

**ACTUALIZACION E INSTRUMENTACION DEL BANCO DE POTENCIA EN
LABORATORIOS UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA**

JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, BOYACÁ
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
TUNJA
2023**

**ACTUALIZACION E INSTRUMENTACION DEL BANCO DE POTENCIA EN
LABORATORIOS UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA**

JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN

TESIS DE GRADO

Docente:
FABIAN LEONARDO HIGUERA SANCHEZ
Ing. Electromecánico

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, BOYACÁ
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
TUNJA
2023

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 15 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

*A DIOS PRIMERAMENTE EN SU INFINITA MISERICORDIA,
POR HABERME PERMITIDO REALIZAR ESTE TRABAJO.*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

LUZ AIDIVE FLORIAN CORTES, Medica General de la Universidad Nacional de Colombia 2002-2, Madre del autor de la tesis de grado, quien apoyo al mismo en toda necesidad brindo su cariño y protección.

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA, por el préstamo de sus laboratorios y la logística que se requirió para la presentación del escrito.

FABIAN LEONARDO HIGUERA SANCHEZ, Ingeniero Electromecánico, docente de la facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Santo Tomás seccional Tunja 2023-2, quien con sus conocimientos apporto para el desarrollo de este trabajo, pero debido a su salud no pudo continuar con la ayuda al autor, sin embargo se reconoce su aporte y lucha.

CONTENIDO

	Pág.
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	17
2 ANTECEDENTES	18
3 JUSTIFICACION.....	21
4 OBJETIVOS.....	23
4.1 OBJETIVO GENERAL	23
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
5 DELIMITACION.....	24
5.1 ALCANCE OBJETIVO 1	24
5.2 ALCANCE OBJETIVO 2	24
5.3 ALCANCE OBJETIVO 3	24
5.4 ALCANCE OBJETIVO 4	24
6 MARCO REFERENCIAL	25
6.1 MECANISMOS.....	25
6.2 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.....	25
6.3 DISEÑO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	25
6.4 BANCO DE PRUEBAS	25
6.5 ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO	25
6.6 INSTRUMENTOS DE CONTROL – METROLOGÍA	26
6.7 CONTROL ELÉCTRICO	26
6.7.1 HOMOLOGACION DE COMPONENTES.....	26

7	HIPÓTESIS.....	29
8	RESULTADOS ESPERADOS.....	30
8.1	ENTREGABLE OBJETIVO 1.....	30
8.2	ENTREGABLE OBJETIVO 2.....	30
8.3	ENTREGABLE OBJETIVO 3.....	30
8.4	ENTREGABLE OBJETIVO 4.....	30
9	DISEÑO METODOLOGICO	31
9.1	DISEÑO DE MAQUINAS.....	31
9.2	DISEÑO ELÉCTRICO	31
9.3	INSTRUMENTACIÓN DE SENSORES	31
9.4	DIDÁCTICA.....	32
10	DESARROLLO DE TESIS	33
10.1	PRIMERA ETAPA	33
10.1.1	OBSERVACIÓN DE ALINEACIÓN EN LOS SISTEMAS	33
10.1.2	DISEÑO LAMINA BASE	37
10.1.3	SOPORTES PARA LA ETAPA 1 SISTEMA DE POLEA.....	39
10.1.4	SOPORTES PARA LA ETAPA 1 SISTEMA DE TORNILLO SIN FIN	40
10.1.5	PREPARACION Y FABRICACION DE LOS AGUJEROS EN LOS SOPORTES.....	43
10.1.6	SISTEMAS DE SUJECCIÓN DE CUÑA Y PRISIONERO	44
10.1.7	SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	45
10.1.8	OBSERVAR LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA PARA CAMBIO.....	47
10.1.9	COMPRA DEL SISTEMA DE PIÑÓN – CADENA	48
10.1.10	INSTALACION DEL SISTEMA DE CADENA	50
10.1.11	SISTEMA ENGRANE – CREMALLERA	51
10.1.12	DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL SISTEMA DE CREMALLERA	52
10.1.13	INSTALACION DEL SOPORTE PARA EL SISTEMA CREMALLERA	54

10.1.14	TRATAMIENTO TERMICO PARA TORNILLERIA	55
10.1.15	PINTURA DE COMPONENTES	57
10.1.16	PRIMERA ETAPA DE PINTURA	59
10.1.17	SEGUNDA ETAPA DE PINTURA	60
10.1.18	TERCERA ETAPA DE PINTURA ACCESORIOS DE TRANSMISION	61
10.1.19	SEÑALIZACION DEL PANEL DE CONTROL	62
10.1.20	MANTENIMIENTO Y ENGRASE.....	63
10.2	SEGUNDA ETAPA	64
10.2.1	INSPECCIÓN DEL SISTEMA	64
10.2.2	CABLES SUELTOS EN LA CAJA DE CONTROL ELÉCTRICO	65
10.2.3	CABLEADO EXTERNO	66
10.2.4	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.....	67
10.2.5	INDICADORES LED DE GIRO	68
10.2.6	BOTONES PARA ACCION DE GIRO	69
10.2.7	INSTALACIÓN DE LOS FINALES DE CARRERA EN EL SISTEMA ENGRANE – CREMALLERA.....	70
10.2.8	SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE FINAL DE CARRERA	70
10.2.9	DATASHIELD SENSOR FIN DE CARRERA.....	72
10.2.10	DISEÑO CODIGO IMPRESIÓN 3D	73
10.2.11	INSTALACION DE LOS SENSORES	74
10.2.12	PROTECCIÓN DEL CABLEADO DE LOS SENSORES FIN DE CARRERA.....	76
10.3	TERCERA ETAPA.....	78
10.3.1	INSPECCIÓN DE LA NECESIDAD PARA EL SISTEMA DE SENSORES	78
10.3.2	SELECCIÓN DE LOS SENSORES PARA MEDICION DE VELOCIDAD.....	79
10.3.3	DATASHIELD SENSOR DE EFECTO HALL KY-035	81
10.3.4	SELECCIÓN DE LA COMPUTADORA.....	82
10.3.5	DATASHIELD ARDUINO UNO R3	84
10.3.6	VISALIZACION DE DATOS POR PANTALLA LED	85
10.3.7	DATASHIELD PANTALLA LED 1602 COLOR AZUL.	87
10.3.8	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION.....	88
10.3.9	VENTILADORES EN EL MERCADO.....	88
10.3.10	DATASHIELD VENTILADOR COMERCIAL DE 5V SUNON.....	89

10.3.11	CÓDIGO DEL PROGRAMA A INSTALAR EN LOS MICROCONTROLADORES.....	89
10.3.12	CONEXIÓN DE COMPONENTES	90
10.3.13	VARIACION DEL CODIGO PARA LAS ETAPAS	93
10.3.14	FABRICACIÓN DEL SHIELD PARA CONEXIÓN RÁPIDA TIPO BORNERA.....	94
10.3.15	DISEÑO DEL SHIELD	94
10.3.16	COMPONENTES DEL SHIELD.....	95
10.3.17	UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES.....	95
10.3.18	ESQUEMA DE CONEXIONES.....	96
10.3.19	FABRICACIÓN DE LA CAJA DE COMPONENTES	97
10.3.20	CODIGO POR UBICACIÓN ETAPA.....	101
10.3.21	CODIGO DE COLOR EN CABLES DEL MODULO	101
10.3.22	IDENTIFICACION DEL COLOR EN LOS CABLES DE CONEXIÓN	102
10.3.23	CARCASA PARA SENSORES EFECTO HALL.....	105
10.3.24	DISEÑO DEL CASE AISLANTE PARA EL IMAN DE PULSO.....	106
10.3.25	FABRICACIÓN DE LOS SOPORTES PARA CARCASAS SENSORES HALL.....	108
10.3.26	PINTURA E INSTALACION DE LAMINAS SOPORTE PARA SENSORES	112
10.3.27	INSTALACIÓN DE LOS IMANES PARA MEDIR LA INTERRUPCIÓN	113
10.3.28	INSTALACIÓN DEL CABLEADO Y PROTECCIÓN	114
10.3.29	RELLENO DEL SENSOR CON SILICONA PARA IMPERMEABILIZAR	115
10.4	CUARTA ETAPA	117
10.4.1	MANUAL DE OPERACIÓN CONTROL.	118
10.4.2	MANUAL DE OPERACIÓN MODULO RPM.....	120
10.4.3	PRACTICA DE LABORATORIO DISEÑO.	122
10.4.4	PRACTICA DE LABORATORIO INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.	123
10.4.5	CODIFICACIÓN	124
10.4.6	HOJA DE VIDA DE LA MAQUINA.....	125
10.4.7	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO	127
10.4.8	CHECK LIST DEL BANCO.	128
10.4.9	CRITICIDAD	129
10.4.10	ANÁLISIS RCM.....	130

