 && !p2)
{
    Sist_Func=0;
    DB=0;

```

```
DG=0;
DR=0;
p1=1;
p2=1;
}
}
if (!Sist_Func && !S1 && p1 && p2)
{
p1=0;
p2=0;
LCD_Out(1,1,"-----APAGADO-----");
LCD_Out(2,1,"-----");
}
}
}
// FIN DEL PROGRAMA //
```

Plano Eléctrico Electrónico

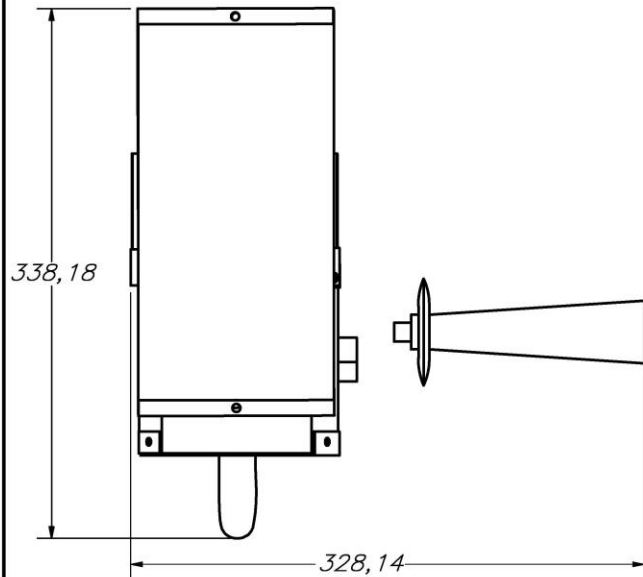


Planos Mecánicos:

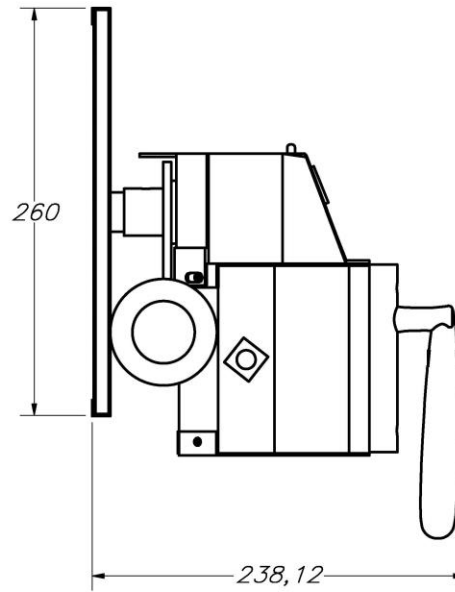
PARTS LIST			
20	1	Pulsador	Polímero
19	1	Interruptor	Polímero
18	1	Variador PWM	Baquelita
17	3	Led	Polímero
16	1	Pantalla LCD	Cristal
15	1	Tapa superior	Acero ASTM A36
14	1	Base del molde de silicona	Acero ASTM A36
13	1	Amortiguador	Madera (roble)
12	1	Agarre para el molde	Acero ASTM A36
11	1	Brazo - biela	Acero ASTM A36
10	1	Piston	Acero inoxidable AISI 439
9	1	Plato de eje	Acero AISI 1020 rolado en frio
8	1	Canal	Bronce ASTM B505
7	1	Tapa hexagonal inferior	Acero ASTM A36
6	1	Tapa hexagonal superior	Acero ASTM A36
5	1	Maniubro de apoyo lateral	Plástico PPS
4	1	Tuerca	Acero ASTM A36
3	1	Mango principal	Plástico PPS
2	1	Eje acoplado al motor	Acero AISI 1020 rolado en frio
1	1	Case Hexagonal	Acero ASTM A36

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PLANO DE EXPLOSIÓN DE LA MÁQUINA LIGERA DE ACABADOS TEXTURIZADOS	ESCALA 1:4
DISEÑADORES:	ANTIALÓN BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
REVISADO POR:	QUISPE CABANA, ROBERTO	LÁMINA: A3

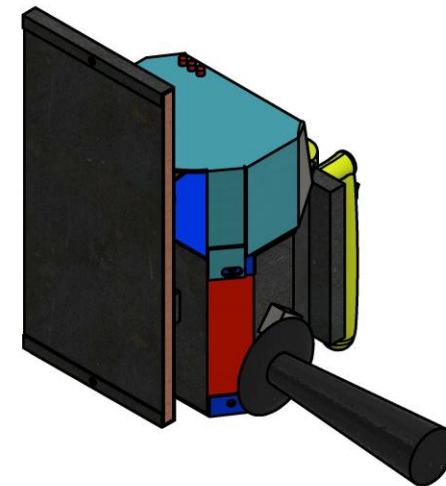
VISTA FRONTAL



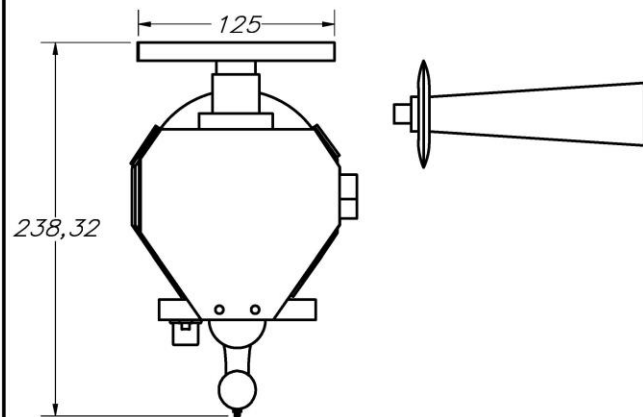
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA

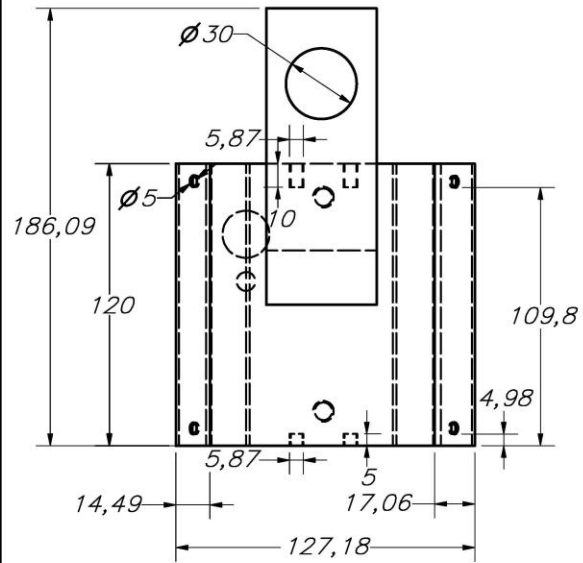


VISTA INFERIOR

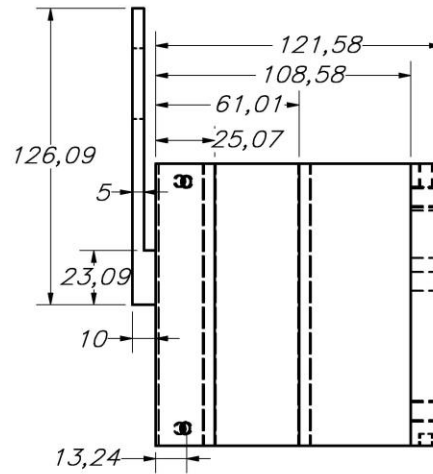


UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ENSAMBLE DE LA MÁQUINA LIGERA	ESCALA 1:3
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
