



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“Diseño e Implementación del Sistema de Control para una
Bobinadora Semiautomática de Rotores y Bobinas Eléctricas.”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: SAGUAY VILLALTA FREDDY GUSTAVO.

DIRECTOR: Ing. CABRERA MEJIA BERNARDO JAVIER.

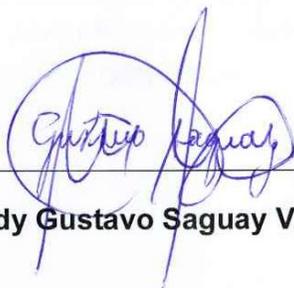
CUENCA

2018

DECLARACIÓN

Yo, Freddy Gustavo Saguy Villalta, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



Freddy Gustavo Saguy Villalta

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Freddy Gustavo Saguy Villalta, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Msc. Javier Bernardo Cabrera Mejía
DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de investigación a Jehová Dios, a mi madre Diocelina Villalta, a mis hermanos: Galo, Darwin, José, Deisi, Ruth y Diego; a mis amigos más cercanos a todas las personas que de una y otra manera estuvieron apoyándome.

Mi madre y hermanos han representado en todo este largo trayecto de la universidad una fuente de inspiración y valor para continuar y no desistir, porque muchos compañeros iniciaron el primer año conmigo, pero no pudieron culminar por varias circunstancias, en algunas ocasiones pensé en abandonar, pero gracias a Dios y el respaldo de mi familia contribuyeron a continuar.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a Jehová Dios, por prestarme salud, vida y llenar de bendiciones cada día de mi existencia, poniendo en mi camino lo que necesite en todo momento.

Mi sincero agradecimiento a mi tutor Msc. Javier Cabrera, por guiarme y ayudarme en hacer lo más pulcro tanto la maquina como la teoría de la tesis, gracias a sus correcciones pude mejorar y presentar una tesis de calidad.

Mi sincero agradecimiento a los mecánicos que me ayudaron a construir partes y piezas de la máquina, sus recomendaciones contribuyeron a reducir gastos y mejorar la máquina.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
TABLA DE CONTENIDO.....	VI
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	XII
TABLAS.....	XIII
ECUACIONES	XIV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
1) MARCO TEORICO	1
1.1. Maquinas eléctricas síncronas	1
1.1.1. Tecnología de las bobinadoras de rotores (inducido) eléctricos.....	1
1.1.2. Principio y funcionamiento del campo magnético.....	2
1.1.3. Localización de contacto de inducido a masa	3
1.2. Tipos de maquina rebobinadoras	4
1.2.1. Máquina rebobinadora tipo horizontal	4
1.2.1.1. <i>Maquina rebobinadora horizontal central</i>	4
1.2.1.2. <i>Maquina rebobinadora horizontal lateral</i>	4
1.2.2. Máquina rebobinadora vertical	5
1.3. Control de tensión.....	5
1.3.1. Característica del controlador de tensión	5
1.3.2. Control manual de tensión semiautomática	6
1.3.3. Control manual de tensión.....	6
1.4. Control de tensión por el diámetro.....	7
1.4.1. Medición del diámetro para un brazo seguidor de hilo.....	7
1.4.2. Medida del diámetro por la determinación del cálculo de velocidad	8
1.5. Controlador y automatización de un sistema para maquina rebobinadora ...	8

1.6.	Paso de bobina	9
1.7.	Bobinado concéntrico.....	9
1.8.	Bobinado excéntrico o imbricado.....	10
1.9.	Elementos para ensamblar una máquina rebobinadora.....	10
1.9.1.	Rodamiento.....	10
1.9.2.	Soldadura por arco	11
1.9.3.	Pernos	11
1.10.	Componentes eléctricos de una maquina rebobinadora	12
1.10.1.	Logo siemens 230rc	12
1.10.1.	Contactador CGC LC1 4HP.....	13
1.10.2.	Micro Switch Camsco Palanca Larga AM-1701	13
1.10.3.	Pulsante Camsco y Señal de alerta Rojo 1NC 22MM.....	13
1.10.4.	Breaker Riel ABB 3P 20 A SH203L.....	14
1.10.5.	Motor eléctrico trifásico paso a paso	14
1.10.6.	Motor reductor	15
1.11.	Conductor eléctrico para rebobinado.....	15
1.12.	Teoría de funcionamiento de un micro controlador	16
1.12.1.	Arduino Uno REV3	16
1.12.2.	Puertas entradas y salidas	17
2)	DISEÑO Y PROGRAMACION DE PARTES Y PIEZAS MECANICAS Y DE CONTROL ELECTRICO DE LA MAQUINA.....	18
2.1.	Diseño del sistema mecánico de la maquina bobinadora.....	18
2.1.1.	Diseño del sistema mecánico	19
2.2.	Diseño y pruebas de límites de esfuerzo de partes móviles de maquina bobinadora en software Solidworks	22
2.2.1.	Software SOLIDWORKS	22
2.2.2.	Fórmula para calcular el cambio de velocidad en eje conducido con poleas caracol	22
2.2.3.	Análisis Estático de Tensión nodal en eje motriz y eje conducido que contienen las poleas caracol	24
2.2.4.	Análisis Estático de Tensión nodal en eje conducido o eje Principal ...	27
2.2.5.	Análisis Estático de Tensión nodal en tornillo sin fin de guía para alambre de cobre.....	29

2.3.	Diseño del sistema de control eléctrico.....	31
2.3.1.	Diagrama de flujo de funcionamiento general.....	31
2.3.2.	Panel de control.....	34
2.3.3.	Tablero de control principal	34
2.3.4.	Tablero de control secundario.....	35
2.4.	Diseño del Panel de control	35
2.4.1.	Pulsante de Emergencia.....	36
2.4.2.	Variador de frecuencia.....	37
2.4.3.	Contador digital de vueltas.....	37
2.4.4.	Selectores de función	37
2.5.	Diseño eléctrico del tablero principal.....	38
2.5.1.	Programa para bobinadora en Logo Soft Confort.....	40
2.6.	Software Proteus 8 Professional.....	44
2.7.	Diseño electrónico del Tablero de Control Secundario.....	44
2.7.1.	Diseño de fuentes de poder fijas y regulables	45
2.7.2.	Diseño de fuente de poder regulable de 0 Vcc - 12 Vcc y fuente de poder fija de 12 Vcc	46
2.7.3.	Diseño de fuente de poder fija de 9 Vcc.....	49
2.7.4.	Programa en Arduino	50
3)	CONSTRUCCION DE PARTES Y PIEZAS MECANICAS E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO DE LA MAQUINA	54
3.1.	Construcción del sistema mecánico.....	54
3.2.	Construcción de mecanismo de bobinadora.....	54
3.3.	Construcción de panel de control	56
3.4.	Construcción del Tablero de Control Principal.....	61
3.4.1.	Calculo de las protecciones contra cortocircuito	63
3.5.	Construcción del Tablero de Control Secundario.....	67
3.5.1.	Construcción de las fuentes de poder	68
3.5.2.	Construcción del amplificador de corriente para los relés auxiliares ...	69
4)	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA Y PRESUPUESTO TOTAL	71
4.1.	Pruebas de tensión que se ejerce a alambre de cobre	71
4.2.	Prueba para bobina de rotor	71

4.3. Pruebas para realizar a bobina de carrete.....	76
4.4. Resultados obtenidos de equipos eléctricos después de las pruebas de la maquina bobinadora	79
4.5. Presupuesto para la construcción de maquina bobinadora	81
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
ANEXOS.....	91

TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Maquinas Síncronas.....</i>	1
<i>Figura 2. Bobina de Inducido.....</i>	2
<i>Figura 3. Experimento de la Ley de Faraday.....</i>	3
<i>Figura 4. Verificación de Contactos de Masa, en el Inducido.....</i>	3
<i>Figura 5. Maquina Rebobinadora Vertical.....</i>	5
<i>Figura 6. Bobinadora Semiautomática BMM79.....</i>	6
<i>Figura 7. Rebobinadora Manual de Campo Regulable.....</i>	7
<i>Figura 8. Control de la Tensión por Medio del Diámetro.....</i>	8
<i>Figura 9. Paso de Bobina.....</i>	9
<i>Figura 10. Bobinado Concentrico.....</i>	9
<i>Figura 11. Bobinado Excentrico.....</i>	10
<i>Figura 12. Tipos de Elementos roscados para union.....</i>	10
<i>Figura 13. Rodamiento para Maquina Rebobinadora.....</i>	11
<i>Figura 14. Soldadura por Arco Electrico.....</i>	11
<i>Figura 15. Automata Programable LOGO 230 RC.....</i>	12
<i>Figura 16. Contactor CGC LC1 4HP.....</i>	13
<i>Figura 17. Micro Switch (Sensor de detección).....</i>	13
<i>Figura 18. Lámpara 22mm Sensor de Alerta.....</i>	14
<i>Figura 19. Breaker Trifásico 20 amp.....</i>	14
<i>Figura 20. Motor Pasó a Paso 9kg/cm.....</i>	15
<i>Figura 21. 50RPM 2HP Motor TCG.....</i>	15
<i>Figura 22. Alambre Esmaltado para Rebobinado.....</i>	16
<i>Figura 23 Arduino Uno board.....</i>	16
<i>Figura 24 Diseño de mecanismo de maquina bobinadora, vista frontal.....</i>	19
<i>Figura 25 Diseño de mecanismo de maquina bobinadora, vista isometrica.....</i>	19
<i>Figura 26 Estructura base, vista frontal.....</i>	21
<i>Figura 27 Estructura base, vista isometrica.....</i>	21
<i>Figura 28 Eje motriz y eje conducido para calculo de velocidad.....</i>	22
<i>Figura 29: Perspectiva Isometrica de polea caracol de eje conducido y polea caracol de eje motriz.....</i>	25
<i>Figura 30: Torque aplicado en polea caracol de eje motriz.....</i>	25
<i>Figura 31: Fuerzas aplicadas en poleas caracol.....</i>	26
<i>Figura 32: Fuerzas aplicadas en banda de goma.....</i>	26
<i>Figura 33: Perspectiva Isometrica de chumacera y eje conducido.....</i>	28
<i>Figura 34: Fuerzas aplicadas en chumacera y eje conducido.....</i>	28
<i>Figura 35 Torque aplicado en eje conducido.....</i>	29
<i>Figura 36: Fuerzas aplicadas a tornillo sin fin.....</i>	30
<i>Figura 37: Torque aplicado a la base del tornillo sin fin.....</i>	30
<i>Figura 38: Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema electrico.....</i>	33
<i>Figura 39 Diagrama general de conexiones entre componentes del sistema electrico.....</i>	34
<i>Figura 40 Diseño del panel de control, vista frontal.....</i>	35
<i>Figura 41 Panel de control, vista isometrica.....</i>	36
<i>Figura 42: Diseño electrico del tablero de control principal.....</i>	39
<i>Figura 43 Lineas de programacion.....</i>	41

<i>Figura 44</i>	<i>Lineas de programacion.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 45</i>	<i>Lineas de programacion.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 46</i>	<i>Lineas de programacion.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 47</i>	<i>Lineas de programacion.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 48</i>	<i>Lineas de programacion.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 49</i>	<i>Lineas de programacion.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 50</i>	<i>Diseño electronico del tablero de control secundario.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 51</i>	<i>Diseño electronico de fuente regulable.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 52:</i>	<i>Diseños de fuentes de poder regulable y fuente de poder fija.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 53:</i>	<i>Simulacion de fuentes de poder regulable y fija.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 54</i>	<i>Diseño de rectificado y filtrado de 9 Vcc.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 55</i>	<i>Simulacion de rectificado y filtrado de 9 Vcc.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 56</i>	<i>Compilacion del programa.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 57:</i>	<i>Adhesivo con sus respectivas etiquetas.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 58:</i>	<i>Conexión del contador digital de seis digitos.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 59</i>	<i>Variador de frecuencia trifasico de ½ HP.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 60:</i>	<i>Esquema de conexiones del panel de control.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 61</i>	<i>Esquema de conexiones para el tablero de control principal.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 62</i>	<i>Esquema de conexiones de contactos con el variador de frecuencia.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 63</i>	<i>Esquema de conexiones del tablero de control secundario.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 64</i>	<i>Estructura de base para maquina bobinadora.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 65</i>	<i>figura isométrica de estructura de base.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 66</i>	<i>Vista isométrica so del panel de control.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 67</i>	<i>Vista frontal del panel de control.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 68</i>	<i>Vista lateral del panel de control.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 69</i>	<i>Vista isométrica de sistema mecánico de maquina rebobinadora.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 70</i>	<i>Vista frontal de sistema mecánico de maquina rebobinadora.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 71</i>	<i>Vista lateral de sistema mecánico de maquina rebobinadora.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 72</i>	<i>Vista superior de sistema mecánico de maquina rebobinadora.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 73</i>	<i>Vista isométrica del panel de control.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 74</i>	<i>Vista superior del panel de control.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 75</i>	<i>Vista isométrica de maquina bobinadora.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 76</i>	<i>Vista frontal de maquina bobinadora.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 77</i>	<i>Vista lateral de maquina bobinadora.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 78</i>	<i>Vista frontal de estructura base.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 79</i>	<i>Vista lateral de estructura base.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 80</i>	<i>Diagrama general del funcionamiento del sistema electrico.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 81:</i>	<i>Lineas de programacion en software LOGO!.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 82:</i>	<i>Lineas de programacion en software LOGO!.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 83:</i>	<i>Lineas de programacion en software LOGO!.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 84:</i>	<i>Lineas de programacion en software LOGO!.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 85:</i>	<i>Diagrama eléctrico general.....</i>	<i>1</i>

TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Construcción del panel de control.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 2: Construcción del mecanismo de la bobinadora.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 3: Construcción de la estructura base para la bobinadora.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 4 Panel de control con sus componentes de control.....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 5 Instalación del sensor inductivo.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 6: Conexiones eléctricas para el panel de control.....</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 7: Placa de datos de motorreductor de 200W de máquina bobinadora.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 8 Construcción del tablero de control principal.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 9: Construcción del tablero de control con sus componentes eléctricos.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 10 Transformador y caja metálica para fuentes de poder.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 11 Construcción de las fuentes de poder.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 12 Conexión de transformador para rectificado y filtrado.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 13 Armado de fuente de poder en caja plástica.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 14 Construcción de amplificador para reles.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 15 Instalación de componentes en tablero de control secundario.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 16: Prueba de tensión en alambre de cobre con balanza de gancho.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 17 Aislado de ranuras de rotor.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 18 Número de delgas de colector.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 19: Paso de bobinado para rotor.....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 20 Colocación de rotor en soporte de máquina.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 21 Carga de alambre de cobre en carretes.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 22 Ingreso de números de vueltas y velocidad de envoltura.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 23 Bobinado de rotor en máquina.....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 24: Resultado final de bobinado de rotor en máquina bobinadora.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 25 Ingreso de número de vueltas y velocidad en motores principales.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 26: Instalación de carrete en máquina.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 27 Calibración de distancia con fines carrera.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 28 Producto final de bobinado en carrete, no simétrico.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 29 Producto final en carrete, bobinado simétrico.....</i>	<i>79</i>

TABLAS

Tabla 1: Partes de maquina bobinadora.....	20
Tabla 2: Elementos de estructura base.	21
Tabla 3: Análisis Estático de tensión nodal.....	27
Tabla 4: Análisis Estático de tensión nodal.....	29
Tabla 5: Análisis Estático de tensión nodal.....	31
Tabla 6: Lista de elementos que conforman el panel de control.	36
Tabla 7: Tabla de potencia total de equipos de maquina bobinadora.	63
Tabla 8: Tabla de observaciones de rendimiento eléctrico de equipos.....	80
Tabla 9: Presupuesto de materiales y mano de obra.....	83
Tabla 10: Presupuesto de materiales y mano de obra.....	100
Tabla 11: Presupuesto de materiales y mano de obra.....	101
Tabla 12: Presupuesto de materiales y mano de obra.....	102

ECUACIONES

<i>Ecuacion 1: Formula para calculo de velocidad en poleas</i>	23
<i>Ecuación 2: Calculo de voltaje de salida del regulador lm317.....</i>	47
<i>Ecuacion 3: Calculo de potencia activa</i>	64
<i>Ecuación 4: Calculo del segundo inicio para el segundo grupo de bobinas.....</i>	72

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Diseño de estructura de base para maquina bobinadora	91
Anexo 2: Diseño del panel de Control con sus elementos eléctricos	92
Anexo 3: Diseño y partes principales de la maquina Bobinadora.....	93
Anexo 4: Dimensiones del panel de control y sus elementos eléctricos	95
Anexo 5: Dimensiones de la estructura principal de maquina bobinadora	96
Anexo 6: Dimensiones de estructura base	98
Anexo 7: Diagrama general del funcionamiento del sistema eléctrico	99
Anexo 8: Lista de materiales eléctricos para panel de control.....	100
Anexo 9: Lista de materiales eléctricos para tablero de control principal	101
Anexo 10: Lista de materiales eléctricos para tablero de control secundario	102
Anexo 11: Programación en software ARDUINO para control de motor guía	103
Anexo 12: Programación en software LOGO! Soft Comfort V8.1 para PLC OBA8 SIEMENS donde se controla todo el sistema eléctrico.....	104
Anexo 13: Circuito Eléctrico General de Maquina Bobinadora, Diseñado en Cade Simu.....	1

RESUMEN

El diseño y construcción del sistema de control semiautomático para la bobinadora de rotores y bobinas nace por la necesidad de cubrir la demanda de este tipo de herramientas especializadas en talleres, almacenes, empresas y fábricas que requieren el servicio de rebobinado.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo central, el lograr satisfacer esta necesidad con bobinados de calidad (precisión en número de vueltas), prontitud (entrega en plazos cortos), garantía (respaldo de los bobinados en plazos de tiempo 6,9,12 meses); para esto, primero se revisa el estado del arte, después el diseño del sistema eléctrico y el mecanismo de la máquina, para finalmente, proceder a la construcción; en el camino pudimos observar que había que realizar cambios y unos pequeños ajustes al mecanismo que se hicieron con la finalidad de reducir el margen de error. También el sistema eléctrico estuvo sujeto a cambios para garantizar mayor seguridad para el operario.

Terminada la construcción de la maquina se procedió a realizar las pruebas bobinando rotor y bobina de carrete, comprobando que se tenía que calibrar mecanismo y velocidad, consiguiendo resultados de calidad.

En la parte final de los anexos se incluyen todos los esquemas y códigos del sistema de control semiautomático, con la finalidad de que algún estudiante o público general pueda replicar; logrando de esta manera aportar dentro de la línea de investigación de sistemas de control.

Palabras Claves: BOBINADORA, ROTOR, CONTROL AUTOMATICO, REBOBINADOR, CALIDAD DE ENERGIA.

ABSTRACT

The design and construction of the semiautomatic control system for the rotors and coils winder are established through the need to cover the demand for this type of specialized tools in workshops, warehouses, companies, and factories that require winding service.

The main objective of this research paper is to solve this need with quality winding (number of turns precision), promptness (delivery in short terms), guarantee (rewinding backup in terms of time 6,9,12 months); to accomplish this goal, it is developed a literature review, then it is presented the design of the electrical system and the mechanism of the machine, and finally, it is showed the procedure of the construction; during the elaboration of this graduation work, it was able to see that changes had to be made, and consequently, some small adjustments to the mechanism were made, in order to reduce the margin of error. Moreover, the electrical system was subject to changes to ensure a better safety for the operator.

Once the construction of the machine was completed, the tests were carried out by winding the rotor and spool reel, verifying that it had a calibrated mechanism and speed, achieving quality results.

In the final part of the annexes are included all the schemes and codes of the semiautomatic control system, with the purpose that some student or general public can replicate this research; in this way, it was possible to contribute data within control systems research.

Keywords: WINDER, ROTOR, AUTOMATIC CONTROL, REWINDER, QUALITY OF ENERGY.

INTRODUCCIÓN

Cuando se presentan fallas de relevancia en motores de máquinas o herramientas eléctricas los dueños o responsables de estas tienen que acudir a un servicio técnico que por general para hacer la reparación de bobinados en rotores o bobinas de carrete les toma alrededor de cinco a diez días, un alto costo y una mala calidad del trabajo.

En la actualidad la tecnología en máquinas bobinadoras de rotores eléctricos facilita el proceso de rebobinado con una alta precisión en el conteo de vueltas, una tensión mecánica del alambre de cobre igual en todas sus bobinas, garantizando una prolongada vida útil de la máquina o herramienta eléctrica. Existen máquinas bobinadoras para rotores y máquinas bobinadoras para bobinas de carrete que por su diseño y constitución mecánica los bobinados son de alta calidad, se puede distinguir además de bobinadoras para rotores o bobinas de carrete medianas y grandes que las clasifican de acuerdo al peso que pueden soportar las máquinas más utilizadas están entre 25kg y 250kg.

En el presente trabajo se pretende hacer el diseño e implementación del sistema de control para una bobinadora semiautomática de rotores y bobinas eléctricas, una vez realizado el diseño e implementado el sistema de control se procederá a realizar las pruebas con un rotor después con un carrete para bobina se espera que bobine con precisión el número de vueltas, con la misma tensión mecánica en el alambre de cobre, y dé como resultado rotores y bobinas de alta calidad a bajo costo.

CAPITULO 1

1) MARCO TEORICO

1.1. Maquinas eléctricas síncronas

Para determinar el funcionamiento de las maquinas síncronas o los convertidores electromecánicos rotativos, sabiendo que el rotor gira a una velocidad constante proporcional a la frecuencia del sistema eléctrico, se puede determinar que la energía dentro del motor síncrono es energía mecánica la cual es convertida en energía eléctrica constituye el 90% de energía eléctrica que pueden producir las maquinas síncronas. (Rodríguez Pozueta, 2017)

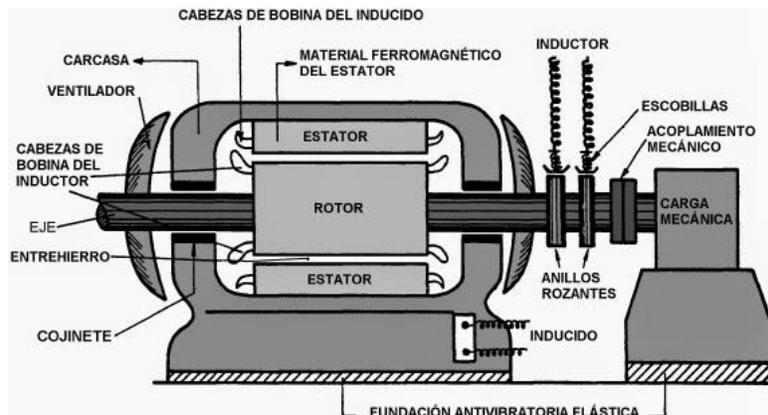


Figura 1. Maquinas Síncronas
Fuente: (García Tlapaya, 2017)

1.1.1. Tecnología de las bobinadoras de rotores (inducido) eléctricos

Para poder analizar el funcionamiento de las bobinas de rotores o inducido eléctrico, se debe saber que la bobina es un dispositivo de inducción electromagnética por lo cual la corriente eléctrica circula a través de los conductores, produce líneas de fuerza de campo magnético. (Cortes Cherta, 2004).

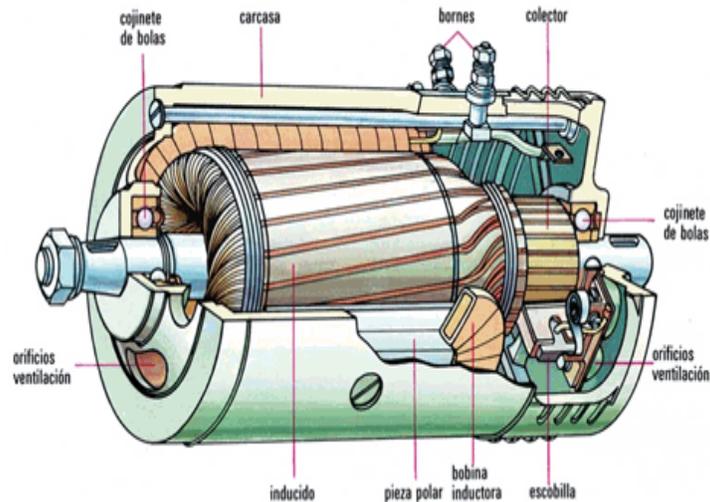


Figura 2. Bobina de Inducido
Fuente: (Jesus, 2012)

1.1.2. Principio y funcionamiento del campo magnético

El campo magnético es uno de los principios donde un motor, transformador y generador, basan su funcionamiento en la interrelación de la energía eléctrica, movimiento y magnetismo. Por ejemplo, un motor eléctrico necesita que se le aplique energía eléctrica y magnetismo para que produzca movimiento, en el caso del generador eléctrico se necesita magnetismo y movimiento para que genere energía eléctrica. (Garcia Tlapaya, 2017).

Al circular la corriente eléctrica por medio de un conductor produce un campo magnético alrededor del conductor.

Si se produce en una espira un campo magnético variable al tiempo se induce un voltaje, esto es el principio de transformación.

Si en un conductor circula corriente eléctrica y este se encuentra inmerso en un campo magnético se produce una fuerza sobre dicho conductor, esto es el principio de acción motora. (Rodríguez Pozueta, 2017)

El voltaje (FEM, fuerza electromotriz) inducido en un conductor o bobina es directamente proporcional a la rapidez de cambio de flujo magnético por unidad de tiempo en una superficie cualquiera con el circuito o bobina como borde o concéntrica, esto es la ley de Faraday. (Lopez, 2010)

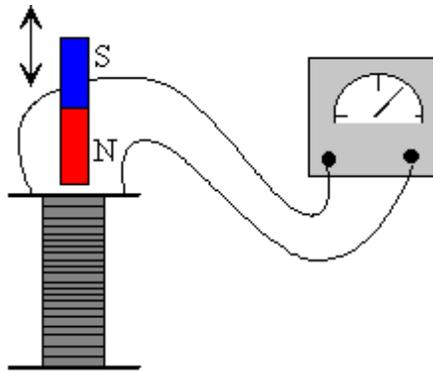


Figura 3. Experimento de la Ley de Faraday
Fuente (Lopez, 2010)

1.1.3. Localización de contacto de inducido a masa

Contacto de masa es cuando el alambre o cable de cobre está haciendo contacto o rozamiento con la carcasa del rotor de una maquina eléctrica, para poder localizar este problema se utiliza un comprobador o multímetro en modo continuidad, y se colocan los puntales en la salida de cable de cobre de alimentación eléctrica para verificar el daño del inducido o de colector. Si el contacto a masa es una parte del inducido donde es posible volver a aislar el conductor de cobre sin afectar al bobinado se lo puede hacer y nuevamente comprobar que no exista contacto a masa. Si no es posible corregir el contacto a masa porque el rozamiento es interno, una vez localizado el daño se tendría que rebobinar el inducido para realizar el cambio de aislante eléctrico y bobinado de cobre y así corregir el contacto a masa.

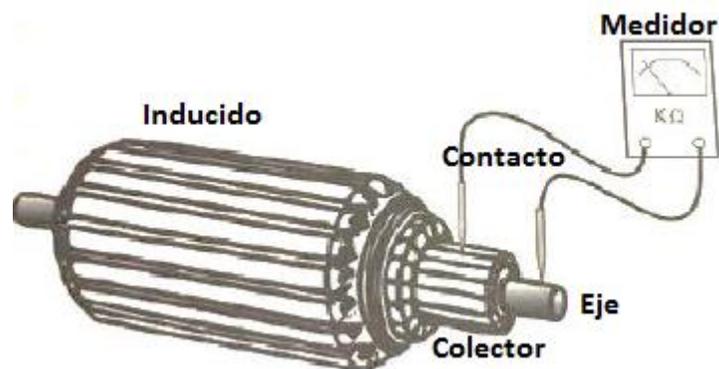


Figura 4. Verificación de Contactos de Masa, en el Inducido.
Fuente: (Manzano & Mosquera, 2016)

1.2. Tipos de maquina rebobinadoras

Hay diferentes tipos de máquinas rebobinadoras, la cuales se pueden clasificar según su posición al rebobinar respecto a la máquina dando a conocer sus características (Albuja Calo, 2012)

La clasificación de la máquina rebobinadora es:

- Maquina rebobinadora tipo horizontal (Automática o semiautomática).
- Maquina rebobinadora tipo vertical (Automática o semiautomática).

1.2.1. Máquina rebobinadora tipo horizontal

Este tipo de rebobinadoras se caracterizan para diferentes carretes que están montados de una forma horizontal, por la facilidad de maniobra para el desarrollo del bobinado y facilidad de cambio de carrete, este tipo de rebobinado es muy útil para bobinados de gran tamaño y que necesiten de cambios constantes lo cual la posición es horizontal (Gusman Antamba & Jativa Pozo, 2007).

Las maquinas horizontales se clasifican en:

- Maquina rebobinadora horizontal central
- Maquina rebobinadora horizontal lateral

1.2.1.1. *Maquina rebobinadora horizontal central*

En este tipo de rebobinadora, los ejes donde se instala la bobina la cual se caracteriza porque tiene dos sistemas mecánicos que se encuentra localizados al extremo donde se diferencian por el tamaño, el cual depende de las dimensiones, peso para la instalación de la máquina. (Gusman Antamba & Jativa Pozo, 2007)

1.2.1.2. *Maquina rebobinadora horizontal lateral*

A este tipo de rebobinadora se la conoce como de eje cantiléver, los ejes que son utilizados para las bobinas o carretes se encuentra en un extremo estos tipos de rebobinados son diseñados para realizar trabajos con bobinas pequeñas, este tipo de bobinado puede ser instalado por el mismo operador para el cambio de bobinas. (Gusman Antamba & Jativa Pozo, 2007)

1.2.2. Máquina rebobinadora vertical

Esta máquina rebobinadora se caracteriza por tener el carrete de alambre en forma vertical, no son de uso restringido como la rebobinadora horizontal donde su montaje es muy dificultoso para instalar en la plataforma giratoria, por lo cual este tipo de máquina rebobinadora se caracteriza para rebobinar cable. (Rojas Castro & Cortez Ferreira, 2014)

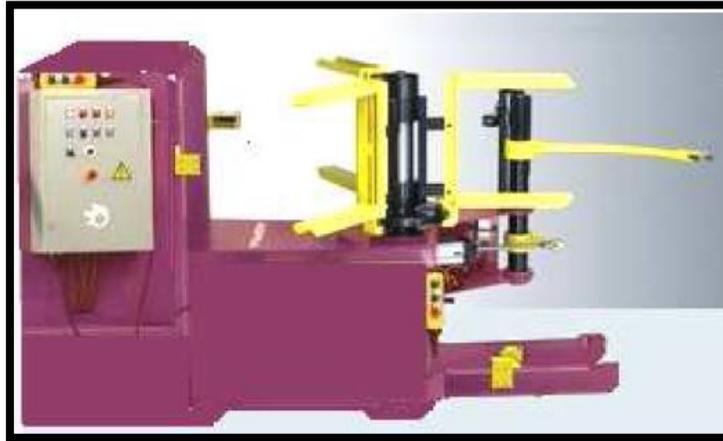


Figura 5. Máquina Rebobinadora Vertical
Fuente: (Gusman Antamba & Jativa Pozo, 2007)

1.3. Control de tensión

Se determina tensión a la fuerza que se aplica en la banda del motor que engrana al eje del movimiento longitudinal de la máquina, por lo tanto, este tipo de tensión se miden en Newton por metros lineales.

1.3.1. Característica del controlador de tensión

Es importante controlar el carrete de bobinado donde se aplica la tensión necesaria para determinar la fuerza de los hilos. Todos los rodamientos que determinan el giro impulsan a la máquina para garantizar el control y la dirección apropiada de la máquina. (Martinez , Ahumada, & "Eslava, 2015)

1.3.2. Control manual de tensión semiautomática

Este tipo de máquina actúa con un motor eléctrico que puede ser monofásico o trifásico para generar la acción de bobinado, permite controlar la velocidad de rotación mediante engranajes o un sistema de poleas acoplado a un regulador de velocidad. Se lo denomina bobina semiautomática debido a que la guía del alambre conductor debe ser manual para el direccionamiento de las pistas. (Martínez , Ahumada, & "Eslava, 2015)



Figura 6. Bobinadora Semiautomática BMM79
Fuente: (www.bobinadorasgmr.com.ar, s.f.)

1.3.3. Control manual de tensión

Los controles manuales de tensión se caracterizan por utilizar ejes, rodamientos y poleas. Desde un extremo se ubica el carrete que contiene el alambre o cable y este circula sobre poleas de distinto diámetro, cuando el alambre o cable se lo tensa desde un extremo manualmente el carrete empieza a circular sobre un eje, este carrete se lo frena con caucho o goma para que cuando se tense el cable este gire lo más lento posible y se estire el cable de acuerdo a la tensión manual que se aplique.