11	RESULTADOS	132
12	CONCLUSIONES.....	133
13	PRESUPUESTOS	134
14.	BIBLIOGRAFIA.....	135
14	ANEXOS.....	137

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz de decisión para la selección del sensor fin de carrera.....	71
Tabla 2. Matriz de decisión para la selección de los sensores de velocidad angular.	80
Tabla 3. Matriz de selección para el controlador usando en la instrumentación....	83
Tabla 4. Matriz de decisión para la selección de la pantalla LED.....	86
Tabla 5 Presupuesto proyecto banco de transmisión de potencia 2023-2.	134

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sensor efecto Hall.....	26
Figura 2. Motor Homologado.....	27
Figura 3. Aspecto general de la maquina entregada.	33
Figura 4. Etapa M – Etapa 1 de la máquina.	34
Figura 5. Etapa 2 – Etapa 3 de la máquina.	35
Figura 6. Etapa 4 – Etapa 5 del banco.	36
Figura 7. Motor de la máquina.....	37
Figura 8. Diseño del soporte para el anclaje seguro del motor.	38
Figura 9. Soporte 1 de la Etapa 1, Soporte empleado para el anclaje a la estructura de la chumacera del lado de la polea.	40
Figura 10. Soporte 2 de la Etapa 1, Soporte empleado para el anclaje a la estructura de la chumacera del lado del tornillo sin fin.	41
Figura 11. Maquina empleada en el doblado de lámina de acero A36.	41
Figura 12. Maquina empleada para el corte de lámina de acero A36.	42
Figura 13. Procesamiento de las láminas dobladas.	43
Figura 14. Proceso de fabricación de agujeros para los soportes mediante el uso de fresadora.	44
Figura 15. Sistema sin cuña en la etapa 5 de la máquina.	45
Figura 16. Sistemas sin tornillo prisionero y sin cuña en la etapa 1, el sistema también esta desalineado.	46
Figura 17. Sistemas de sujeción de accesorios con tornillos tipo prisionero nuevos.	47
Figura 18. Sistema de transmisión por cadena antiguo, este sistema debe mejorarse a un sistema más robusto e industrial.	48
Figura 19. Sistema de Piñón – Cadena Nuevo, este sistema es más robusto que el sistema que poseía la máquina.	49
Figura 20. Mecanizado para ampliación del agujero central del piñón motriz.	50
Figura 21. Instalación del sistema de piñón - cadena.	51

Figura 22. Sistema de engrane - cremallera a rediseñar.....	52
Figura 23. Diseño CAD de soporte del sistema de cremallera.	53
Figura 24. Diseño CAD de la silla para la elevación de la cremallera, esta silla se posiciona sobre el soporte de la cremallera.	54
Figura 25. Sistema de cremallera final preparado e instalado en el banco.	55
Figura 26. Tratamiento térmico, por seguridad en el momento que se toma la fotografía, no está en calentando soplete.	56
Figura 27. Recipiente contenedor de la tornillería, tiempo después de hacer el tratamiento térmico.....	57
Figura 28. Lavado general de la máquina con agua y jabón, esta proceso permite que la pintura logre un mejor acabado.	59
Figura 29. Estructura de la maquina totalmente pintada en gris plata.....	60
Figura 30. Motor con su nueva pintura azul mate.	61
Figura 31. Engranajes Rectos de la Etapa 4 y Etapa 5 con su pintura de protección color negro.	62
Figura 32. Impresión de las calcomanías.	63
Figura 33. Caja de control eléctrico, esta imagen evidencia el estado de la caja de control anterior a su restauración.	64
Figura 34. Imagen de referencia para algunos cables sueltos en el circuito que se encuentra dentro de la caja de control de la máquina.	65
Figura 35. Instalación de terminales en las puntas de los cables de conexión en la caja de control.	66
Figura 36. Cableado sin terminales y con mala conexión, esta conexión pudo haber provocado un corto en el sistema.	67
Figura 37. Preparación y pintura de la Caja de control.	68
Figura 38. Reparación de los bombillos led en mal estado, se procedió a instalar terminales en sus cables de conexión.....	69
Figura 39. Sensor fin de carrera seleccionado.	72
Figura 40. Procesado del solido 3D de la caja de electrónicos en software CURA.	74

Figura 41. Conexión con terminales del cableado para los sensores de fin de carrera.	75
Figura 42. Instalación de los sensores fin de carrera en la guía del sistema de cremallera Etapa 5.	76
Figura 43. Sujeción de los cables para la conexión de los sensores fin de carrera a la estructura.....	77
Figura 44. Sensor de efecto hall seleccionado.....	81
Figura 45. Arduino Uno R3 seleccionado.	84
Figura 46. Pantalla LED 1602 color azul seleccionada.	87
Figura 47. Ventilador comercial empleado para la refrigeración de las pantallas y Arduinos.	89
Figura 48. Diseño de conexión electrónica para los componentes de control, visualización y lectura.	90
Figura 49. Código desarrollado para la lectura de Revoluciones por minuto en 6 ejes.....	91
Figura 50. Variación del código para las diferentes etapas de la máquina.....	94
Figura 51. Identificación de la ubicación ideal de las borneras para la fabricación del shield.	95
Figura 52. Soldaduras de estaño para las pistas de cobre, esmalte	96
Figura 53. Diagrama de colores de cables en la conexión rápida para las borneras del shield.	97
Figura 54. Diseño CAD para la caja de electrónicos de la máquina.....	98
Figura 55. Diseño CAD para la tapa de la caja de electrónicos.	99
Figura 56. Procesamiento de la caja para la impresión 3D mediante CURA.	100
Figura 57. Procesamiento de la tapa en la caja de electrónicos para la impresión 3D.....	101
Figura 58. patrón de colores en la conexión de los sensores.....	102
Figura 59. Diseño CAD para la carcasa del módulo sensor de efecto hall.....	105
Figura 60. Procesamiento de la carcasa para la impresión 3D mediante CURA.	106
Figura 61. Diseño CAD del soporte aislante para el imán de pulso.	107

Figura 62. Procesamiento del case para el imán de pulso en impresión 3D mediante CURA.	108
Figura 63. Soporte del sensor efecto hall para la etapa del motor.	109
Figura 64. Soporte del sensor efecto hall para la etapa 1.	110
Figura 65. Soporte del sensor efecto hall para la etapa 2.	111
Figura 66. Soporte del sensor efecto hall para la etapa 3.	112
Figura 67. Pintura e instalación de los soportes del sensor Etapa M.	113
Figura 68. Instalación de los imanes en la polea de la Etapa 1.....	114
Figura 69. Ocultamiento y sujeción del cableado a la estructura del banco.....	115
Figura 70. Relleno de silicona en la carcasa del sensor hall.	116
Figura 71. Proyecto Banco de potencia en funcionamiento.	132

TABLA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 PLANOS DE FABRICACION.	137

GLOSARIO

BDP: Banco de potencia.

CAD: acrónimo de diseño asistido por ordenador.

DISEÑO DE POTENCIA: diseño de elementos de transmisión de potencia para maquinas o equipos en ingeniería.

EDRAW ELECTRICAL CAD: software especializado para dibujar planos eléctricos mediante diseño asistido por ordenador.

LED: Diodo emisor de luz.

NTC 2050: Norma técnica colombiana que salvaguarda a las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad.

NTC 2183: Norma técnica colombiana que reconoce el nivel aceptado internacionalmente de protección contra riesgos tales como eléctricos o mecánicos.

RPM: acrónimo de revoluciones por minuto.

USTA: Universidad Santo Tomás.

ADOBE ILLUSTRATOR: software especializado para el diseño gráfico y fabricación de logos, calcomanías y publicidad en general, pertenece a la empresa de software Adobe Systems Incorporated.

ACERO A36: es un acero al carbono de calidad estructural. Su resistencia, conformabilidad y excelentes propiedades de soldadura lo hacen adecuado para una gran variedad de aplicaciones.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

La facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás cuenta con un banco de pruebas para mecanismos de transmisión de potencia, el cual posee sistemas de transmisión por engranes rectos, cónicos, sin fin corona, poleas y correas, cadena y piñón. el equipo en la actualidad no es seguro ya que el sistema está abierto, además las variables cinemáticas no se pueden medir directamente, algunas partes del mecanismo faltan y el accionamiento eléctrico del equipo necesita revisión y reestructuración. Por otra parte, la facultad no cuenta con guías actualizadas para la ejecución de prácticas en este banco, lo que ocasiona la subutilización de este.