REVISADO POR:	QUISPE CABANA, ROBERTO	LÁMINA: A3

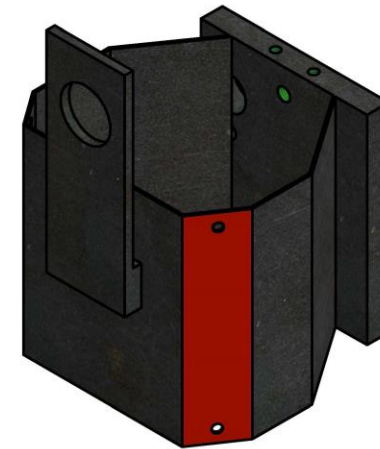
VISTA FRONTAL



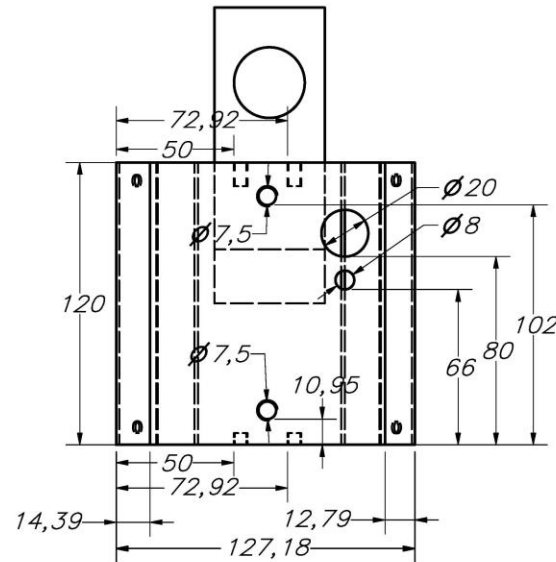
VISTA LATERAL



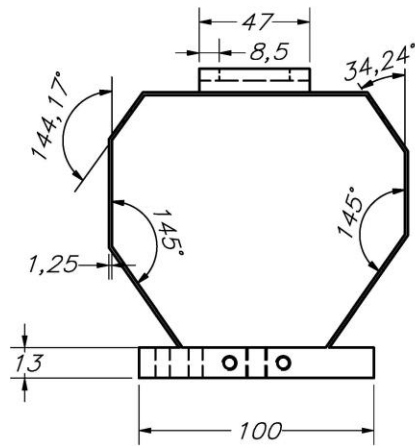
VISTA ISOMÉTRICA



VISTA TRASERA



VISTA INFERIOR

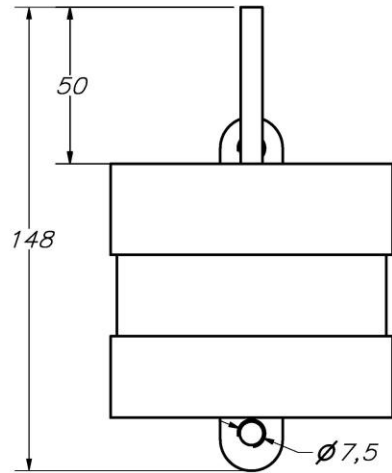


MANUFACTURA

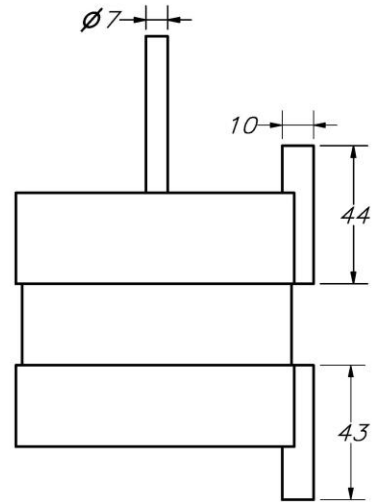
- 1° PLEGADO
- 2° SOLDADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	CASE HEXAGONAL	ESCALA
		1:2
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A36	LÁMINA: A3

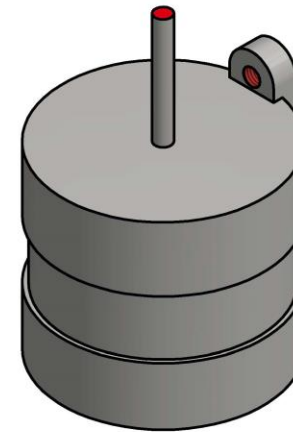
VISTA FRONTAL



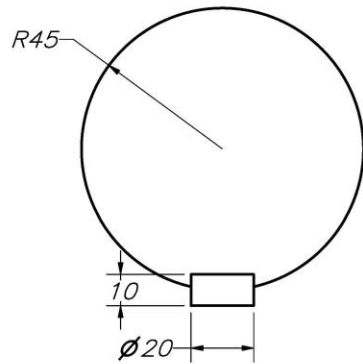
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA INFERIOR



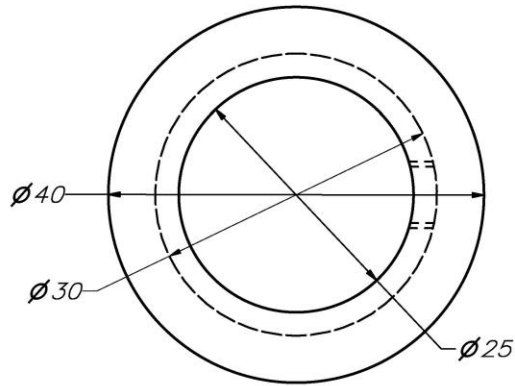
MANUFACTURA DEL EJE

- 1° TORNEADO
- 2° SOLDADO

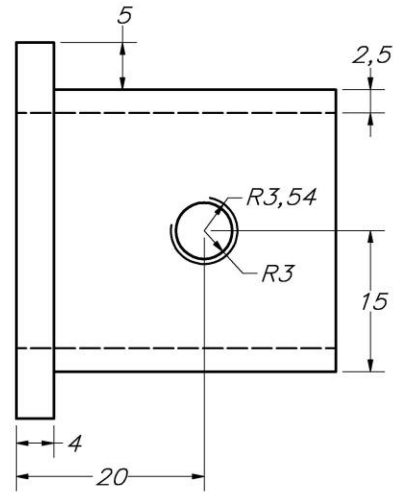
MOTOR QUEMADOR DE 150W Y 100RPM
 ACOPLADO CON UN EJE DE Ø7MM DE ACERO
 ASTM 1020 ROLADOR EN FRIO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	EJE ACOPLADO AL MOTOR	ESCALA 1:2
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO AISI 1020 ROLADO EN FRIO	LÁMINA: A3

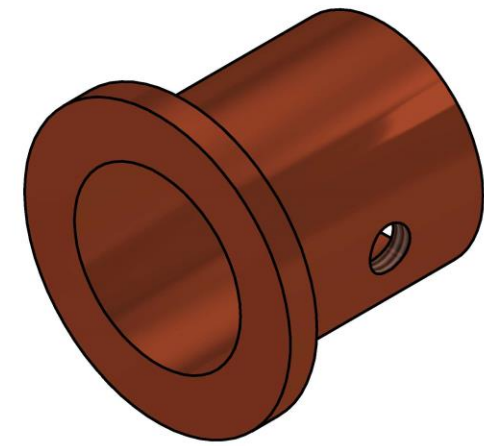
VISTA FRONTAL



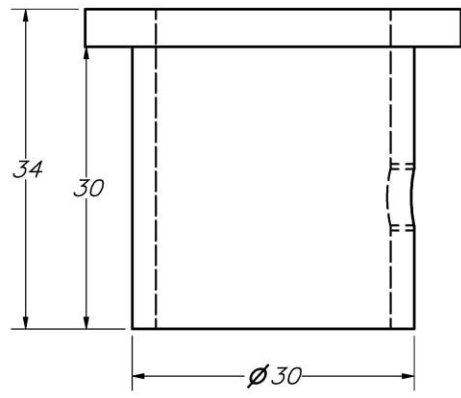
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA INFERIOR

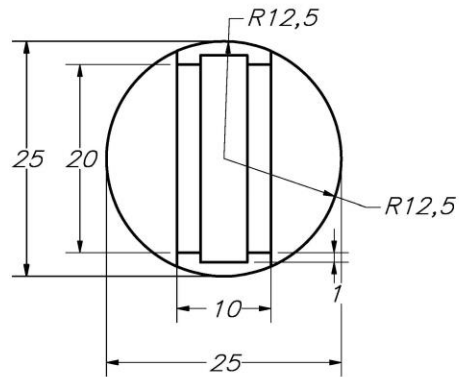


MANUFACTURA

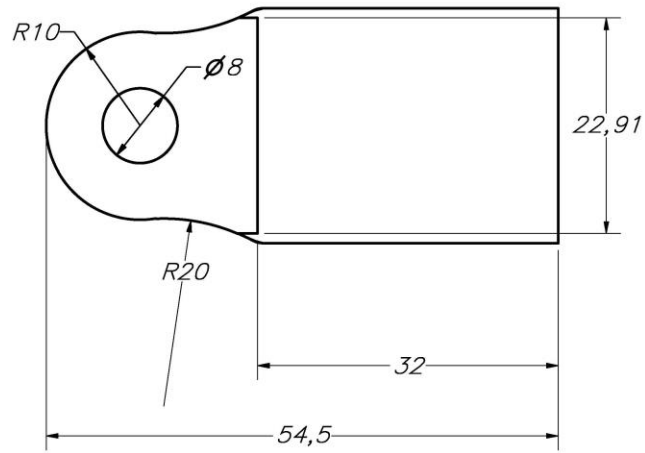
- 1° TORNEADO
- 2° TALADRADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	CANAL	ESCALA
		2:1
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	BRONCE ASTM B505	LÁMINA: A3

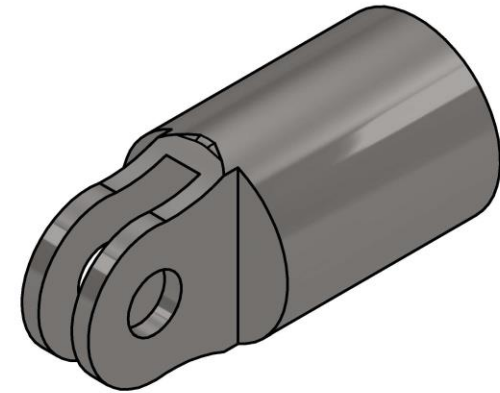
VISTA FRONTAL



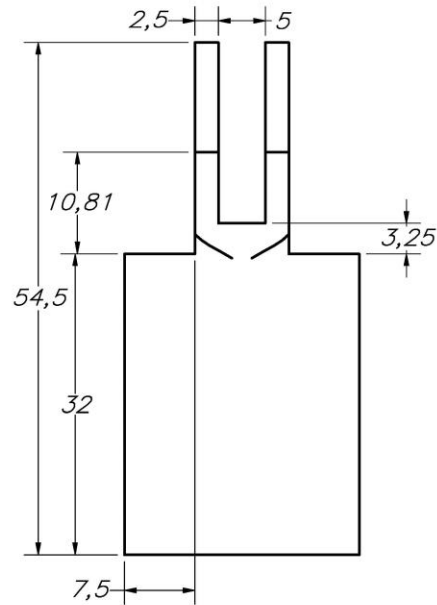
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA INFERIOR

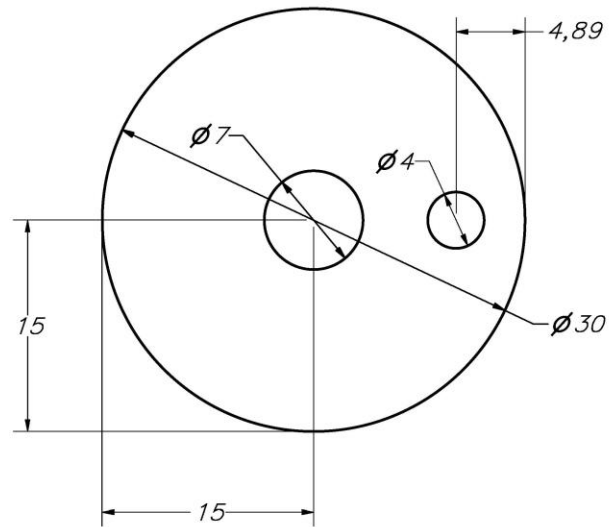