Debido a la variedad de los diámetros y la dirección de los carretes la zona de bobinado es la que produce mayor dificultad en el enrollamiento de los bobinados por lo cual el control manual de tensión presenta mayor dificultad. (Albuja Calo, 2012)

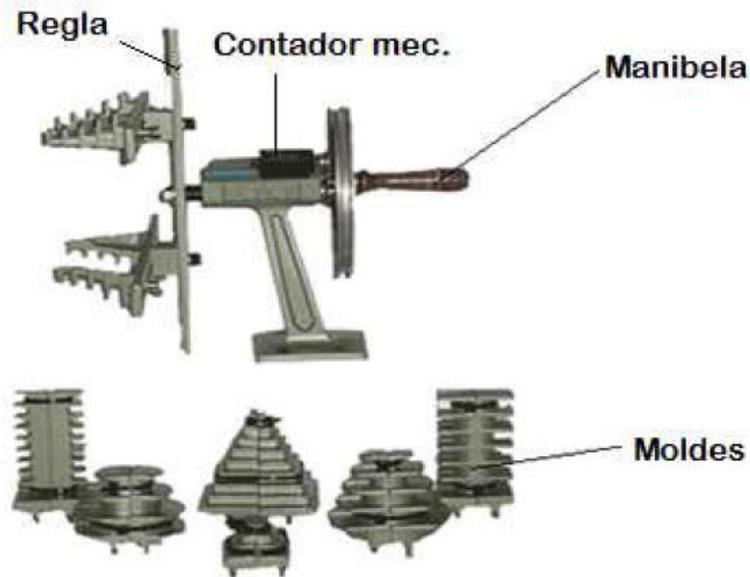


Figura 7. *Rebobinadora Manual de Campo Regulable.*
Fuente: (Albuja Calo, 2012)

1.4. Control de tensión por el diámetro

Existen varios tipos de control por detección de la dimensión de los diámetros de los carretes. Cada tipo tiene su propio sistema de detección y son muy eficaces al momento de controlarla, ya que regulan el torque proporcionalmente conforme aumenta el diámetro del carrete bobinado o al decrecimiento del rollo desbobinado, una desventaja de estos sistemas es que no controlan la tensión en la zona intermedia de la máquina. (CABASCANGO FREDY, 2012)

1.4.1. Medición del diámetro para un brazo seguidor de hilo

Unos de los métodos más funcionales para la determinación del diámetro del sistema de bobinado constan de unas ruedas o rodillos la cual determina el crecimiento y el decrecimiento del diámetro donde los sensores de proximidad y lo sensores efecto hall también son muy comunes, estos tipos de sensores permiten el número de giros con precisión. (Peinado Flores , 2009)

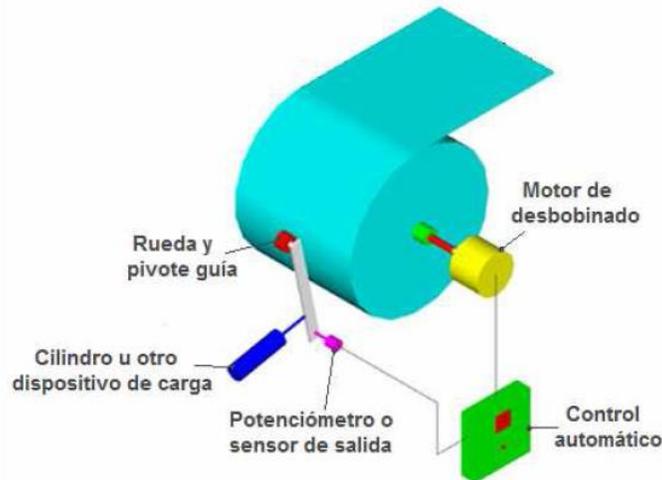


Figura 8. Control de la Tensión por Medio del Diámetro.
Fuente: (Gusman Antamba & Jativa Pozo, 2007)

1.4.2. Medida del diámetro por la determinación del cálculo de velocidad

Este tipo de control se puede utilizar en los diferentes sensores con el eje de bobinar o desbobinar, la cual puede detectar con los sensores las revoluciones RPM o m/s de cada uno de los motores la velocidad es constante en la máquina, los carretes se comparan con la velocidad y el diámetro del rollo puede ser calculado. (Gusman Antamba & Jativa Pozo, 2007)

1.5. Controlador y automatización de un sistema para maquina rebobinadora

Los sistemas de control por la variedad de señales que interfieren en los procesos pueden ser: sistemas de control analógicos, digitales e híbridos. En la actualidad los sistemas de control con mayor uso son los híbridos que a pesar de su mayor complejidad y más elementos de control garantizan un proceso de más calidad, precisión y rapidez. Todas las señales del sistema de control son recibidas por una unidad de control, que normalmente suele ser un PLC. (JOSEP & JOSE LUIS , 1997, pág. 13)

1. El hardware, que está compuesta por sensores, actuadores la parte física del sistema de control.
2. El nivel de control, que incluye los dispositivos lógicos como Placas o Pc.

3. Sistemas SCADA que trata sobre la supervisión y adquisición de datos.
4. Sistemas de ejecución de la fabricación.
5. Sistemas de gestión y planificación integral. (TRAINING, 2012)

1.6. Paso de bobina

Paso de bobina se determina a la distancia indicada (Y_k), que hay de extremo a extremo de una bobina la cual se puede medir las fracciones de polo a polo, el número de ranuras que hay en los extremos de la bobina. (Alejandro Mejía , 2016)

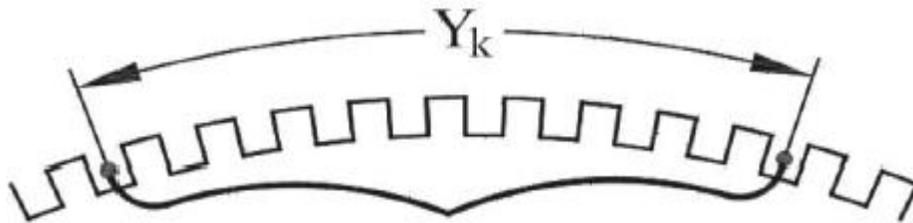


Figura 9. Paso de Bobina.
Fuente: (Albuja Calo, 2012)

1.7. Bobinado concéntrico

Las bobinas están conformadas por dos o más bobinas ubicadas sucesivamente unas de otras, pero separadas internamente, entonces se determina en este tipo de bobina los pasos de las bobinas internas progresivamente van aumentando a medida que se va desarrollando y acercando a la bobina exterior. (Alejandro Mejía , 2016)

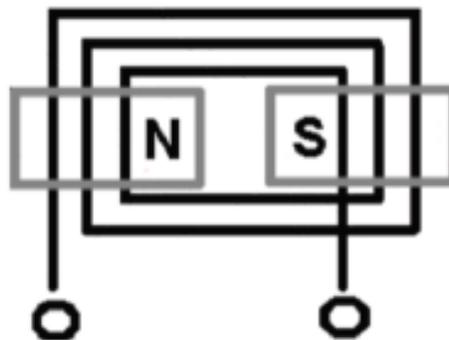


Figura 10. Bobinado Concentrico.

1.8. Bobinado excéntrico o imbricado

Este tipo de bobinas son de igual tamaño, el número de ranuras que existe entre dos lados de las bobinas son las mismas por cada una de las bobinas internas (Alejandro Mejía , 2016)

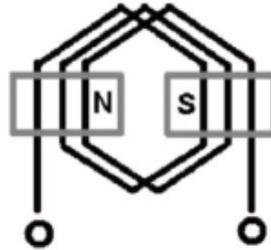


Figura 11. Bobinado Excentrico.

1.9. Elementos para ensamblar una máquina rebobinadora

En el diseño y construcción del sistema mecánico de una máquina rebobinadora se emplean elementos para ensamblar partes y piezas, estos elementos facilitan el ensamble y construcción de una maquina en general.

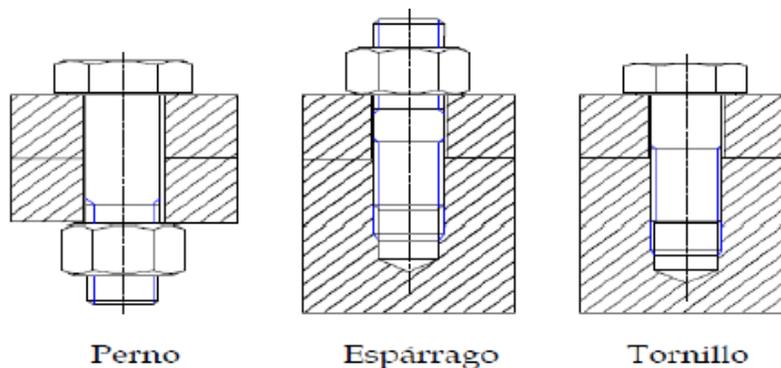


Figura 12. Tipos de Elementos roscados para union.

Fuente: (Albuja Calo, 2012)

1.9.1. Rodamiento

Los rodamientos serán de diferente diámetro interior y exterior, los diámetros de los diferentes rodamientos son aquellos para encajar en los espacios para el movimiento, estos tipos de rodamientos son lo más comunes en máquinas y se lo consideran más económicos que otros sistemas. (Quesada Navarro, 2018)

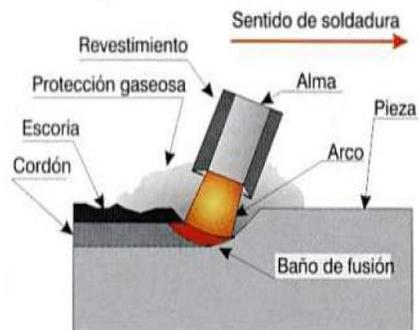


*Figura 13. Rodamiento para Maquina Rebobinadora.
Fuente: (Quesada Navarro, 2018)*

1.9.2. Soldadura por arco

Se llama soldadura por arco, cuando una corriente eléctrica forma un arco eléctrico entre el metal a soldar y el electrodo, provocando la fusión de este y su acumulación sobre la unión soldada. A continuación, se enlista los tipos de soldadura más comunes:

- Soldadura por arco eléctrico.
- Soldadura MIG.
- Por gas.
- La soldadura TIG.



*Figura 14. Soldadura por Arco Electrico
Fuente: (KISGAL, 2017).*

1.9.3. Pernos

Son aquellos elementos roscados que une diferentes tipos de piezas sirviendo a los elementos de articulación o giro o anclaje entre la misma para la unión de diferentes piezas y para sujetar soportes. (Proyesa, 2015)

- Perno de apoyo.
- Perno de articulación.
- Perno de anclaje.

1.10. Componentes eléctricos de una maquina rebobinadora

1.10.1. Logo siemens 230rc

Se caracteriza por tener 8 entradas digitales y 4 salidas digitales que son con relé y su alimentación es de 230 Vca. Este PLC posee las siguientes características: (LOGO, 2017)

- Interfaz programable para la entrada de computadora.
- Determina la salida y entrada según el modulo
- Posee un reloj interno y relé y temporizador
- Control
- Unidad de control visual.

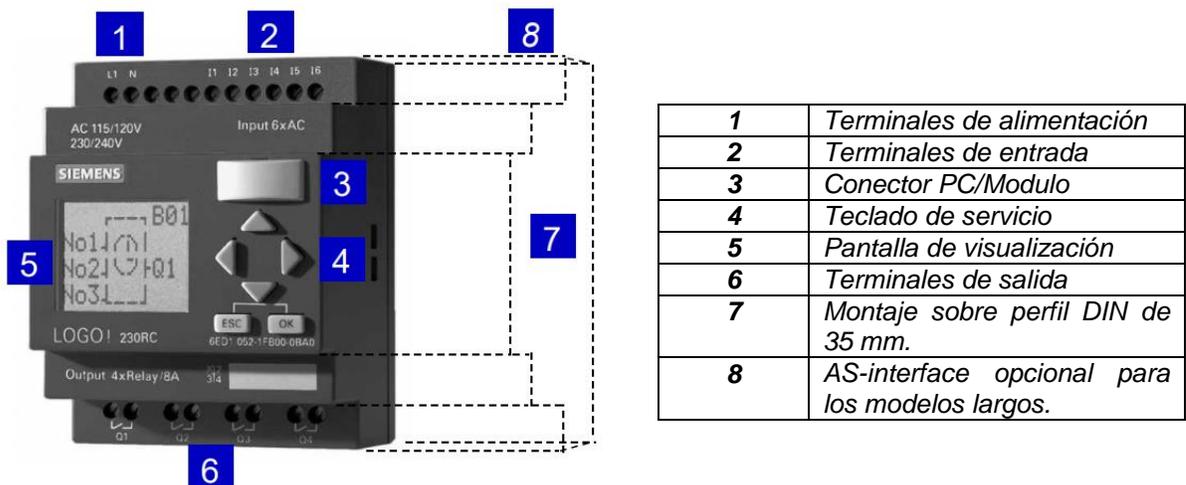


Figura 15. Automata Programable LOGO 230 RC
Fuente: (SIEMENS, 2017).

1.10.1. Contactor CGC LC1 4HP

Se utiliza este tipo de equipos en los circuitos de CA con una frecuencia de 50 Hz – 60 Hz y su voltaje nominal está determinado a los 660 V y la corriente del contactor es de 25 amperios para el circuito de toma y ruptura de larga distancia y corta distancia donde su arrancador electromagnético con un relé térmico para la protección del circuito contra sobrecarga.

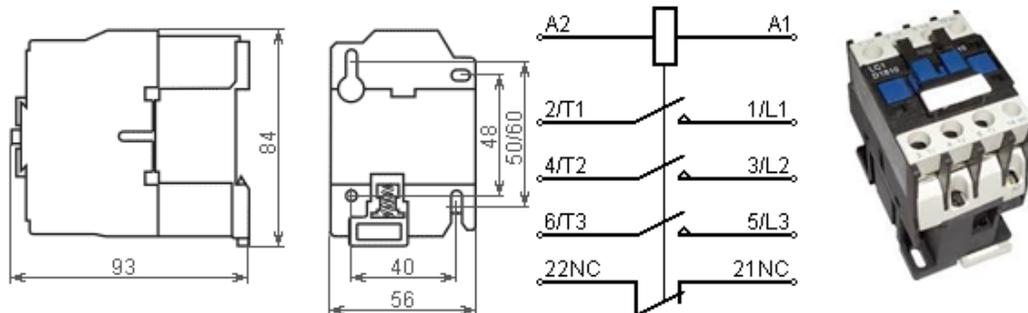


Figura 16. Contactor CGC LC1 4HP.
Fuente: (Ckat, 2017)

1.10.2. Micro Switch Camsco Palanca Larga AM-1701

La aplicación de estos tipos de sensores es más común que los micro interruptores se aplica y se la encuentra en máquinas, electrodomésticos, controladores industriales en los cuales el control de los circuitos eléctricos se necesita y se utiliza como sensor de precisión.



Figura 17. Micro Switch (Sensor de detección).
Fuente: (RS, 2018)

1.10.3. Pulsante Camsco y Señal de alerta Rojo 1NC 22MM

Este tipo de pulsante puede ser normalmente abierto o normalmente cerrado, se utiliza para cerrar o abrir un circuito eléctrico cuando se acciona manualmente. Para la señal de alerta, el dispositivo es un buzzer que envía señal auditiva e indicador LED. Para su

respectivo funcionamiento deben estar conectado al voltaje de alimentación que indica el fabricante entre los voltajes más utilizados están: 120 VAC o 220 VAC. (MENICS, 2018)



Figura 18. Lámpara 22mm Sensor de Alerta.
Fuente: (MENICS, 2018).

1.10.4. Breaker Riel ABB 3P 20 A SH203L

Dispositivo mecánico que sirve para la detección de la corriente en cortocircuito y para la protección de sobrecarga, dispone de un mecanismo de disparo electromecánico.



Figura 19. Breaker Trifásico 20 amp
Fuente: (ABB, 2018).

1.10.5. Motor eléctrico trifásico paso a paso

Los motores paso a paso, es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en campo magnético giratorio en movimiento mecánico de precisión, estos tipos de motores se caracterizan por una cierta cantidad de impulsos que giran un determinado ángulo de giro dependiente de sus entradas de control.



Figura 20. Motor Pasó a Paso 9kg/cm
Fuente: (Wikipedia, 2018).

1.10.6. Motor reductor

Estos tipos de motores son aquellos que tienen el principio de un motor eléctrico que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la variación del campo magnético y contienen una caja reductora que disminuyen la velocidad de giro del eje principal, dependiendo del tipo de reducción pueden ser 1:2, 1:10, 1:50, etc. (SEWEURODRIVE, 2014)



Figura 21. 50RPM 2HP Motor TCG.
Fuente: (<http://arthurfriedca.com/>, 2018)

1.11. Conductor eléctrico para rebobinado

El alambre esmaltado es un tipo de conductor que pueden ser de diferentes tipos como redondo o rectangulares, su utilización sirve para rebobinar motores eléctricos balastro para lámparas o transformadores secos y en aceite o diferentes componentes eléctricos.



Figura 22. Alambre Esmaltado para Rebobinado.

1.12. Teoría de funcionamiento de un micro controlador

1.12.1. Arduino Uno REV3

La placa Arduino Uno es un microcontrolador basada en ATmega 328P consta de entradas / salidas digitales “de las cuales 6 se puede usar como salidas PWM” y entradas analógicas. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conectado a una computadora puede ser adaptado a corriente continua y corriente alterna.

Arduino es un micro controlador en un circuito integrado por lo que se trata de una computadora completa con un integrado programable que tiene como principal objetivo realizar las operaciones de programación, sus entradas y salidas soporta las conexiones de sensores y actuadores para el control industrial. Arduino procesa su información con su propia plataforma de software para las diferentes placas de Arduino lo cual es un lenguaje didáctico fácil de entender y de desarrollar los diferentes prototipos (Store, 2018)

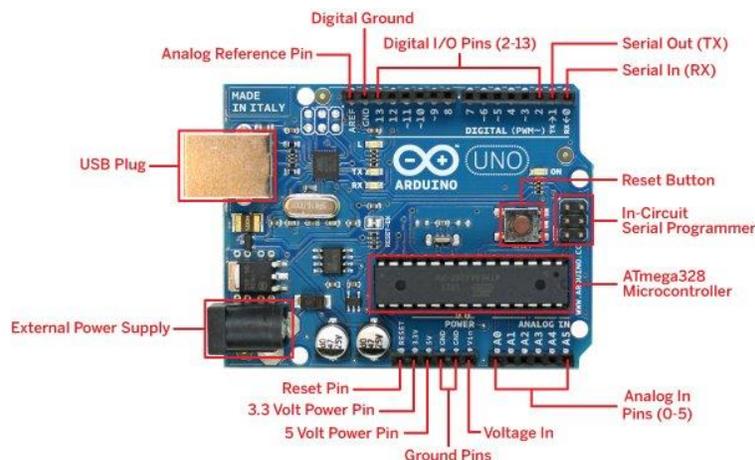


Figura 23 Arduino Uno board.
Fuente (Howedi, 2018)

1.12.2. Puertas entradas y salidas

Las unidades de líneas de E/S es comunicar al computador interno con los componentes exteriores. Según los controladores periféricos que están desarrollados con los modelos de micro controladores (Portela Alvarez, 2017)

- UAET, adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona.
- Puerta paralela esclava, para poder conectar con los buses de otro microprocesador.
- USB, bus moderno serie para los PC.
- Bus I2C, interfaz serie de dos hilos desarrollados por Philips.
- CAN, permite la adaptación con redes de conexasión.

CAPITULO 2

2) DISEÑO Y PROGRAMACION DE PARTES Y PIEZAS MECANICAS Y DE CONTROL ELECTRICO DE LA MAQUINA

2.1. Diseño del sistema mecánico de la maquina bobinadora

Para realizar el diseño mecánico de la maquina bobinadora debemos considerar los siguientes puntos:

- El alambre de cobre debe estar tensionado en el momento que forme una bobina ya que si no se tensiona el alambre de cobre no forma una bobina simétrica y carecería de forma, por lo cual la forma de hacer que tenga tensión el alambre es envolverlo en un carrete plástico y al momento en que este gire frenarlo con caucho o un material similar.
- Para envolver el alambre sobre el rotor o inducido se diseñará dos piezas mecánicas en forma de brazos que se podrán regular para cierto tamaño de rotor.
- Cuando el alambre de cobre se envuelva en los rotores o inducidos este debe ser guiado a través de un eje perforado desde el carrete y en el momento de llegar al núcleo del rotor, se guiará con dos pinzas que se ajustan a las dimensiones del rotor, en ambos extremos del núcleo centrados.
- Cuando se ubique un rotor en la máquina para bobinarlo este será centrado y alineado desde los extremos de su eje transversal además que lo mantendrán firme cuando se inicie a envolver el alambre de cobre. Este soporte o estructura que sostiene el rotor será regulable y se podrá quitar para realizar la función de bobina de carrete.
- El sistema para deslizar el alambre de cobre sin rasparlo o quitar capas de barniz que se usara es el de poleas, en su centro con rodamiento para que giren cuando el alambre empieza a envolverse por lo tanto deslizarse sobre las poleas.

- El movimiento debe ser de alto torque y de velocidad regulable por lo tanto se usará motorreductores.

2.1.1. Diseño del sistema mecánico

Después de haber tenido en cuenta las anteriores consideraciones se procede a realizar el diseño mecánico para la maquina bobinadora de rotores y bobinas de carrete. Hay que tener presente que el giro de los brazos parte 3 en la Tabla 1 puede ser en sentido horario como en sentido antihorario, ya que se puede hacer bobinados de rotores como de bobinas de carrete.

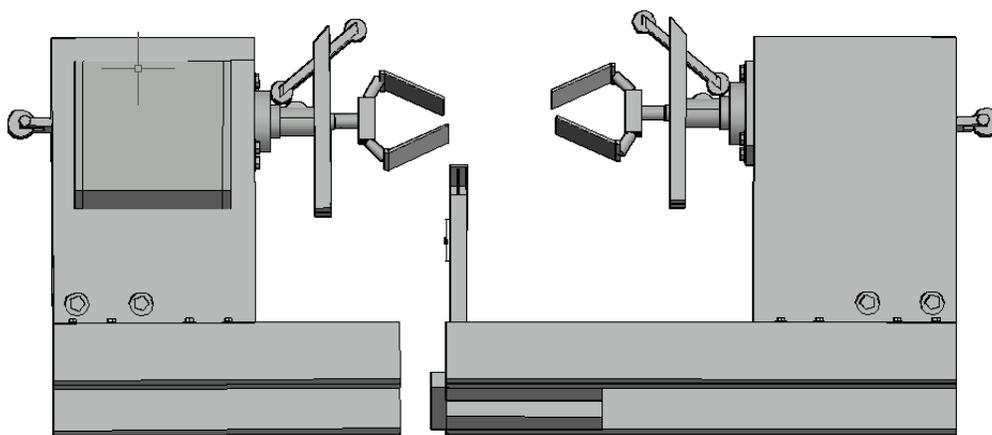


Figura 24 Diseño de mecanismo de maquina bobinadora, vista frontal.
Fuente: Autor

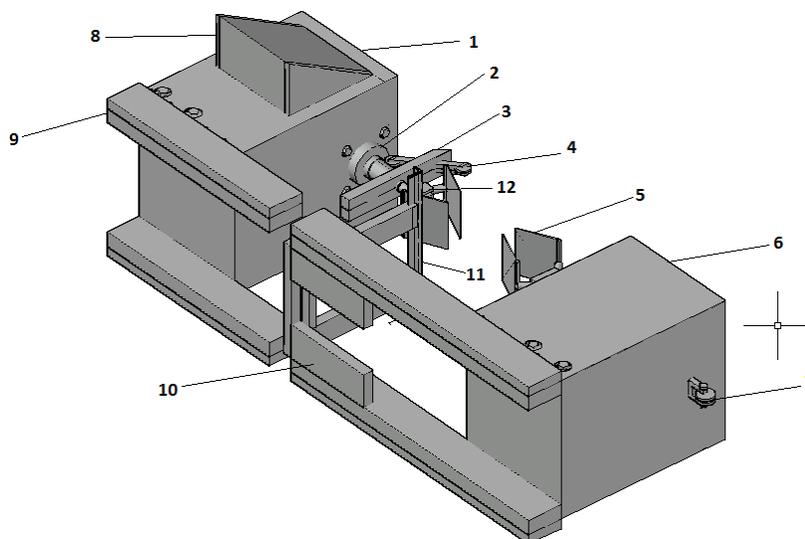


Figura 25 Diseño de mecanismo de maquina bobinadora, vista isometrica.
Fuente: Autor

A continuación, en la Tabla 1 se puede observar cada una de las partes de la maquina bobinadora con su respectiva descripción.

Tabla 1: Partes de maquina bobinadora.

<i>Número</i>	<i>Descripción</i>	<i>Número</i>	<i>Descripción</i>
1	<i>Caja que contiene motorreductor y chumaceras.</i>	8	<i>Panel de control.</i>
2	<i>Chumacera de pared que sostiene eje.</i>	9	<i>Tubo cuadrado para soporte.</i>
3	<i>Brazo guía para envolver alambre de cobre.</i>	10	<i>Tubos guías para estructura de centro de rotores</i>
4	<i>Polea con rodamiento para deslizar alambre de cobre.</i>	11	<i>Angulo guía.</i>
5	<i>Garras que se ajustan al tamaño del rotor.</i>	12	<i>Buje guía.</i>
6	<i>Caja que contiene motorreductor y chumaceras.</i>		
7	<i>Polea de recepción con rodamiento.</i>		

Fuente: Elaboración propia.

Ahora se procede a diseñar la estructura que sostiene o soporta la estructura superior de la máquina, además esta estructura sostendrá un eje para el carrete que contiene alambre de cobre para las bobinas de carrete. También la estructura sostendrá dos tableros o gabinetes para el tablero de control principal y el tablero de control secundario.

En la parte frontal inferior en el centro se realiza el diseño de una pedalera que utilizaremos para hacer el paro de emergencia general de toda la máquina, para prevenir riesgos o en caso de que suceda un accidente.

La estructura también puede contener accesorios o elementos que se usaran como: llaves, destornilladores, partes de la máquina, etc.

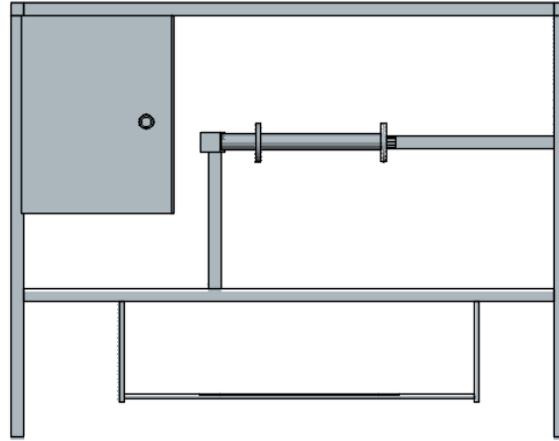


Figura 26 Estructura base, vista frontal.
Fuente: Autor

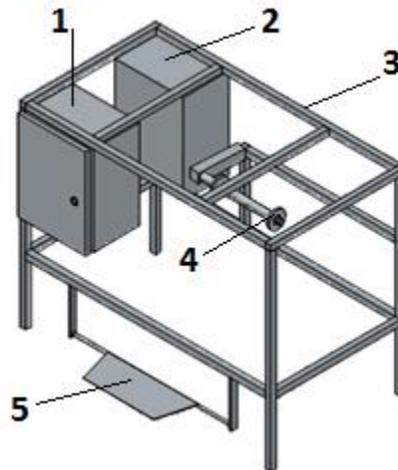


Figura 27 Estructura base, vista isométrica
Fuente: Autor

Tabla 2: Elementos de estructura base.

Numero	Descripción
1	Gabinete de control principal
2	Gabinete de control secundario
3	Brazo guía para envolver alambre de cobre.
4	Eje para sostener carrete de alambre de cobre
5	Pedal de paro para emergencia.

Fuente: Elaboración propia

2.2. Diseño y pruebas de límites de esfuerzo de partes móviles de maquina bobinadora en software Solidworks

Para garantizar que el diseño de la maquina bobinadora que se realizó en el software Autocad no presente problemas como roturas o fallas mecánicas se procede a realizar pruebas de límites de torque, esfuerzos y fuerzas centrifugas en ejes, tornillo sin fin, etc. Estas pruebas que se realizan en las partes móviles de la maquina se las realizan en el software SOLIDWORKS que a continuación veremos una breve descripción.

2.2.1. Software SOLIDWORKS

El software SOLIDWORKS es CAD Diseño Asistido por Computador, sirve para realizar planos y modelos en tres dimensiones. En Solidworks dentro del diseño mecánico podemos relacionar las piezas con el ensamblaje y el diseño del dibujo. Para poder trabajar con Solidworks se utilizan parámetros como cotas y relaciones geométricas. Uno de los beneficios de trabajar con solidworks es que podemos simular esfuerzos aplicados a partes fijas y móviles de las piezas que se dibujen. Estas funciones valiosas de Solidworks utilizaremos para simular esfuerzos a las partes móviles de la maquina bobinadora.

2.2.2. Fórmula para calcular el cambio de velocidad en eje conducido con poleas caracol

A continuación, se describe la fórmula para calcular el cambio de velocidad en el eje conducido a partir de la velocidad y diámetro de la polea caracol del eje motriz:

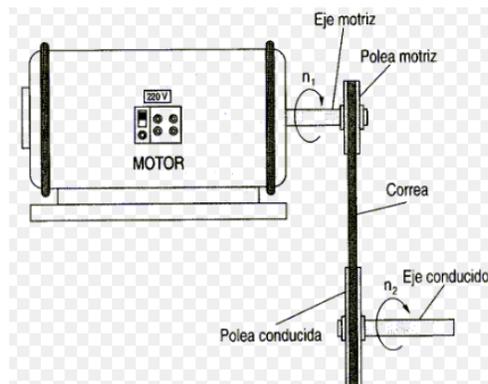


Figura 28 Eje motriz y eje conducido para calculo de velocidad.
Fuente: Autor

Ecuacion 1: Formula para calculo de velocidad en poleas

$$\frac{n1}{n2} = \frac{d2}{d1} \quad (1)$$

n1: revoluciones del eje motriz.

n2: revoluciones de eje conducido.

d1: diámetro de polea de eje motriz.

d2: diámetro de polea de eje conducido.

En la maquina bobinadora tenemos la velocidad del eje motriz (Motorreductor) de 170rpm y los diámetros de la polea caracol es de 11cm y 7cm; en el eje conducido (Eje de salida principal) tenemos los diámetros de la polea caracol de 11cm y 7cm. Procedemos a calcular la velocidad del eje conducido n2, considerando que la banda está colocada a la ranura de 11cm de la polea caracol del eje motriz hasta la ranura de 7cm de la polea caracol del eje conducido:

n1: 170rpm

n2: Calcular

d1: 11cm

d2: 7cm

$$\frac{n1}{n2} = \frac{d2}{d1}$$

$$n2 = \frac{n1 * d1}{d2}$$

$$n2 = \frac{170rpm * 11cm}{7cm}$$

$$n2 = 267.14rpm$$

Ahora se va a realizar el cálculo de la velocidad en el eje conducido n2 considerando que la banda está colocada a la ranura de 7cm de la polea caracol del eje motriz (170rpm) hasta la ranura de 11cm de la polea caracol del eje conducido:

n1: 170rpm

n2: Calcular

d1: 7cm

d2: 11cm

$$\frac{n1}{n2} = \frac{d2}{d1}$$

$$n2 = \frac{n1 * d1}{d2}$$

$$n2 = \frac{170rpm * 7cm}{11cm}$$

n2 = 108.18rpm

Como pudimos comprobar después de realizar los cálculos, la velocidad del eje conducido o eje de salida principal donde van los brazos para hacer las bobinas, se puede variar la velocidad manualmente colocando la banda de una ranura hasta otra ranura de distinto diámetro de las poleas caracol, o con el potenciómetro conectado al variador de frecuencia que alimenta a los motorreductores haciendo que estos aumenten o reduzcan la velocidad proporcionalmente al cambio de frecuencia.

2.2.3. Análisis Estático de Tensión nodal en eje motriz y eje conducido que contienen las poleas caracol

A continuación, se procede a realizar el Análisis Estático de Tensión Nodal en el software SolidWorks; en el eje conducido y eje motriz que contienen las poleas caracol, para después en una tabla enlistar los resultados para poder analizar. Las dimensiones de las partes son las medidas reales para poder simular las cargas externas (fuerzas) al que se encuentran sometidos: poleas, ejes y banda. La velocidad del eje del motorreductor es

de 170 RPM (Dato de Placa), datos que se ingresaron para poder observar los efectos en las respectivas partes.