El banco es en una necesidad fundamental para la formación de los estudiantes de diseño, y su relevancia se extiende aún más a la facultad de Ingeniería Mecánica en su conjunto. Actualmente, los estudiantes de esta disciplina no tienen acceso a prácticas que complementen adecuadamente el aspecto teórico de los sistemas de transmisión de potencia.

A su vez, la medición de variables de velocidad no se encuentra instrumentada, ocasionando que no se pueda confrontar el componente teórico con la práctica, dejando una incertidumbre en el desarrollo de la experimentación.

Actualmente el equipo necesita una serie de actividades de mantenimiento, automatización y control, lo que conducen a realizar una actualización e instrumentación del banco, que requiere unas tareas de alineación, sujeción, control eléctrico e instrumentación de las etapas de transmisión para darle seguridad en su manipulación, aplicabilidad como máquina didáctica y de prácticas de laboratorios.

Debido a lo anterior procede la necesidad de realizar estas actividades y nace la pregunta de investigación: ¿Con la actualización e instrumentación del banco de potencia de los laboratorios de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, se puede contribuir en desarrollo de prácticas de las diferentes asignaturas asociadas a la transmisión de potencia?

2 ANTECEDENTES

Los antecedentes respecto a la fabricación de bancos de transmisión de potencia muestran que los primeros desarrollos de este tipo de bancos se llevaron a cabo en universidades como proyectos alternativos. Con el avance de estas tecnologías, empresas como G.U.N.T., HSNA Ingenieros, PHYWE y Electroequipos desarrollaron bancos hidráulicos, neumáticos, eléctricos y mecánicos. Estos bancos se utilizan para el estudio de diversos fenómenos o el mantenimiento de máquinas, como bombas de agua, motores, sistemas de engranajes y sistemas de refrigeración, entre otros.

En las ofertas del mercado didáctico que publican los diferentes fabricantes de bancos de pruebas (GUNT, HSNA, PHYWE), presentan las siguientes opciones para satisfacer la demanda de equipos didácticos, de acuerdo con los requerimientos del cliente o el diseño del banco, el fabricante ofrece:

- GUNT
 - Estructura por módulos independientes.
 - Manual de operación y guía didáctica para equipos.
 - Materiales de alta calidad
 - Precio competitivo.
 - Garantía y servicio postventa.
- HSNA
 - Estructura por módulos con panel de trabajo doble (Para trabajo de 6-8 personas).
 - Manual de operación y mantenimiento de los equipos.
 - Guía de ejercicios del estudiante con ejercicios prácticos.
 - Instalación de Productos – soporte técnico.
 - Garantía y servicio postventa.
- PHYWE
 - Fabricación de estructuras de anclaje o modulo metal – polímeros.
 - Materiales de calidad resistentes a oxidación.
 - Soporte técnico post venta.
 - Instalación de productos.
 - Garantía y servicio postventa de una empresa con 24 años en el mercado.

Los precios de los bancos pueden variar según su equipamiento, materiales de construcción y tamaño. Las empresas organizan su catálogo de equipos según el área de estudio. Los valores de mercado de los equipos de transmisión de potencia oscilan entre \$3,500 dólares y \$75,000 dólares. GUNT, una marca alemana

reconocida, suministra diversos equipos didácticos a la Universidad Santo Tomás, seccional Tunja, como el banco de análisis de flujo hidráulico.

Los bancos de transmisión de potencia para el desarrollo didáctico en universidades son temas para trabajos de grado, como ejemplo se tomó el análisis de 3 estudios respecto al tema de estudiantes de ingeniería mecánica en diferentes universidades:

- Primero

Título: Banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia
Autores: Diego Fernando Carvajal Ávila - Melvin Armando Rojas Galviz.
Universidad Pontificia Bolivariana 2010

Este documento aborda la fabricación de un banco de transmisión de potencia que utiliza poleas como elementos de transmisión. Para este propósito, se emplea un motor eléctrico. A lo largo del trabajo de grado, se detallan los diversos elementos de transmisión de potencia, así como sus ventajas y desventajas de diseño, entre otros aspectos relevantes.

Los autores realizan un estudio exhaustivo de las fuerzas y torques a los que se somete el sistema de poleas. Para el análisis de diseño en los diferentes ejes, se emplea el software ANSYS para evaluar las cargas, identificando las regiones críticas y determinando el diámetro del eje de acuerdo con el factor de seguridad deseado.

Una vez completado el análisis, el autor procede a la fabricación e instalación del sistema de control eléctrico. Después de llevar a cabo pruebas y realizar correcciones en el sistema, los autores evalúan el mismo y concluyen que a medida que aumenta el número de elementos y la velocidad de giro, se produce una reducción en el torque, debido a las pérdidas mecánicas en cada etapa de transmisión.

- Segundo

Título: Diseño y Construcción de una Instalación para el Estudio de las Transmisiones de Potencia Mecánica
Autores: Kevin Grajales Ochoa - Paola Andrea García Mesa.
Universidad Tecnológica de Pereira 2015

En este trabajo se abordan los distintos sistemas de transmisión, reductores de velocidad y frenos. A partir de esto, se procede al diseño del banco, describiendo los componentes y las limitaciones del diseño. Para lograrlo, el autor realiza cálculos relacionados con la construcción, la selección del motor y la adquisición de los materiales necesarios para la creación del banco.

En lo que respecta a los elementos de transmisión de potencia, se llevan a cabo los siguientes pasos:

Para el sistema de correa, se realiza un estudio de velocidad, perfil, potencia y distancia entre centros para su instalación, además del dimensionamiento de las poleas a instalar.

En cuanto a los engranajes helicoidales, se efectúa una selección previa del material a utilizar y se realizan cálculos relacionados con la resistencia de los dientes, el límite de resistencia al contacto y la fatiga, además de analizar las fuerzas y momentos en los ejes y el comportamiento del material.

Para el sistema de cadena-piñón, el autor calcula el paso, el número de dientes, la presión convencional en las articulaciones, la fuerza circular, los diámetros de los elementos y la distancia entre centros, entre otros aspectos.

En cuanto a la estructura de apoyo, se reconoce que es necesaria una estructura que tenga en cuenta las cargas de acuerdo con los ciclos de vida de los elementos que la componen. La construcción del módulo se llevó a cabo siguiendo los planos desarrollados, y la estimación de costos se aproximó al valor invertido.

- Tercero

Título: Diseño de un banco didáctico para ensayos de transmisión de potencia
Autores: Karen Julieth Gamboa Baquero - Johan Sebastián Franco Ramírez
Universidad Distrital Francisco José De Caldas 2019

En este trabajo de grado, se comienza con un estudio inicial de los sistemas de transmisión de potencia, seguido de la selección de los elementos a incorporar en el banco para su diseño. Posteriormente, se realiza un análisis de la estructura y se seleccionan los diversos componentes que complementarán la máquina, incluyendo las relaciones de movimiento en cada etapa. También, se examinan las fuerzas y las RPM proporcionadas por el motor al sistema en los ejes correspondientes.

3 JUSTIFICACION

El estudio cinemático de los ejes es vital para la formación académica en los programas de ingeniería mecánica e ingeniería industrial, por que desarrolla habilidades para el análisis respecto a velocidad, posición y alineación de ejes en los sistemas del banco, la actualización de las guías de laboratorio permite relacionar al estudiante que no conoce del tema con la máquina y las aplicaciones que puede tener cada sistema, así como las relaciones de transmisión permitidas por los mecanismos o los ajustes necesarios para el desarrollo de la práctica.

Se busca que el estudiante contraste los datos teóricos con la realidad en la ingeniería y observe las aplicaciones del control e instrumentación en sistemas de transmisión, la necesidad que satisface la instalación del sensor, la lectura de los datos y el control eléctrico en el sistema para conformar una máquina. la implementación de los sensores de velocidad de giro y el control eléctrico del motor puede ofrecer una guía académica respecto a las aplicaciones industriales de los sistemas planteados, así como el ajuste o actualización de máquinas comerciales para el desarrollo de nuevas técnicas.

El ingeniero mecánico es idóneo para la realizar los ajustes necesarios (reparar-actualizar) el banco de transmisión de potencia porque enfoca conocimiento en áreas como:

- Diseño de elementos de máquinas

Enfoca al estudiante a desarrollar planos, ensambles y ajustes de relación en los elementos del sistema de transmisión de potencia, también reconoce el nivel aceptado internacionalmente de protección contra riesgos tales como mecánicos o eléctricos de la norma técnica colombiana NTC 2183 por el manejo del equipo.