MANUFACTURA

- 1° TORNEADO
- 2° FRESADO
- 3° AMOLADO
- 4° TALADRADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PISTÓN	ESCALA
		2:1
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO INOXIDABLE AISI 439	LÁMINA: A3

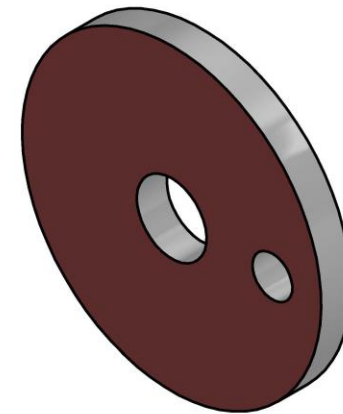
VISTA FRONTAL



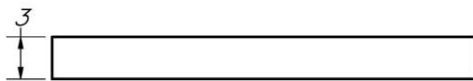
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA INFERIOR

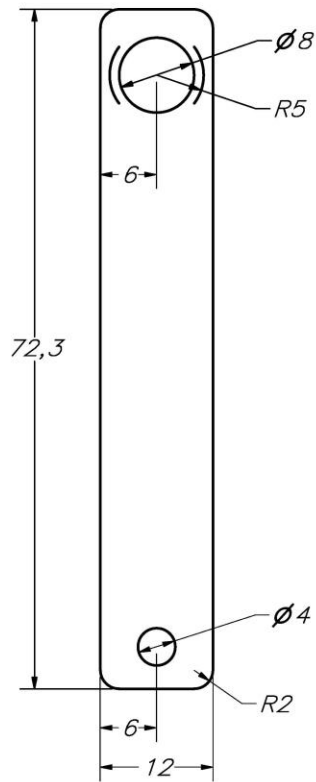


MANUFACTURA

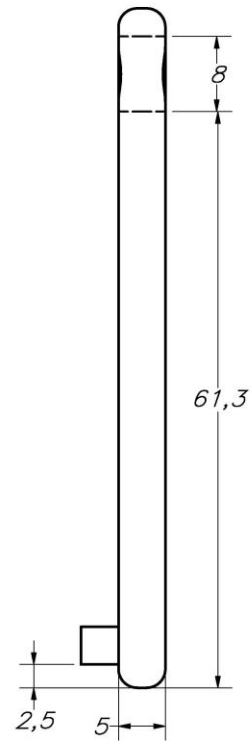
- 1° TORNEADO
- 2° TRONZADO
- 3° TALADRADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	PLATO DE EJE	ESCALA 3:1
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO AISI 1020 ROLADO EN FRIO	LÁMINA: A3

VISTA FRONTAL



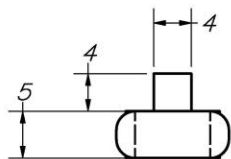
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



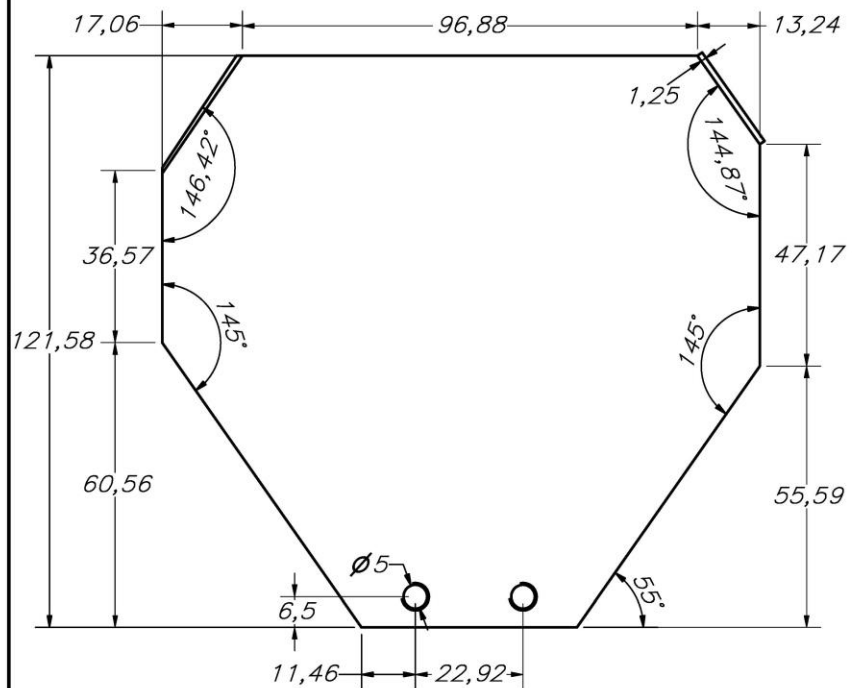
VISTA INFERIOR



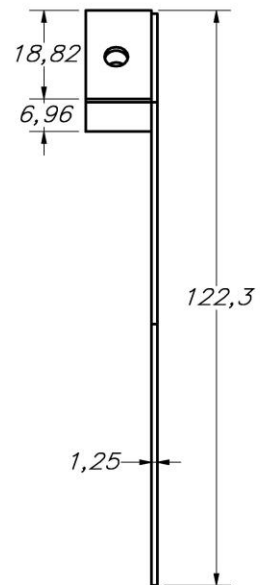
MANUFACTURA
 1° TALADRADO
 2° CORTADO CON
 DISCO DE CORTE

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	BRAZO - BIELA	ESCALA 2:1
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A 36	LÁMINA: A3

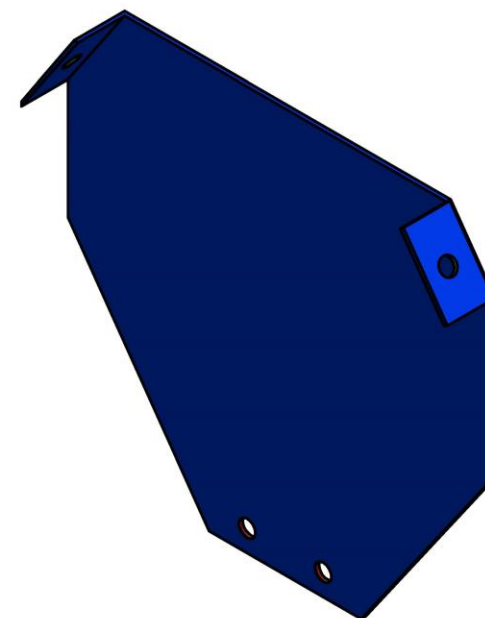
VISTA FRONTAL



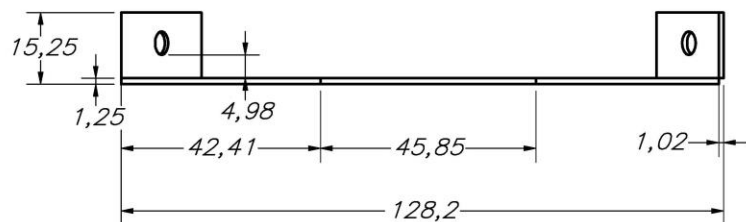
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA INFERIOR

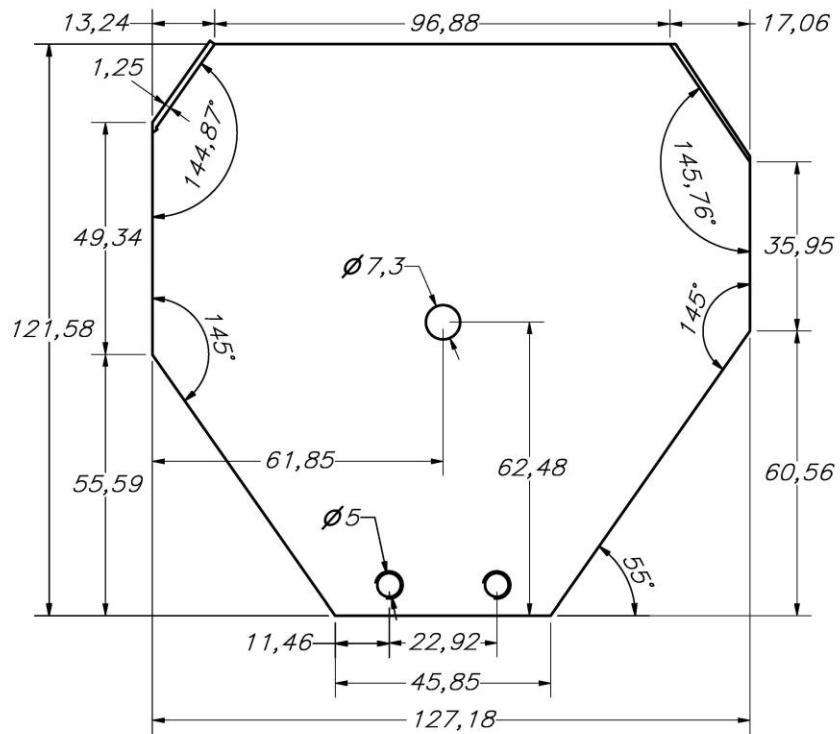


MANUFACTURA

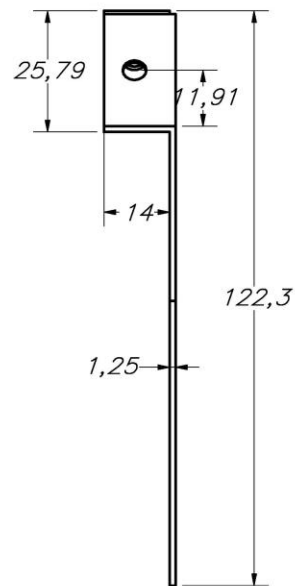
- 1° PLEGADO
- 2° TALADRADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TAPA HEXAGONAL INFERIOR	ESCALA 1:1
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A36	LÁMINA: A3

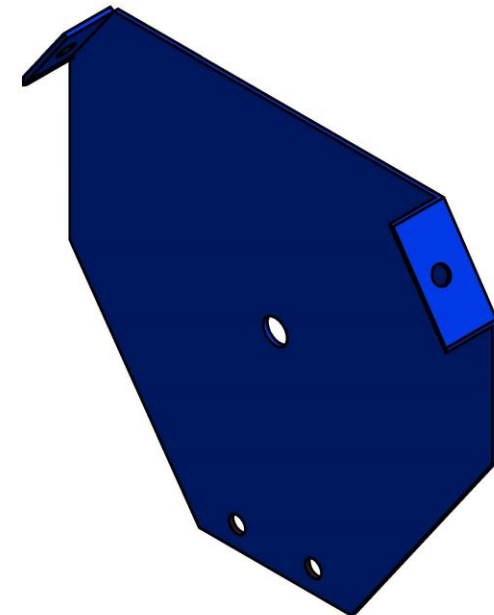
VISTA FRONTAL



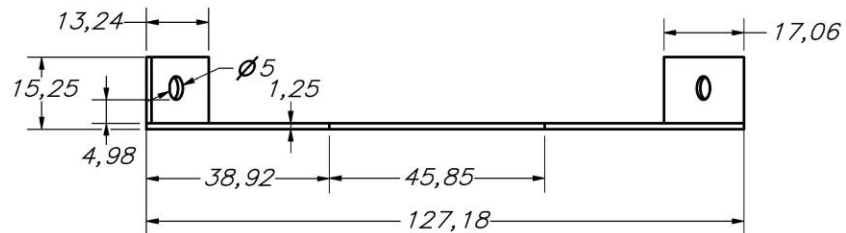
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