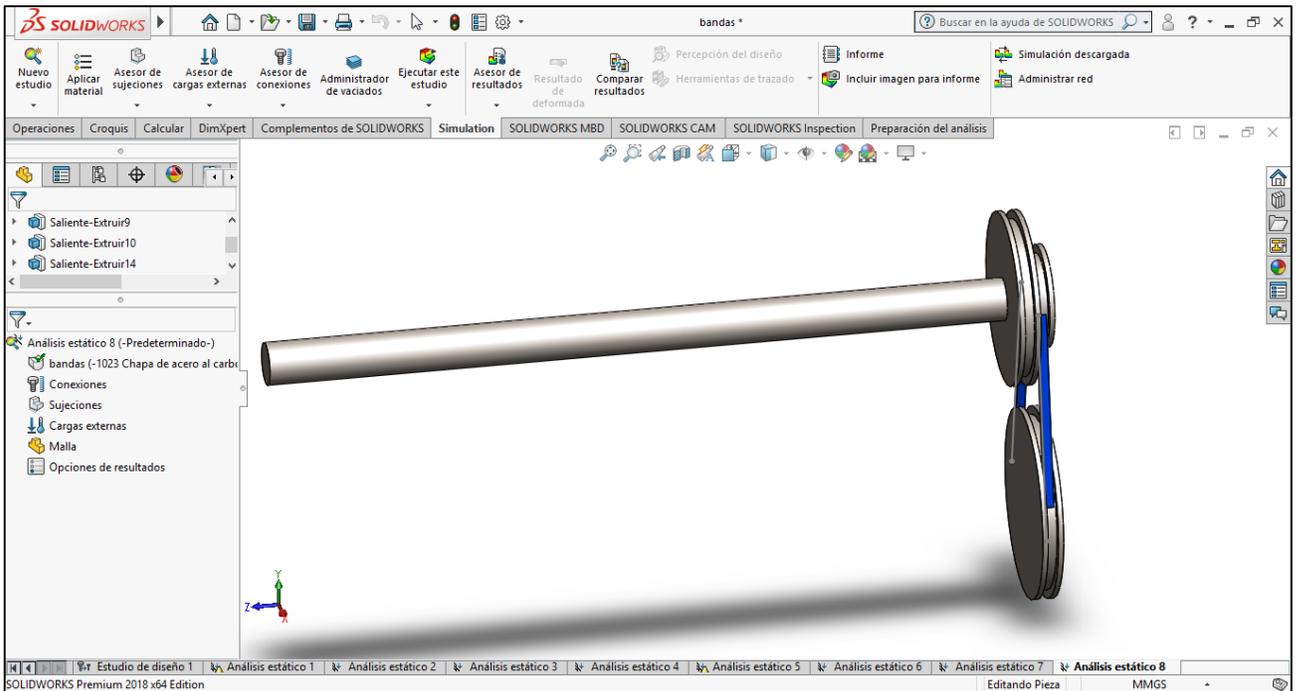


Figura 29: Perspectiva Isometrica de polea caracol de eje conducido y polea caracol de eje motriz.
Fuente: Autor

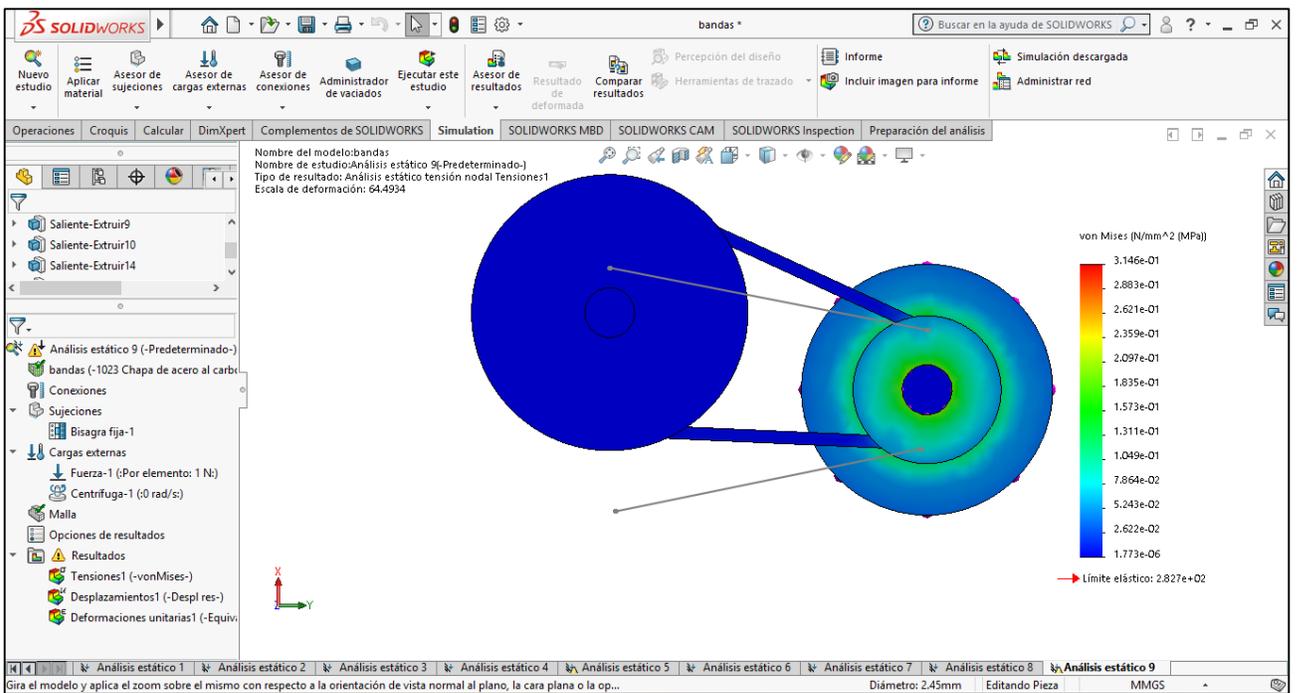


Figura 30: Torque aplicado en polea caracol de eje motriz
Fuente: Autor

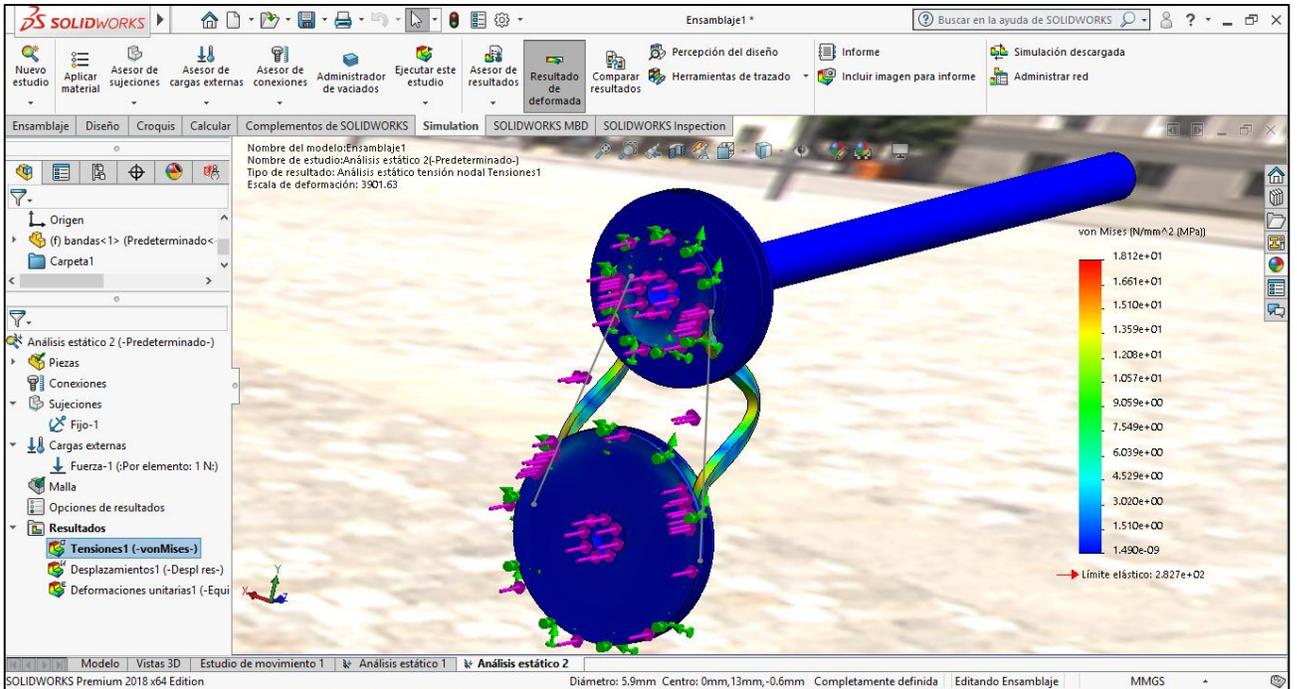


Figura 31: Fuerzas aplicadas en poleas caracol.

Fuente: Autor

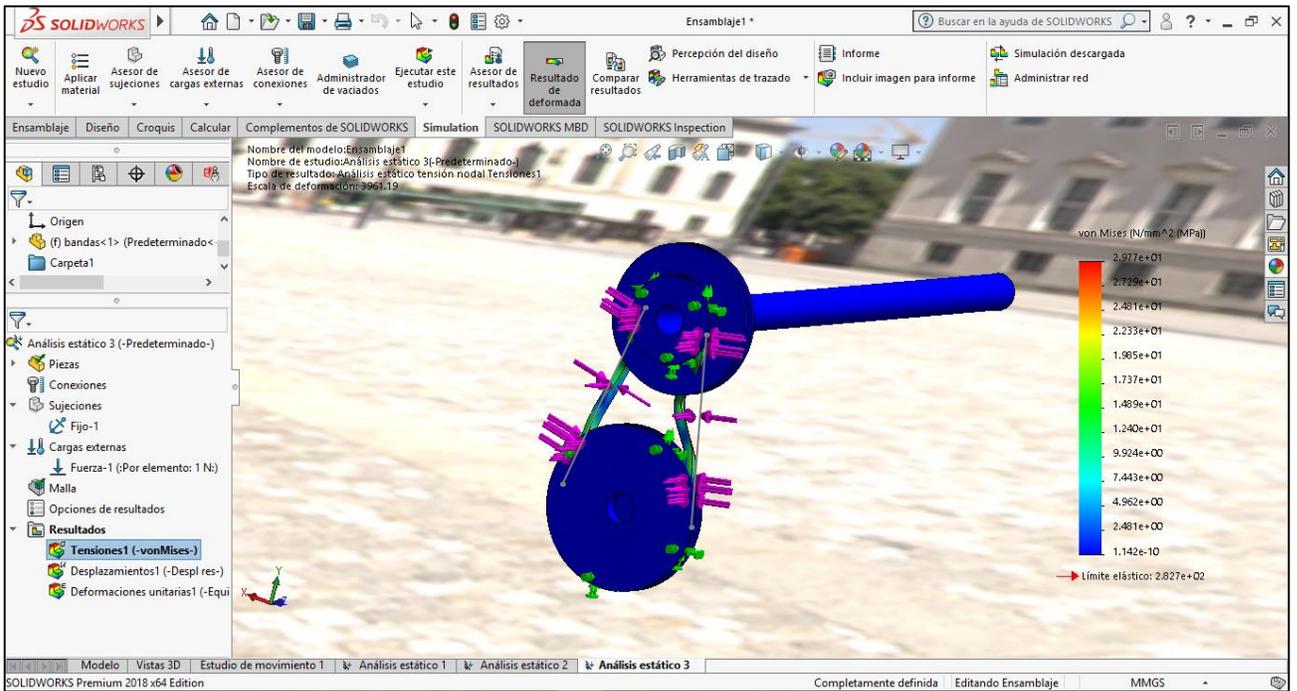


Figura 32: Fuerzas aplicadas en banda de goma.

Fuente: Autor

Después de obtener los resultados del análisis estático de tensión nodal, se procede a crear una tabla en la cual se describen las características de los materiales y las fuerzas externas aplicadas a cada elemento.

Tabla 3: Análisis Estático de tensión nodal.

<i>Figura</i>	<i>Material</i>	<i>Velocidad (RPM)</i>	<i>Cargas Externas</i>	<i>Factor de Escala de Deformación</i>	<i>Punto de Ruptura (N/mm²)</i>
30	Acero	267	Torque	64.49	3.146 e ⁻¹
31	Acero	267	Fuerza	3901.63	1.812 e ⁻¹
32	Goma	267	Fuerza	3961.19	2.977e ⁻¹

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Análisis Estático de Tensión nodal en eje conducido o eje Principal

En el siguiente diseño en Solidworks se dibuja: chumacera (elemento rotativo para ejes), eje conducido; en conjunto tienen la función de sostener y fijar a los carretes para bobinas y al brazo que envuelve el alambre de cobre en el inducido que se está bobinando. Estos elementos chumacera y eje conducido son dos, pero no es necesario analizar dos veces debido a que son iguales en dimensiones y material.

El eje conducido puede tener varias velocidades que pueden ir desde 10RPM a 300RPM aproximadamente se realiza pruebas de punto de ruptura de los materiales y analizamos los resultados en los elementos.

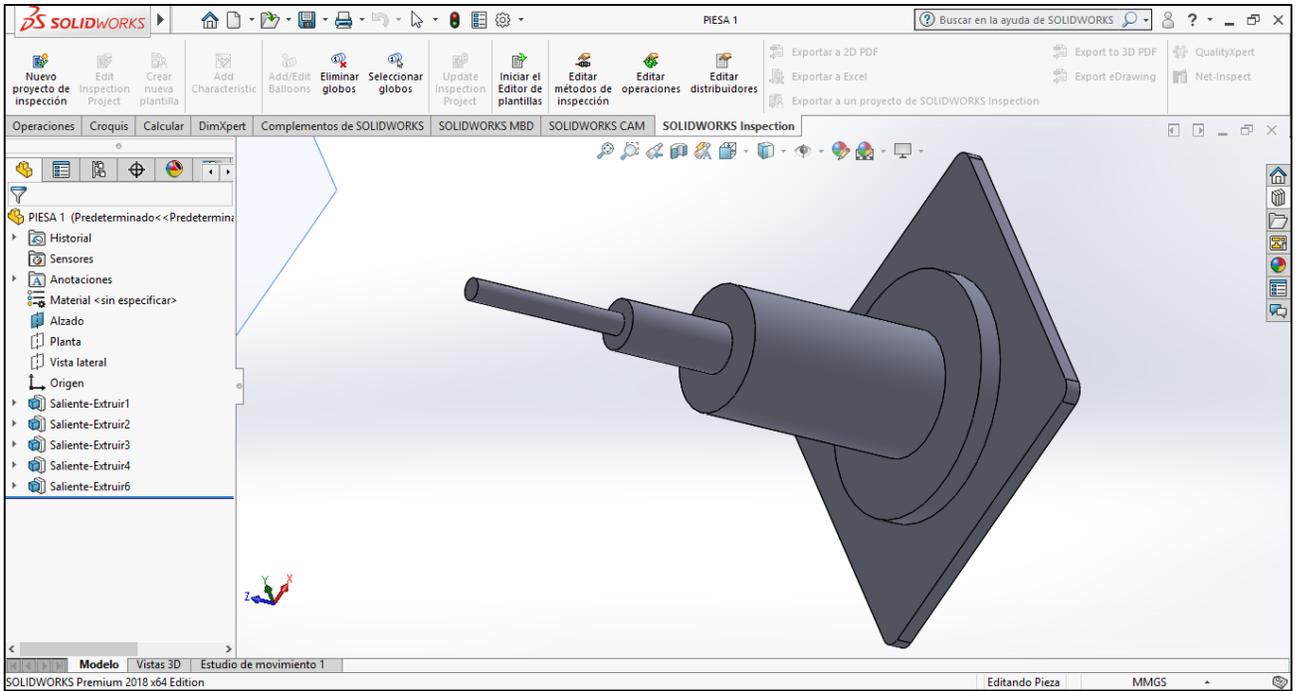


Figura 33: Perspectiva Isometrica de chumacera y eje conducido.
Fuente: Autor

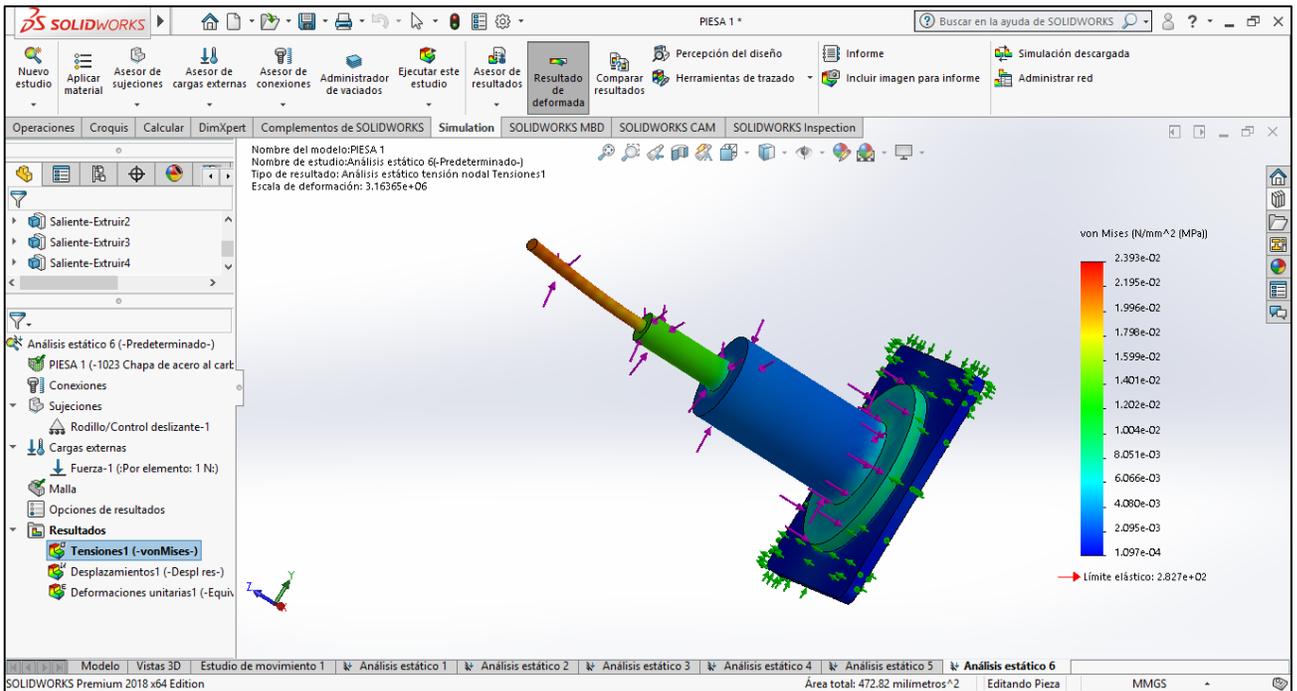


Figura 34: Fuerzas aplicadas en chumacera y eje conducido
Fuente: Autor

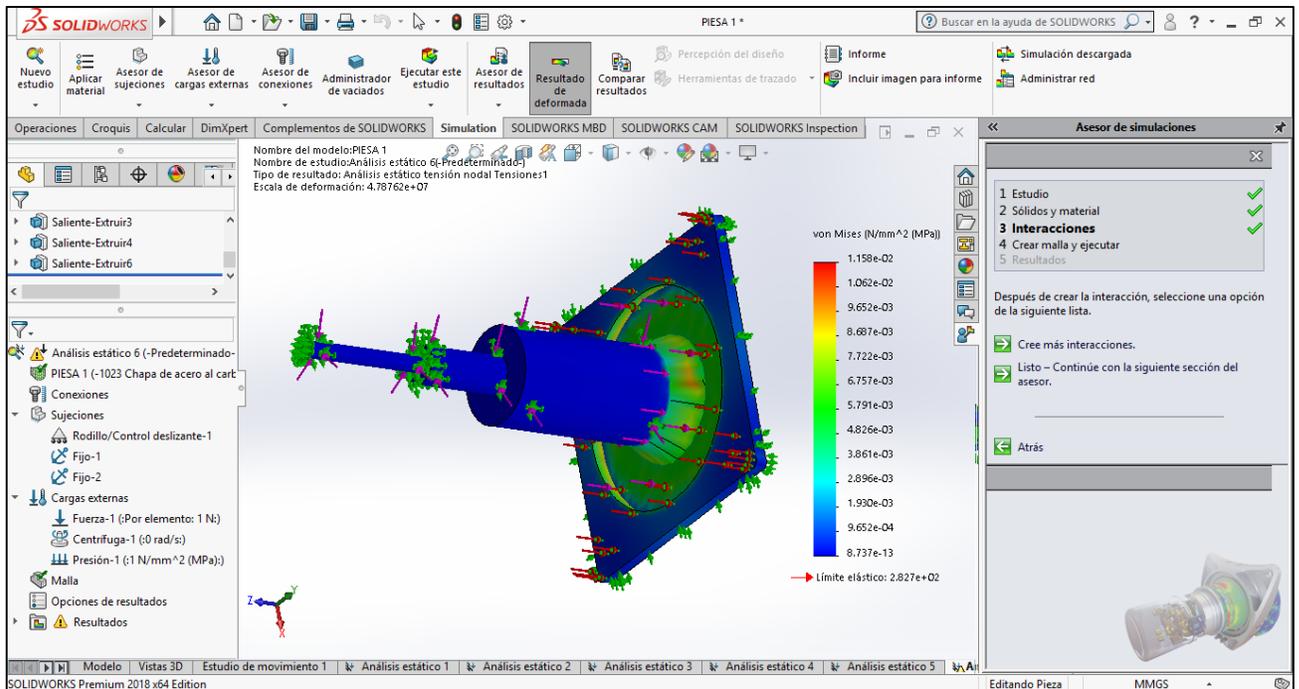


Figura 35 Torque aplicado en eje conducido.

Fuente: Autor

Después de realizar las respectivas pruebas a los elementos mecánicos y obtener los resultados en el software SolidWorks se procede a crear una tabla para analizar los resultados obtenidos y de acuerdo aquello asegurarnos que estamos dentro de los límites permisibles.

Tabla 4: Análisis Estático de tensión nodal.

Figura	Material	Velocidad (RPM)	Cargas Externas	Factor de Escala de Deformación	Punto de Ruptura (N/mm ²)
34	Acero	267	Fuerza	3.1636 e ⁰⁶	2.393 e ⁻⁰²
35	Acero	267	Torque	4.7876 e ⁰⁷	1.158 e ⁻⁰²

Fuente: Elaboración propia

2.2.5. Análisis Estático de Tensión nodal en tornillo sin fin de guía para alambre de cobre

La siguiente prueba que realizamos en Solidworks es el diseño del tornillo sin fin de largo 330mm y de diámetro 15mm, el tornillo sin fin gira en sentido horario y sentido antihorario de esta manera direcciona la guía que se desplaza en el tronillo sin fin de derecha a izquierda con variaciones de velocidad de 50 RPM a 100 RPM. En un extremo del tornillo sin fin se conecta un motor eléctrico de corriente continua de 12 VDC y en el otro

extremo a una chumacera de diámetro interno 15mm para que la guía pueda desplazarse de derecha a izquierda y viceversa.

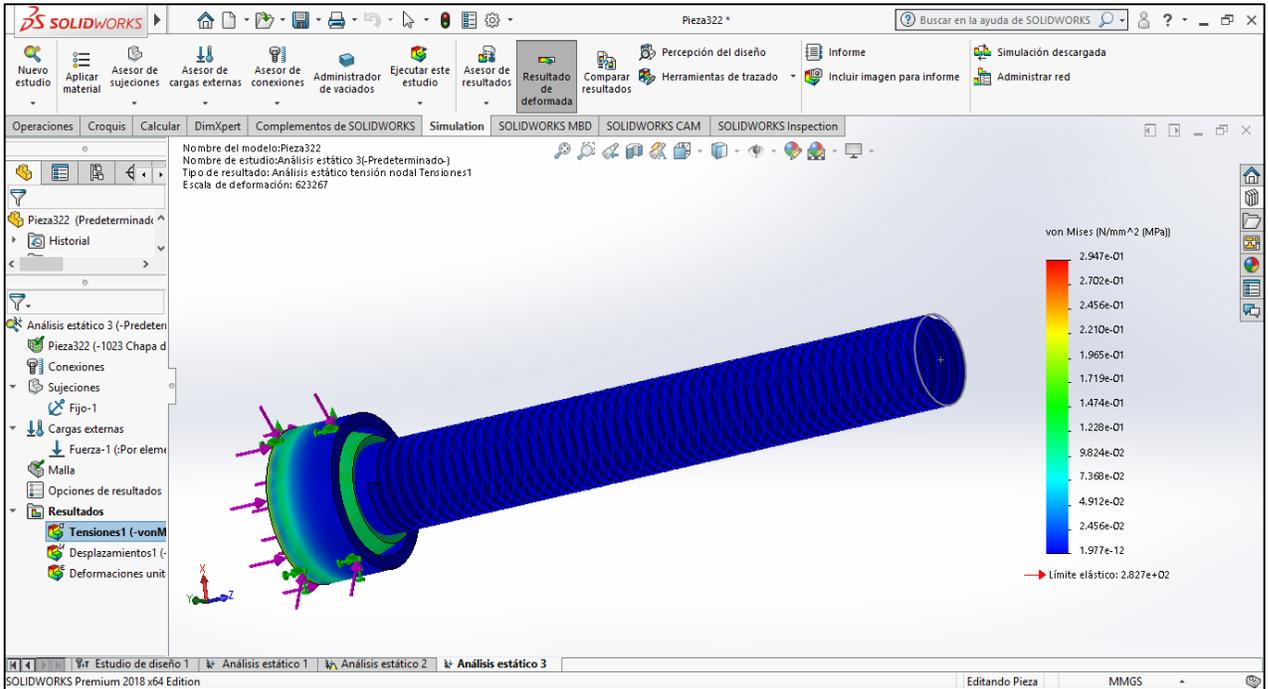


Figura 36: Fuerzas aplicadas a tornillo sin fin.
Fuente: Autor

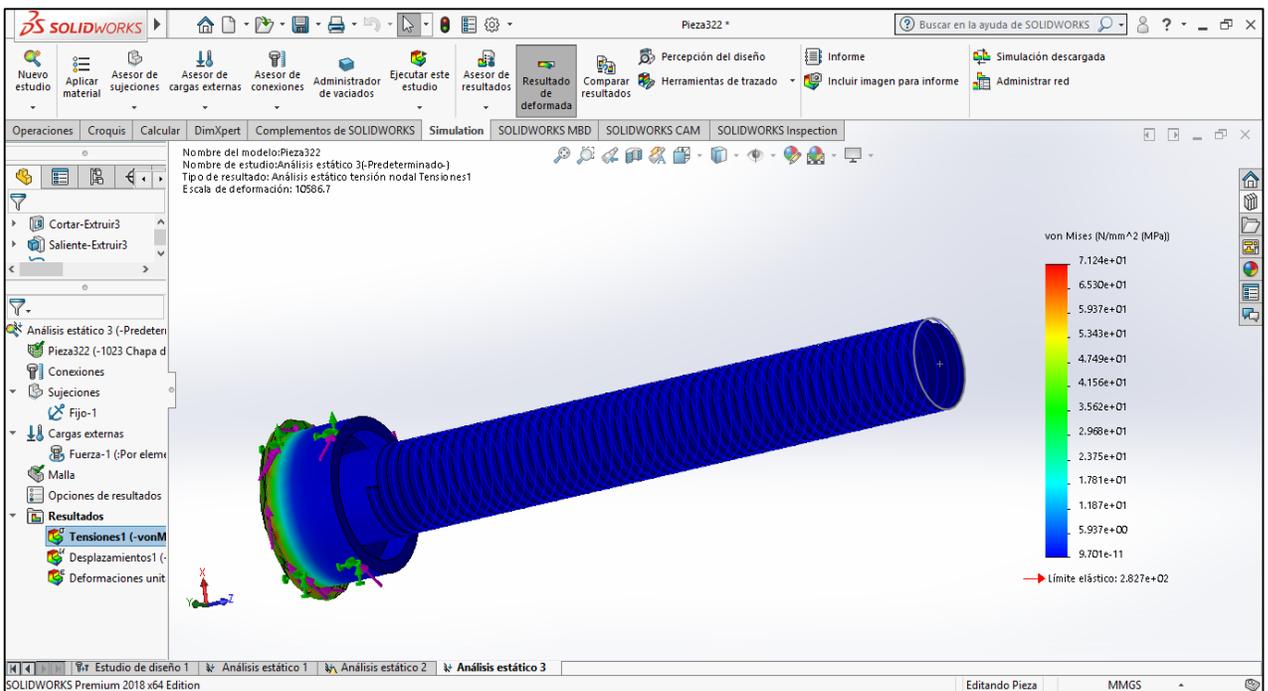


Figura 37: Torque aplicado a la base del tornillo sin fin
Fuente: Autor.

Tabla 5: Análisis Estático de tensión nodal.

Figura	Material	Velocidad (RPM)	Cargas Externas	Factor de Escala de Deformación	Punto de Ruptura (N/mm ²)
36	Acero	100	Fuerza	623267	2.947 e ⁻⁰¹
37	Acero	100	Torque	10586.7	7.124 e ⁰¹

Fuente: Elaboración propia

2.3. Diseño del sistema de control eléctrico

2.3.1. Diagrama de flujo de funcionamiento general

El siguiente diagrama de flujo representa el funcionamiento de todo el sistema eléctrico de control, en términos generales es lo que la maquina realizaría.

Cuando el usuario opere la maquina desde su Panel de Control ingresara dos datos necesarios:

- Numero de vueltas o espiras.
- Velocidad de giro para envolver el alambre de cobre.

Los dos datos anteriores se almacenan y se selecciona entre: hacer bobina o hacer rotor y se puede seguir la lectura y proceso en el diagrama de flujo.

El siguiente diagrama facilitará la interpretación del funcionamiento del sistema eléctrico, de esta manera el lector podrá entender desde un punto de vista general el funcionamiento de la bobinadora.

A continuación, se explicará el significado de cada una de las figuras que se utilizará en el diagrama de flujo del sistema eléctrico de control:

La figura del ovalo significa Inicio o fin de programa.



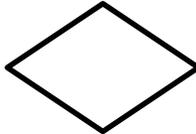
El rectángulo con línea paralela a sus lados superior y lateral izquierdo significa almacenar o guardar.



El rectángulo significa ejecutar o actuar una orden descrita en el mismo.



El rombo significa toma de decisiones, podemos preguntar y responder para tomar una decisión a que dirección dirigirnos.



El rectángulo con su parte inferior en forma de ola es texto, en el que el usuario deberá ingresar datos necesarios para continuar con el diagrama de flujo.



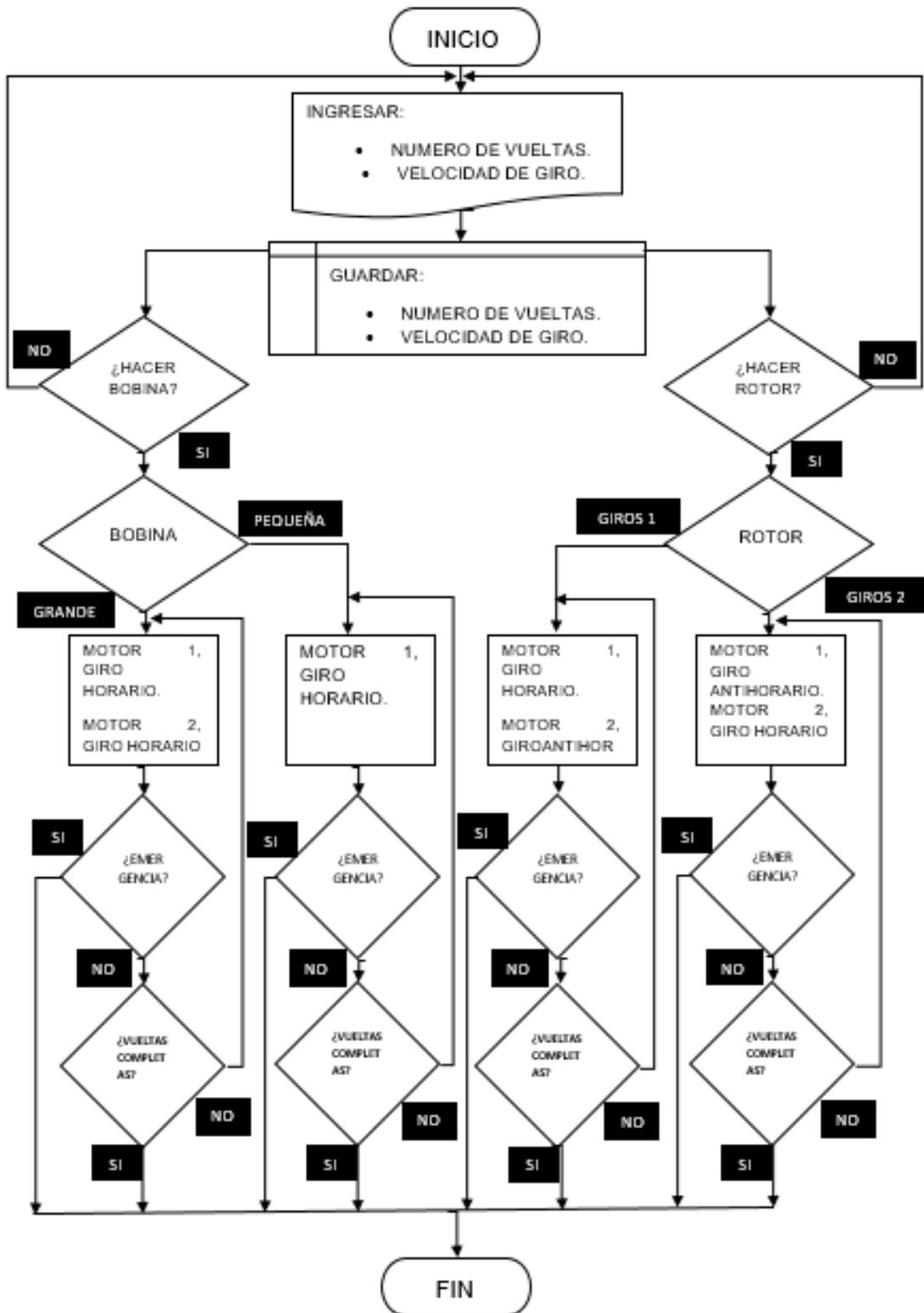


Figura 38: Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema electrico
Fuente: Autor

En el siguiente diagrama se sintetiza las partes que conforman el sistema eléctrico para la máquina bobinadora.