- Máquinas Eléctricas

Enseña de manera didáctica la distribución, conexiones y representación mediante planos el control eléctrico de la máquina, los accionamientos requeridos para su funcionamiento seguro o parada de emergencia.

- Control e Instrumentación

La instrumentación en el equipo permite al estudiante la lectura de los diferentes datos o variables de medición, esto incluye el control de estado (sensores-motor) mediante una pantalla LED, la ubicación de los sensores de velocidad de giro y el aislamiento de las conexiones permite visualizar el uso de reglamentos de instalaciones eléctricas bajo la norma técnica colombiana NTC 2050, este conocimiento práctico es fundamental para su futuro ejercicio como ingeniero.

- Mantenimiento

Capacita al estudiante para desarrollar el Check-List y plan de mantenimiento centrado en confiabilidad de la máquina.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Actualizar e implementar la instrumentación electrónica del banco de potencia en laboratorios de ingeniería Universidad Santo Tomás seccional Tunja.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Rediseñar el sistema para la alineación y sujeción de los componentes del banco transmisión de potencia.
- Actualizar el sistema eléctrico del banco de potencia, teniendo en cuenta aspectos de seguridad, operación y visualización adecuados.
- Diseñar e Implementar los sistemas electrónicos en la máquina que permitan la medición y visualización de velocidad en los ejes.
- Desarrollar la documentación de la máquina que permita una correcta operación y mantenimiento.

5 DELIMITACION

El proyecto pretende la actualización del banco de transmisión de potencia de los laboratorios en la universidad santo tomas seccional Tunja.

5.1 ALCANCE OBJETIVO 1

Se trabaja sobre los mecanismos que actualmente tiene el banco de potencia, se realizara un mantenimiento general y una actualización que mejore aspectos de seguridad y funcionalidad.

5.2 ALCANCE OBJETIVO 2

La Universidad Santo Tomás por medio de la convocatoria permanente de proyectos de grado que abre la unidad de investigación, podría generar presupuesto para un motor nuevo y trabajar sobre esté, de lo contrario sobre el que actualmente posee el equipo, además se implementaran elementos que minimicen el riesgo eléctrico y que protejan los sistemas eléctricos de la máquina.

5.3 ALCANCE OBJETIVO 3

Se medirá velocidad en tiempo real para todos los ejes (RPM) y todos los datos se entregarán una pantalla LED (Lectura Datos - Estado Prueba), los sensores de fin de carrera se utilizarán para el mecanismo piñón – cremallera. No será necesario conectar y desconectar los sensores o usar equipos externos al banco, se implementará los sistemas electrónicos teniendo en cuenta las condiciones de operación de la máquina.

5.4 ALCANCE OBJETIVO 4

Se desarrollará la documentación del proceso de actualización que incluirá planos, código de control, descripción de los sistemas y subsistemas, manual de operación, guía de mantenimiento y practica de laboratorio.

6 MARCO REFERENCIAL

6.1 MECANISMOS

Los mecanismos del dispositivo creado para facilitar el trabajo y reducir el esfuerzo. Se caracterizan por que necesitan energía para funcionar. La energía se transmite o transforma y es capaz de producir distintos efectos observables.

Estos mecanismos son los elementos que componen la máquina, capaces de transmitir y transformar movimientos o fuerzas desde un elemento conductor hasta un elemento conducido, modificar la velocidad, cambiar la dirección del movimiento y acumular energía.

Los movimientos que realizan los mecanismos pueden ser de cuatro tipos: lineal, alternativo, de rotación y oscilante; Es importante una buena selección de los mecanismos para evitar daños, pérdidas de energía o altos costos.

6.2 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Estos mecanismos nos permiten transmitir potencia entre dos ejes que giran a determinada velocidad, se integran en la máquina relacionando su paso con el movimiento o torque generado, los mecanismos implementados en la industria son:

- Engranajes
- Poleas
- Ruedas dentadas y cadena
- Tornillo sinfín-corona

6.3 DISEÑO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

El diseño de transmisión de potencia se refiere al proceso de crear y optimizar sistemas de transmisión mecánica que transmiten energía de un lugar a otro. La energía mecánica puede ser transmitida a través de una variedad de medios.

6.4 BANCO DE PRUEBAS

Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías, el banco de transmisión de potencia exhibe ejemplos de transmisiones accionados por un motor que son usados a nivel industrial, son de acceso comercial y satisfacen las necesidades didácticas en los diferentes campos.

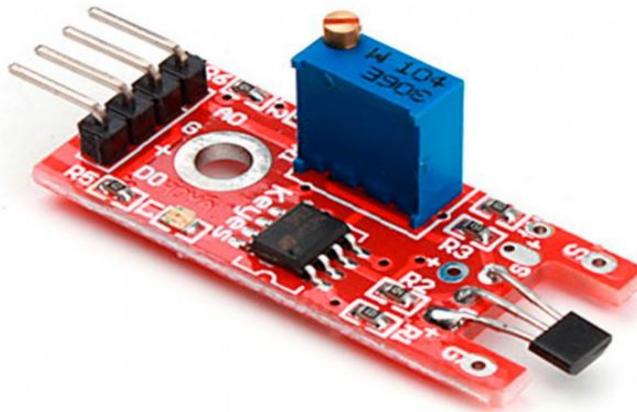
6.5 ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

El controlador eléctrico es un dispositivo utilizado para controlar la salida de un motor que produce un movimiento lineal. El accionamiento controlará con precisión la salida del motor y la respuesta del motor frente a una entrada de control, seleccionada por el usuario.

6.6 INSTRUMENTOS DE CONTROL – METROLOGÍA

Los instrumentos de control son herramientas utilizadas para medir, evaluar o supervisar el comportamiento de un sistema o proceso con el fin de asegurar su correcto funcionamiento. Un instrumento para medir velocidad de giro ejes, es un dispositivo que se utiliza para determinar la rapidez con la que se desplaza un objeto en un determinado intervalo de tiempo. Los sensores más simples usados en la industria para medir la velocidad de giro son los de efecto hall.

Figura 1. Sensor efecto Hall.



Fuente Ferretronica.

6.7 CONTROL ELÉCTRICO

El control eléctrico de procesos se refiere a la automatización o control del proceso industrial utilizando dispositivos de control, sensores y electrónicos. Estos sistemas se encargan de monitorear y regular las variables del equipo.

6.7.1 HOMOLOGACION DE COMPONENTES

La homologación comercial de algunos componentes es muy vista en la industria, la estandarización de algunas máquinas y modelos de fabricación, proporcionan una fiabilidad a la adaptación de actuadores por parte de ingenieros o técnicos que necesitan una solución a una tarea o proceso con dispositivos de propiedades similares.

Para este trabajo el motor usado en la maquina es homologado con un estilo similar al de la imagen.

Figura 2. Motor Homologado.



Fuente Grainger México.

- Marca. Dayton.
- Velocidad. 1725 RPM.
- Voltaje. 230 Voltios.
- Potencia. 1 caballos.
- Material. Acero.

7 HIPÓTESIS

- Hipótesis Rediseño Integral

Se plantea la hipótesis de que, al llevar a cabo un proceso de rediseño integral en un banco de potencia, con un enfoque centrado en la modernización de la instrumentación y la incorporación de tecnologías de adquisición de datos, se logrará una mejora sustancial en la capacidad de evaluar y comprender el rendimiento de los sistemas de transmisión de potencia. Se sostiene que este enfoque de rediseño permitirá una recopilación de datos más precisa, lo que facilitará un análisis profundo y completo de factores como la eficiencia, la estabilidad y el comportamiento dinámico de los sistemas.

Además, se espera que la instrumentación proporcionará una base sólida para la identificación de áreas críticas de mejora en los componentes de transmisión de potencia, que permita al estudiante contrastar los cálculos teóricos con datos reales lo que a su vez conducirá a una mejor comprensión de soluciones más eficientes y fiables. Este proceso de rediseño tiene el potencial de contribuir significativamente a la mejora del aprendizaje en los sistemas de transmisión de potencia.

8 RESULTADOS ESPERADOS

Entregables del proyecto de actualización del banco de transmisión de potencia de los laboratorios en la Universidad Santo Tomás seccional Tunja.

8.1 ENTREGABLE OBJETIVO 1

Se entrega la máquina rediseñada con la alineación y sujeción en cada etapa del banco de transmisión de potencia con planos y memorias de cálculo.

8.2 ENTREGABLE OBJETIVO 2

Diseño del sistema de control, diseño del sistema de potencia, planos y justificación del sistema eléctrico.