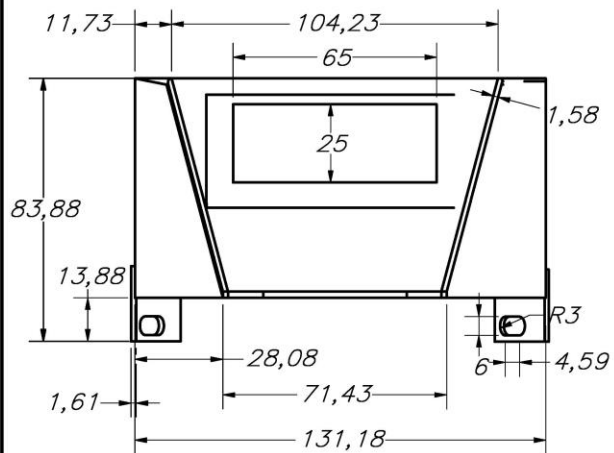
VISTA INFERIOR



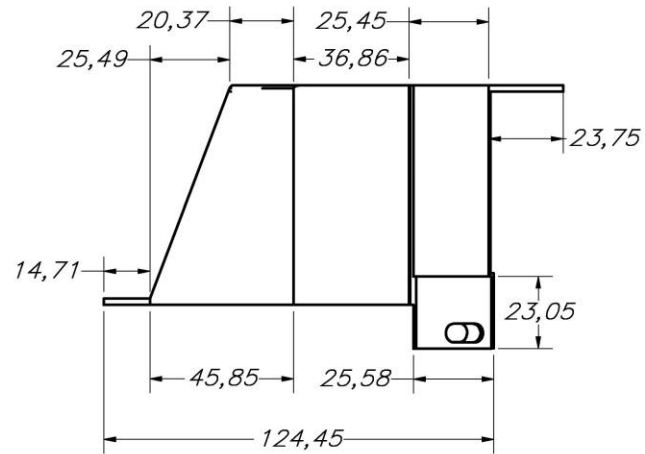
MANUFACTURA
1° PLEGADO
2° TALADRADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TAPA HEXAGONAL SUPERIOR	ESCALA 1:1
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A36	LÁMINA: A3

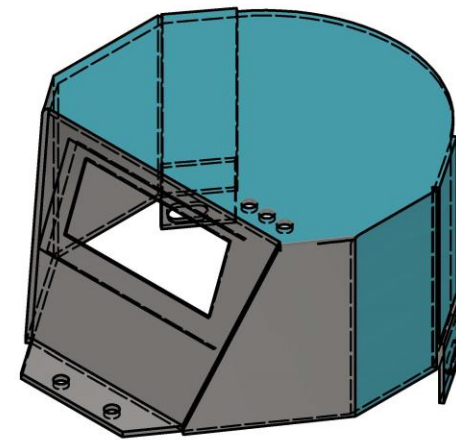
VISTA FRONTAL



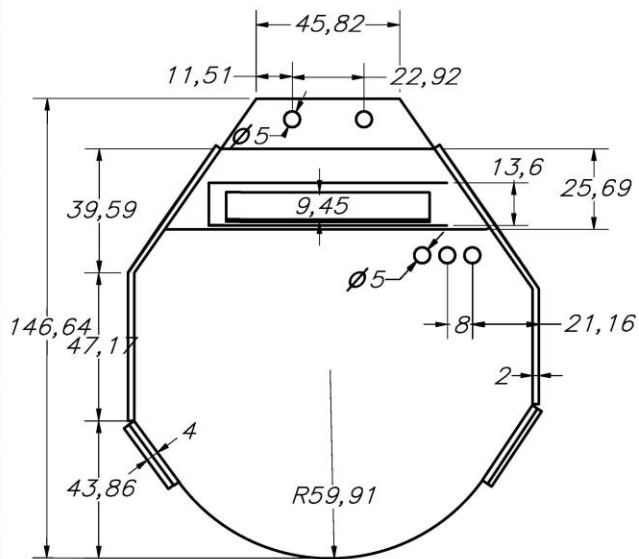
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA INFERIOR

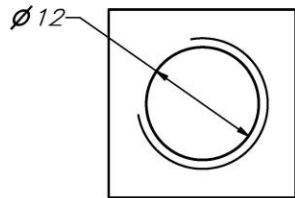


MANUFACTURA

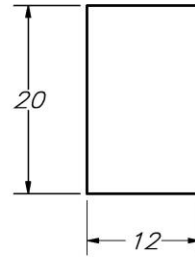
- 1° PLEGADO
- 2° SOLDADO
- 3° CORTADO
- 4° TALADRADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TAPA SUPERIOR	ESCALA 1:2
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A36	LÁMINA: A3

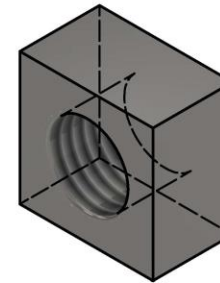
VISTA FRONTAL



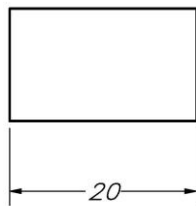
VISTA LATERAL



VISTA ISOMÉTRICA



VISTA INFERIOR

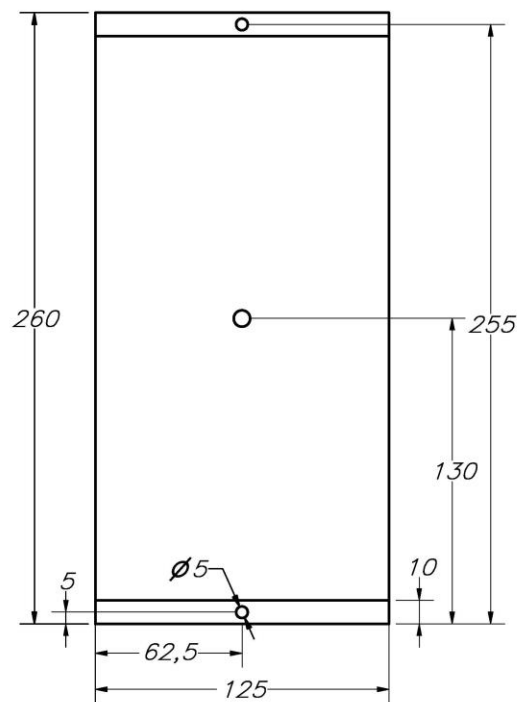


MANUFACTURA

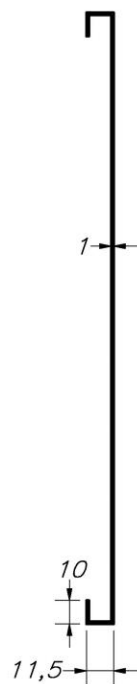
- 1° ROSCADO
- 2° FRESADO

UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TUERCA	ESCALA 2:1
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A36	LÁMINA: A3

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

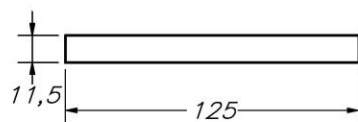


VISTA ISOMÉTRICA



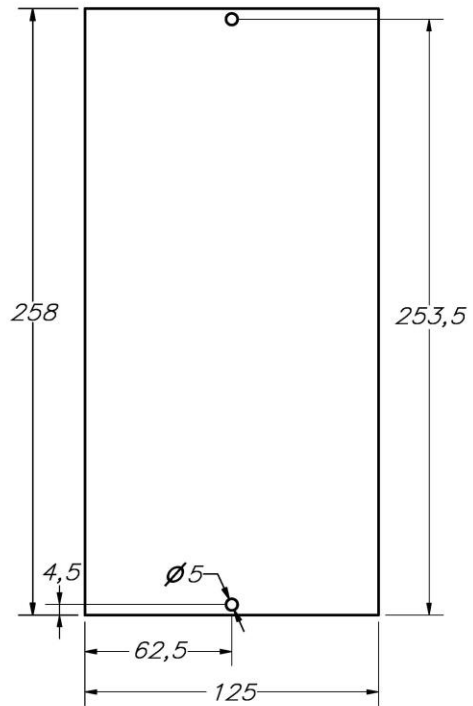
MANUFACTURA:
1° PLEGADO
2° TALADRADO

VISTA INFERIOR

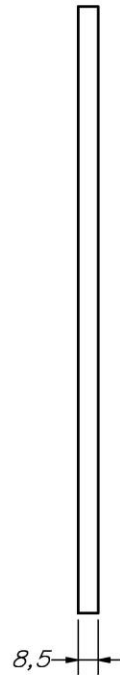


UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AGARRE PARA EL MOLDE	ESCALA 1:2
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A36	LÁMINA: A3

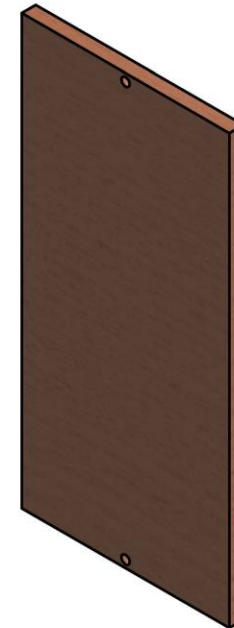
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

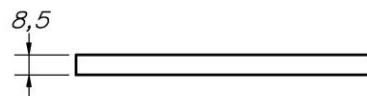


VISTA ISOMÉTRICA