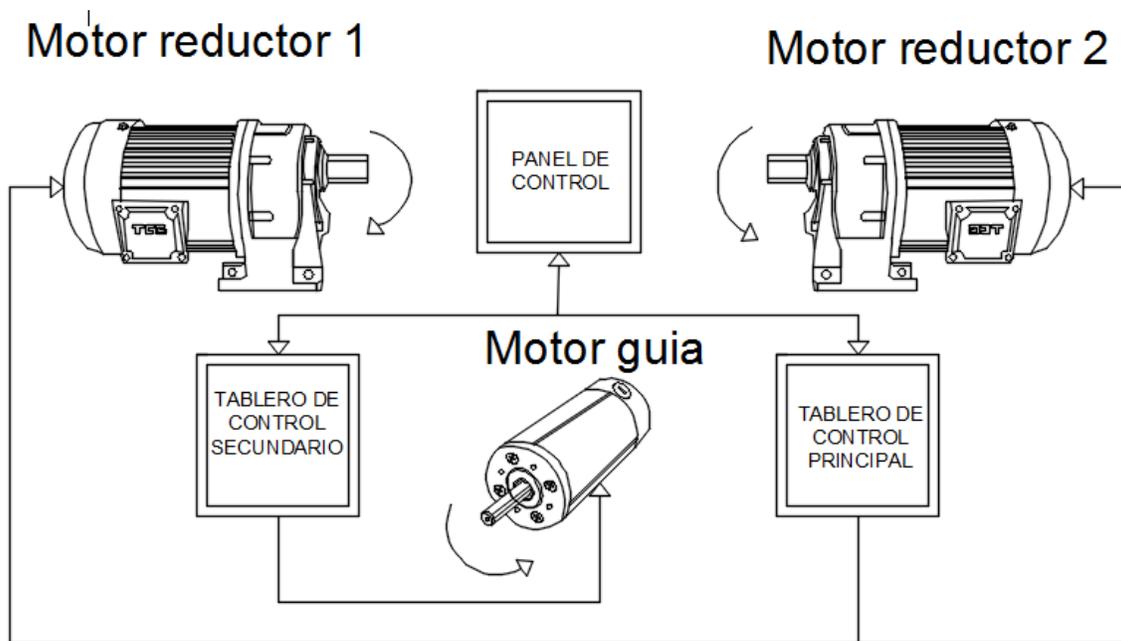


Figura 39 Diagrama general de conexiones entre componentes del sistema eléctrico.
Fuente: Autor

2.3.2. Panel de control

El panel control contiene todos los mandos que el operario tiene acceso a interactuar y seleccionar tales como:

- Velocidad de dos motorreductores.
- Velocidad de motor guía.
- Numero de vueltas.
- Programa, construir bobina.
- Programa, construir rotor.

2.3.3. Tablero de control principal

El tablero de control principal es donde se reciben las ordenes enviadas desde el panel de control, desde aquí se hace la marcha e inversión de los dos motorreductores que

envuelven el alambre de cobre. Adicional se recibe la señal enviada del contador del número de vueltas.

En el tablero de control principal se encuentra el PLC que es el cerebro de toda la máquina y este dispositivo recibe las ordenes desde el panel de control, el PLC es el encargado de activar y desactivar los contactores que controlan marcha, inversión y paro de los dos motorreductores, el control de velocidad de los 2 motorreductores trifásicos lo hace un variador de frecuencia de ½ hp trifásico.

2.3.4. Tablero de control secundario

En el tablero de control secundario se encuentra los componentes que conectados entre sí hacen la marcha, inversión y paro del motor guía.

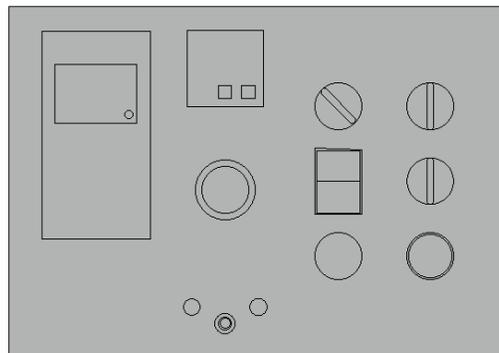
La tarjeta Arduino Uno es la que recibe las señales de los dos fines carrera, uno de la posición derecha y otro de la posición izquierda.

El control de velocidad del motor guía también se lo hace en este tablero.

2.4. Diseño del Panel de control

En el panel de control se encuentran todos los pulsantes, reguladores y dispositivos que permiten operar la máquina, de una manera sencilla, fácil y segura permitiendo que los trabajos de rebobinado se hagan en el menor tiempo posible.

A continuación, se realiza el diseño del panel de control y los elementos eléctricos que lo componen.



*Figura 40 Diseño del panel de control, vista frontal.
Fuente: Autor*

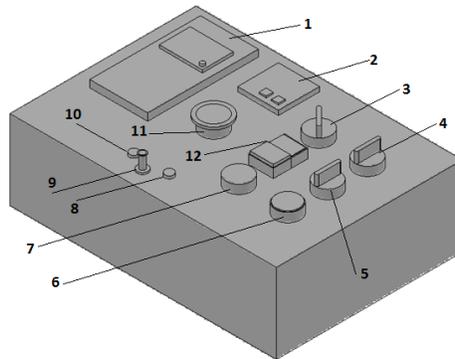


Figura 41 Panel de control, vista isométrica.
Fuente: Autor

Tabla 6: Lista de elementos que conforman el panel de control.

Numero	Descripción	Numero	Descripción
1	Variador de frecuencia trifásico 1/2hp.	8	Led de posición derecha.
2	Contador digital de 6 dígitos programable.	9	Potenciómetro para regular velocidad de bobinado.
3	Selector dos posiciones: Bobina grande, bobina pequeña.	10	Led de posición izquierda.
4	Selector tres posiciones: Hacer Bobina, Cero y Hacer Rotor.	11	Pulsante tipo hongo normalmente cerrado, Paro.
5	Selector tres posiciones: Rotor bobinado horario, Cero y Rotor bobinado antihorario.	12	Pulsante doble, contactos normalmente abiertos, Iniciar Bobina, Iniciar Guía.
6	Pulsante normalmente abierto, Marcha.		
7	Piloto y señal auditiva.		

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1. Pulsante de Emergencia

El pulsante de emergencia es un pulsante tipo hongo de color rojo, que en su estado inactivo se encuentra en una posición hacia afuera de la superficie donde se encuentre instalado. En caso de que suceda una emergencia o un accidente se detendrá todo el funcionamiento de la maquina en el momento que se accione este pulsante, para garantizar que el usuario o más personas no resulten lastimadas o sufran el menor riesgo posible. Para no solo depender de un pulsante de emergencia en un solo sitio se construirá una

lámina de hierro a lo largo de la base conectada a un fin carrera que en caso de no estar lo suficientemente cerca del pulsante de emergencia también se pueda parar todo el sistema con los pies.

2.4.2. Variador de frecuencia

El variador de frecuencia se lo instalo en el panel de control con el propósito de visualizar como aumenta o disminuye la frecuencia que llega hasta los motores, la frecuencia por lo tanto la velocidad con la que el alambre de cobre se envuelve en el carrete si es bobina o en el inducido. Además, cuando llegase haber problemas por sobrecarga o cortocircuito en los dos motorreductores el variador de frecuencia indicaría que hay error o problemas. (EQUITRANS, 2018)

El control de velocidad se lo hace con un potenciómetro que al aumentar su resistencia aumenta la frecuencia o caso contrario se reduce la frecuencia.

2.4.3. Contador digital de vueltas

El contador de vueltas trabaja con un sensor inductivo que censa cada vez que un material ferromagnético se acerca, entonces se soldara en una parte del eje una varilla de hierro que pase o se acerque al sensor inductivo para que cense y envíe esta señal al contador que traducido significa que cada vez que el sensor envíe una señal el contador incrementara un número. Una de las ventajas del contador es que nos permite preprogramar vueltas de 0 hasta 999999. (Counter, 2018)

2.4.4. Selectores de función

Los selectores de función nos conducen a elegir entre dos programas:

1. Hacer bobina.
2. Hacer rotor.

Dentro de los dos programas existen dos subprogramas, que también el operario podrá elegir de acuerdo al bobinado que necesite realizar:

1. Hacer bobina.

1.1 Hacer bobina pequeña, solo es una etiqueta. Esta entrada no existe, por defecto solo girara un motorreductor, si se selecciona "Hacer Bobina" y se acciona "marcha" y no está seleccionado "Hacer Bobina Grande" (Se hizo esto aplicando funciones lógicas para reducir costos en materiales).

1.2 Hacer bobina grande. Esta entrada en el PLC se conecta, activara el encendido de los dos motorreductores.

2. Hacer rotor.

2.1 Rotor bobinado horario. Esta entrada en el PLC se conecta, activara el encendido de los dos motorreductores en el sentido seleccionado.

2.2 Rotor bobinado antihorario. Esta entrada en el PLC se conecta, activara el encendido de los dos motorreductores en el sentido seleccionado.

Una vez que el operario haya elegido el programa, el subprograma llega al punto donde podrá iniciar o dar marcha para que la maquina inicie hacer el tipo de bobinado seleccionado.

2.5. Diseño eléctrico del tablero principal

Para iniciar con el diseño eléctrico del tablero principal consideramos que la velocidad para envolver el alambre de cobre tiene que ser controlada, para lo cual utilizaremos dos motorreductores trifásicos de $\frac{1}{4}$ hp de reducción 1/10 es decir que la velocidad de salida en el eje del motor es de 170 RPM considerando que la velocidad de placa es de 1700 RPM, el equipo destinado a controlar la velocidad es el variador de frecuencia de $\frac{1}{2}$ HP trifásico.

Los dos motorreductores trifásicos tienen que girar en sentido horario y sentido antihorario por tal razón se diseñará el esquema eléctrico para marcha, inversión y paro de los dos motorreductores

Iniciaremos diseñando el esquema de control y potencia que controla marcha, paro, emergencia y control de velocidad, para el diseño utilizaremos el software CADE SIMU.

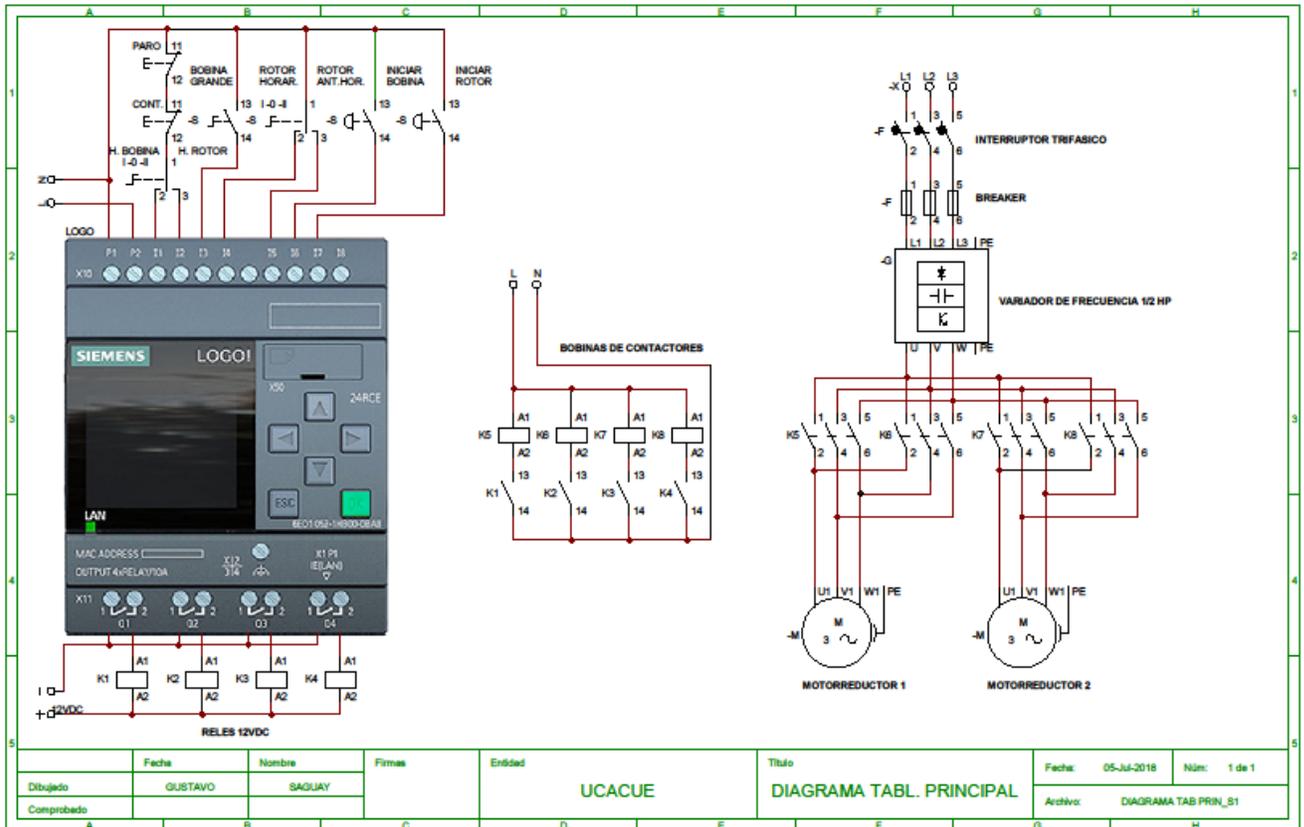


Figura 42: Diseño eléctrico del tablero de control principal.
Fuente: Autor

2.5.1. Programa para bobinadora en Logo Soft Confort

El Software LOGO! Soft Confort es una plataforma para realizar esquemas eléctricos o funciones lógicas dependiendo de la pericia del programador, además una vez realizado el programa se lo puede simular para asegurarnos que está funcionando correctamente y no contiene errores en sus líneas. Una de las funciones que posee el software LOGO es que se puede hacer revisión en línea (Test Online) una vez conectado los elementos eléctricos a las entradas y salidas vía ethernet.

Para iniciar con el programa en el Logo Soft enlistamos las entradas con su respectivo pulsante o selector y nombre:

- I1 (Entrada 1): Selector/HACER BOBINA.
- I2 (Entrada 2): Selector/HACER ROTOR.
- I3 (Entrada 3): Selector/BOBINA GRANDE.
- I4 (Entrada 4): Selector/BOB. ROTOR HORARIO.
- I5 (Entrada 5): Selector/ BOB. ROTOR ANTIHORARIO.
- I6 (Entrada 6): Pulsante/INICIAR BOBINA.
- I7 (Entrada 7): Pulsante/INICIAR ROTOR.

A continuación, enlistaremos las salidas conectadas a las bobinas de los relés con su respectivo nombre:

- Q1 (Salida 1): Bobina Relé / MOTORREDUCTOR 1 GIRO HORARIO.
- Q2 (Salida 2): Bobina Relé / MOTORREDUCTOR 1 GIRO ANTIHORARIO.
- Q3 (Salida 3): Bobina Relé / MOTORREDUCTOR 2 GIRO HORARIO.
- Q4 (Salida 4): Bobina Relé / MOTORREDUCTOR 2 GIRO ANTIHORARIO.

Una vez enlistado las entradas y salidas procedemos a desarrollar el programa, basándonos en el diagrama de conexión del PLC antes indicado.

En la siguiente imagen creamos dos entradas con sus respectivos nombres y conectamos una bobina en serie con un contacto normalmente cerrado de la bobina de la

otra entrada, esto se realiza para garantizar que mientras esta activada una entrada la otra no se pueda activar así se le accione.

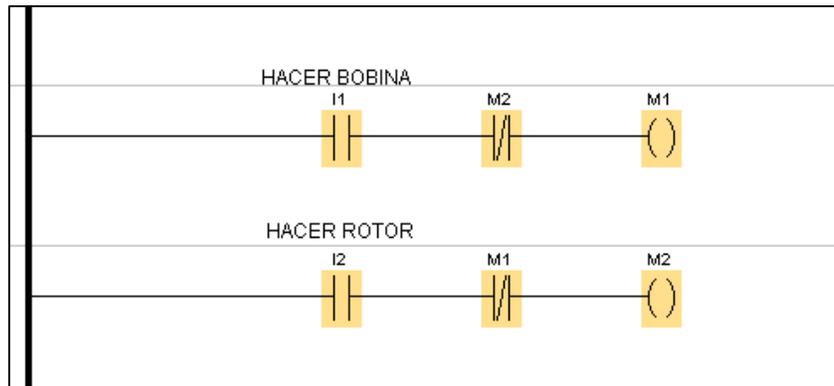


Figura 43 Líneas de programación.
Fuente: Autor

Una vez seleccionado hacer bobina podemos elegir entre hacer bobina pequeña o bobina grande, en cuanto al aspecto eléctrico basta con elegir bobina grande para iniciar, en caso de no seleccionar bobina grande el programa asume que es bobina pequeña, de esa manera optimizamos equipo eléctrico y líneas de programación.

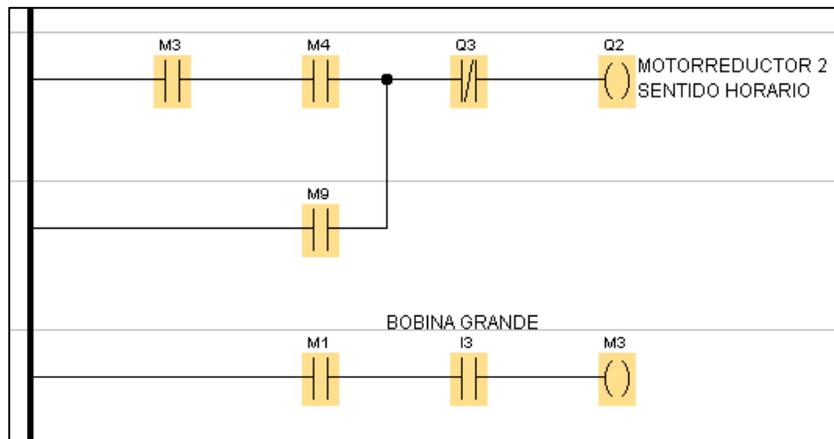


Figura 44 Líneas de programación.
Fuente: Autor

Si no elegimos bobina grande el programa asume que es bobina pequeña y por lo tanto activa la salida con el motorreductor 1.

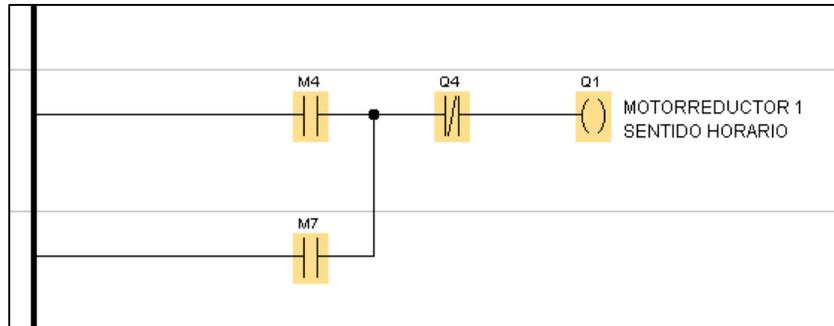


Figura 45 Líneas de programación.
Fuente: Autor

En caso de que se seleccione hacer bobina pequeña o grande iremos hasta las siguientes líneas de programación, en este caso mientras no se accione el pulsante iniciar bobina no llegaremos hasta las siguientes líneas, esto hacemos para que el operario haya revisado que todo esté en orden y pueda iniciar el trabajo.

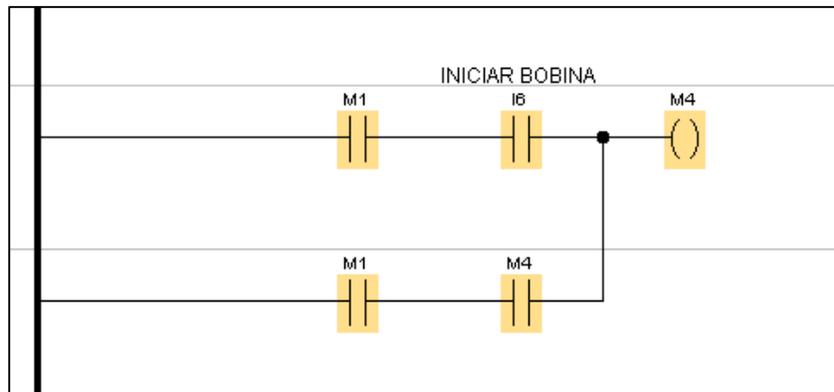


Figura 46 Líneas de programación.
Fuente: Autor

Si elegimos "HACER ROTOR" llegamos hasta las líneas de programa donde tenemos que seleccionar entre hacer bobinado de rotor horario o bobinado de rotor antihorario, en tal caso cada selección activa a su bobina auxiliar M5 o M6, de tal manera quedaría así:

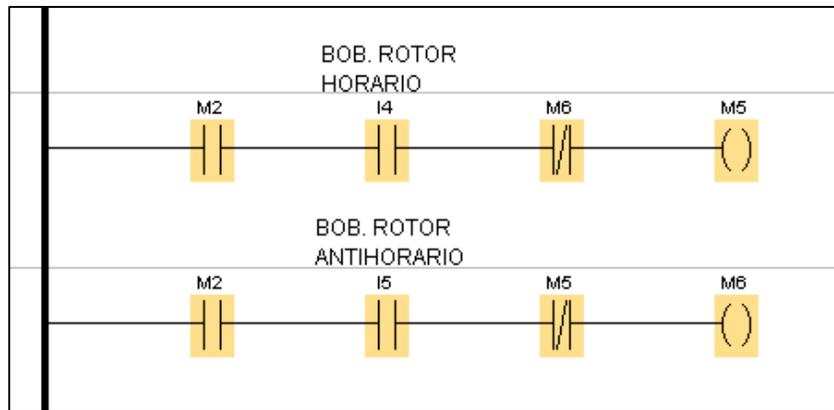


Figura 47 Líneas de programación.
Fuente: Autor

En las siguientes líneas se puede observar que en cualquiera de las dos situaciones dependen del pulsante “INICIAR ROTOR” como se dijo anteriormente esto es para que el operario haya revisado que todo esté en orden y pueda en el momento en que el decida dar marcha a la máquina.

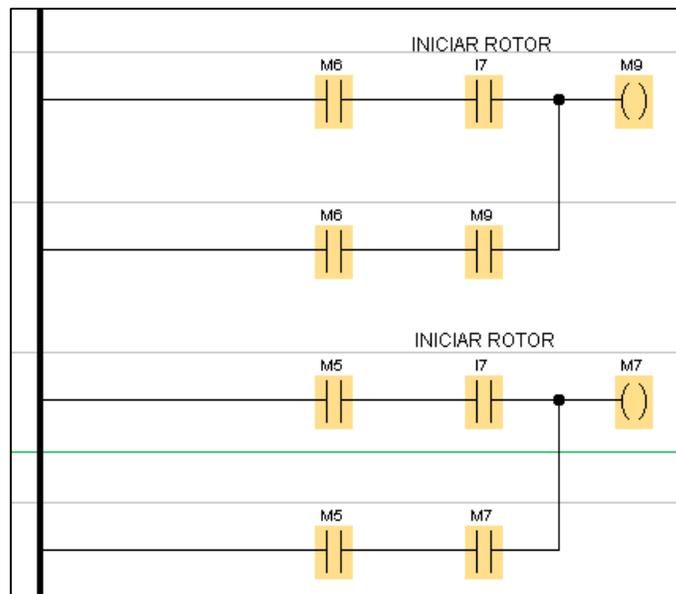


Figura 48 Líneas de programación.
Fuente: Autor

Cuando el operario accione el pulsante INICIAR ROTOR, después de haber seguido todas las indicaciones anteriores, se pondrá en marcha tanto el motorreductor 1 y motorreductor 2, y puede detener en cualquier instante con el pulsante de paro o con el pedal de paro.

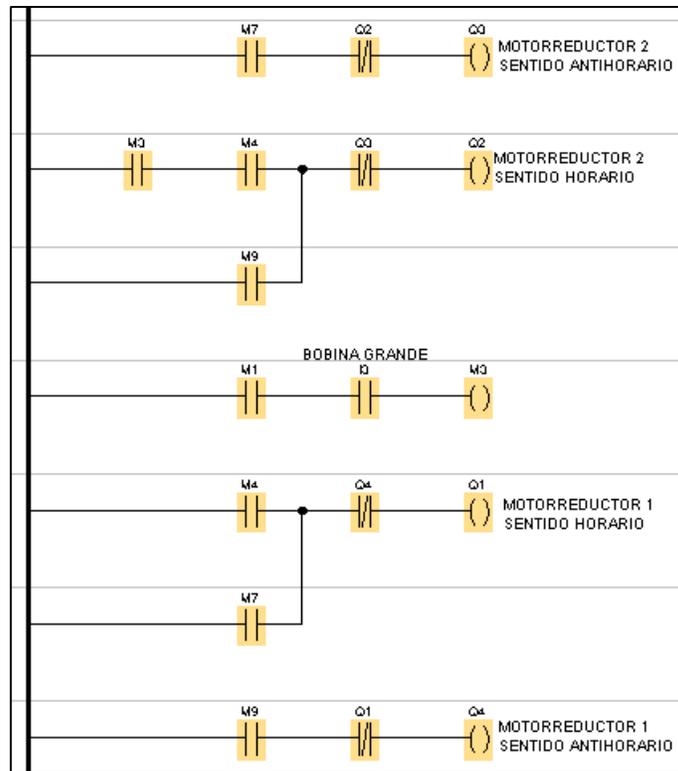


Figura 49 Líneas de programación.
Fuente: Autor

2.6. Software Proteus 8 Professional

El software Proteus 8 Profesional es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas. Desde el diseño de esquemas electrónicos, programación del circuito electrónico, diseño del circuito impreso, construcción del circuito impreso, pruebas de funcionamiento.

2.7. Diseño electrónico del Tablero de Control Secundario

Para construir el esquema del tablero de control secundario utilizamos el software Proteus 8 Professional en el cual se observa la tarjeta Arduino Uno con su respectivo programa interno que más adelante explicaremos, a la tarjeta Arduino le llegan las señales de entrada de los dos fines carrera y del pulsante de marcha o arranque que serán procesadas y ejecutarán el programa, activando o desactivando las salidas que llegan hasta la etapa de amplificación donde los transistores pnp activarán bobinas de relés electromecánicos. En la etapa de potencia se controla marcha, inversión y paro del motor de corriente continua que dirige a la derecha e izquierda la guía para el conductor de cobre.

Cuando se activa el motor, dos Leds indican que el giro es hacia la derecha o izquierda que irán instalados en el panel de control.

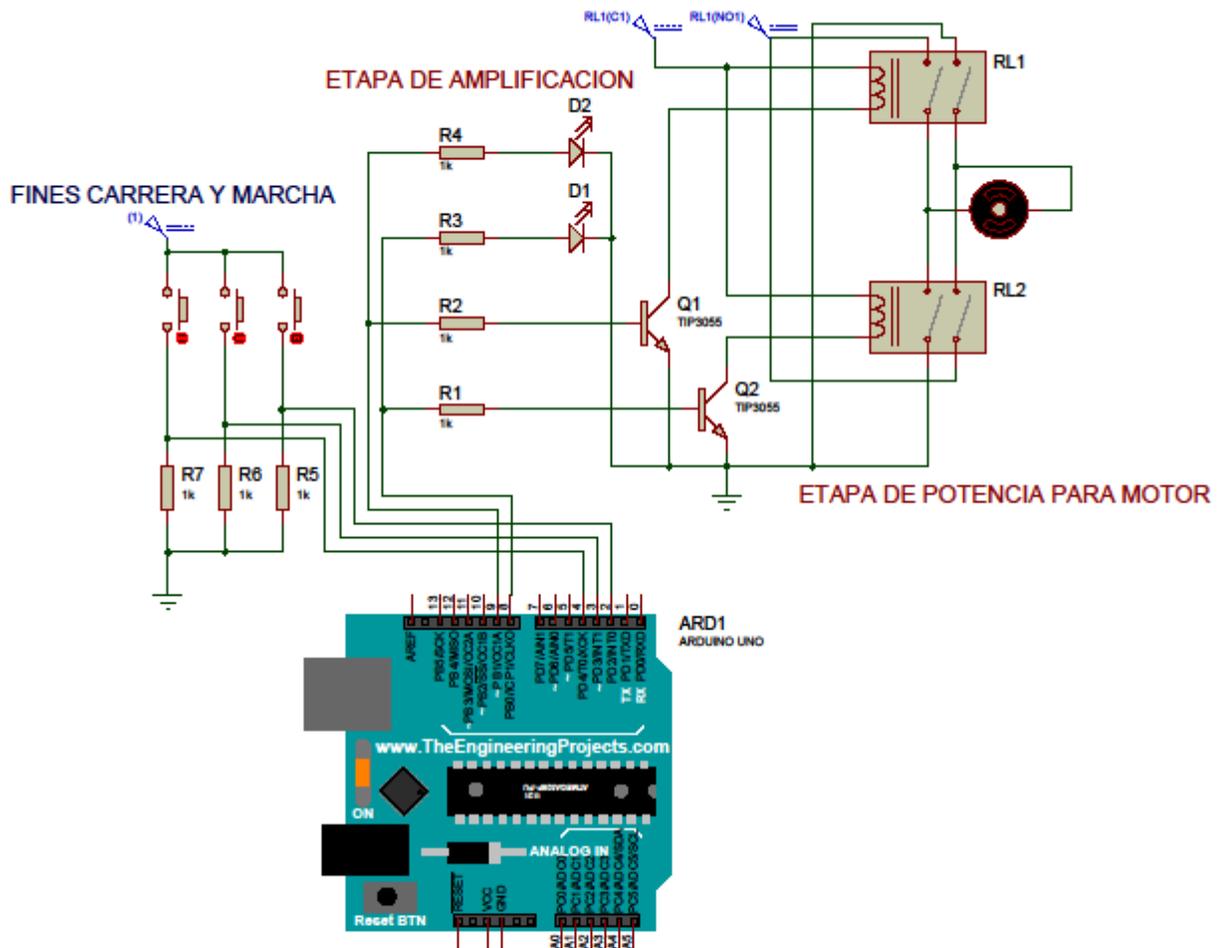


Figura 50 Diseño electrónico del tablero de control secundario.
Fuente: Autor

2.7.1. Diseño de fuentes de poder fijas y regulables

Para el diseño de los esquemas de las fuentes de poder se utiliza el software Proteus 8 Profesional, este software permite realizar esquemas, modelar PCB (Printed Circuit Board, Placa de Circuito Impreso.) y simular esquemas de circuitos previamente dibujados y conectados. Además, que cuenta con una gran variedad de componentes y elementos eléctricos y electrónicos en sus librerías en caso de no tener algún componente se puede descargar librerías adicionales de su página web y agregarlas al software.

2.7.2. Diseño de fuente de poder regulable de 0 Vcc - 12 Vcc y fuente de poder fija de 12 Vcc

Se realiza el diseño del esquema de la fuente de poder de 0 Vcc – 12 Vcc (Vcc: Voltaje de Corriente Continua) y la fuente de poder fija de 12 Vcc en el software Proteus.

Se utilizará un transformador de primario 220 Vca (Vca: Voltaje de Corriente Alterna) y dos secundarios de 12 Vca independientes, para reducir las interferencias electromagnéticas por conexión de componentes con bobina.