Sistema de control y potencia del banco de prueba para su arranque y accionamiento eléctrico seguro.

8.3 ENTREGABLE OBJETIVO 3

Instrumentación del banco de pruebas con sensores para la medición de RPM en los ejes, lectura de datos y estado del equipo mediante pantalla LED, contenido en un tablero de control y protegido adecuadamente.

8.4 ENTREGABLE OBJETIVO 4

Documentación del proceso de diseño, planos eléctricos y electrónicos, código de control, guías de uso, guías de mantenimiento y guías de prácticas de laboratorio.

9 DISEÑO METODOLOGICO

9.1 DISEÑO DE MAQUINAS

Para rediseñar el sistema es necesario tomar medidas con instrumentos para realizar los cambios necesarios. con el fin de elaborar planos del equipo en software CAD Inventor, también es necesario seleccionar los elementos a ajuste de alineación, sujeciones y elementos anclados para desarrollar el rediseño; de acuerdo con la norma funcional-didáctica final del equipo.

9.2 DISEÑO ELÉCTRICO

El equipo necesita el esquema eléctrico para el control de arranque del motor de manera segura para esto se propone un sistema eléctrico con planos de diseño de circuito eléctrico EDRAW. Se estiman los materiales de compra para la fabricación del sistema eléctrico, teniendo en cuenta variables como el ocultamiento y aislamiento del ramal, guías aislantes y terminales seguros con el fin de facilitar la instalación del nuevo sistema eléctrico en el banco y proporcionar elementos de seguridad para sobrecargas mecánicas y eléctricas.

Para verificar el correcto funcionamiento, se realizarán pruebas del control de encendido o apagado y metrología en los valores de lectura.

9.3 INSTRUMENTACIÓN DE SENSORES

El sistema de instrumentación requiere inicialmente identificar las necesidades de la aplicación para traducirlo en requerimientos técnicos, es necesario definir los sistemas -subsistemas de la instrumentación (energización, medición, control y visualización).

Para cada uno de estos subsistemas plantear alternativas de solución y evaluarlas, posteriormente seleccionar las alternativas de soluciones más adecuadas para cada subsistema, luego adquirir los materiales y realizar la implementación de los subsistemas de la máquina por último desarrollar pruebas de funcionamiento sobre el sistema de instrumentación.

se desarrolla usando sensores de efecto hall, fin de carrera y un control mediante computadora de placa única, el cableado físico se fabrica teniendo en cuenta su ocultamiento y aislamiento del sistema, con el fin de fabricar el ramal de cables para (sensores-control), los sensores de velocidad de giro dispuestos en los ejes se ubican de manera estratégica para permitir el correcto funcionamiento de los elementos fin de carrera usados en el sistema, los botones de emergencia, acción manual se ubican en la caja de control para facilitar la respuesta del operario, el estado del equipo se indicará en pantalla LED, la pantalla actualiza los datos para representar los valores de revoluciones por minuto en los ejes.

9.4 DIDÁCTICA

Actualizar la guía para practica de laboratorio según el formato de facultad, realizar el manual del equipo con un video demostrativo del funcionamiento y mantenimiento del equipo.

10 DESARROLLO DE TESIS

10.1 PRIMERA ETAPA

Para dar cumplimiento a la primera etapa del desarrollo del trabajo de grado, se establecen los parámetros para el rediseño del sistema, modificaciones para mejorar la alineación y sujeción de los componentes del banco de transmisión de potencia.

10.1.1 OBSERVACIÓN DE ALINEACIÓN EN LOS SISTEMAS

En cuanto a la alineación de los sistemas, se observó que algunos sistemas tenían piezas mal diseñadas que carecían de la alineación necesaria para el correcto funcionamiento en los siguientes sistemas, por lo que se hace un análisis de la estructura y los sistemas mecánicos de la máquina:

Figura 3. Aspecto general de la máquina entregada.

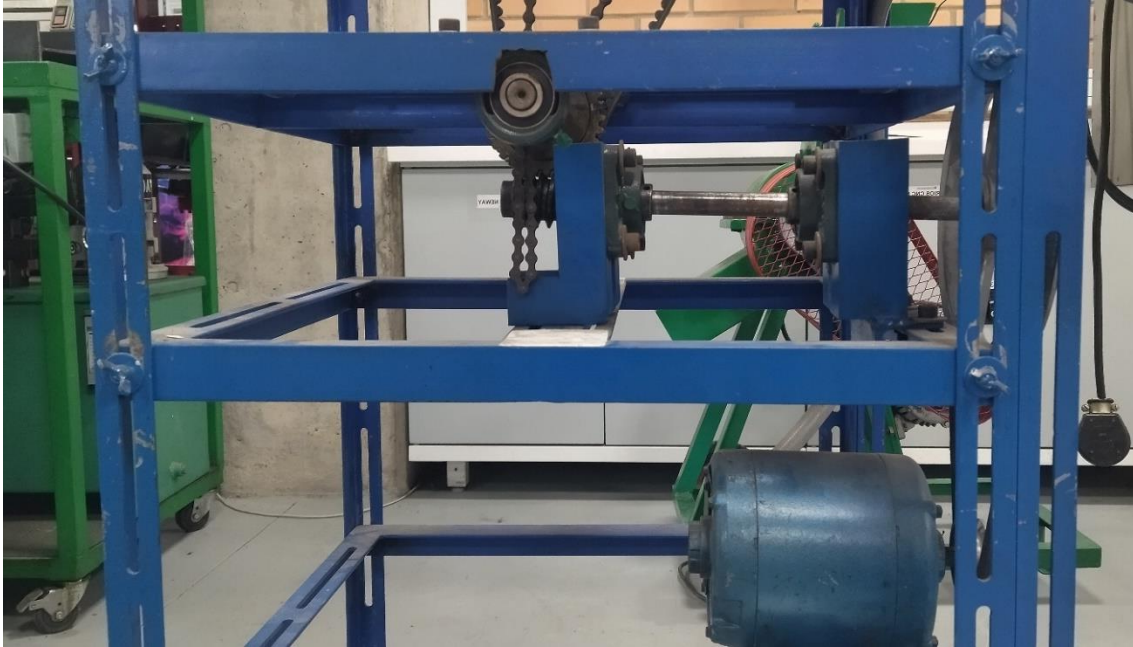


Fuente José Eduardo Torres.

La máquina está compuesta por una estructura rectangular, que posee 4 niveles para anclar sistemas de transmisión de potencia, tiene un sistema de encendido para la activación de un motor trifásico; También a la estructura del sistema se anclan 6 etapas, compuestas por:

ETAPA M – ETAPA 1

Figura 4. Etapa M – Etapa 1 de la máquina.



Fuente José Eduardo Torres.

La Etapa M es la activación del motor, el motor posee en su eje de transmisión, un accesorio tipo polea de diámetro pequeño para una correa sencilla.

La primera Etapa posee en un extremo la conexión por polea de diámetro grande para la correa que transmite el movimiento del motor, pasa por 2 chumaceras planas y entrega el movimiento en el otro extremo del eje por medio de un sistema tornillo sin fin que conecta a un engrane en la Etapa 2 para continuar la transmisión de movimiento, los soportes de la Etapa 1 deben rediseñarse.

ETAPA 2 – ETAPA 3

Figura 5. Etapa 2 – Etapa 3 de la máquina.



Fuente José Eduardo Torres.

La Etapa 2 está compuesta por una rueda dentada que conecta con el tornillo sin fin de la Etapa 1, junto a la rueda dentada, conecta una polea de diámetro pequeño que conecta al eje de la Etapa 3 por medio de otra polea de diámetro grande, en la Etapa 2 hay otro accesorio tipo cadena – piñón con un eje independiente que debe modificarse a una versión más industrial, este eje conecta con el eje de la Etapa 3, este eje está dispuesto en una ubicación diferente para realizar cálculos de la relación de transmisión por cadena de la guía didáctica del banco.

La Etapa 3 está compuesta por un eje que posee 3 accesorios de transmisión de potencia, en un extremo para conectar con la Etapa 4, este posee un engrane cónico, también tiene dos anclajes a la estructura con chumaceras y tornillos, entre los dos anclajes hay 2 sistemas de transmisión de potencia uno tipo polea de diámetro grande que conecta con la Etapa 2, el siguiente sistema está compuesto por una cadena – catarina transmisión de bicicleta, que conecta a un eje, este eje es usado para realizar mediciones relacionadas al sistema de cadena para la guía didáctica.

ETAPA 4 – ETAPA 5

Figura 6. Etapa 4 – Etapa 5 del banco.



Fuente José Eduardo Torres.