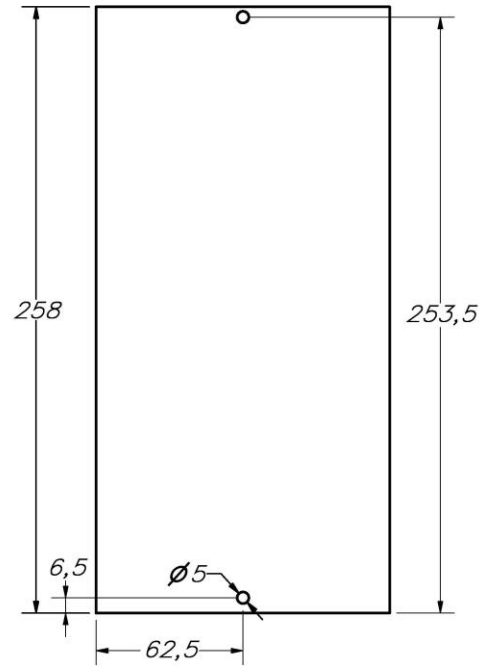
MANUFACTURA
1° CORTADO
2° TALADRADO

VISTA INFERIOR



UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	AMORTIGUADOR	ESCALA 1:2
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	MADERA	LÁMINA: A3

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

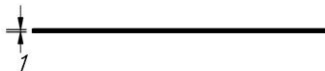


VISTA ISOMÉTRICA



MANUFACTURA
 1° CORTADO
 2° TALADRADO

VISTA INFERIOR



UNIVERSIDAD CONTINENTAL INGENIERÍA MECATRÓNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	BASE DEL MOLDE DE SILICONA	ESCALA 1:2
DISEÑADORES:	ANTIALON BARRERA, MANFRIN OJEDA POMA, ALAN	FECHA: 04-12-2020
MATERIAL:	ACERO ASTM A36	LÁMINA: A3

Simulación Mecánica 1



Analyzed File:	calculo de fatiga.iam
Autodesk Inventor Version:	2018 (Build 220112000, 112)
Creation Date:	28/11/2020, 09:30 p. m.
Study Author:	ALAN OJEDA POMA
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author	cjdrq
--------	-------

Project

Part Number	Enesimo ensmble..
Designer	cjdrq
Cost	S/0.00

Status

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

Physical

Mass	4.05607 kg
Area	42167.9 mm ²
Volume	515384 mm ³
Center of Gravity	x=0.278512 mm y=-3.21757 mm z=-15.9079 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

analysis 1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	28/11/2020, 09:30 p. m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

☐ **Material(s)**

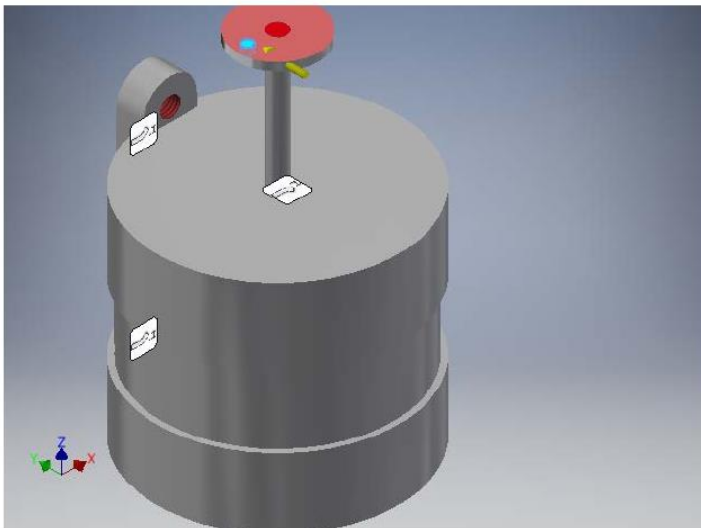
Name	Steel AISI 1020 107 HR	
General	Mass Density	7.87 g/cm ³
	Yield Strength	260 MPa
	Ultimate Tensile Strength	441 MPa
Stress	Young's Modulus	207 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	77.8195 GPa
Part Name(s)	motor-final-1	
Name	Steel AISI 1020 108 ANLD	
General	Mass Density	7.87 g/cm ³