Para poder diseñar la fuente de poder regulable de 0 Vcc - 12 Vcc de 2 Amperios tenemos que realizar la siguiente configuración con un transistor pnp (TIP2955) y conectar una resistencia de 33Ω la resistencia hace que el transistor entre en estado de saturación cuando la corriente suministrada a través del regulador sobrepasa su límite y así evitar dañar el regulador LM317 por sobrecarga, a continuación, definimos el voltaje de salida V_o :

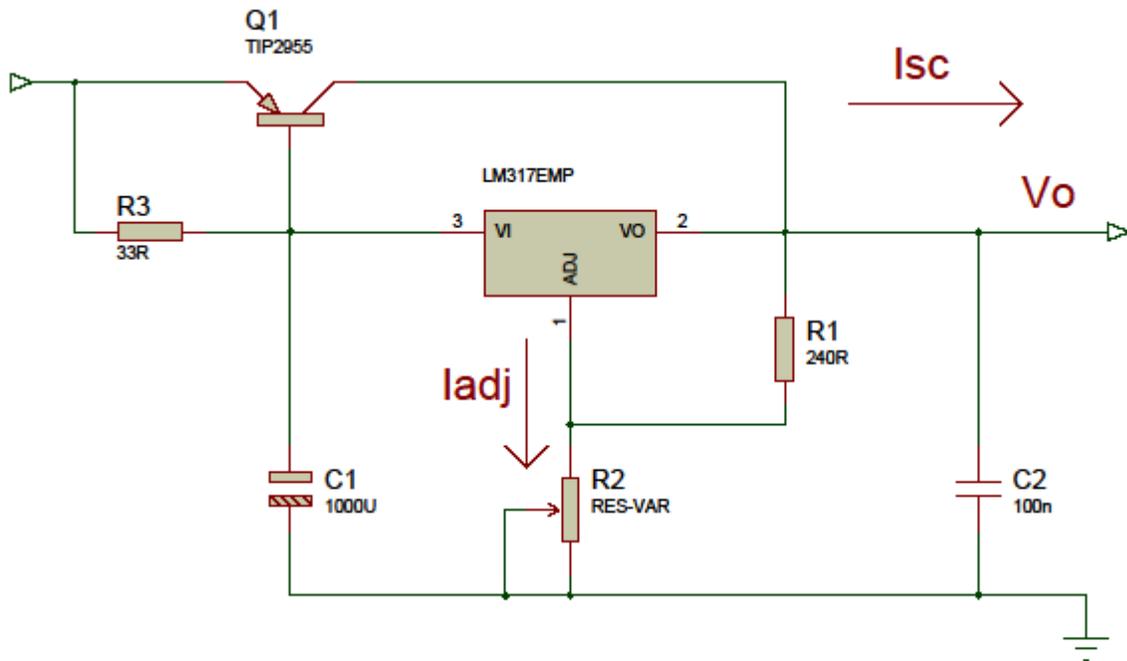


Figura 51 Diseño electrónico de fuente regulable
Fuente: Autor

A continuación se procede a realizar el cálculo de voltaje de salida del regulador LM317 con la fórmula que viene en la hoja de datos del fabricante.

Ecuación 2: Calculo de voltaje de salida del regulador lm317

$$V_o = V_{ref} * (1 + R2/R1) + I_{adj} * (R2) \quad (2)$$

Vo: Voltaje de salida.

Vref.: Voltaje de referencia.

R1: Resistencia 1.

R2: Resistencia 2.

Iadj.: Corriente eléctrica de ajuste.

Para comprobar el voltaje de salida, utilizamos valores típicos de:

Vref= 1,25 V

Iadj= 100 uA

R1= 240 Ω

R2= 0 kΩ - 5 kΩ (Potenciómetro)

$$V_o = V_{ref} * \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{adj} * (R2)$$

$$V_o = 1.25 * \left(1 + \frac{2}{0.24}\right) + 0.1 * (3)$$

$$V_o = 1.25 * (9.33) + 0.3$$

$$V_o = 11.96v$$

La fuente de poder regulable de 0 Vcc – 12 Vcc tiene la finalidad de alimentar a un motor de corriente continua de 1/8 HP, 3600 rpm. Este motor aumentará o reducirá su velocidad con el aumento o disminución del voltaje de alimentación, el control de voltaje se

lo realiza con un regulador LM317 que tiene conectado al pin uno, un potenciómetro de 5 k Ω , que hace que varíe el voltaje de salida desde 1.2 Vcc hasta 12 Vcc. (Photobucket, 2018)

La fuente de poder fija de 12 Vcc está destinada a alimentar a las bobinas de los relés de 12 Vcc, estos relés controlan la marcha e inversión de giro del motor de corriente continua, sus contactos están conectados en puente H. Para obtener 12 Vcc se utiliza el regulador de voltaje 7812, y en su salida se conecta un condensador de 100nf de cerámica no polarizado para reducir el voltaje rizo.

A continuación, se adjunta en la imagen del esquema de conexión de la fuente de poder regulable de 0 Vcc – 12 Vcc y la fuente de poder fija de 12 Vcc:

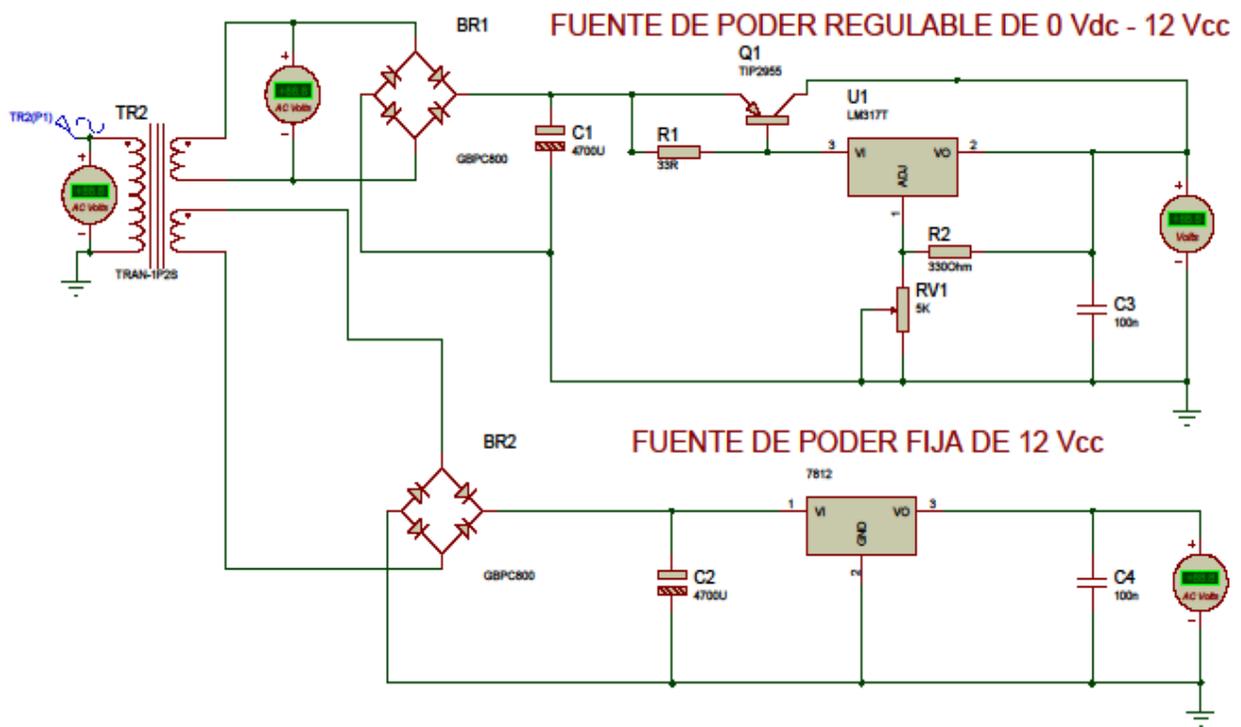


Figura 52: Diseños de fuentes de poder regulable y fuente de poder fija.
Fuente: Autor

Para asegurarnos que se realizó correctamente las conexiones y que los voltajes de entrada y salida son los previstos, se procede a conectar voltímetros Vca a la entrada (230 Vca) y salida del transformador (11.8 Vca) y un voltímetro en Vcc a las salidas de los reguladores de voltaje LM317 y 7812 (10.8 Vcc y 12 Vc respectivamente), una de las opciones que tiene el software Proteus 8 Professional es la de simular que a continuación realizamos para asegurar voltajes de salida.

En la siguiente imagen se puede observar los voltajes de salida de las fuentes de poder, tal como se esperaba asegurándonos que los cálculos son los correctos.

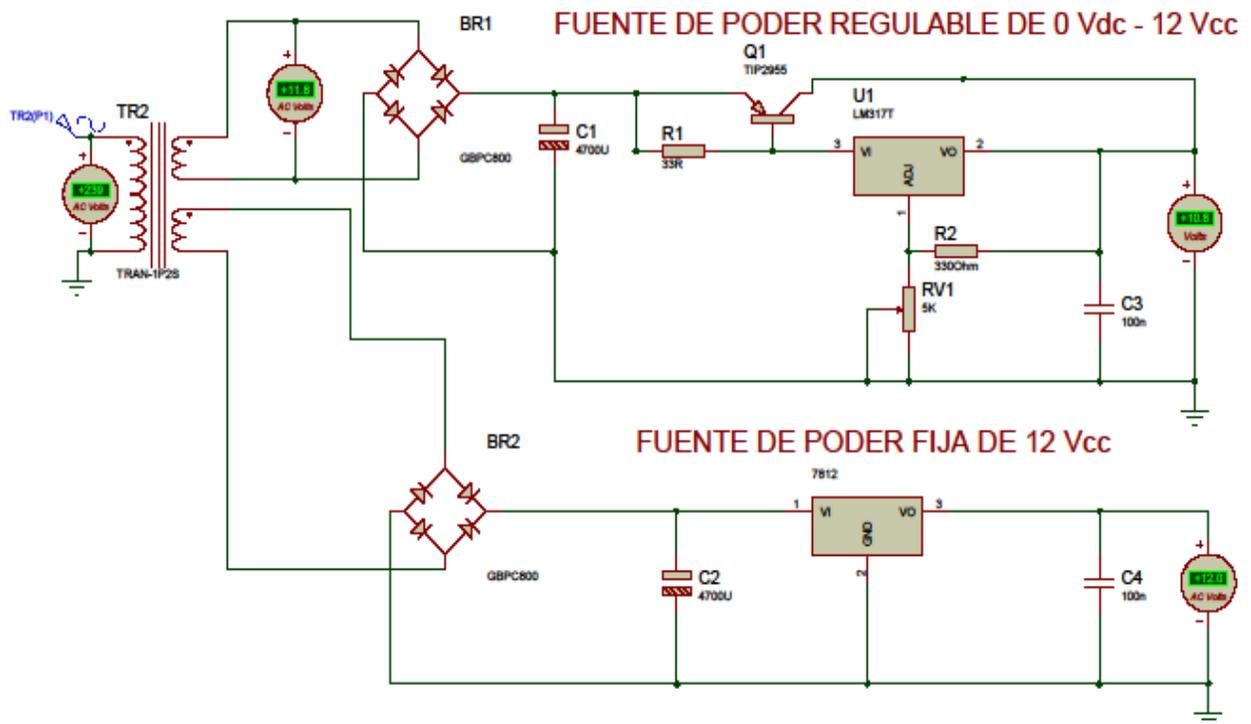


Figura 53: Simulación de fuentes de poder regulable y fija.
Fuente: Autor

2.7.3. Diseño de fuente de poder fija de 9 Vcc

Se realiza el diseño de la fuente de poder de 9 Vcc para alimentar la tarjeta Arduino Uno, sin embargo, en esta fuente únicamente realizaremos la etapa de rectificado y filtrado de la onda senoidal debido a que la tarjeta Arduino ya tiene incorporado regulador de voltaje de esta manera aprovecharemos todos los elementos con los que ya contamos.

Para reducir las interferencias electromagnéticas entre componentes electrónicos, se utilizará un transformador independiente y este consta en su bobinado primario 220 Vca y su bobinado secundario de 9 Vca

A continuación, en la imagen se puede observar el esquema y las respectivas conexiones entre componentes.

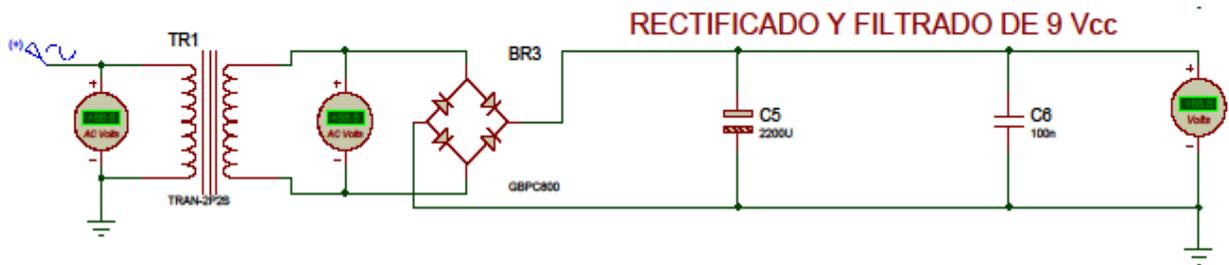


Figura 54 Diseño de rectificado y filtrado de 9 Vcc.
Fuente: Autor

También en este caso conectamos dos voltímetros de Vca en el primario (230 Vca) y secundario (9.13 Vca) del transformador y conectamos un voltímetro de Vcc en la salida de la etapa de filtrado (8.54 Vcc), procedemos a simular para asegurarnos de las conexiones y los voltajes de salida y entrada.

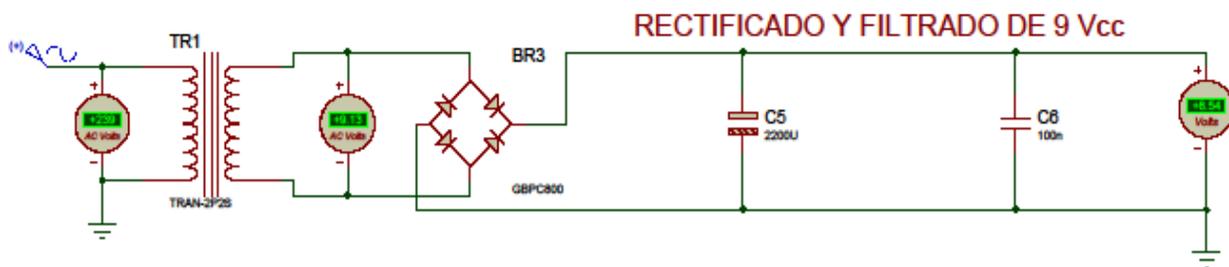


Figura 55 Simulación de rectificado y filtrado de 9 Vcc.
Fuente: Autor

2.7.4. Programa en Arduino

Iniciamos creando variables enteras y asignamos el número de pin correspondiente en la tarjeta Arduino Uno, tanto para las entradas como las salidas:

```
//entradas
int fc1=2;//fin carrera 1
int fc2=3;//fin carrera 2
int marcha=4;//interruptor de encendido-apagado

//salidas
int derecha=8;//salida para relé derecha
int izquierda=9;//salida para relé izquierda
```

Procedemos a crear variables de estado para guardar estados anteriores, iniciamos con todos los estados en nivel bajo para garantizar que este en cero voltios las salidas y entradas de la tarjeta Arduino Uno:

```

//entradas
int fc1=2;//fin carrera 1
int fc2=3;//fin carrera 2
int marcha=4;//interruptor de encendido-apagado

//salidas
int derecha=8;//salida para rele derecha
int izquierda=9;//salida para rele izquierda

//variables
int estadofc1=LOW;
int estadofc2=LOW;
int estadomarcha=LOW;

```

En el bucle “Void Setup” declaramos a cada pin como entrada o salida, con la función “PinMode”, esto garantiza el correcto funcionamiento de cada pin y elemento eléctrico conectado a estos, adicional con la función “DigitalWrite” ponemos en nivel lógico bajo las salidas esto se hace para asegurar que mientras no se inicie el programa accionando el pulsante de marcha no se activara ninguna salida, es decir el motor de la guía no girara:

```

//entradas
int fc1=2;//fin carrera 1
int fc2=3;//fin carrera 2
int marcha=4;//interruptor de encendido-apagado

//salidas
int derecha=8;//salida para rele derecha
int izquierda=9;//salida para rele izquierda

//variables
int estadofc1=LOW;
int estadofc2=LOW;
int estadomarcha=LOW;

void setup() {
  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(3, INPUT);
  pinMode(4, INPUT);

  pinMode(8, OUTPUT); //
  pinMode(9, OUTPUT);

  digitalWrite(derecha, LOW);
  digitalWrite(izquierda, LOW);
}

```

Se desarrolla el programa con las condiciones en la función “Void Loop”. Empezamos con el bucle “Do-While”, mientras la condición que establezcamos dentro del bucle “while” se cumpla esta continúa repitiéndose es decir perdura el bucle; y lo que se

declare en la función “do” continúa realizando la lectura, si es que la condición establecida es distinta pueden continuar leyendo las líneas de programación.

```
void loop() {  
  
    do{  
        estadofc1=digitalRead(fc1);  
        estadofc2=digitalRead(fc2);  
        estadomarcha=digitalRead(marcha);  
    }while((estadofc1==LOW) && (estadofc2==LOW) && (estadomarcha==LOW));
```

Continuamos con las condiciones preguntando si el fin carrera uno y el fin carrera dos y las salidas están bajas y si el pulsante de marcha esta en nivel lógico alto (5 Vcc) que el motor inicie girando al lado derecho.

La siguiente condición establece que, si el fin carrera uno se activa y el fin carrera dos esta desactivado, el motor deja de girar a la derecha, se apague durante diez milisegundos después gire a la izquierda.

La siguiente condición es que si el fin carrera dos se activa y el fin carrera uno esta desactivado, el motor deja de girar a la izquierda, se apague durante diez milisegundos después gire a la derecha.

En las últimas líneas de programación nuevamente utilizamos el bucle “Do-While” pero esta vez en la función “while” establecemos que si el estado del fin carrera uno, el estado del fin carrera dos o si el estado del pulsante de marcha está en nivel lógico alto se repita y realice las lecturas de las entradas (fc1, fc2, marcha) caso contrario que continúe ejecutándose el programa.

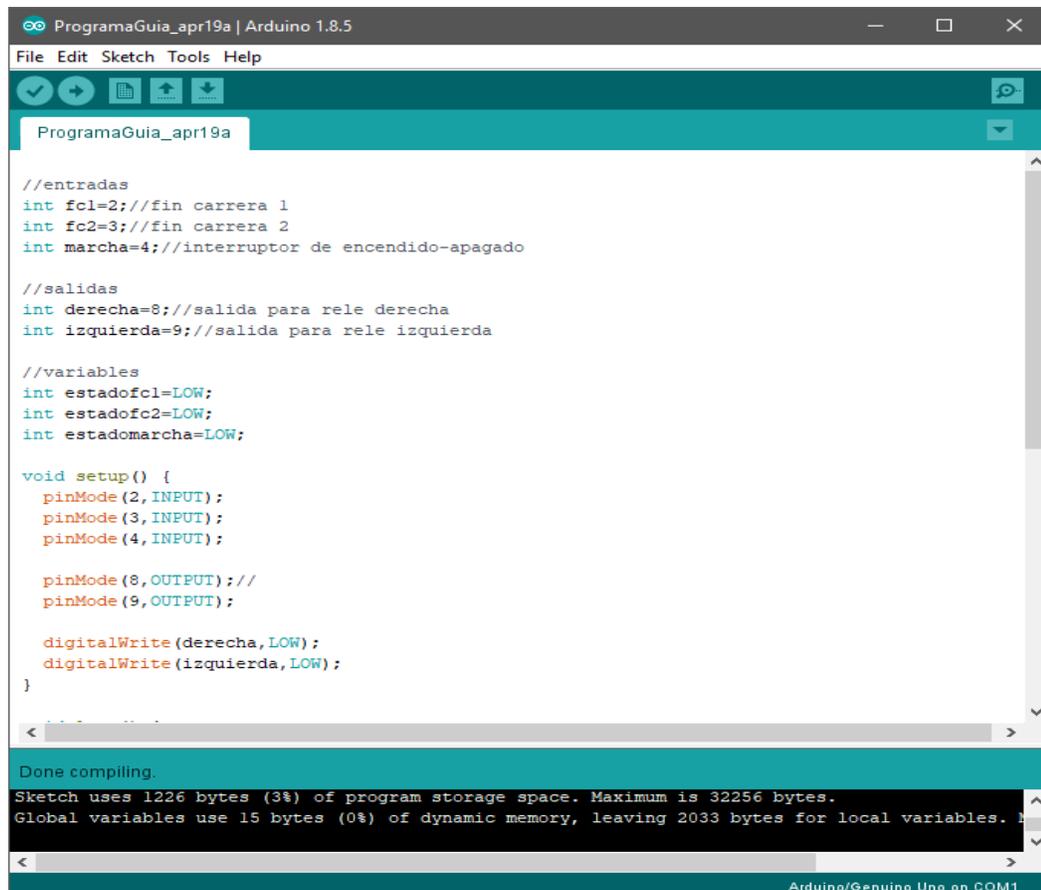
```
void loop() {  
  
    do{  
        estadofc1=digitalRead(fc1);  
        estadofc2=digitalRead(fc2);  
        estadomarcha=digitalRead(marcha);  
    }while((estadofc1==LOW) && (estadofc2==LOW) && (estadomarcha==LOW));  
  
    if ((estadofc1==HIGH) && (estadofc2==LOW) && (marcha==HIGH)) { //El motor  
    girará a la izquierda  
        digitalWrite(izquierda,!digitalRead(izquierda));  
        digitalWrite(derecha,LOW);  
    }  
  
    if ((fc1==LOW) && (fc2==LOW) && (marcha==HIGH)) { //El motor girará a la  
    izquierda
```

```

digitalWrite(izquierda,HIGH);
digitalWrite(derecha,HIGH);
}
delay(10);
if ((fc2==HIGH) && (fc1==LOW) && (marcha==HIGH)) { //El motor girará a la
izquierda
digitalWrite(izquierda,LOW);
digitalWrite(derecha,HIGH);
}
delay(10);
}

```

Una vez terminado las líneas de programación se procede a verificar que no tenga errores por ortografía o por incoherencias entre funciones, bucles y líneas de programación, como se puede observar en la siguiente figura:



```

ProgramaGuia_apr19a | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
ProgramaGuia_apr19a
//entradas
int fc1=2;//fin carrera 1
int fc2=3;//fin carrera 2
int marcha=4;//interruptor de encendido-apagado

//salidas
int derecha=8;//salida para rele derecha
int izquierda=9;//salida para rele izquierda

//variables
int estadofc1=LOW;
int estadofc2=LOW;
int estadomarcha=LOW;

void setup() {
  pinMode(2,INPUT);
  pinMode(3,INPUT);
  pinMode(4,INPUT);

  pinMode(8,OUTPUT);//
  pinMode(9,OUTPUT);

  digitalWrite(derecha,LOW);
  digitalWrite(izquierda,LOW);
}
Done compiling.
Sketch uses 1226 bytes (3%) of program storage space. Maximum is 32256 bytes.
Global variables use 15 bytes (0%) of dynamic memory, leaving 2033 bytes for local variables.
Arduino/Genuino Uno on COM1

```

Figura 56 Compilación del programa.
Fuente: Autor

Después de haber compilado y estar seguros de que no existan errores, el programa realizado está listo para poder cargarse en la tarjeta Arduino Uno, comprobamos que el programa desarrollado ocupa 3% o 1226 bytes del espacio total de memoria de la tarjeta Arduino Uno.

CAPITULO 3

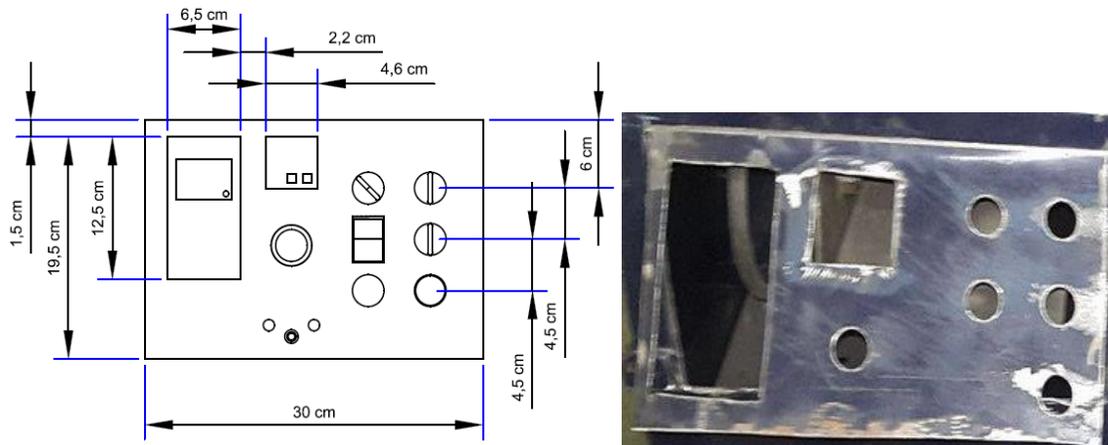
3) CONSTRUCCION DE PARTES Y PIEZAS MECANICAS E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO DE LA MAQUINA

3.1. Construcción del sistema mecánico

Después de realizar el diseño se procede a perforar una plancha de 21 cm*30 cm y de espesor 0.2 cm, como se puede observar en la figura. Se hace agujeros de 2.2 cm de diámetro para pulsantes y selectores.

Las medidas para el rectángulo donde ira instalado el variador de frecuencia es de 12.5 cm*6.5 cm.

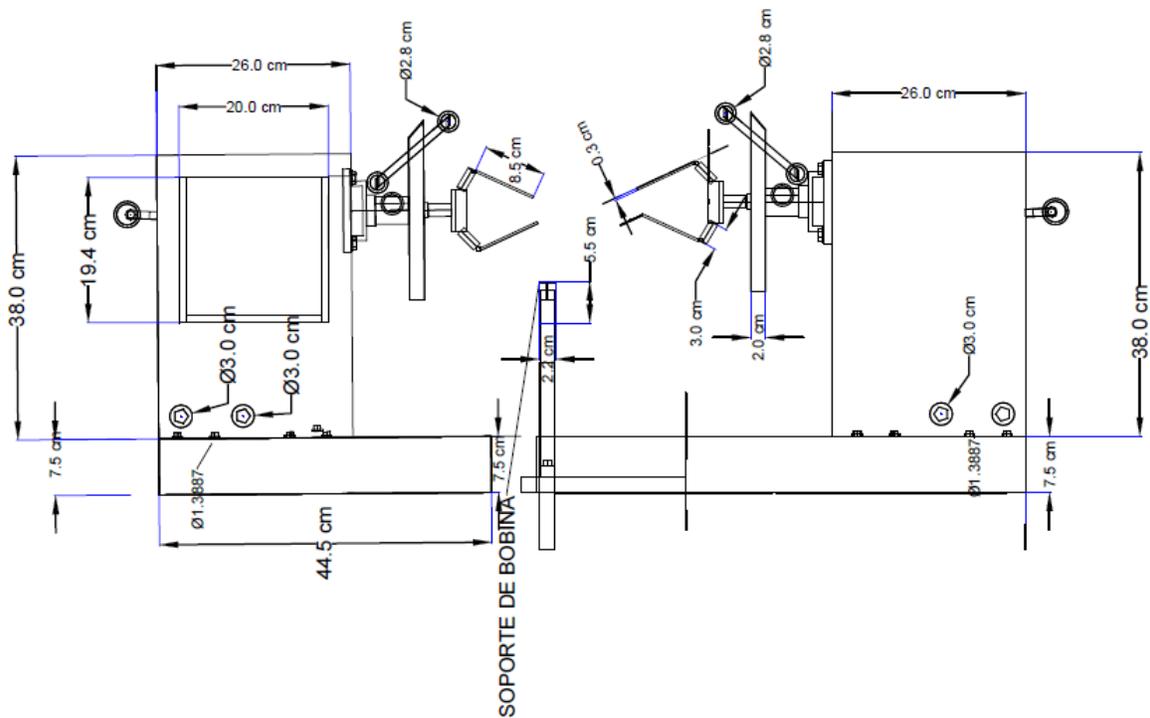
Las medidas para el cuadro donde ira instalado el contador digital de seis dígitos es de 4.5 cm*5 cm.



*Ilustración 1 Construcción del panel de control
Fuente: Autor*

3.2. Construcción de mecanismo de bobinadora

Las dimensiones de la bobinadora largo*ancho*alto es 119 cm*35 cm*43 cm, la base se la hizo con tubo rectangular de 0.2 cm de espesor y de lados 7 cm*3 cm.



*Ilustración 2: Construcción del mecanismo de la bobinadora.
Figura: Autor*

El diámetro del eje por donde atraviesa el alambre de cobre es de 4 cm y el agujero en su interior es 1.5 cm.

Las chumaceras de pared son para sostener al eje en cada caja metálica la medida es para ejes de 4 cm o modelo F207.

La medida de los brazos largo*ancho*alto es 25 cm*4.5 cm*2 cm.

Cada caja de plancha metálica largo*ancho*alto es 36 cm*30 cm*35 cm.

A continuación, construimos la estructura de la base que sostiene la máquina y que contiene los tableros de control eléctrico.

Las dimensiones largo*ancho*alto es 111 cm*60 cm*84.5 cm, estas dimensiones están consideradas para estaturas promedios de operarios de 1.65 metros, para que puedan trabajar con comodidad y rapidez.

Las dimensiones del pedal para paro de emergencia largo*ancho es 70 cm*16 cm y se encuentra a una altura del piso de 16 cm.



*Ilustración 3: Construcción de la estructura base para la bobinadora.
Fuente: Autor*

3.3. Construcción de panel de control

Previo a la construcción del panel de control se hace un diseño de cómo va a quedar el señalizado y con los respectivos componentes como:

- Variador de frecuencia.
- Contador de vueltas.
- Selectores de dos posiciones.
- Selectores de tres posiciones.
- Pulsante de paro tipo hongo.
- Pulsantes.
- Señal visual y auditiva.

A continuación, en la figura se puede observar el diseño con sus respectivas etiquetas:

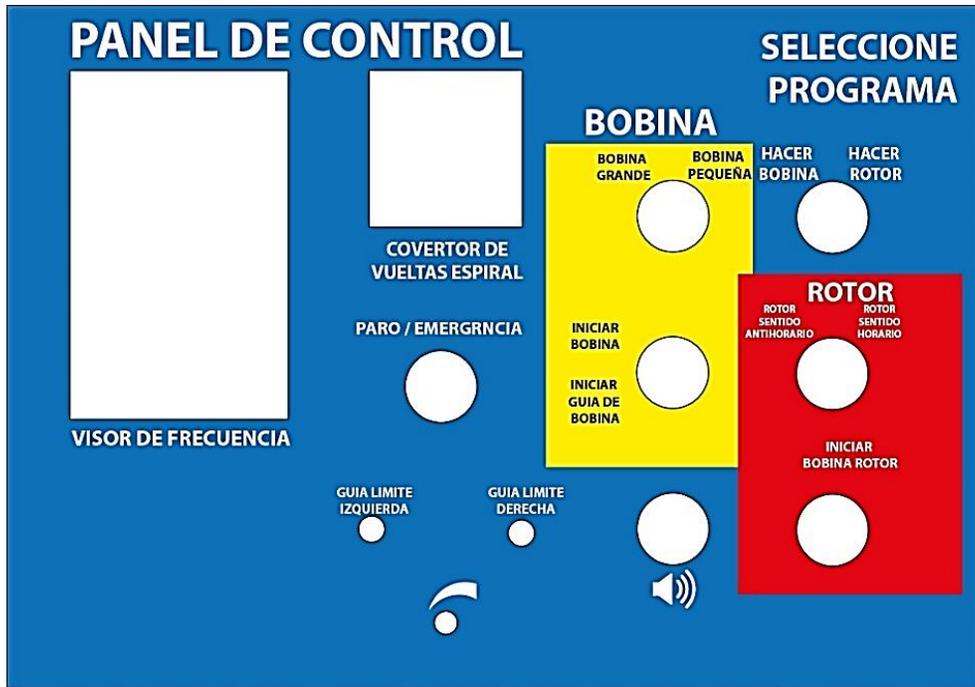


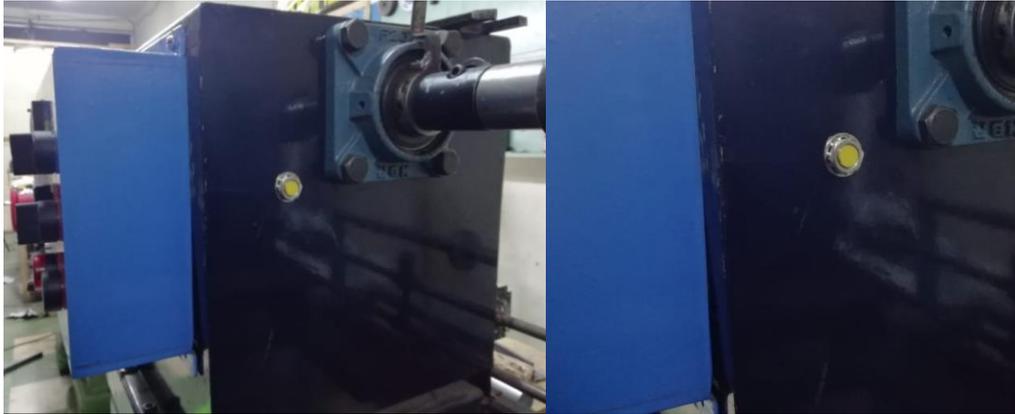
Figura 57: Adhesivo con sus respectivas etiquetas.
Fuente: Autor

Se procede a instalar los componentes eléctricos para el panel de control, en la siguiente figura se puede observar como quedan ya instalados.