La Etapa 4 posee un eje que en un extremo tiene un engrane cónico que conecta con la Etapa 3, en el otro extremo y entre el anclaje de 2 chumaceras posee un sistema por engrane recto que conecta con el eje de la Etapa 5.

La Etapa 5 posee entre dos anclajes de chumacera y tornillo, un engrane recto que conduce el movimiento dado por la Etapa 4 a dos sistemas más, compuestos por un sistema de cremallera - piñón y un sistema de cardan que es sostenido por un anclaje a la estructura por chumacera y tornillo, en el sistema de cremallera – piñón (sección negra) debe hacerse un rediseño para mejorar la estética y funcionalidad del sistema, con el fin de proporcionar un método de apagado por medio de sensores fin de carrera.

MOTOR

Para establecer un correcto funcionamiento y alineación del motor es necesario ver en donde es anclado y si tiene la sujeción necesaria para evitar se suelte o vibre en exceso.

Figura 7. Motor de la máquina.



Fuente José Eduardo Torres.

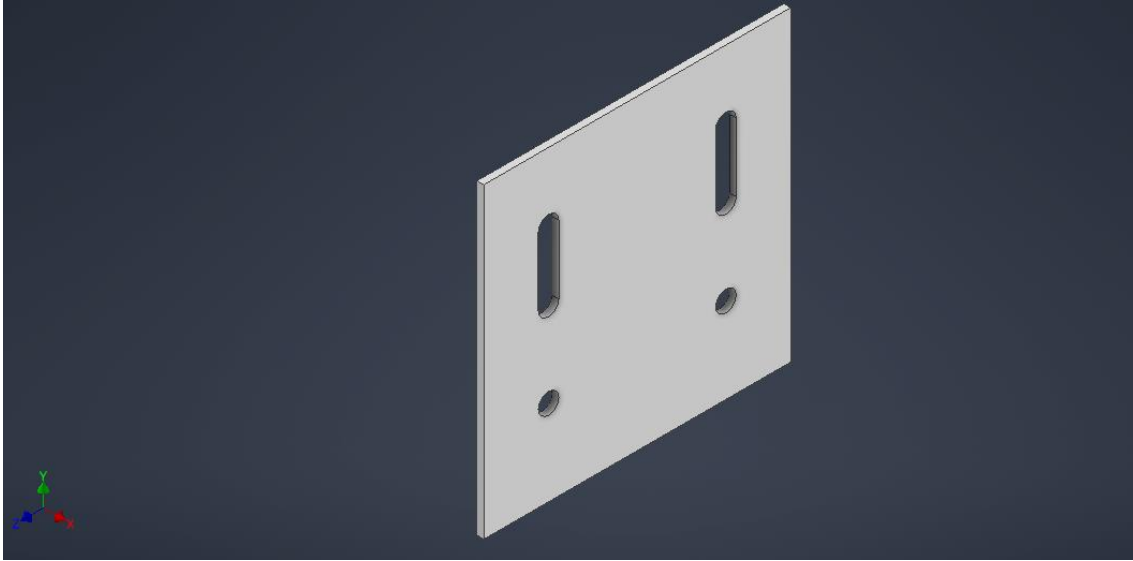
DECISIÓN:

El motor de la maquina no tiene una correcta sujeción a la estructura, un tornillo se ancla a la estructura, pero el otro tornillo tiene una sujeción que no cumple con parámetros de seguridad, este no posee una superficie suficiente para su correcto anclaje, para solucionar este problema se procede a fabricar una lámina con 6 agujeros para el correcto anclaje, el motor necesita 4 agujeros para ser anclado, sin embargo, para ser anclado a la estructura, es necesario hacer 2 agujeros más, para asegurar su correcta sujeción.

10.1.2 DISEÑO LAMINA BASE

Para el diseño de la lámina que proporciona el anclaje al motor, se establece la necesidad de una lámina cuadrada del mismo espesor del perfil en L usado para la fabricación de la máquina que es de Acero A36 calibre 3/16 in, la lámina debe tener una medida de 15 cm x 19 cm, Los 4 agujeros principales son calcados del soporte del motor, Para los 2 agujeros de sujeción al cuadro de la estructura se calcan los agujeros para verificar las medidas finales y fabricación de la lámina base para el correcto anclaje del motor a la estructura.

Figura 8. Diseño del soporte para el anclaje seguro del motor.



Fuente José Eduardo Torres.

Para los planos de fabricación de los elementos diseñados revise el [ANEXO 1] planos de fabricación.

Para el soporte del motor se planeó un diseño que satisfaga la necesidad de anclaje para los 4 tornillos del motor y los 4 espacios para la sujeción a la estructura, en este diseño se disponen 2 agujeros en riel para la sujeción del motor – placa – estructura con tornillo, arandela y tuerca, los dos agujeros únicos en la parte delantera de los agujeros en riel son los anclajes a la estructura, para proporcionar un correcto anclaje que disminuya la vibración del motor cuando se enciende el sistema, se usan todas las guías de la estructura, de manera que el motor se ancle en dos partes.

PROPIEDADES DEL ACERO A36

Material: Acero ASTM A36

Proceso de fabricación: Laminado en caliente

Composición química típica:

Carbono (C): 0.25% máx.

Manganeso (Mn): 0.80-1.20%

Fósforo (P): 0.04% máx.

Azufre (S): 0.05% máx.

Silicio (Si): 0.40% máx.

Propiedades mecánicas típicas:

Resistencia a la tracción: 400-550 MPa

Límite elástico: 250 MPa mínimo

Alargamiento: 20% mínimo en longitud de prueba de 200 mm

Dureza: 137 HB

Información tomada de la página web del principal fabricante que comercia láminas de acero A36 en Colombia procedentes de Ucrania.

ACONDICIONAMIENTO EJES EN LA MAQUINA (REDISEÑO)

Respecto a los ejes del sistema se puede observar que el eje de la Etapa 1 necesita un ajuste, el sistema de sujeción de las chumaceras se encuentra desnivelado y una lámina carece de un correcto anclaje a la estructura, porque el perfil en que se encuentra fabricado no es lo suficientemente largo para tener los 4 agujeros de la guía en la estructura.

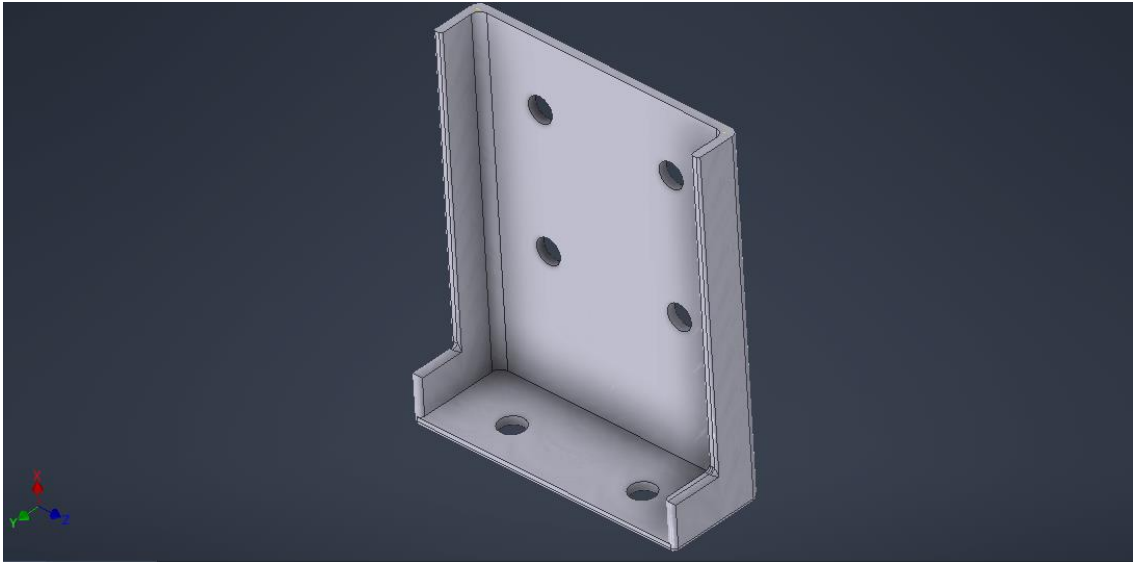
Para solucionar la alineación y correcta sujeción del eje de la Etapa 1, es necesario diseñar 2 chapas en L, para asegurar la alineación del sin fin - engrane helicoidal y mejorar la transmisión de potencia desde el motor por medio de la polea ubicada a un extremo del eje, para asegurar una correcta alineación de este eje, se proporciona una tensión estable en la correa, del sistema de polea, esto que evita se destiemple y patine, también evita un desgaste extra al sin fin - engrane helicoidal debido a los malos ángulos de contacto.