	Yield Strength	254 MPa
	Ultimate Tensile Strength	392 MPa
Stress	Young's Modulus	207 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	77.8195 GPa
Part Name(s)	plato de eje 2	

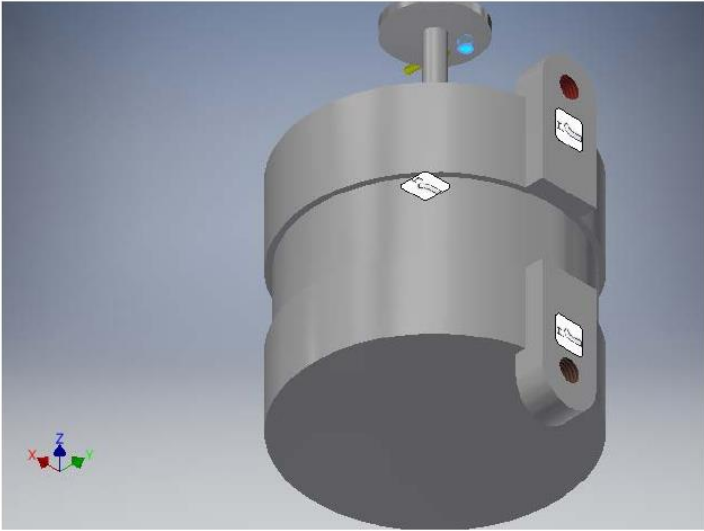
☐ **Operating conditions**

☐ **Force: 1**

Load Type	Force
Magnitude	175.260 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	175.260 N
Vector Z	0.000 N

☐ **Selected Face(s)**

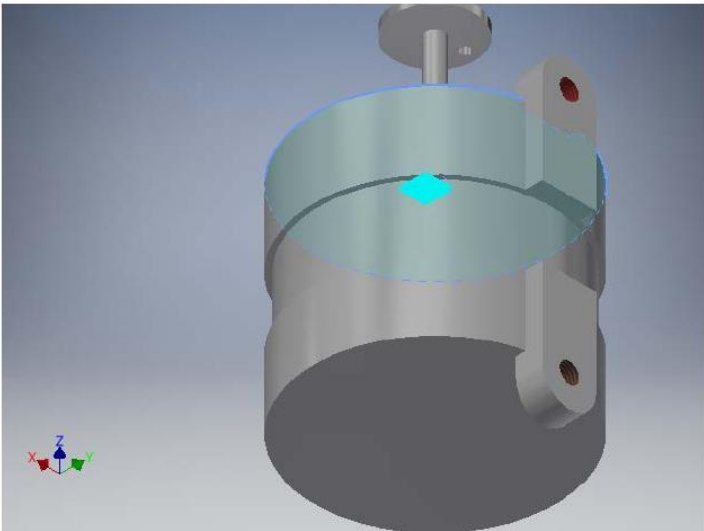
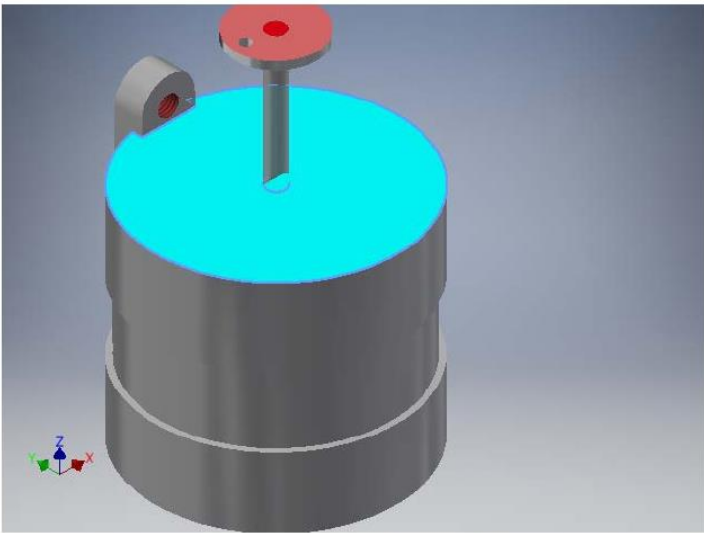




Fixed Constraint:1

Constraint Type Fixed Constraint

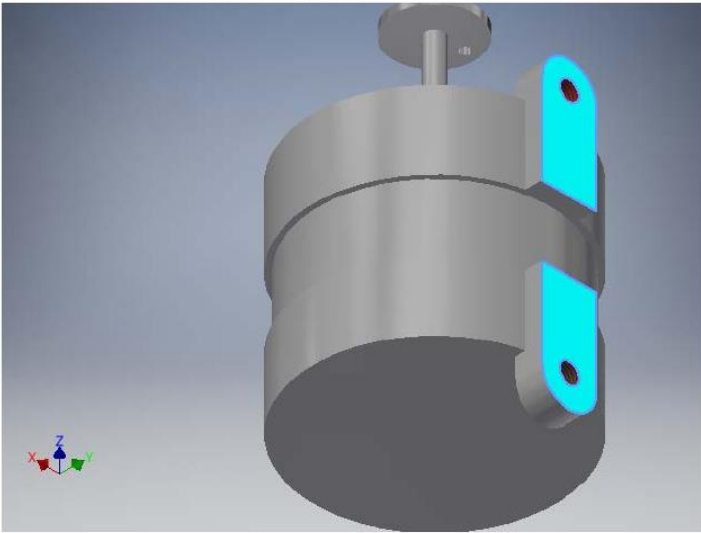
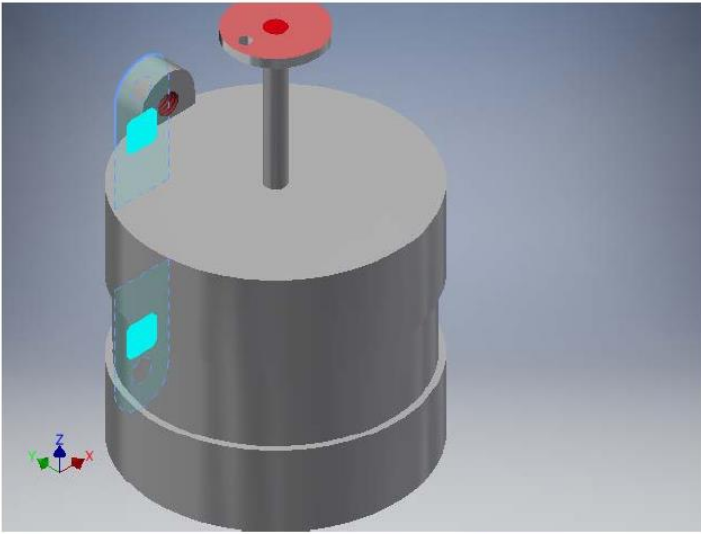
Selected Face(s)



Fixed Constraint:2

Constraint Type Fixed Constraint

Selected Face(s)



Contacts (Bonded)

Name	Part Name(s)
Bonded:1	motor-final-1:1 plato de eje 2:1

Results

Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	177.51 N	0 N	7.90674 N m	7.85538 N m
		-177.51 N		0.0189345 N m
		0 N		0.899566 N m
Fixed Constraint:2	2.49165 N	0 N	0.0138673 N m	-0.0138641 N m
		2.4832 N		0.000205889 N m
		-0.205013 N		0.000215405 N m

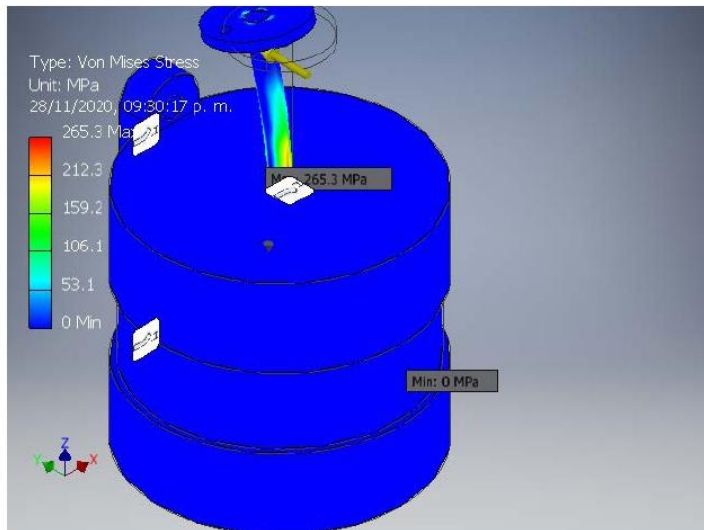
Result Summary

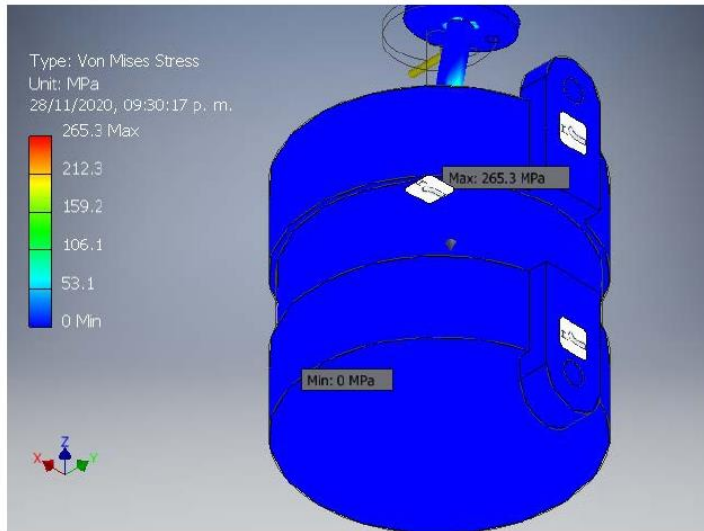
--	--	--

Name	Minimum	Maximum
Volume	515384 mm ³	
Mass	4.05607 kg	
Von Mises Stress	0.0000125766 MPa	265.326 MPa
1st Principal Stress	-35.4704 MPa	285.476 MPa
3rd Principal Stress	-287.449 MPa	38.4584 MPa
Displacement	0 mm	0.36072 mm
Safety Factor	0.979926 ul	15 ul
Stress XX	-94.5054 MPa	85.5016 MPa
Stress XY	-30.557 MPa	33.3974 MPa
Stress XZ	-64.6419 MPa	69.7364 MPa
Stress YY	-90.7604 MPa	102.796 MPa
Stress YZ	-51.2188 MPa	70.1572 MPa
Stress ZZ	-284.328 MPa	282.187 MPa
X Displacement	-0.043122 mm	0.0405459 mm
Y Displacement	-0.000000346563 mm	0.359095 mm