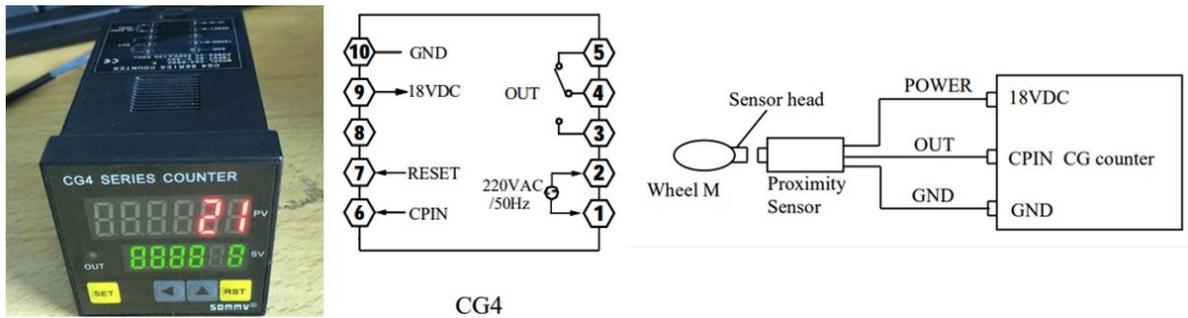
Ilustración 4 Panel de control con sus componentes de control.
Fuente: Autor

En la figura anterior se puede observar que está instalado el contador de vueltas, sin embargo, el contador tiene que recibir las señales del sensor inductivo que se instaló de tal manera, que el eje cada vez que de una vuelta el sensor envíe la señal al contador en la siguiente imagen se puede observar su ubicación:



*Ilustración 5 Instalación del sensor inductivo.
Fuente: Autor*

Para la conexión del contador con el sensor inductivo se debe considerar el diagrama que viene con el manual de usuario, y resguardando que el conductor de alimentación no esté en un lugar donde pueda sufrir daños.



*Figura 58: Conexión del contador digital de seis dígitos.
Fuente: Autor*

La conexión del variador de frecuencia trifásico de ½ HP es sencilla se adjunta la foto del equipo junto a un diagrama de conexiones que lo encontramos en el manual de usuario.

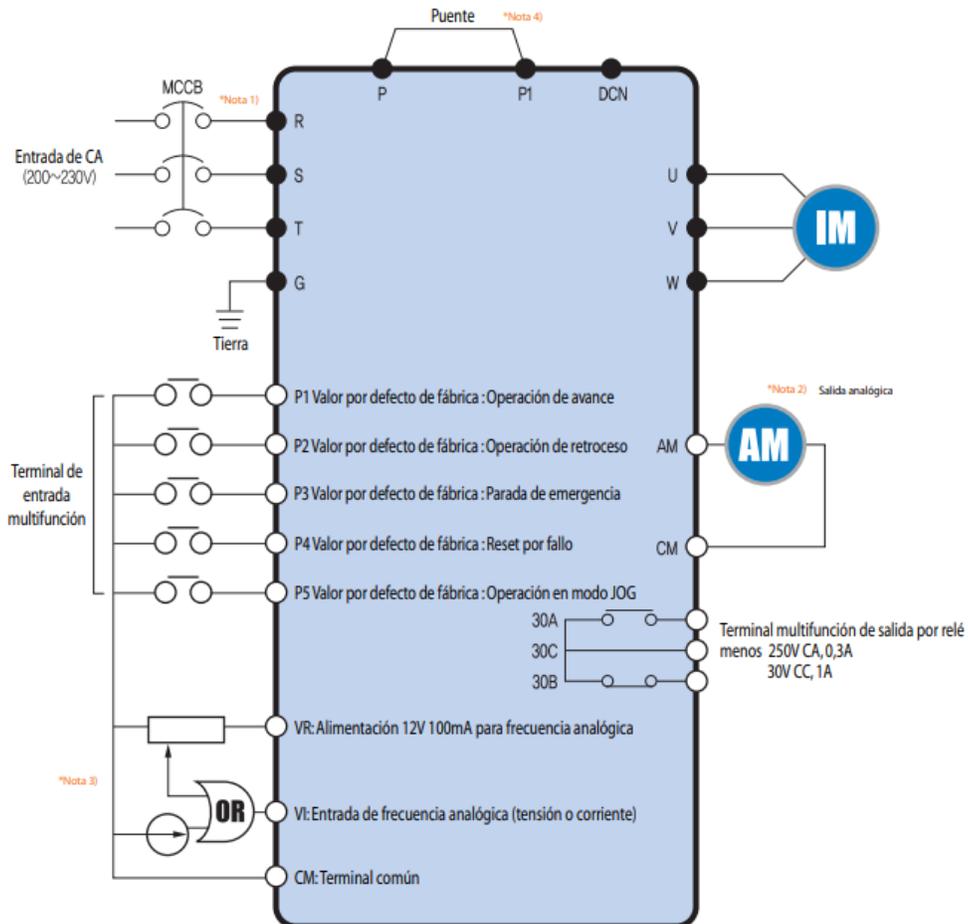


Figura 59 Variador de frecuencia trifasico de ½ HP
Fuente: Autor

Una vez instalados todos los componentes en su lugar se proceden a la conexión eléctrica siguiendo el siguiente esquema, lo vemos en la siguiente figura:

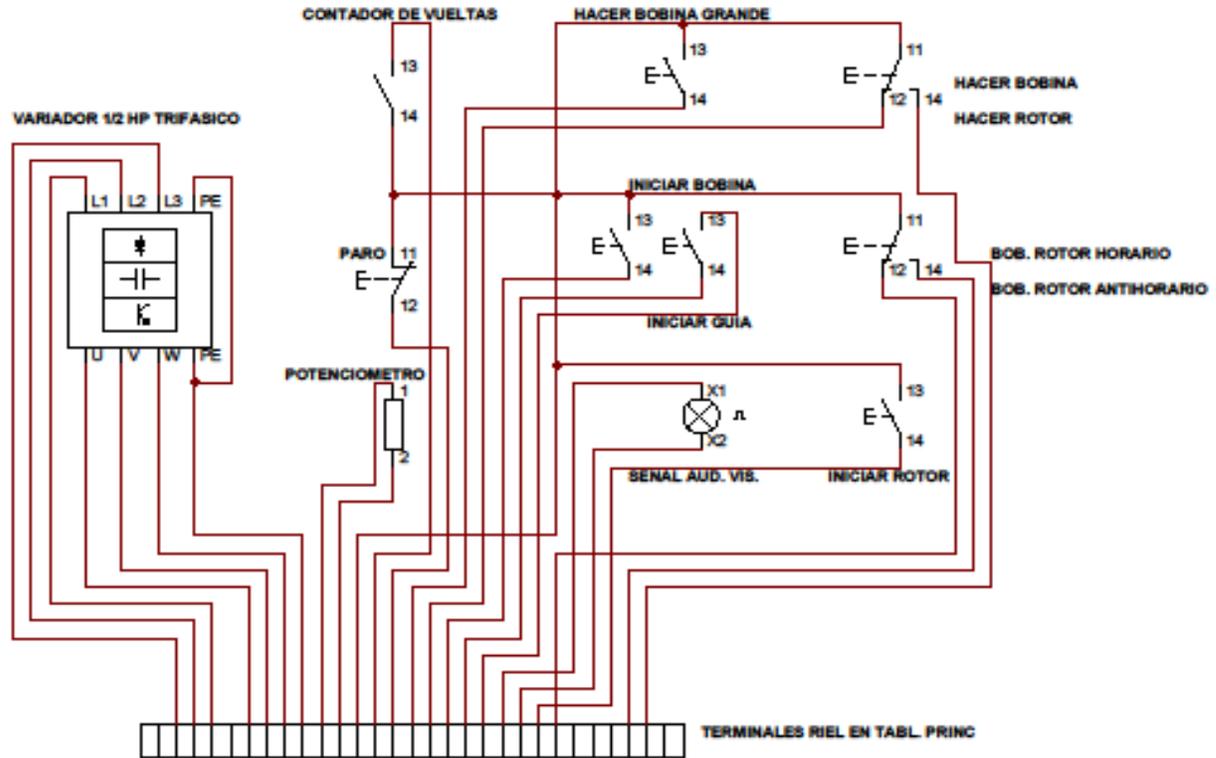


Figura 60: Esquema de conexiones del panel de control.
Fuente: Autor

Siguiendo el esquema de conexiones anterior se procede a realizar las conexiones entre los distintos componentes del Panel de Control:



Ilustración 6: Conexiones eléctricas para el panel de control.
Fuente: Autor

Todos los cables que se entrelazan entre los distintos componentes llegan a un conjunto de terminales riel que están en el Tablero de Control Principal por motivos de optimización y facilidad al momento de conectar.

3.4. Construcción del Tablero de Control Principal

El Tablero de Control Principal consta de varios componentes y equipos de control eléctrico que a continuación se enlistan:

- PLC Programador Lógico Controlable Logo Siemens.
- Contactores de 12 A - 220 Vca.
- Relés auxiliares de 10 A - 12 Vcc.
- Breaker C2 bifásico.
- Breaker C20 trifásico.
- Contactos auxiliares para contactores.
- Fuente de poder de voltaje continuo 12 Vcc.

A continuación, ponemos el diagrama eléctrico que se usó para realizar las conexiones eléctricas:

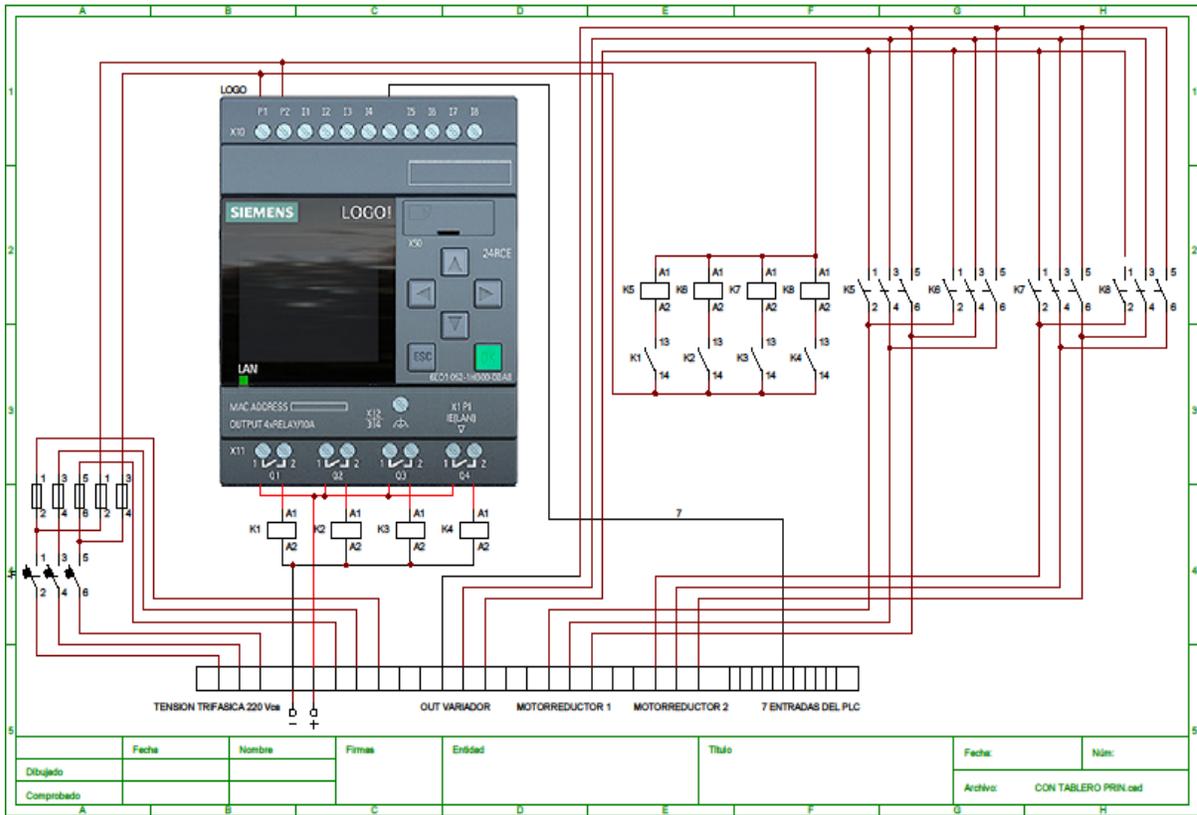


Figura 61 Esquema de conexiones para el tablero de control principal.
Fuente: Autor

La alimentación para el PLC es de 220 Vca, la alimentación para las bobinas de los contactores también de 220 Vca, sin embargo, la alimentación de los contactores es a través de un contacto normalmente abierto de relés de bobina de 12 Vcc, esto se hizo con la finalidad de no conectar directamente a la salida de los PLC ya que estos contactos sufren desgaste entre apertura y cierre conectado a una carga eléctrica. La alimentación para las bobinas de los relés auxiliares se hace con una fuente de poder de 12 Vcc - 3 A.

3.4.1. Calculo de las protecciones contra cortocircuito

Para realizar el cálculo de la capacidad del interruptor termo magnético para proteger el circuito de potencia contra cortocircuitos procedemos a enlistar las cargas y sumar las potencias, después realizamos el cálculo de la intensidad de corriente nominal para determinar el valor del interruptor termo magnético.

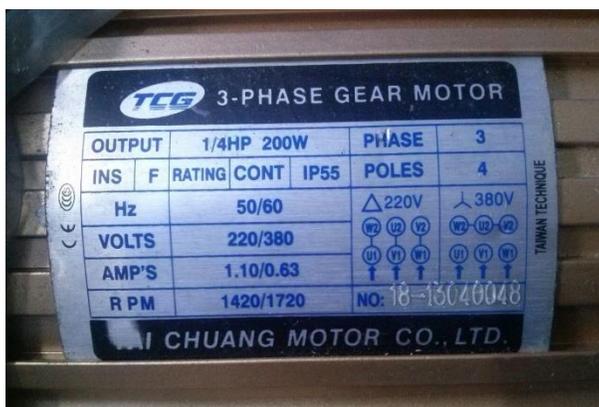


Ilustración 7: Placa de datos de motorreductor de 200W de maquina bobinadora.
Fuente: Autor.

En la siguiente tabla se describe los equipos de potencia que están conectados a las líneas de alimentación trifásicas.

Tabla 7: Tabla de potencia total de equipos de maquina bobinadora.

EQUIPO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA SUBTOTAL (W)
MOTORREDUCTOR TRIFASICO	200	2	400
VARIADOR DE FRECUENCIA	600	1	600
FUENTES DE PODER DE 12VDC	300	3	900
FUENTE DE PODER DE 5VDC	300	1	300
		POTENCIA TOTAL	2200W

Fuente: Elaboracion propia

Realizamos el cálculo de la corriente eléctrica con el dato de potencia total, y el factor de potencia considerado es de 0.92. La fórmula que utilizamos es de la potencia activa:

Ecuacion 3: Calculo de potencia activa

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{COS}\varphi \quad (3)$$

P: Potencia.

V: Voltaje.

I: Intensidad de corriente eléctrica.

Cosφ: Factor de potencia

$$P = \sqrt{3} * V * I * \text{COS}\varphi$$

$$\therefore I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{COS}\varphi}$$

$$I = \frac{2200}{\sqrt{3} * 220 * 0.92}$$

$$I = \frac{2200}{350.56}$$

$$I = 6,28 \text{ Amperios.}$$

Para determinar la capacidad de corriente del interruptor termo magnético se tiene que incrementar un 15% de la corriente total, esto es debido a que en el arranque los equipos y motores consumen por pequeños lapsos de tiempo más corriente eléctrica, de tal manera que quedaría así:

$$I_{breaker} = 1.15 * I$$

$$I_{breaker} = 1.15 * 6.28$$

$$I_{breaker} = 7.22 \text{ Amperios}$$

En vista que no hay breakers trifásicos de ese valor, se utiliza un breaker trifásico de 10 Amperios para la alimentación del circuito eléctrico.

La marcha e inversión del primer motorreductor se elige para hacer bobina o hacer rotor, entonces cuando tengamos que enviar la señal al Variador de frecuencia para la marcha o paro, utilizaremos los contactos auxiliares de los contactores que están conectados a las salidas Q1 y Q4 del PLC y el contacto normalmente abierto del contador de vueltas, partiendo de esto el esquema de conexión quedaría de la siguiente manera:

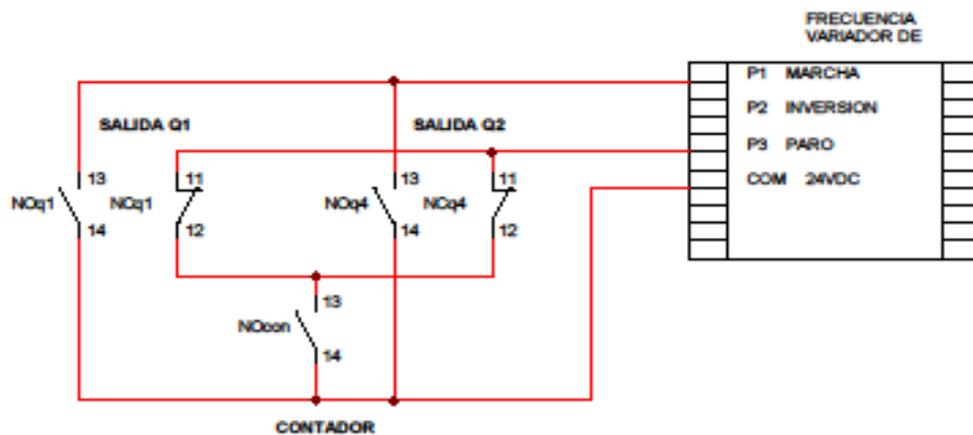


Figura 62 Esquema de conexiones de contactos con el variador de frecuencia.
Fuente: Autor

Una vez que tenemos los esquemas necesarios para instalar, conectar y probar el Tablero de Control Principal procedemos a instalar todos los componentes y equipos en su respectivo lugar:



*Ilustración 8 Construcción del tablero de control principal
Fuente: Autor*

Ya instalados todos los componentes y realizadas las respectivas conexiones procedemos a instalar dentro del gabinete, en las siguientes figuras se va mostrar el proceso de manera simplificada del armado y finalizado del circuito eléctrico del Tablero de Control Principal.



*Ilustración 9: Construcción del tablero de control con sus componentes electricos.
Fuente: Autor*

3.5. Construcción del Tablero de Control Secundario

Iniciamos con el esquema de conexión entre componentes electrónicos como: tarjeta Arduino Uno, fuentes de poder, relés auxiliares, transistores, resistencias, etc. Respecto a los fines carrera y el pulsante de marcha que van instalados en el panel de control junto con dos Leds y el potenciómetro, se realiza el cableado eléctrico con un cable flexible número 22 AWG encaquetado para evitar la interferencia electromagnética entre conductores de distinto potencial eléctrico.

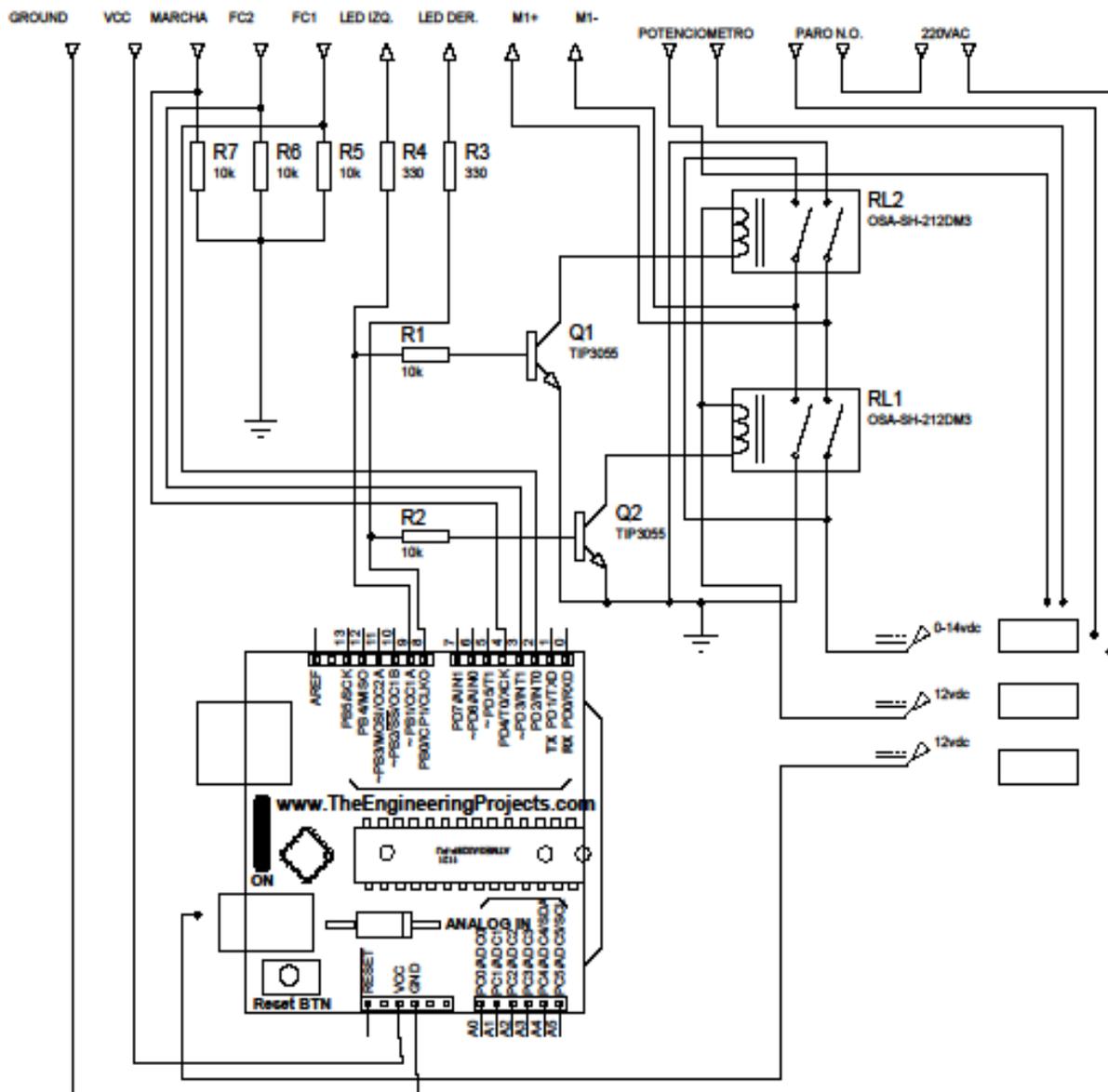


Figura 63 Esquema de conexiones del tablero de control secundario.

Fuente: Autor

3.5.1. Construcción de las fuentes de poder

Procedemos a la construcción de las fuentes de poder de 0 Vcc -12 Vcc / 2 A regulable, y la fuente de poder fija de 12 Vcc la una para alimentación del motor DC o motor guía y la otra para alimentación de los relés de 12 Vcc que forman un puente H para marcha e inversión del motor guía. Se consiguió un transformador de 220 Vca a 12 Vca con dos secundarios independientes con habíamos considerado anteriormente, reciclado de otro equipo en mal estado, se puede ver en la imagen:



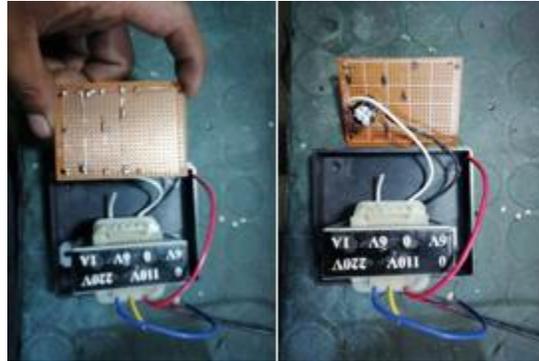
*Ilustración 10 Transformador y caja metálica para fuentes poder
Fuente: Autor*

Después construimos la fuente regulable de 0 Vcc – 12 Vcc / 2 A y dejamos dos cables para conectar el potenciómetro que ira en el panel de control.



*Ilustración 11 Construcción de las fuentes de poder.
Fuente: Autor*

Para construir la fuente de alimentación para el Arduino, se compra un transformador de 220 Vca el primario y 6 Vca el secundario con toma central, y proceder a conectar siguiendo el esquema de conexión antes indicado:



*Ilustración 12 Conexión de transformador para rectificado y filtrado.
Fuente: Autor*

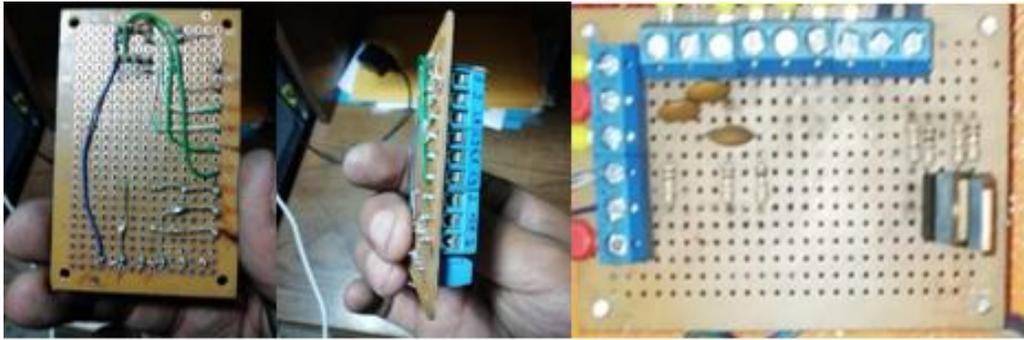
Luego de conectar siguiendo el esquema de las fuentes de poder, se arma en su respectiva caja, esta caja aparte de proteger los circuitos y elementos facilitan el traslado y la comodidad para realizar la instalación.



*Ilustración 13 Armado de fuente de poder en caja plastica..
Fuente: Autor*

3.5.2. Construcción del amplificador de corriente para los relés auxiliares

En esta ocasión tenemos que tener claro que la tarjeta Arduino Uno no puede manejar corrientes elevadas (alrededor de 200 mA maximo) por lo tanto la necesidad de conectar a sus salidas un transistor npn que se acerque a su estado de saturación cuando fluya una corriente por su terminal BASE y la salida está en un nivel lógico alto (5Vcc), se procede armar con dos transistores npn como se ve en las siguientes figuras:



*Ilustración 14 Construcción de amplificador para relés.
Fuente: Autor*

Ya con todos los componentes que conforman el Tablero de Control Secundario procedemos a ubicar dentro del gabinete y realizar las respectivas conexiones guiando a los cables dentro de canaleta para mantener un orden y al momento que tengamos que hacer algún cambio podamos hacerlo con facilidad, así quedo la ubicación de los componentes.



*Ilustración 15 Instalacion de componentes en tablero de control secundario.
Fuente: Autor*

CAPITULO 4

4) PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA Y PRESUPUESTO TOTAL

Una vez que se termina la construcción del sistema eléctrico y la construcción del mecanismo se proceden a realizar las pruebas de funcionamiento.

4.1. Pruebas de tensión que se ejerce a alambre de cobre

La prueba que vamos a realizar es experimental se lo realiza con una balanza de gancho en un extremo sujeto el conductor de cobre y en el otro extremo se fija la balanza. Los resultados que obtenemos son de 1.28 libras al encontrarse el conductor en tensión, de acuerdo a la sección del alambre de cobre la tensión puede variar debido a que si se aplica la misma tensión a un conductor fino este se puede partir por exceso de tensión.

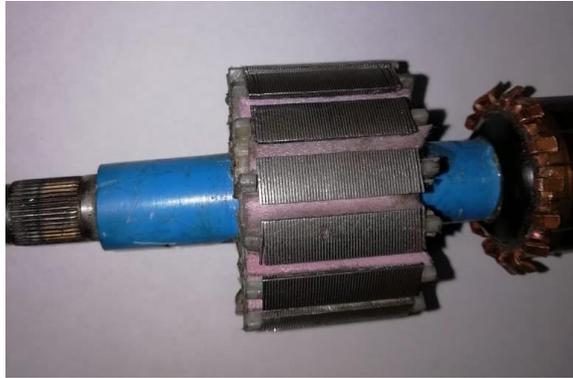


*Ilustración 16: Prueba de tensión en alambre de cobre con balanza de gancho
Fuente: Autor*

4.2. Prueba para bobina de rotor

Para poder hacer el bobinado en un rotor se debe considerar los siguientes puntos:

- El núcleo del rotor debe estar aislado con papel dieléctrico con características de temperatura de 150 grados centígrados, se recomienda que la temperatura del aislante sea elevada por las variaciones de temperatura que sufren los bobinados en general. En la figura se puede observar que se realizó el aislamiento de las ranuras del rotor donde se introduce el alambre de cobre.



*Ilustración 17 Aislado de ranuras de rotor.
Fuente: Autor*

- Se debe considerar el número de delgas (elemento de cobre) que conforman el colector, en este caso de ejemplo el número de delgas es 16, por lo tanto, el primer inicio del primer grupo de bobinas será en la delga 1 y el segundo inicio del segundo grupo de bobinas se encuentra de la siguiente manera:

Ecuación 4: Calculo del segundo inicio para el segundo grupo de bobinas.

$$i_2 = \left(\frac{nd}{2} + 1 \right) \quad (4)$$

i_2 : inicio 2.

nd: número de delgas

$$i_2 = \left(\frac{nd}{2} + 1 \right)$$

$$i_2 = \left(\frac{16}{2} + 1 \right)$$

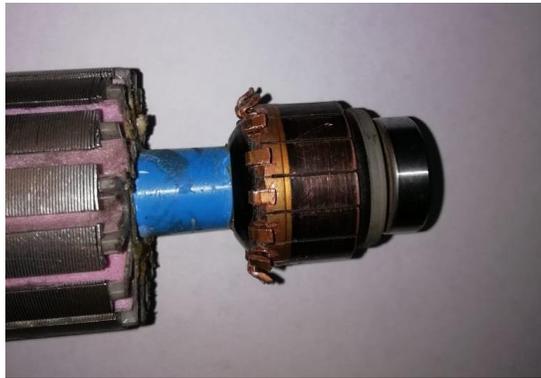
$$i_2 = (8 + 1)$$

$$i_2 = 9$$

De esta manera encontramos que el segundo inicio para el segundo grupo de bobinas es la delga número 9.

De tal manera que, si el inicio del primer grupo de bobinas es la delga 1, se inicia conectando el conductor de cobre en la delga 1, se envuelve en el núcleo del rotor y esta bobina finaliza en la delga 2, la delga 2 es el inicio de la siguiente bobina y esta finaliza

conectándose en la delga 3 así se continúa envolviendo y conectando a las delgas hasta conectarse con el segundo inicio del segundo grupo de bobinas en la delga 9. De igual manera el inicio del segundo grupo de bobinas es la delga 9, se inicia conectando el conductor de cobre en la delga 9, se envuelve en el núcleo del rotor y esta bobina finaliza en la delga 10, la delga 10 es el inicio de la siguiente bobina y esta finaliza conectándose en la delga 11 así se continúa envolviendo y conectando a las delgas hasta conectarse y cerrar el circuito con el inicio del primer grupo de bobinas en la delga 1.



*Ilustración 18 Numero de delgas de colector
Fuente: Autor*

- También debemos considerar el número de ranuras del rotor, en este caso el número de ranuras es 16 y el paso de bobina contiene ocho ranuras y se escribe 1 - 8. Cuando se va a rebobinar debemos hacer el levantamiento de la última bobina del bobinado anterior que por lo general está dañado o cortocircuitado. Se anota del bobinado anterior el número de vueltas, el paso del bobinado, el calibre del conductor y desde que numero de delga inicia la bobina en que numero de ranura se introduce la bobina y en que numero de delga finaliza la bobina para conservar las conexiones eléctricas originales del fabricante.



*Ilustración 19: Paso de bobinado para rotor.
Fuente: Autor*

Después procedemos a instalar el rotor en la máquina para iniciar a rebobinarlo, se centra el rotor, desde un extremo del eje al punto centro y el otro extremo a una porta brocas.



*Ilustración 20 Colocacion de rotor en soporte de maquina.
Fuente: Autor*

Se cargan los carretes con el alambre de cobre que corresponda al tipo de bobinado, en este caso el conductor de cobre es número 21 AWG, y se ajusta el resorte para que haga de freno al carrete para que se tensione el alambre, como se ve en la imagen:



*Ilustración 21 Carga de alambre de cobre en carretes.
Fuente: Autor*

Una vez realizado todos estos pasos procedemos a ingresar el número de espiras y calibrar la velocidad para envolver el conductor de cobre esto se realiza en el panel de control.



*Ilustración 22 Ingreso de numeros de vueltas y velocidad de envoltura.
Fuente: Autor*

Damos marcha para hacer el bobinado y el operario debe supervisar que todo esté en orden y no haya problemas, una vez que termine de hacer la primer bobina, la maquina emite una señal visual y auditiva para indicar que ya está realizada la bobina con la cantidad de espiras seleccionadas; nuevamente se realiza el mismo proceso, el operario deberá girar manualmente el rotor para ubicarlo en la siguiente posición, para envolver la siguiente bobina en la correspondiente delga y ranura, se repetirá este proceso hasta finalizar el bobinado del rotor.



*Ilustración 23 Bobinado de rotor en maquina.
Fuente: Autor*

Una vez bobinado el rotor, se tiene que remachar en los extremos de las delgas donde tiene forma de gancho, este remache se realiza para que el conductor de cobre no se suelte o afloje de la delga además que permite realizar una soldadura con estaño o soldadura de punto. El resultado final del bobinado queda como se observa en la figura.