10.1.3 SOPORTES PARA LA ETAPA 1 SISTEMA DE POLEA

Para la fabricación de la lámina 1 se toma en cuenta la función de sustentación del sistema, el anclaje a las guías de la estructura y la sujeción de las chumaceras para esto, se diseñan dos chapas en L con solapa lateral soldada para proporcionar rigidez a la L y evitar pierda su dobles a 90° con la horizontal.

Con estos parámetros establecidos se realizan las mediciones de tamaño lateral requerido para sujetar los perfiles L con 2 tornillos a la guía de la estructura, la altura necesaria para asegurar la correcta unión del sistema de poleas – motor y sin fin – engrane helicoidal, la solapa se toma de 1.5 cm de longitud y con unión en soldadura, con estos parámetros se desarrolla el diseño CAD para su posterior fabricación.

Figura 9. Soporte 1 de la Etapa 1, Soporte empleado para el anclaje a la estructura de la chumacera del lado de la polea.

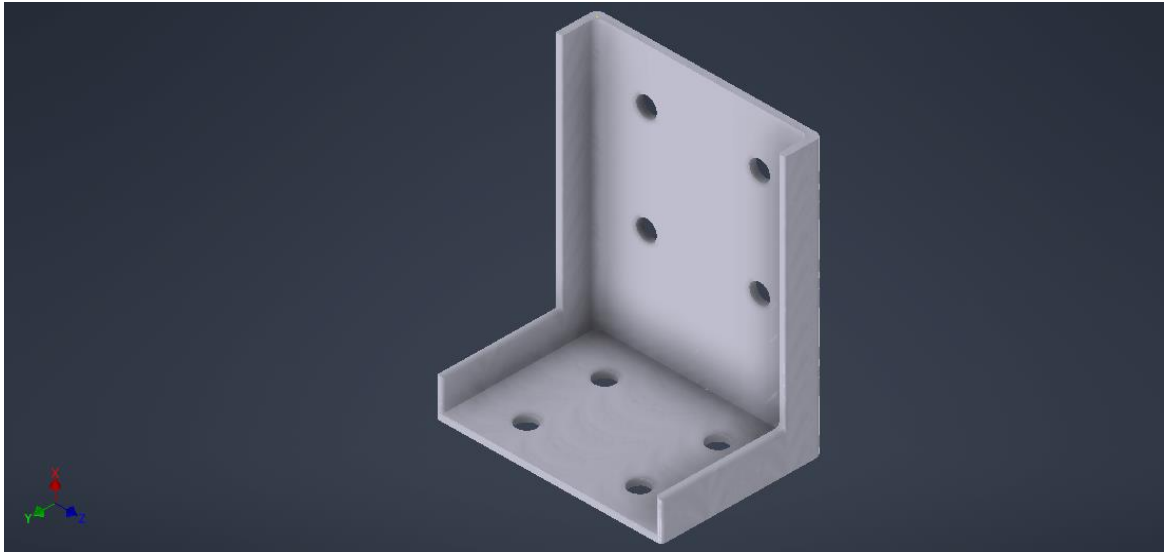


Fuente José Eduardo Torres.

10.1.4 SOPORTES PARA LA ETAPA 1 SISTEMA DE TORNILLO SIN FIN

Para la lámina 2 se fabrica de igual manera un perfil en L, lo diferente en este caso es que es necesaria una superficie de anclaje más ancha, en la cual se disponen 4 agujeros para el anclaje del soporte a la estructura y un doblez para proporcionar mayor rigidez al soporte, el sistema necesita minimizar la vibración, para ello es necesario diseñar soportes tipo chapa resistentes, para la fabricación de los dobleces en las máquinas fue necesario realizar cortes entre la intercepción de los pliegues verticales, con los horizontales para realizar un correcto dobléz a escuadra. por su modo de fabricación fue necesario usar soldadura para unir los pliegues, teniendo en cuenta su correcto relleno y acabado final.

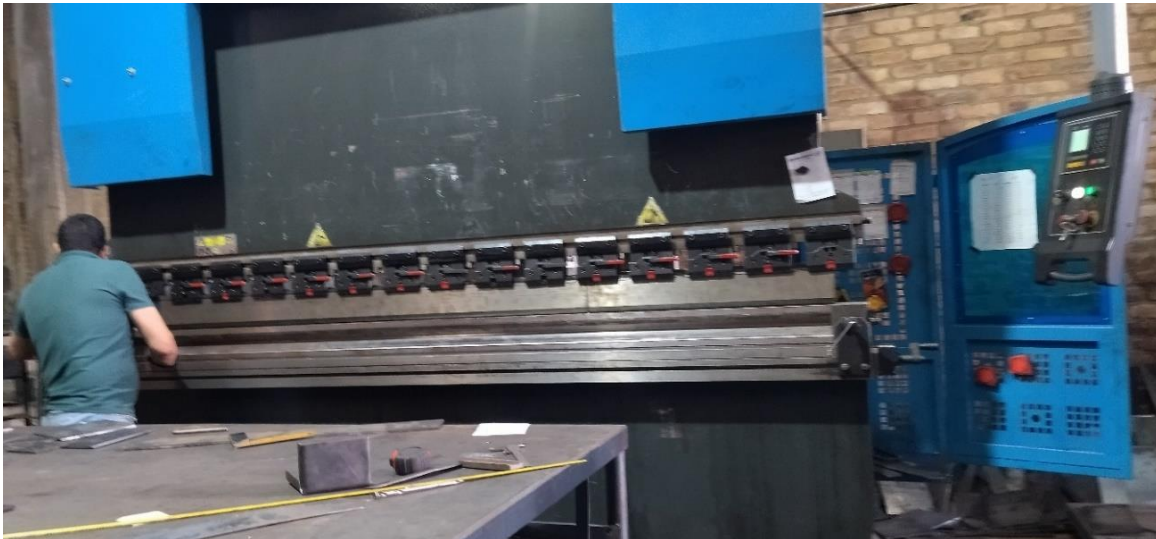
Figura 10. Soporte 2 de la Etapa 1, Soporte empleado para el anclaje a la estructura de la chumacera del lado del tornillo sin fin.



Fuente José Eduardo Torres.

FABRICACION DE LAMINAS SOPORTE

Figura 11. Maquina empleada en el doblado de lámina de acero A36.



Fuente José Eduardo Torres.

Para la fabricación de la lámina de acero se lleva el diseño a la empresa DOBLADORA SAVAR ubicada en el barrio los Hongos de Tunja - Boyacá, para el diseño de la lámina, se especifica el tamaño del corte cuadrado (15 cm x 19 cm),

para el corte de la lámina se señala los puntos de límites en la mesa de corte de la máquina, se activa el pedal de seguridad y se acciona el corte en el panel, para esta lamina se emplearon 4 cortes.

Figura 12. Máquina empleada para el corte de lámina de acero A36.



Fuente José Eduardo Torres.

Para la elaboración de los agujeros de la lámina, se trazan las líneas guía de los 6 agujeros, con estas líneas hacemos uso de un centro punto y martillamos los 6 puntos para facilitar la entrada de la broca en el proceso de taladrado.

Cuando se tiene lista la lámina con la guía, primero se usa una broca de 3 mm para abrir el material en las 6 posiciones, después una broca 5 mm, como último paso se emplea la broca 8.5 mm como medida final para introducir los tornillos de sujeción. Después de esto se prepara el material quitando la rebaba resultante del proceso de mecanizado con un disco de lija y pulidora, se pule el material en las esquinas con el fin de dar un mejor acabado para su posterior proceso de pintura.

Figura 13. Procesamiento de las láminas dobladas.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.5 PREPARACION Y FABRICACION DE LOS AGUJEROS EN LOS SOPORTES

Para la preparación de los agujeros de los soportes, se empleó la fresadora por su versatilidad para posicionarse de manera milimétrica en los 3 ejes y en el banco se instaló una prensa, también la fresadora permite cambiar la velocidad de giro para mejorar el corte, refrigerar y prolongar la vida útil de la broca con el fin de tenerla perfecta al finalizar el trabajo, para algunos agujeros fue necesario usar herramienta centro punto para hacerle una mella de entrada a la broca, con el fin de ubicar correctamente los agujeros.