Z Displacement	-0.132577 mm	0.132473 mm
Equivalent Strain	0.0000000000568044 ul	0.00116544 ul
1st Principal Strain	-0.00000000221473 ul	0.00131158 ul
3rd Principal Strain	-0.00131547 ul	0.0000000000184631 ul
Strain XX	-0.000390278 ul	0.000390859 ul
Strain XY	-0.000196332 ul	0.000214582 ul
Strain XZ	-0.000415332 ul	0.000448065 ul
Strain YY	-0.000460954 ul	0.000446985 ul
Strain YZ	-0.000329087 ul	0.000450768 ul
Strain ZZ	-0.00129542 ul	0.00129045 ul
Contact Pressure	0 MPa	240.357 MPa
Contact Pressure X	-98.346 MPa	85.6226 MPa
Contact Pressure Y	-192.316 MPa	102.251 MPa
Contact Pressure Z	-141.065 MPa	143.275 MPa

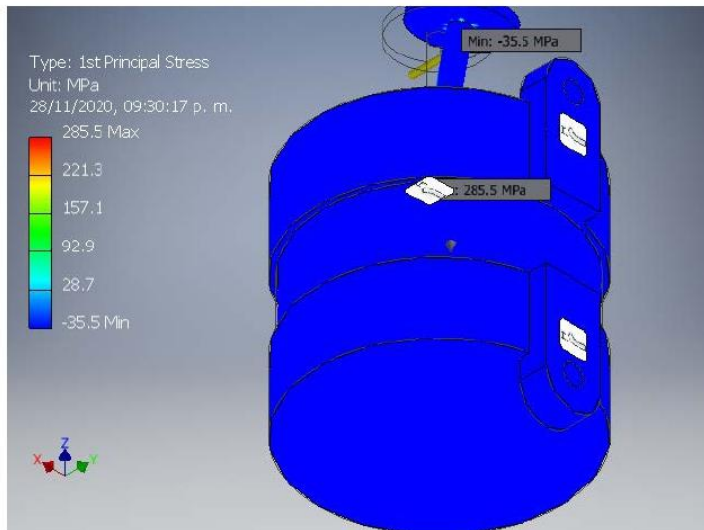
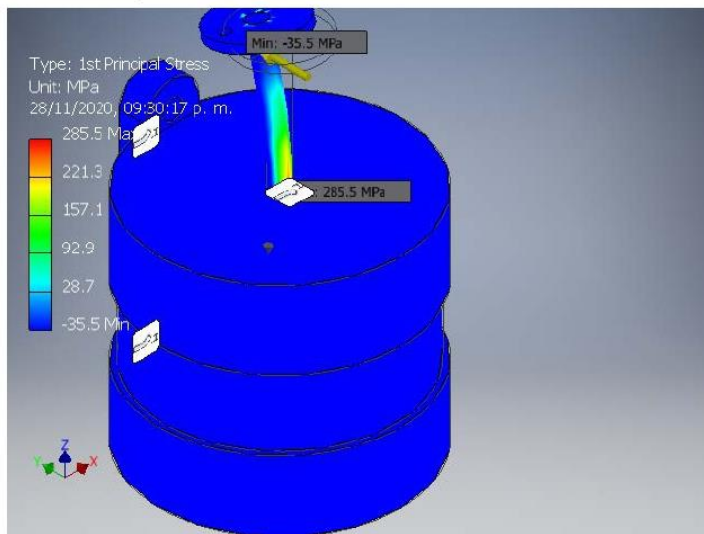
☐ Figures

☐ Von Mises Stress

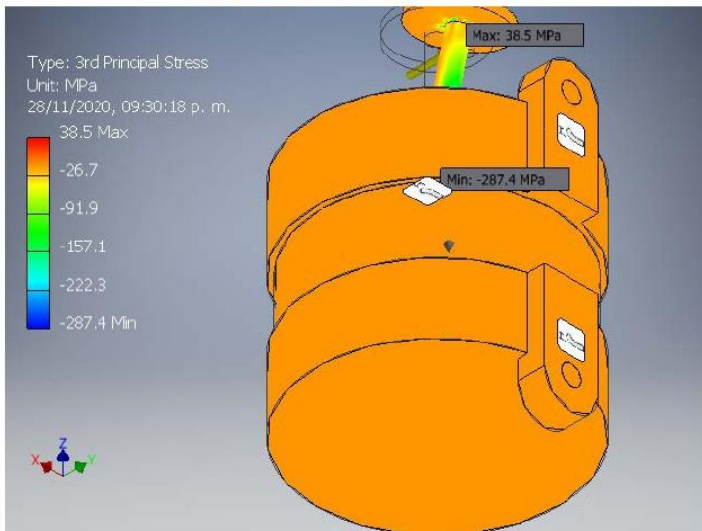
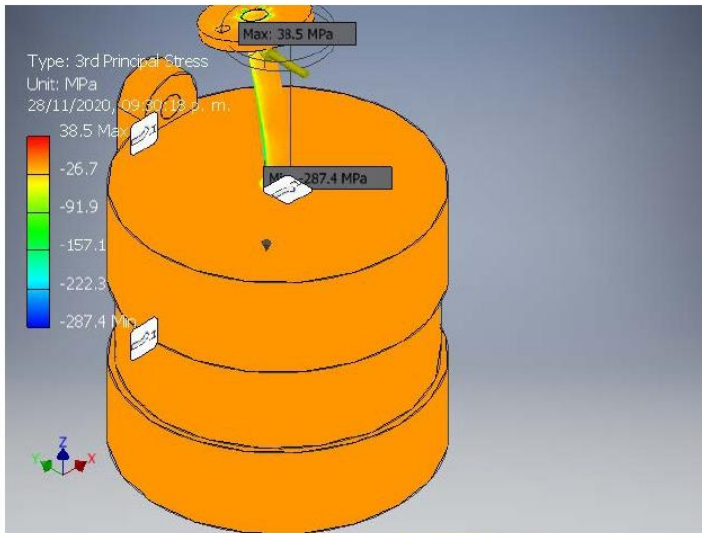




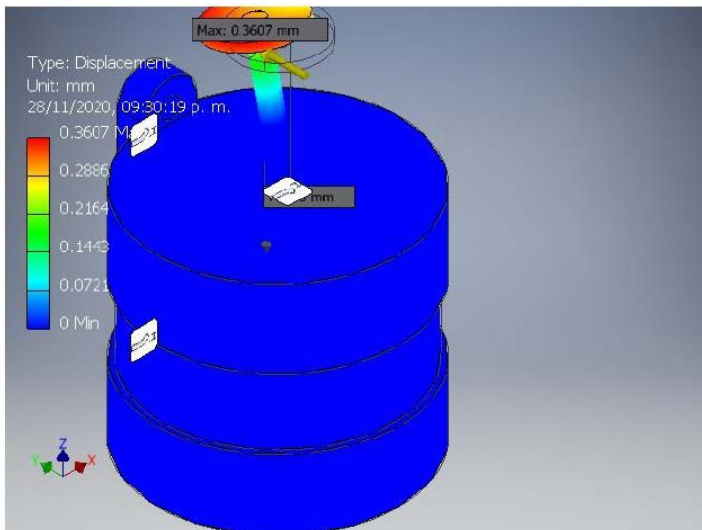
☐ 1st Principal Stress

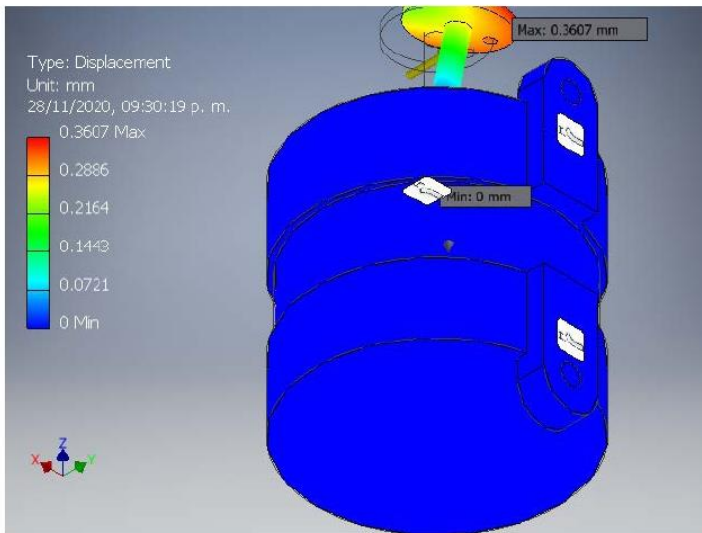


☐ 3rd Principal Stress

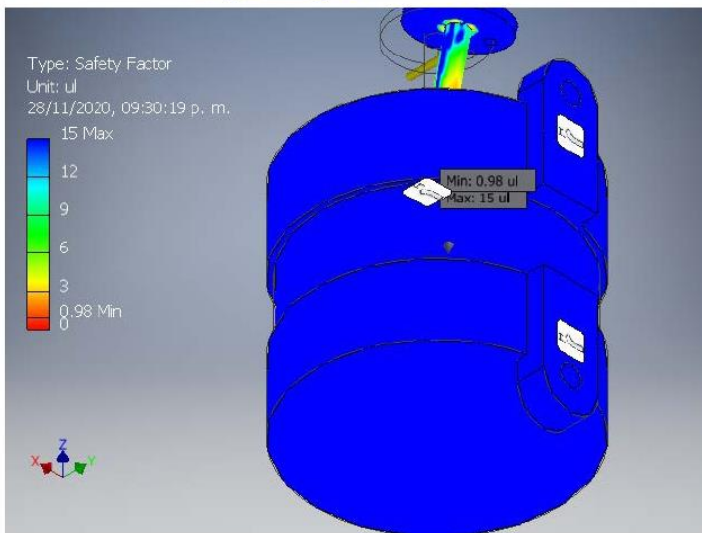
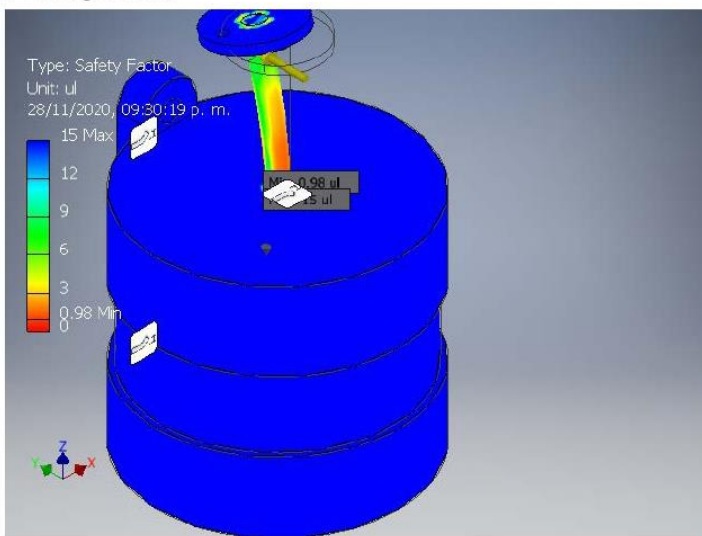


☐ Displacement





☐ Safety Factor



Simulacion Mecanica 2



Analyzed File:	calculo de fatiga.iam
Autodesk Inventor Version:	2018 (Build 220112000, 112)
Creation Date:	05/12/2020, 02:59 p. m.
Study Author:	ALAN OJEDA POMA
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author	cjdrq
--------	-------

Project

Part Number	Enesimo ensmble..
Designer	cjdrq
Cost	S/0.00

Status

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

Physical

Mass	4.05607 kg
Area	42167.9 mm ²
Volume	515384 mm ³
Center of Gravity	x=0.278512 mm y=-3.21757 mm z=-15.9079 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

analysis 1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	05/12/2020, 02:58 p. m.