*Ilustración 24: Resultado final de bobinado de rotor en maquina bobinadora.
Fuente: Autor*

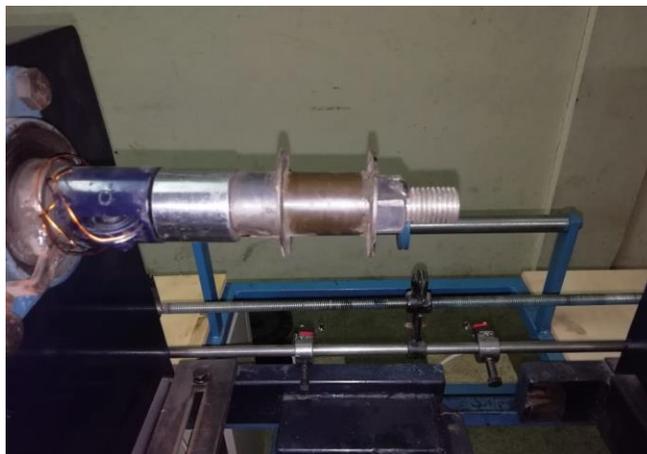
4.3. Pruebas para realizar a bobina de carrete

Para iniciar una bobina de carrete, tenemos que ingresar en el panel de control el número de espiras, respecto a la velocidad de giro del eje conducido es variable y se regula manualmente de acuerdo al grosor de alambre que se vaya a envolver, la velocidad se la puede cambiar en cualquier instante, si es necesario. De igual manera la velocidad de giro de la guía para el conductor de cobre se regula manualmente. En el siguiente ejemplo una bobina de carrete: largo 10 cm, diámetro 2.5 cm, tiene 400 espiras de conductor de cobre de calibre 20 AWG.



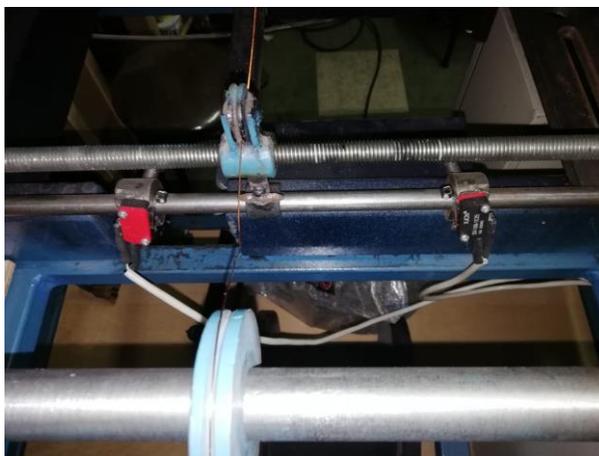
*Ilustración 25 Ingreso de numero de vueltas y velocidad en motores principales.
Fuente: Autor*

Montamos en el eje conducido o eje principal, el carrete que va a contener el conductor de cobre y utilizamos un buje de hierro y una tuerca para fijarlo.



*Ilustración 26: Instalacion de carrete en maquina.
Fuente: Autor*

Después tenemos que graduar los fines carrera a la misma longitud del carrete para delimitar la guía en su movimiento de izquierda a derecha o viceversa y solo realice los movimientos en esta longitud en este caso es 10 cm, cada soporte de fin de carrera tiene un perno que fija al fin carrera al eje de calibración. Las distancias cambian de acuerdo a la longitud del carrete a continuación, en la figura se observa la calibración de los fines carrera que delimitan la guía:



*Ilustración 27 Calibración de distancia con fines carrera.
Fuente: Autor*

El encendido del motor del eje principal y el encendido del motor de la guía son independientes porque hay que calibrar la longitud de movimiento de la guía con los fines carrera. Se procede a dar marcha al motor del eje principal y marcha al motor guía para envolver el conductor de cobre en el carrete. Las primeras pruebas envolviendo el alambre de cobre en el carrete nos dio problemas porque la velocidad del motor de la guía era demasiado rápida. Ya corregido este inconveniente nuevamente iniciamos marcha a los motores y estos fueron los resultados obtenidos de la bobina de carrete.



*Ilustración 28 Producto final de bobinado en carrete, no simétrico.
Fuente: Autor*

La calibración de la velocidad del motor guía es manual y esta velocidad es proporcional al voltaje del motor, es decir a mayor aumento de voltaje mayor velocidad o viceversa hasta los límites permisibles establecidos en la placa del fabricante. Se tuvo que reducir el voltaje de alimentación del motor guía hasta que la velocidad del motor guía se

ajustara a la velocidad necesaria que se determinó experimentalmente y realizando pruebas en la máquina. Después de realizar estos cambios la velocidad del motor varía entre 5 rpm hasta 20 rpm aproximadamente y se la regula con un potenciómetro que se encuentra en el Panel de Control.



*Ilustración 29 Producto final en carrete, bobinado simétrico.
Fuente: Autor*

4.4. Resultados obtenidos de equipos eléctricos después de las pruebas de la máquina bobinadora

En la siguiente tabla se pretende realizar observaciones del rendimiento y calidad de los equipos eléctricos que se utilizaron para construir el sistema eléctrico de control de la máquina bobinadora, estas observaciones se hacen para contribuir en el desarrollo de más investigaciones similares y profundizar en la calidad de sistemas de control con equipos que se puedan interrelacionar y no causar interferencias en el funcionamiento de más equipos que conforman un mismo sistema eléctrico de control.

Estos resultados son obtenidos de las pruebas realizadas al sistema eléctrico general de la máquina bobinadora después de haber operado y realizado pruebas de bobinado de rotor y de bobina de carrete.

Tabla 8: Tabla de observaciones de rendimiento eléctrico de equipos.

Equipo	Cantidad	Voltaje alimentacion (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Velocidad (rpm)	Observaciones de rendimiento de equipos
Motorreductor trifasico	2	230 Vca	1.1 A	200 W	170 rpm	Los motorreductores trabajan sin ningun problema, dentro de temperatura de placa de fabricante
Motor de corriente continua	1	12 Vcc	0.67 A	8 W	20 rpm	Este motor trabaja sin ningun problema, dentro de temperatura de placa de fabricante
Variador de frecuencia trifasico	1	230 Vca	2.6 A	600 W		El variador realiza todas las funciones que se parametrizo, sin embargo induce interferencias electromagneticas y afecta a tarjeta Arduino Uno.
Contador digital de 6 digitos	1	230 Vca	17 mA	4 W		El Contador digital realiza todas las funciones que se programa y no resulta afectado por interferencias electromagneticas del resto de los equipos.
PLC Logo Siemens	1	230 Vca	26 mA	6 W		El PLC Logo Siemens realiza todas las funciones que se programo y no resulta afectado por interferencias electromagneticas del resto de los equipos.
Tarjeta arduino uno	1	5 Vcc	46 mA	0.23 W		La tarjeta Arduino Uno resulta afectada por interferencias electromagneticas y su funcionamiento se

						<i>altera en el proceso, realizando funciones de mala calidad o no ejecutandolas.</i>
<i>Fuentes de poder</i>	3	230 Vca	1.3 A	300 W		<i>Las fuentes de poder que se utilizaron son de transformador electrico y mantuvieron un voltaje de salida estable.</i>
<i>Protecciones contra cortocircuitos</i>	2	230 Vca	12 A	-		<i>Las protecciones termomagneticas no presentaron fallas, ya que estan bien dimensionadas.</i>
<i>Contactores trifasicos</i>	4	230 Vca	57 mA	13 W		<i>Los contactores no presentaron fallas en su activacion y desactivacion.</i>
<i>Pulsantes, selectores, indicadores</i>	12	-	2 A	-		<i>El rendimiento de pulsantes, selectores e indicadores esta sujeta a la calidad del equipo, no presentaron fallas.</i>

Fuente: Elaboración propia

4.5. Presupuesto para la construcción de maquina bobinadora

Para la implementación del diseño de la maquina bobinadora los recursos que se emplearon son varios y debido a la intervención y ayuda de algunas personas (Técnico Mecánico, Soldador), más bien vamos a dar un estimado de los costos de recursos físicos, económicos y materiales que se emplearon ya que dar un valor real es inexacto, se trata de un prototipo de máquina que no existe en el mercado nacional y se tuvo que realizar cambios y ajustes.

Aproximadamente la construcción mecánica de la maquina nos tomó alrededor de 10 semanas entre diseño y ajustes de partes mecánicas, es decir 400 horas.

El trabajo de construcción de la estructura, partes y piezas mecánicas lo realizo un Técnico en Mecánica Industrial en su taller.

El tiempo estimado de la construcción del sistema eléctrico, es decir, el tablero de control principal, el tablero de control secundario y el panel de control son alrededor de 8 semanas que dan 320 horas.

A continuación, presentamos una tabla con el precio de materiales y mano de obra, además se detalla el precio unitario de materiales que se compraron y se instalaron en la máquina.

Tabla 9: Presupuesto de materiales y mano de obra.

ITEM	DESCRIPCION	CANT	V. UNIT.	V. TOTAL
1	CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA METALICA 120CMX40CMX35CM	1	175.00	175.00
2	CONSTRUCCION DE EJES PERFORADOS DE 4CM DE DIAMETRO	2	200.00	400
3	CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AJUSTE Y AGARRE DE ROTORES	2	200.00	400
4	CONSTRUCCION DE SISTEMA DE ALINEACION Y SOPORTE PARA ROTORES	2	148.00	296
5	CHUMACERAS PARA EJE DE 4CM	2	21.50	43
6	POLEAS DE 3 CANALES CONICAS	4	16.25	65
7	CONSTRUCCION DE BASE DE SOPORTE	1	48.00	48
8	LOGO SIEMENS 230RC	1	214.91	214.91
9	CONTACTOR CGC LC1 4HP	5	10.43	52.15
10	MICRO SWITCH CAMSCO PALANCA LARGA AM-1701	2	5.25	10.50
11	SELECTOR CAMSCO 22MM 3POSC	1	2.60	2.60
12	SELECTOR CAMSCO 22MM 2POSC	1	1.55	1.55
13	GABINETE METALICO LIVIANO 40X30X20CM	1	31.23	31.23
14	PULSANTE CAMNSCO ROJO 1NC 22MM	1	1.83	1.83
15	PULSANTE CAMNSCO VERDE 1NO 22MM	1	1.83	1.83
16	BUZZER DIXEN INTERMITENTE	1	3.27	3.27
17	CONSTRUCCION DE SISTEMA GUIA PARA MOTOR PASO A PASO	1	68.00	68.00
18	BREAKER RIEL ABB 3P 20A SH203L	1	20.42	20.42
19	BREAKER RIEL ABB 2P 20A SH203L	1	13.24	13.24
20	MOTORES 1/4HP *3N 220V PCG	2	255.00	510.00
21	MOTOR PASO A PASO	1	128.00	128.00
22	CABLE DE ALIMENTACION	5	2.85	14.25
23	ROLLO DE CABLE # 18 AWG	1	23.00	23.00
24	TERMINALES PUNTA	200	0.15	30.00
25	INSTALACION, CONEXIÓN Y PRUEBAS (MANO DE OBRA)	1	2500.00	2500.00
			SUB TOTAL	5053.78
			IVA 12%	606.45
			TOTAL	5660.23

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se implementó el diseño mecánico y diseño eléctrico de la bobinadora, para reducir el tiempo empleado en la construcción de bobinados de inducidos o rotores y bobinas de carrete, tal y como se esperaba el tiempo empleado en los bobinados de rotores es tres veces menor que el tiempo empleado en la construcción de los bobinados realizados manualmente, toma alrededor de 15 minutos en construir un bobinado para inducidos eléctricos, lo que reduce considerablemente el tiempo empleado manualmente. Respecto al tiempo empleado en la construcción de bobinados de bobina de carrete es 10 veces menor, basta con ingresar los siguientes datos: número de espiras y velocidad para envolver el alambre y se inicia el proceso de bobinado de alambre de cobre en el carrete.

Al reducir el tiempo empleado en la construcción de bobinados, tanto de inducidos como bobinas de carrete también se reduce el costo de la mano de obra que anteriormente era más alto debido al mayor tiempo empleado. Por lo tanto, el precio del bobinado de inducidos y bobinas de carrete se reducirá, algo que pretendíamos conseguir y se logró reducir el costo del bobinado de rotores y bobinas de carrete.

La calidad de los bobinados está relacionada con el número correcto de espiras y la tensión mecánica necesaria en el alambre de cobre, partiendo de estos dos puntos a considerar la manera de garantizar calidad será:

Para que el número de espiras sea el correcto, el sistema eléctrico de control se basa en un sensor inductivo y un receptor de señales de pulsos por cada espira que se realiza, este receptor es el contador digital; de esta manera podemos estar seguros que la bobinadora solo envolverá las espiras preprogramadas en el contador digital.

Respecto a la tensión mecánica aplicada al conductor de cobre, dependiendo de la sección del conductor de cobre que se emplee para la construcción de bobinados, tanto para rotores como para bobinas de carrete esta tensión esta medida de forma experimental, varía entre 0.8 a 1.2 libras deberá ser regulable para aumentar o reducir la tensión aplicada en el conductor. Con esta tensión aplicada al conductor de cobre se consigue que el bobinado no vibre cuando esté trabajando y la vida útil se prolongue.

La máquina bobinadora para rotores y bobinas de carrete representa una inversión a mediano plazo que reducirá tiempos de entrega de rebobinado de rotores y bobinas, con un precio accesible para pequeñas, medianas y grandes empresas que pretendan adquirir la máquina. Reducirá pérdidas económicas tanto para clientes como proveedores que usen la maquina bobinadora dando como producto final bobinados de calidad, precisión y rapidez.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que a continuación se van a enunciar es con el propósito de que la implementación del diseño eléctrico y la implementación del diseño mecánico de la bobinadora sea cada vez mejor y se mejore la calidad en cada uno de los elementos de la máquina.

Al realizar las pruebas del sistema de control eléctrico, notamos que en las pruebas realizadas al poner en la función de hacer bobina se ingresa el número de vueltas y la velocidad para envolver el alambre de cobre, al accionar el pulsante iniciar bobina arranca con total normalidad, al accionar el pulsante iniciar guía arranca e inicia con el movimiento de la guía de derecha a izquierda, pero en el transcurso del movimiento a veces se detiene y hay que volver a arrancar ya sea accionando el pulsante de iniciar guía o accionando el fin carrera de la derecha o de la izquierda. Este problema que a veces ocurre es debido a las interferencias electromagnéticas inducidas a las líneas en el tablero de control secundario por el variador de frecuencia, la solución que se analizo es agregar un módulo de cuatro entradas y cuatro salidas para el PLC Logo Siemens y omitir el actual sistema eléctrico compuesto por el Arduino Uno. Este problema que a veces presenta de detenerse cuando está realizando las bobinas de carrete, provoca que el bobinado quede asimétrico y el alambre de cobre se envuelva en una sola parte del carrete y se tenga que desenvolver e iniciar otra vez.

Respecto al sistema mecánico para el agarre del rotor o inducido este se podría construir de tal manera que la calibración para el largo del rotor sea más rápido y sencillo o incluso que sea autónomo, es decir que pueda activarse con sistema eléctrico con motor o con sistema neumático, esto facilitaría y reduciría el tiempo empleado en la calibración para el ajuste del agarre a la longitud del inducido.

En el sistema mecánico de las guías por donde circula el conductor de cobre tanto para el bobinado de inducidos o bobinas de carrete, las poleas con rodamiento que se construyeron es en hierro pero notamos que al estar tensado el conductor de cobre y existir fricción con estas poleas hay la posibilidad de que el conductor de cobre se lastime y se pierda capas de esmalte, pudiendo el alambre de cobre envuelto causar cortocircuitos en el bobinado, la solución sería construir las poleas en nylon y esto evitaría que exista daños en el conductor de cobre.

Cuando se está bobinando ya sea inducidos o bobinas de carrete, la parte donde se envuelve el alambre de cobre está expuesto a las personas, sin que exista nada que impida el contacto entre las personas y el sistema mecánico donde gira; esto ocasionaría algún accidente y es lo que tenemos que evitar. Para garantizar seguridad para los usuarios se tendría que construir una plancha en acrílico ya que se necesita visualizar el avance de los bobinados y así evitar accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(s.f.).

ABB. (2018). *ABB*. Obtenido de file:///E:/Documents/Downloads/2CDS213001R0204-miniature-circuit-breaker-sh200-3p-c-20-ampere.pdf

Albuja Calo, E. P. (2012). Construcción de una máquina rebobinadora semiautomática para la confección de bobinas en los motores eléctricos trifásicos de dos y cuatro polos con moldes tipo imbricado simple y concéntrico, en un rango de potencia de 2HP HASTA 50 HP. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*, 27.

Alejandro Mejía, N. V. (2016). Diseño e Implementación de una Máquina Semiautomática para Elaborar Reactancias Estatóricas para Motores Eléctricos. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*.

Aly, A. E.-A. (2005). *Modelling and simulation of a photovoltaic fuel cell hybrid system*.

Autor. (s.f.). Estudio y Análisis Experimental de Rendimiento Dinámico del Sistema Híbrido de Fotovoltaico y Turbina a Viento hasta 2Kw.

Ckat. (2017). Obtenido de <https://www.scad-technology.com/contactors/magnetic/lc1-d2501-25amper-220vac/>

Cortes Cherta, M. (2004). *Curso Moderno de Maquinarias Eléctricas Rotativas*. Barcelona: Tomo IV.

Counter, C. S. (2018). *CG Series Digital Counter User's Manual*. Obtenido de <http://www.parsicitalia.it/files/CG7-series-counter-Parsic-Italia.pdf>

EQUITRANS. (2018). *Manual de Usuario Sv-ie5*. Obtenido de <http://www.equitrans96.es/assets/sv-ie5-manual.pdf>

García Tlapaya, R. (2017). Instituto Tecnológico de Puebla. *Ingeniería Eléctrica: Maquinarias*, 5. Obtenido de Instituto Tecnológico de Puebla.

Gusman Antamba, A. R., & Jativa Pozo, E. J. (2007). DISEÑO DE UNA MÁQUINA CORTADORA REBOBINADORA DE PAPEL. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*, 27.

Howedi, A. (2018). *ResearchGate*. Obtenido de (<https://www.arduino.cc/>)

<http://arthurfriedca.com/>. (2018). Obtenido de https://tcgmotor.en.alibaba.com/product/1168203144-215096436/50RPM_2HP_Helical_Gear_Motor.html

- Jesus, M. (Diciembre de 2012). *Maquinas Electricas en Tecnologia Industrial*. Obtenido de <http://motoreselectricostecnoindustrialii.blogspot.com/2012/12/>
- KISGAL. (2017). Obtenido de <https://www.kisgal.com/la-soldadura-arco-electrico/>
- LOGO. (2017). *LOGO controladora logica programable de SIEMENS*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/61774232/Descripcion-y-uso-del-PLC-LOGO-230-RC-Siemens>
- Manzano, R. P., & Mosquera, D. E. (2016). "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BOBINADORA SEMIAUTOMÁTICA PARA INDUCIDOS DE MOTORES ELÉCTRICOS DE DIÁMETROS ENTRE (30 – 70) MM, PARA LA EMPRESA "SERVICIOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES DELTA" (AMBATO – ECUADOR)". *UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS*.
- Martinez , A., Ahumada, S., & "Eslava, B. (2015). UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. *Vision Electronica*.
- MENICS. (2018). *La Casa del Control y el Gabinete, S.A de C.V*. Obtenido de www.lacasadelcontrol.com.mx
- Peinado Flores , H. (2009). REDISEÑO DE SISTEMA DE GUÌAS PARA MÀQUINA REBOBINADORA DE PAPEL (WEB WELDER) EN LA EMPRESA PAPELSA S.A. . *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN FACULTAD DE MINAS ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA Y MECANICA MEDELLIN* .
- Photobucket. (2018). *Uploaded by OptimusTronic*. Obtenido de <http://photobucket.com/gallery/user/OptimusTronic/media/bWVkaWFJZDoxNjEzNzE1NA==/?ref=>
- Portela Alvarez, A. (2017). *aulavirtual*. Obtenido de http://www.edu.xunta.gal/centros/iesderodeira/aulavirtual2/file.php/12/Trabajos_Subir_Nota/Puertas_logicas.pdf
- Proyesa. (2015). Proyesa Repuesto Automotriz e Industrial. *Manual Tecnico de perno*.
- Quesada Navarro, R. (2018). Diseño e Implementacion de Maquina Bobinadora de Cable. *UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA*, 8.
- Rodríguez Pozueta, M. (2017). Máquinas Eléctricas G862. *Universidad de Cantabria*, 4.
- Rojas Castro, L. J., & Cortez Ferreira, C. A. (2014). APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA EL CAMBIO DE BOBINA. *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*.
- RS. (2018). Obtenido de <https://uk.rs-online.com/web/p/microswitches/2900479/>
- SEWEURODRIVE. (2014). INSTRUCCIONES DE MONTAJE Y FUNCIONAMIENTO. *SEWEURODRIVE*.

SIEMENS. (2017). *Alma de Herrero*. Obtenido de <http://almadeherrero.blogspot.com/2008/07/autmata-programable-logo-230-rc.html>

Store, A. (2018). *Arduino*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

V, E. (24 de JULIO de 2017). *ESTUDIO V*. Obtenido de ESTUDIO V: <https://www.youtube.com/watch?v=BnoYs0ZRKLU>

Wikipedia. (2017). *Wikipedia. La enciclopedia libre*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Campo_\(f%C3%ADsica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Campo_(f%C3%ADsica))

Wikipedia. (2018). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso

www.bobinadorasgmr.com.ar. (s.f.). Obtenido de www.bobinadorasgmr.com.ar

ANEXOS

Anexo 1: Diseño de estructura de base para maquina bobinadora

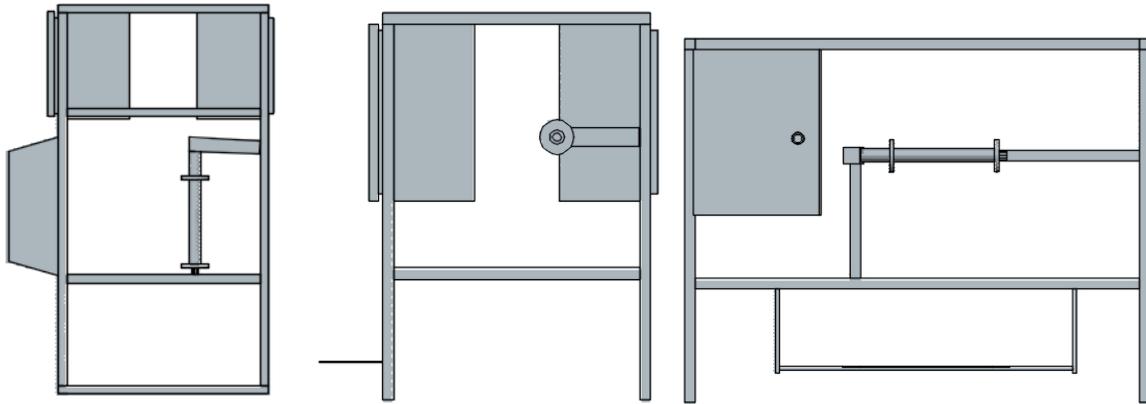


Figura 64 Estructura de base para maquina bobinadora.
Fuente: Autor

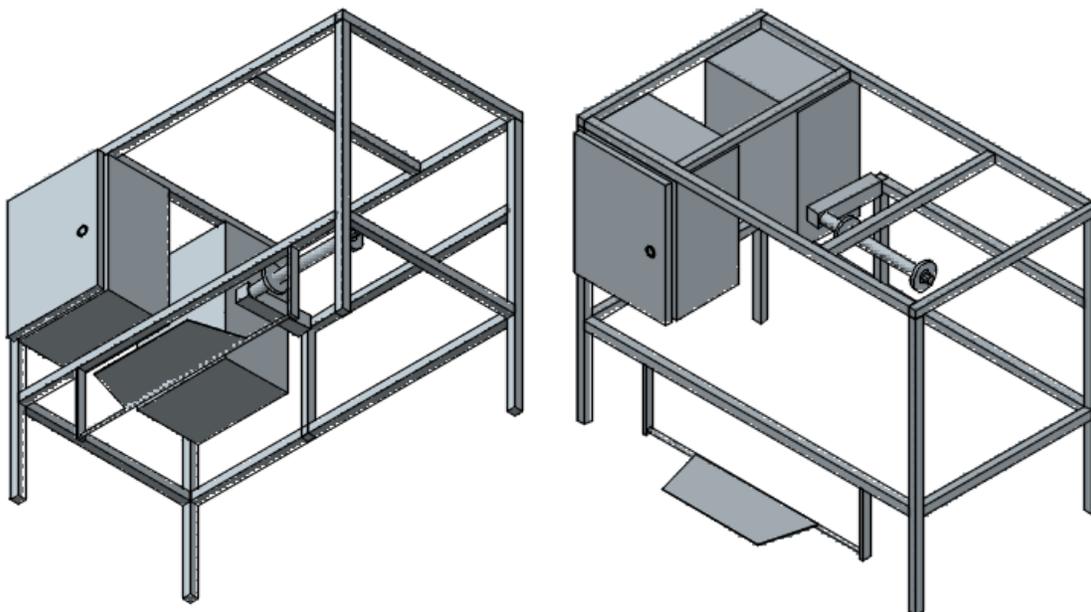


Figura 65 figura isométrica de estructura de base
Fuente: Autor

Anexo 2: Diseño del panel de Control con sus elementos eléctricos

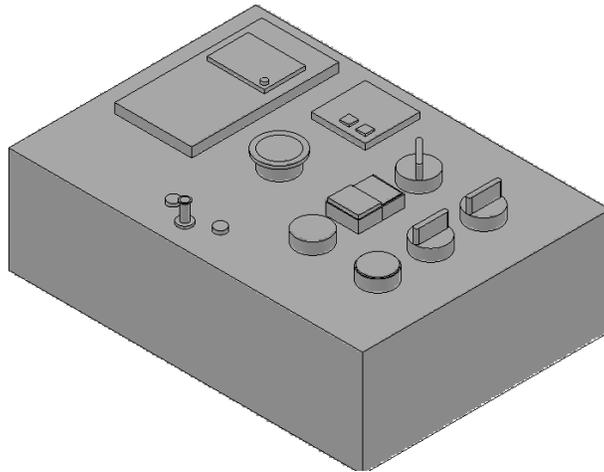


Figura 66 Vista isométrica so del panel de control
Fuente: Autor

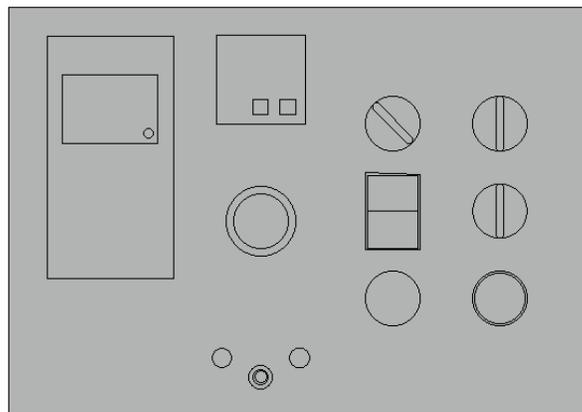


Figura 67 Vista frontal del panel de control
Fuente: Autor

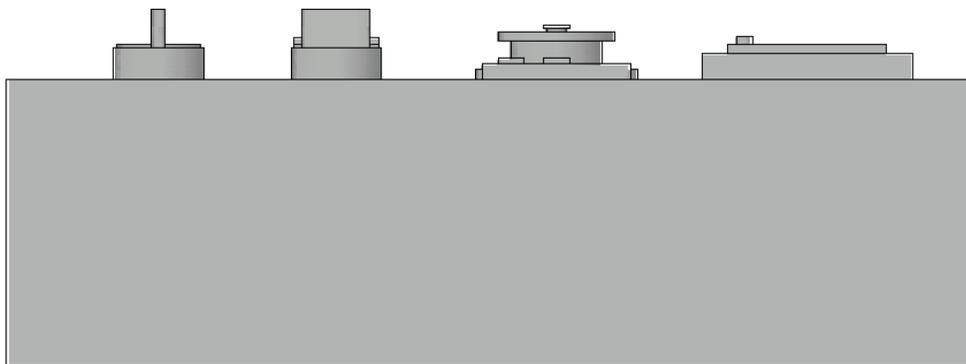


Figura 68 Vista lateral del panel de control
Fuente: Autor

Anexo 3: Diseño y partes principales de la maquina Bobinadora

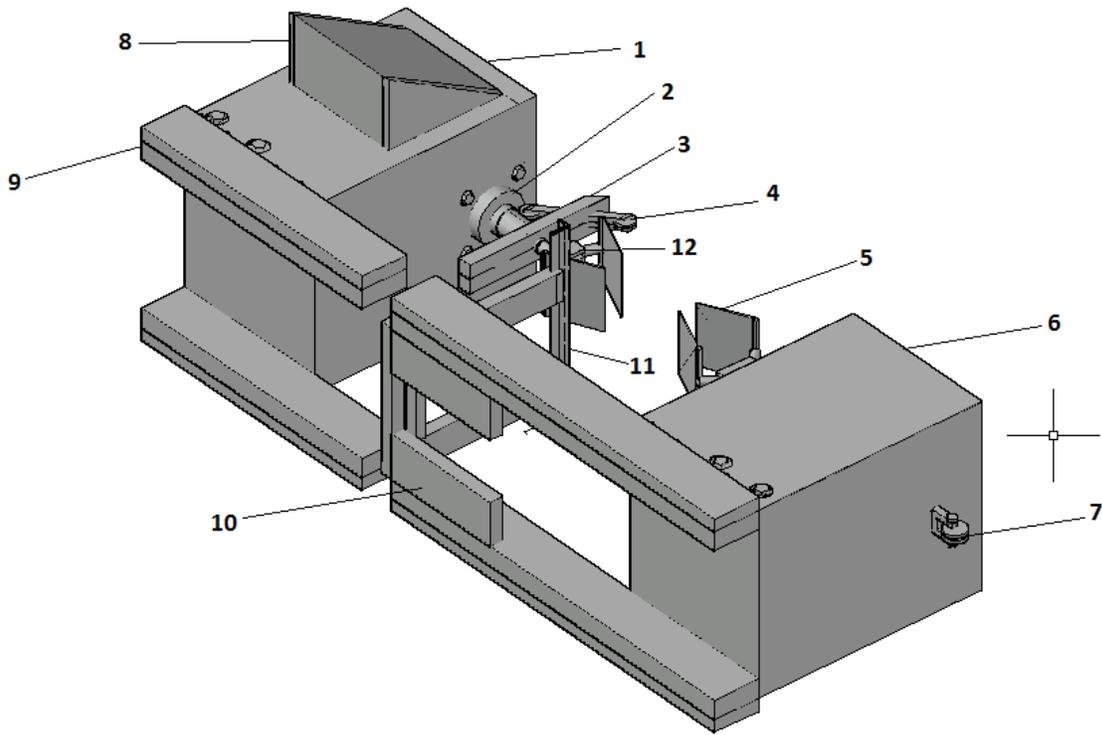


Figura 69 Vista isométrica de sistema mecánico de maquina rebobinadora
Fuente: Autor

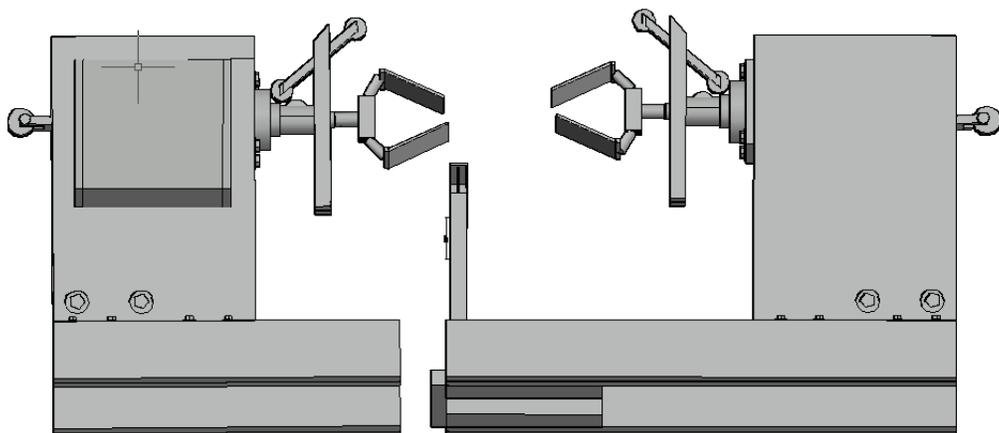


Figura 70 Vista frontal de sistema mecánico de maquina rebobinadora
Fuente: Autor

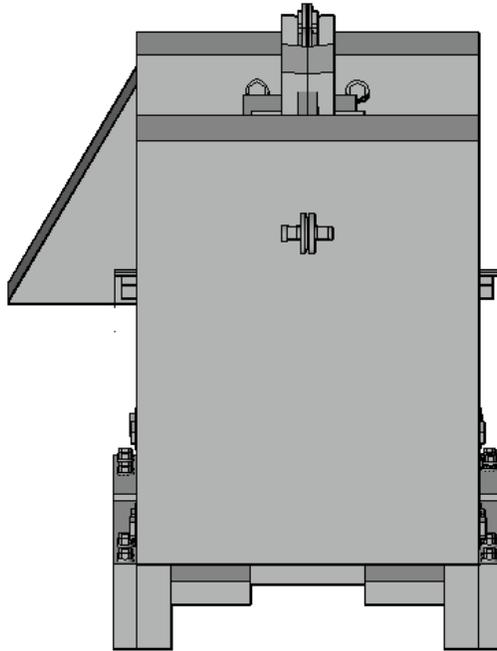


Figura 71 Vista lateral de sistema mecánico de maquina rebobinadora
Fuente: Autor