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

☐ **Material(s)**

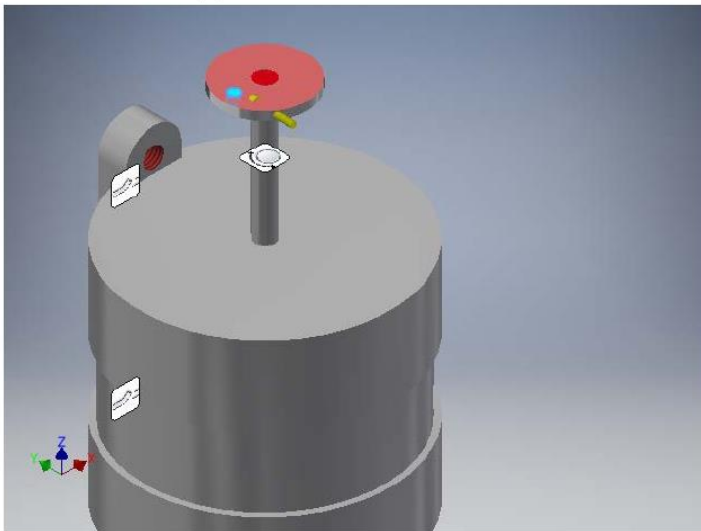
Name	Steel AISI 1020 107 HR	
General	Mass Density	7.87 g/cm ³
	Yield Strength	260 MPa
	Ultimate Tensile Strength	441 MPa
Stress	Young's Modulus	207 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	77.8195 GPa
Part Name(s)	motor-final-1	
Name	Steel AISI 1020 108 ANLD	
General	Mass Density	7.87 g/cm ³
	Yield Strength	254 MPa
	Ultimate Tensile Strength	392 MPa
Stress	Young's Modulus	207 GPa
	Poisson's Ratio	0.33 ul
	Shear Modulus	77.8195 GPa
Part Name(s)	plato de eje 2	

☐ **Operating conditions**

☐ **Force:1**

Load Type	Force
Magnitude	175.260 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	175.260 N
Vector Z	0.000 N

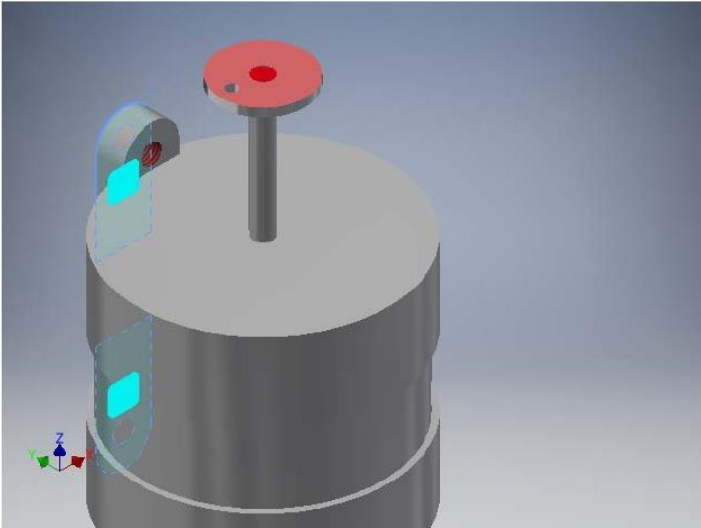
☐ **Selected Face(s)**



☐ **Fixed Constraint:2**

Constraint Type	Fixed Constraint
-----------------	------------------

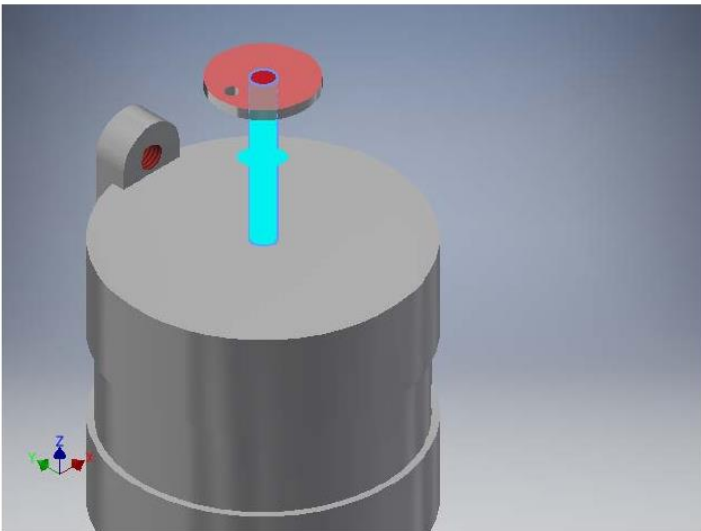
☐ **Selected Face(s)**



☐ **Pin Constraint:1**

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

☐ **Selected Face(s)**



☐ **Results**

☐ **Reaction Force and Moment on Constraints**

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:2	19.5389 N	-18.782 N	0.852705 N m	0.242611 N m
		0.516181 N		-0.77387 N m
		-5.36075 N		0.263383 N m
Pin Constraint:1	176.744 N	18.7946 N	4.13343 N m	4.10772 N m
		-175.742 N		-0.460298 N m
		0 N		0 N m

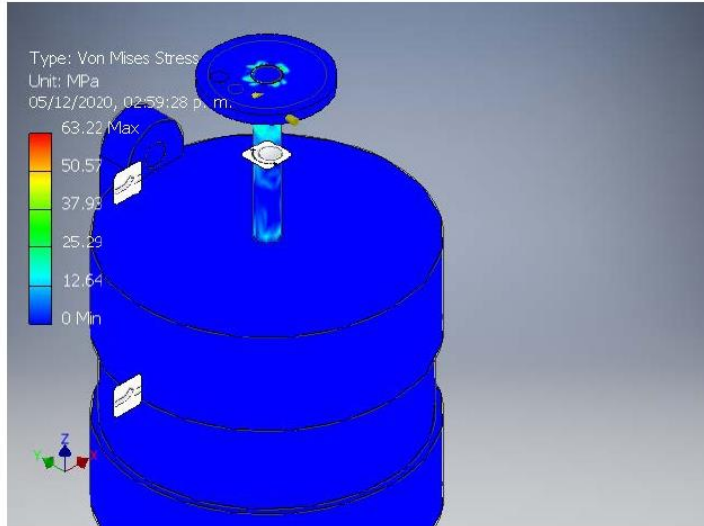
☐ **Result Summary**

Name	Minimum	Maximum

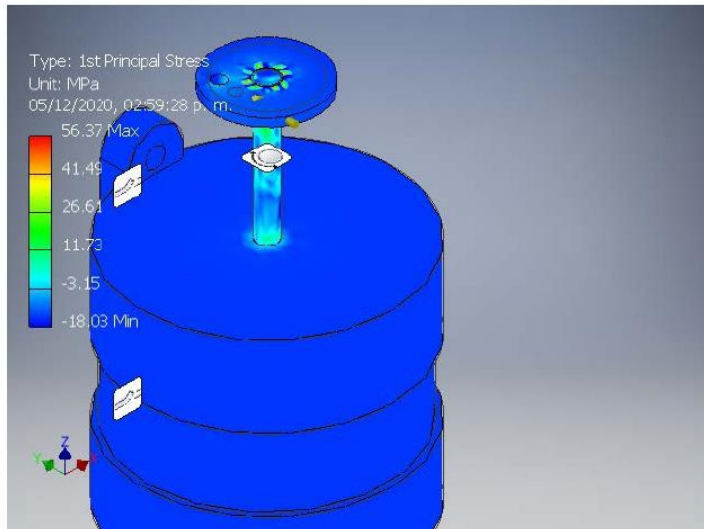
Volume	515384 mm ³	
Mass	4.05607 kg	
Von Mises Stress	0.000234178 MPa	63.2181 MPa
1st Principal Stress	-18.0254 MPa	56.3722 MPa
3rd Principal Stress	-58.0725 MPa	25.9191 MPa
Displacement	0 mm	0.0265794 mm
Safety Factor	4.11275 ul	15 ul

Figures

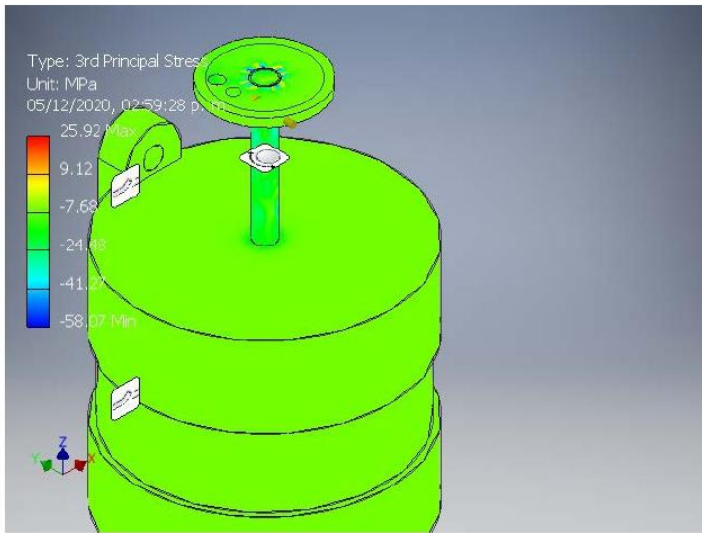
Von Mises Stress



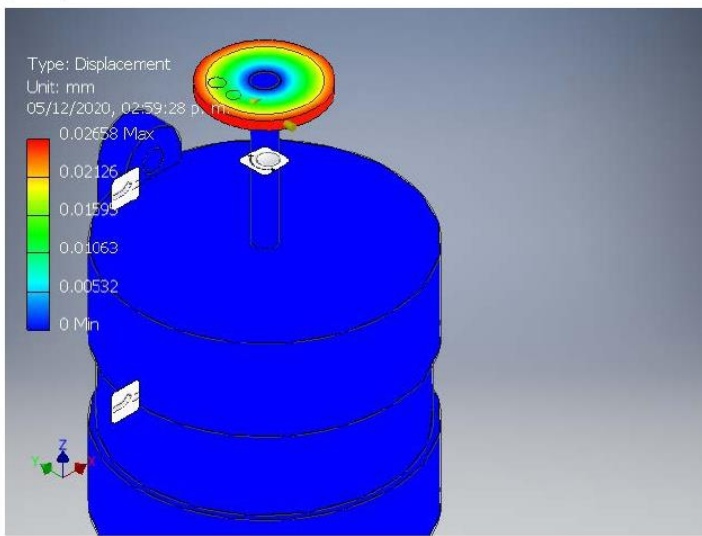
1st Principal Stress



3rd Principal Stress



▣ Displacement



▣ Safety Factor