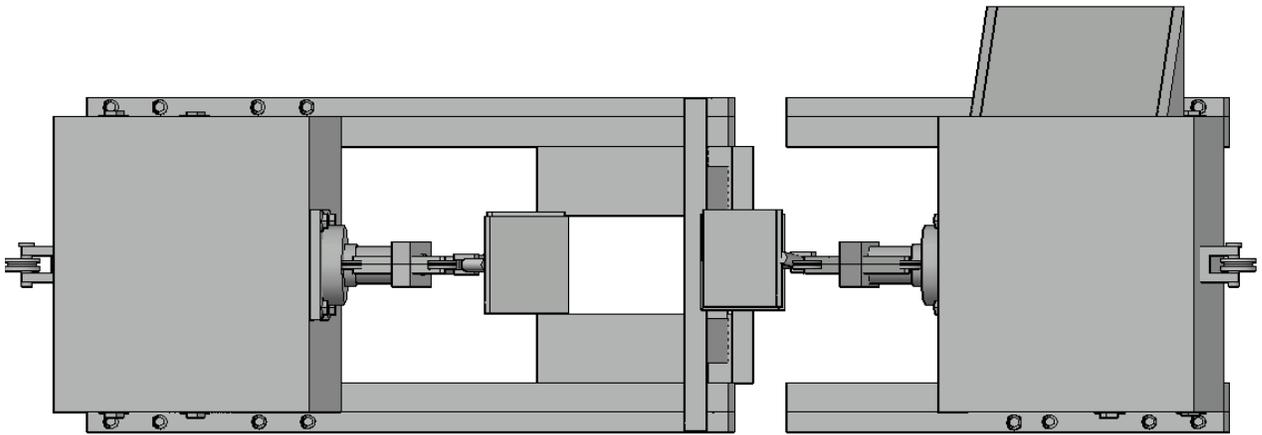


Figura 72 Vista superior de sistema mecánico de maquina rebobinadora
Fuente: Autor

Anexo 4: Dimensiones del panel de control y sus elementos eléctricos

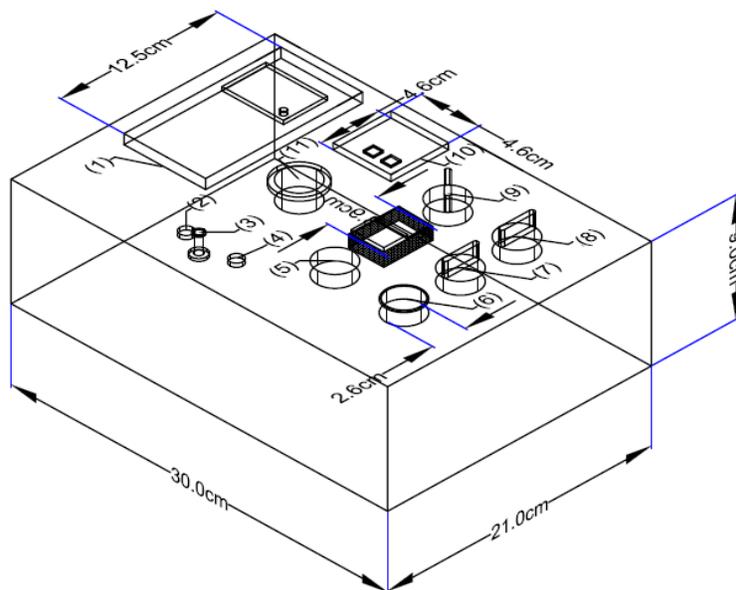


Figura 73 Vista isométrica del panel de control
Fuente: Autor

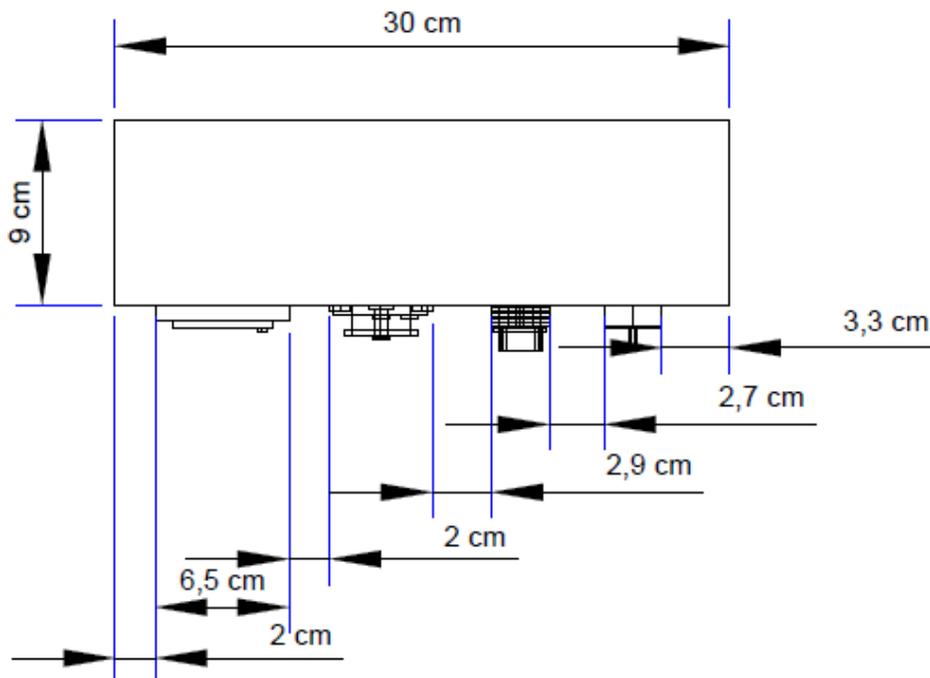


Figura 74 Vista superior del panel de control
Fuente: Autor

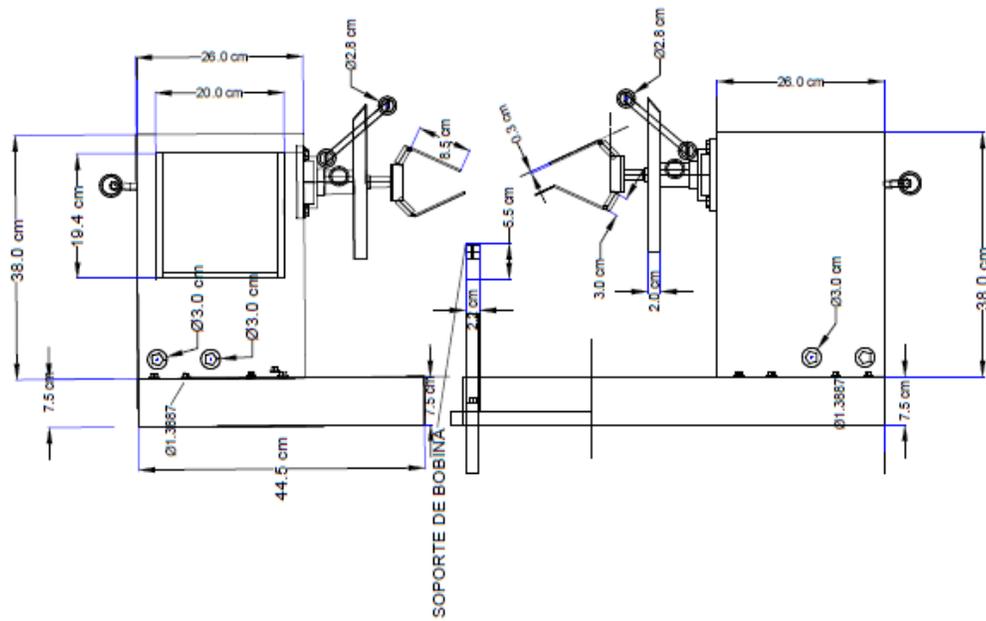


Figura 76 Vista frontal de maquina bobinadora
Fuente: Autor

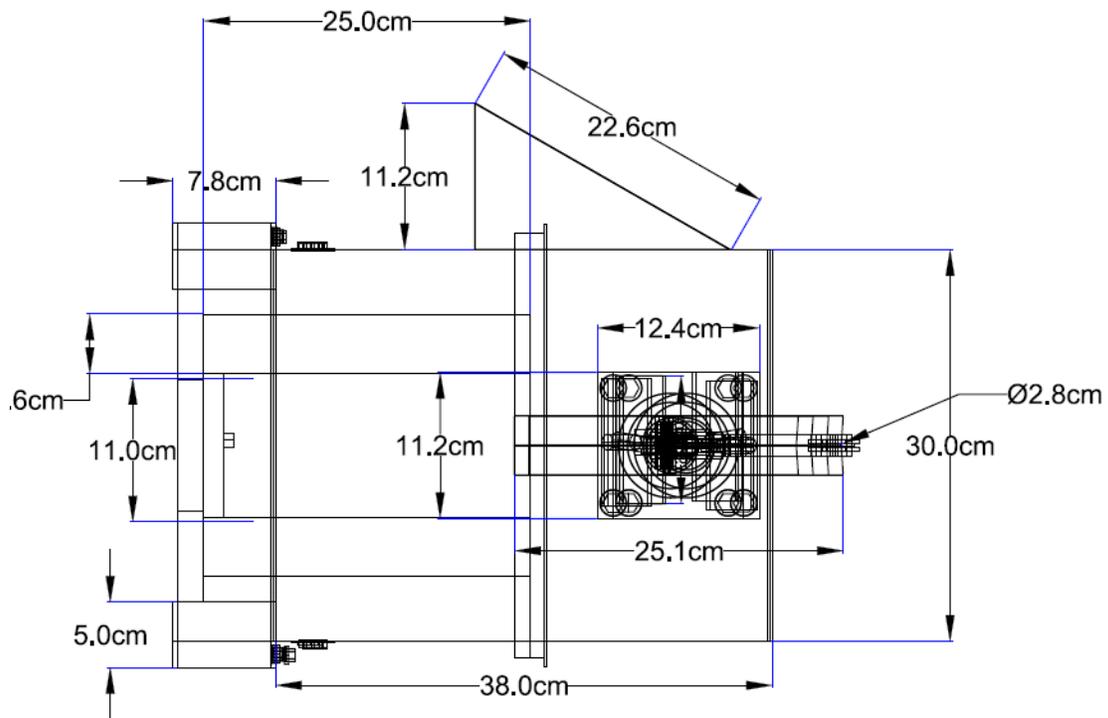


Figura 77 Vista lateral de maquina bobinadora
Fuente: Autor

Anexo 6: Dimensiones de estructura base

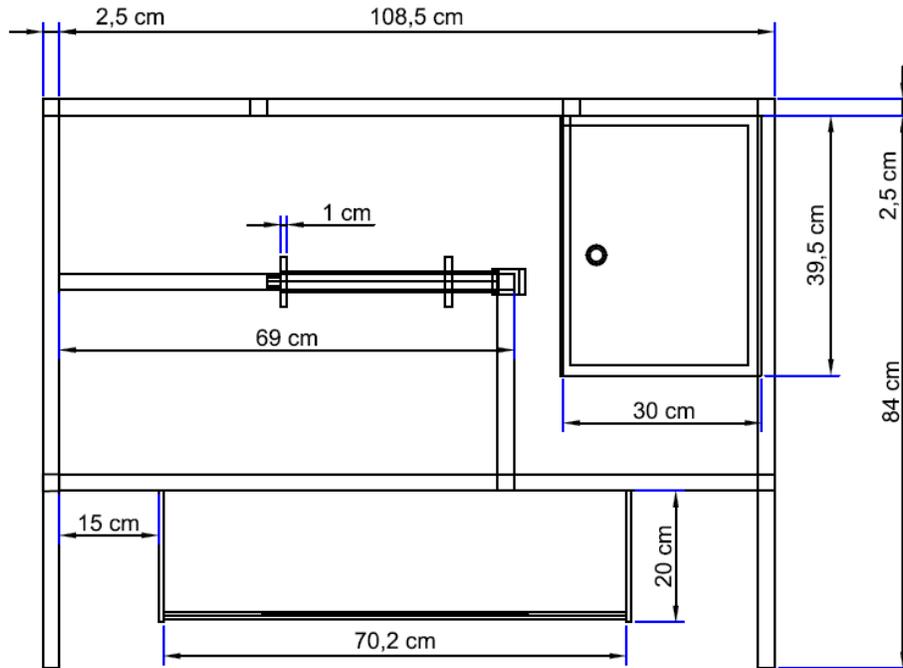


Figura 78 Vista frontal de estructura base
Fuente: Autor

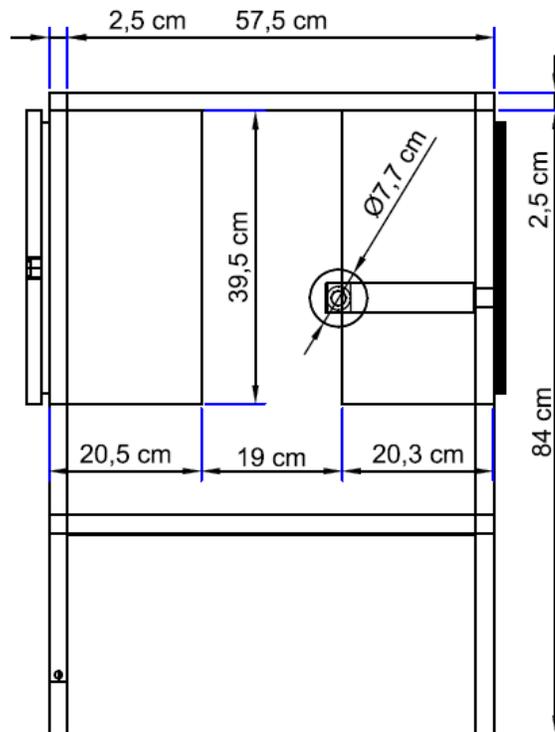


Figura 79 Vista lateral de estructura base
Fuente: Autor

Anexo 7: Diagrama general del funcionamiento del sistema eléctrico

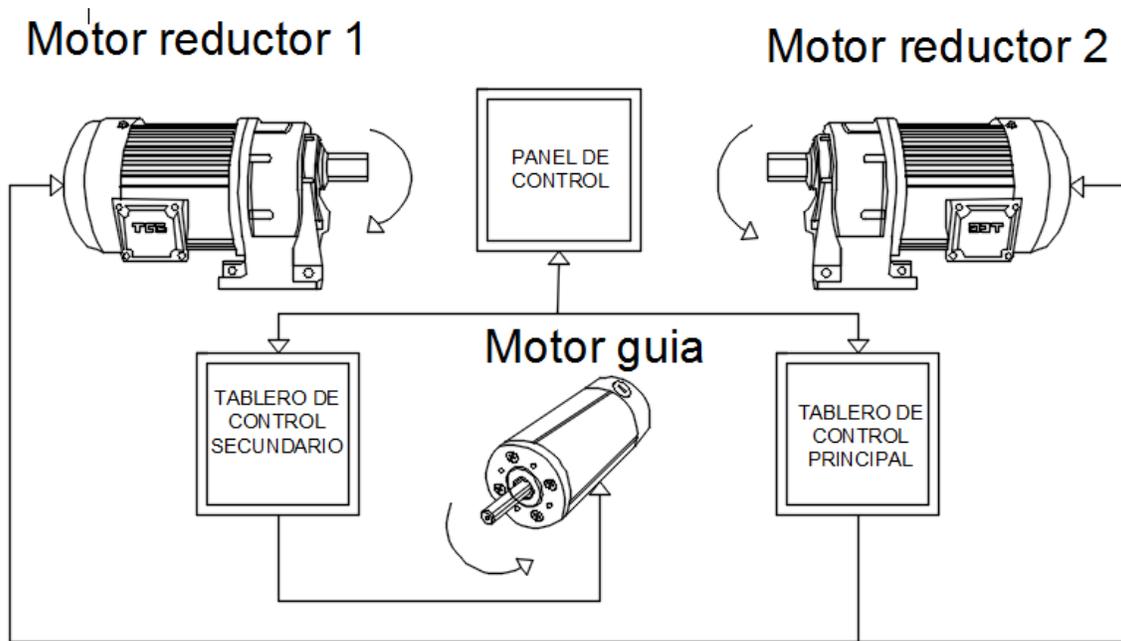


Figura 80 Diagrama general del funcionamiento del sistema eléctrico.
Fuente: Autor

Anexo 8: Lista de materiales eléctricos para panel de control

Tabla 10: Presupuesto de materiales y mano de obra

CANTIDAD	DESCRIPCION
1	VARIADOR DE FRECUENCIA TRIFASICO 1/2 HP LS
1	CONTADOR DIGITAL DE SEIS DIGITOS CG4 SOMMV
1	PULSANTE TIPO HONGO N.O.
2	SELECTORES TRES POSICIONES CAMSCO 22MM
1	SELECTORES DOS POSICIONES CAMSCO 22MM
1	PULSANTE CONTACTO N.O. CAMSCO 22MM
2	PULSANTE DOBLE MARCHA/PARO CAMSCO 22MM
1	PILOTO Y SIRENA 120V/220V CAMSCO 22MM
1	POTENCIOMETRO 5KOHM 1/4 W
2	LEDS ALTA LUMINOSIDAD

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Lista de materiales eléctricos para tablero de control principal

Tabla 11: Presupuesto de materiales y mano de obra

CANTIDAD	DESCRIPCION
1	PLC LOGO SIEMENS 230RCE
1	BREAKER TRIFASICO C20 ABB
1	BREAKER BIPOLAR C2 ABB
4	RELES AUXILIARES DOS CONTACTOS 12V PEQUEÑO CAMSCO
4	BASES 12 PINES CAMSCO
1	BASES 12 PINES CAMSCO
1	RELES AUXILIARES TRES CONTACTOS 12V PEQUEÑO CAMSCO
4	CONTACTORES TRIFASICOS 220V D1210 CHINT
2	CONTACTOS AUXILIARES CHINT
1	FUENTE DE PODER DE 12VDC 5A
18	TERMINALES RIEL DE 10 AMPERIOS PARA 14AWG
1	CANAleta DE 3 CM*8CM
100	METROS DE CABLE FLEXIBLE NUMERO 20AWG
50	TERMINALES PIN PARA 18AWG
50	TERMINALES DOBLE PARA CONDUCTOR 18AWG
1	GABINETE METALICO LIVIANO 30CM*40CM*30CM

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Lista de materiales eléctricos para tablero de control secundario

Tabla 12: Presupuesto de materiales y mano de obra

<i>CANTIDAD</i>	<i>DESCRIPCION</i>
1	TARJETA ARDUINO UNO
2	RELES AUXILARES DOS CONTACTOS 12V GRANDE CAMSCO
2	TRANSISTORES TIP 3055
5	RESISTENCIAS DE 10KOHM 1/4 W
2	RESISTENCIAS DE 330OHM 1/4 W
1	BASES 12 PINES CAMSCO
1	FUENTE DE PODER REGULABLE DE 0-12VDC/2A
1	FUENTE DE PODER FIJA DE 12VDC/1A
1	FUENTE DE PODER FIJA DE 12VDC/1A
1	GABINETE DE METAL LIVIANO 30CM*40CM*20CM
15	TERMINALES RIEEL 20A/14AWG
1	GABINETE DE METAL LIVIANO 30CM*40CM*20CM

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Programación en software ARDUINO para control de motor guía

```
//entradas
int fc1=2;//fin carrera 1
int fc2=3;//fin carrera 2
int marcha=4;//interruptor de encendido-apagado

//salidas
int derecha=8;//salida para rele derecha
int izquierda=9;//salida para rele izquierda

//variables
int estadofc1=LOW;
int estadofc2=LOW;
int estadomarcha=LOW;

void setup() {
  pinMode(2, INPUT);
  pinMode(3, INPUT);
  pinMode(4, INPUT);

  pinMode(8, OUTPUT); //
  pinMode(9, OUTPUT);

  digitalWrite(derecha, LOW);
  digitalWrite(izquierda, LOW);
}

void loop() {
  do{
    estadofc1=digitalRead(fc1);
    estadofc2=digitalRead(fc2);
    estadomarcha=digitalRead(marcha);
  }while((estadofc1==LOW) && (estadofc2==LOW) && (estadomarcha==LOW));

  if ((estadofc1==HIGH) && (estadofc2==LOW) && (marcha==HIGH)) { //El motor
  girará a la izquierda
  digitalWrite(izquierda, !digitalRead(izquierda));
  digitalWrite(derecha, LOW);
  }

  if ((fc1==LOW) && (fc2==LOW) && (marcha==HIGH)) { //El motor girará a la
  izquierda
  digitalWrite(izquierda, HIGH);
  digitalWrite(derecha, HIGH);
  }
  delay(10);
  if ((fc2==HIGH) && (fc1==LOW) && (marcha==HIGH)) { //El motor girará a la
  izquierda
  digitalWrite(izquierda, LOW);
  digitalWrite(derecha, HIGH);
  }
  delay(10);
  }
}
```

Anexo 12: Programación en software LOGO! Soft Comfort V8.1 para PLC OBA8 SIEMENS donde se controla todo el sistema eléctrico

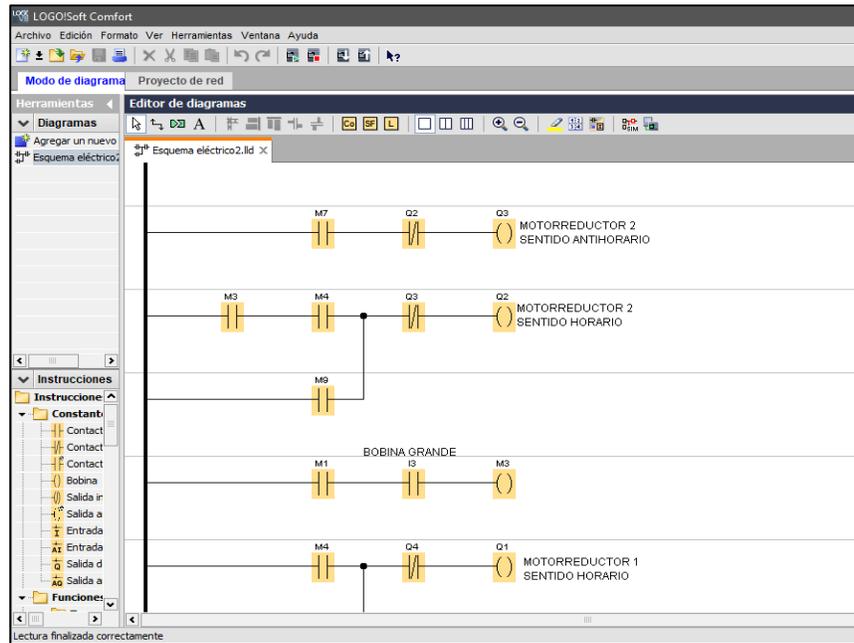


Figura 81: Líneas de programación en software LOGO!
Fuente: Autor

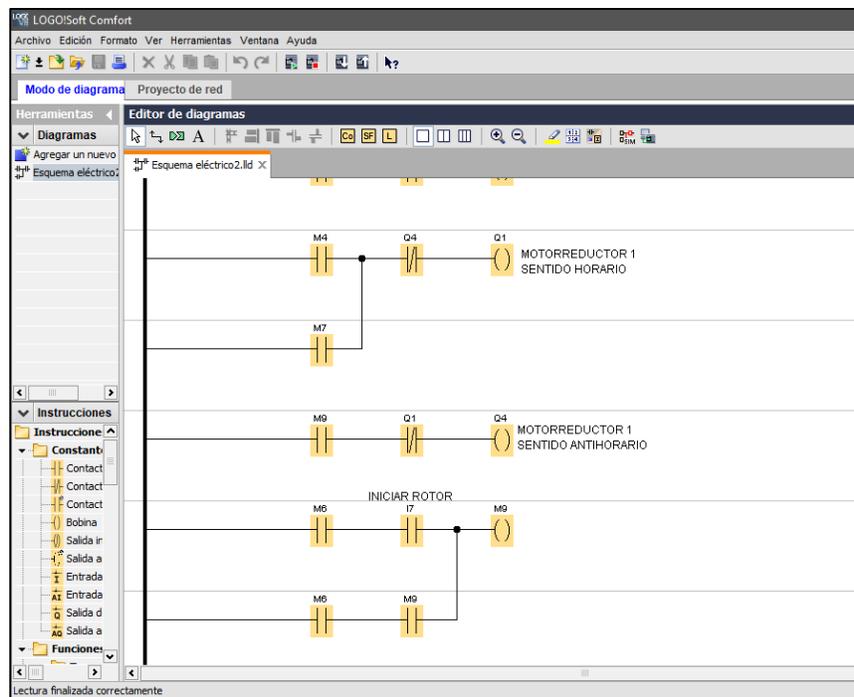


Figura 82: Líneas de programación en software LOGO!
Fuente: Autor

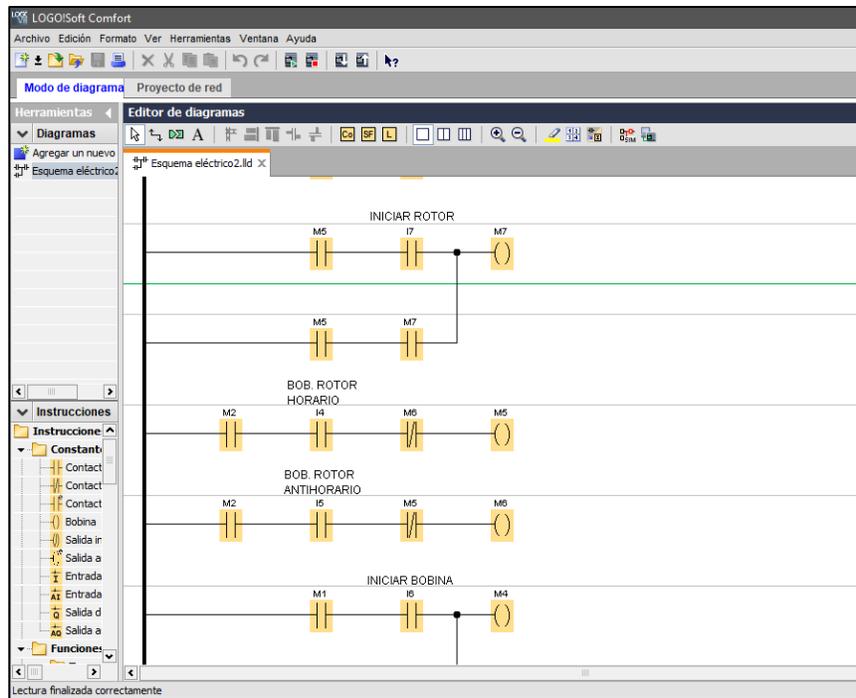


Figura 83: Lineas de programacion en software LOGO!
Fuente: Autor

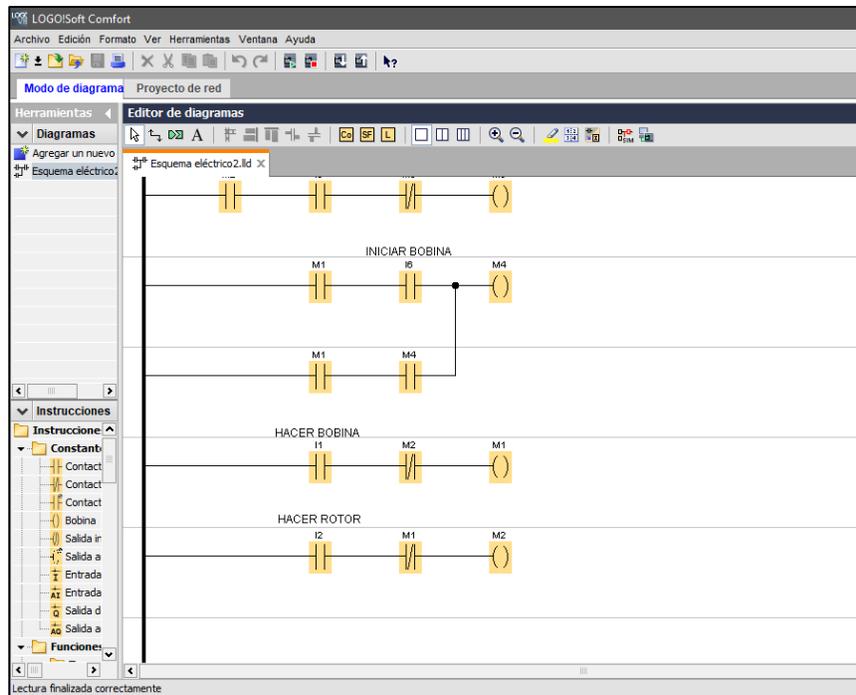


Figura 84: Lineas de programacion en software LOGO!
Fuente: Autor

Anexo 13: Circuito Eléctrico General de Maquina Bobinadora, Diseñado en Cade Simu

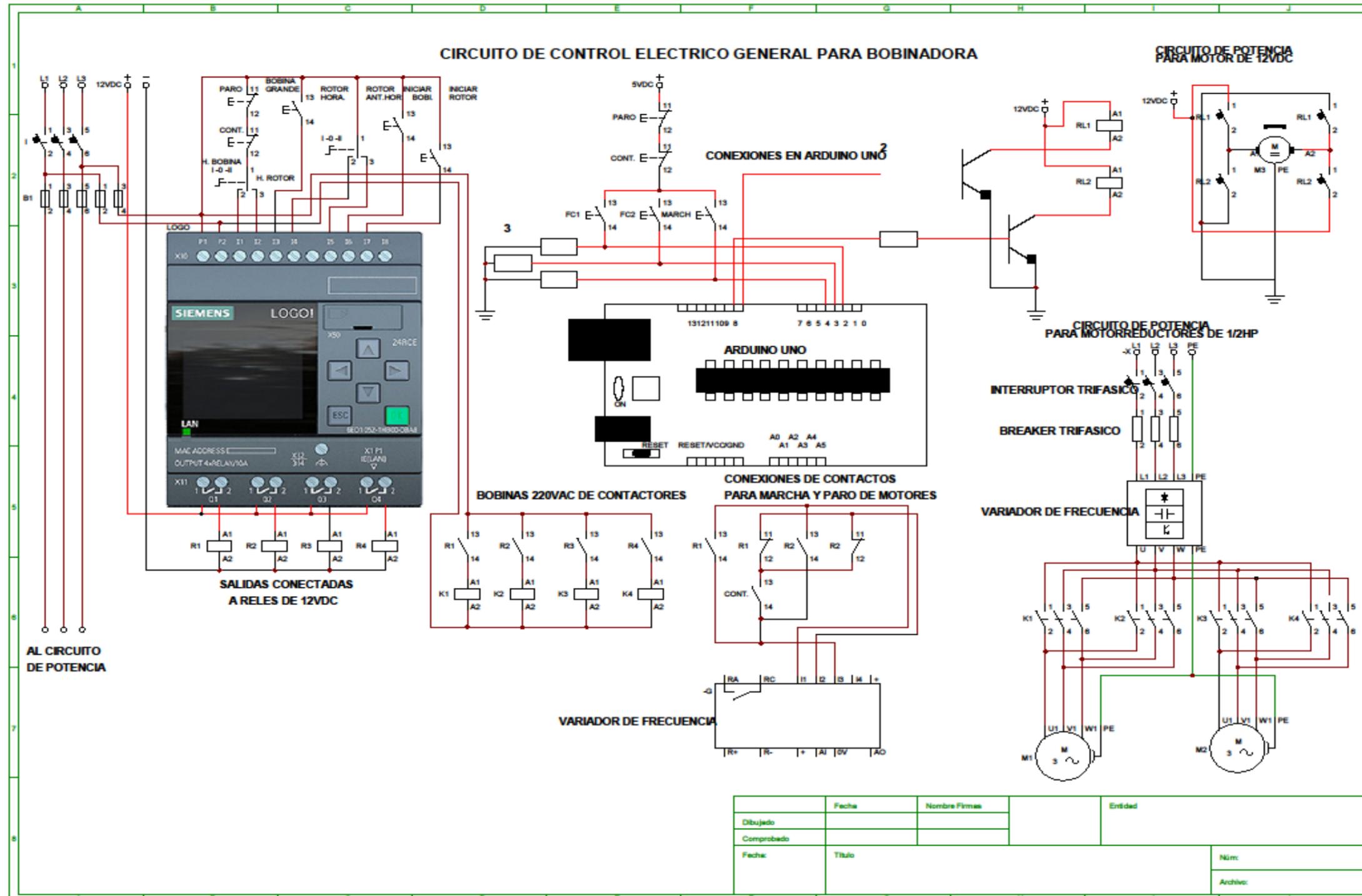


Figura 85: Diagrama eléctrico general.
Fuente: Autor



PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL

Yo, **Freddy Gustavo Saguay Villalta** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0302252333. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Diseño e Implementación del Sistema de Control para una Bobinadora Semiautomática de Rotores y Bobinas Electricas**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 23 de noviembre de 2018

F:


Freddy Gustavo Saguay Villalta
C.I. 0302252333