Figura 14. Proceso de fabricación de agujeros para los soportes mediante el uso de fresadora.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.6 SISTEMAS DE SUJECCIÓN DE CUÑA Y PRISIONERO

Para los sistemas de sujeción cuña y prisionero que poseen los ejes, se verifico que cada chumacera tuviese su tornillo prisionero de anclaje con el eje, para evitar que este se desplace provocando una desalineación, vibración o sonidos extraños, también cada accesorio de transmisión de potencia necesita abrazaderas de seguridad para el anclaje al eje, los accesorios que no necesitan abrazadera poseen agujeros de prisioneros ocultos en su geometría.

POSICION DE LAS SUJECIONES DE CUÑA Y PRISIONERO

La observación de la sujeción para los accesorios de transmisión de potencia puede evidenciar que algunos sistemas poseen sus abrazaderas de sujeción mal ubicadas, al revés o sin cuña de anclaje. para solucionar esto fue necesario ubicar todos los sistemas de transmisión de manera correcta con el fin de encontrar una

posición estática en la cual, la maquina pueda funcionar óptimamente. con esto se posicionan las abrazaderas a cada lado del accesorio de manera correcta alineada con la cuña para evitar que se desplacen o desajusten el sistema provocando perdidas de energía.

SUJECCION DE ACCESORIOS AL MOTOR

El motor posee una polea pequeña que se ancla por medio de una cuña y prisionero que se encuentra en buen estado, simplemente requiriendo una leve alineación de las poleas y un ajuste de torsión en el tornillo prisionero.

10.1.7 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Para la sujeción de los sistemas de transmisión de potencia y anclaje a los ejes se usa cuñas de 1/4 de pulgada y prisionero, algunos sistemas eran carentes de la cuña de sujeción, provocando la perdida de tracción.

Algunas chumaceras y anillos de sujeción se encontraban sin el tornillo prisionero provocando un desajuste del eje.

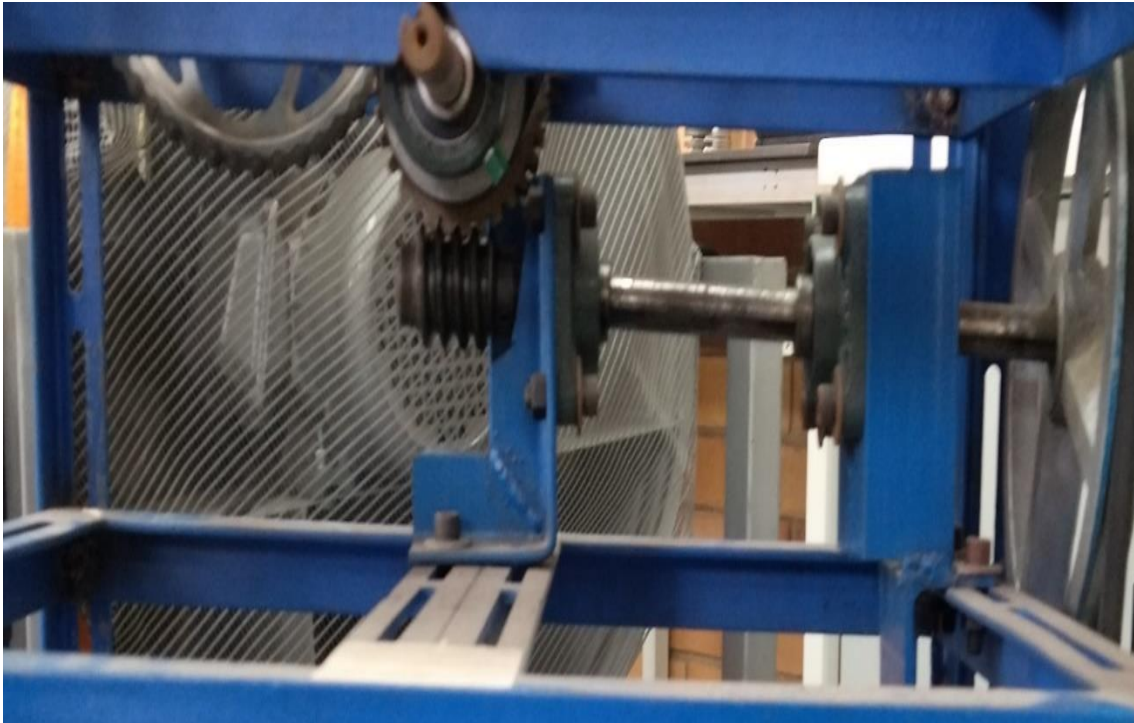
Figura 15. Sistema sin cuña en la etapa 5 de la máquina.



Fuente José Eduardo Torres.

Algunos sistemas no poseían tornillo prisionero, por lo cual fue necesario verificar la medida de la rosca para proceder a su compra e instalación.

Figura 16. Sistemas sin tornillo prisionero y sin cuña en la etapa 1, el sistema también esta desalineado.

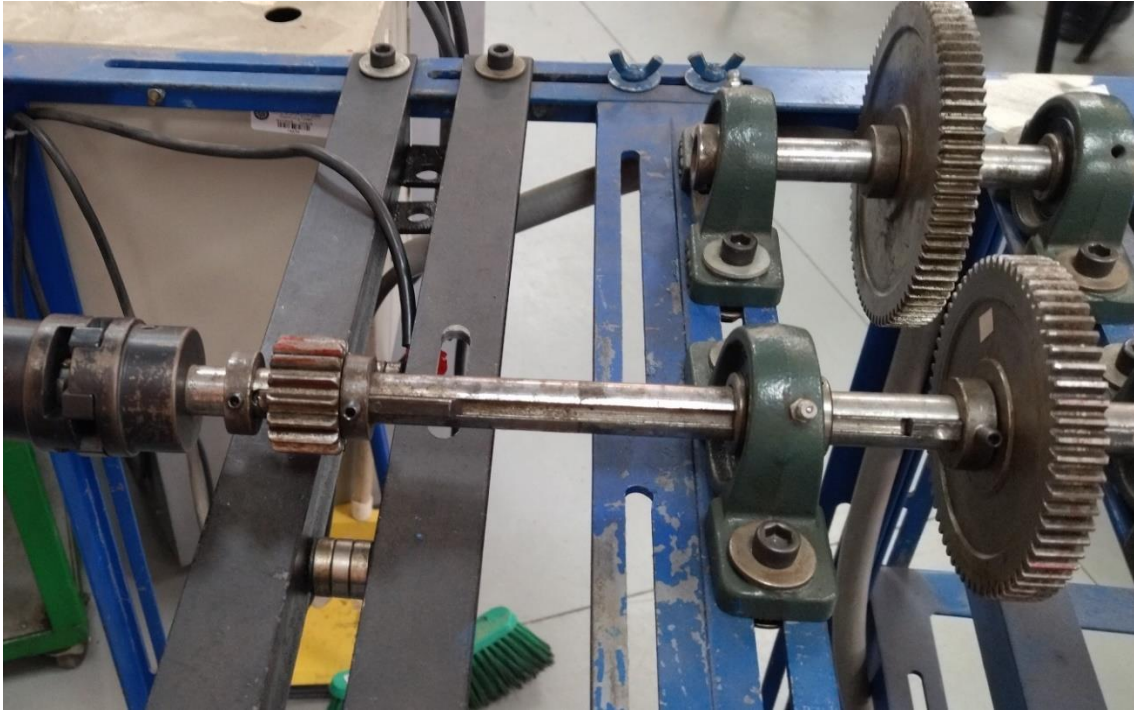


Fuente José Eduardo Torres.

DECISIÓN:

Posicionar los sistemas de transmisión, introducir las cuñas a cada accesorio y completar las sujeciones del sistema con tornillos prisioneros.

Figura 17. Sistemas de sujeción de accesorios con tornillos tipo prisionero nuevos.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.8 OBSERVAR LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA PARA CAMBIO

En la observación de los sistemas de transmisión de potencia de la maquina se observa que necesita complementar 2 sistemas con repuestos industriales necesarios para representar correctamente la transmisión, estos sistemas son el sistema de piñón - cadena que necesita ser reemplazado a un sistema más robusto e industrial, también es necesario rediseñar el sistema de engrane – cremallera en cual es necesaria la fabricación la guía para proporcionar un movimiento lineal que accionen un sistema de fin de carrera.

Figura 18. Sistema de transmisión por cadena antiguo, este sistema debe mejorarse a un sistema más robusto e industrial.



Fuente José Eduardo Torres.

DECISIÓN: Como decisión para el cambio de este sistema se optó por un sistema comercial.

10.1.9 COMPRA DEL SISTEMA DE PIÑÓN – CADENA

Para sistema Piñón – Cadena se verifica comercialmente los repuestos a usar que son:

- 1 Cadena
- 1 Piñón
- 1 Catarina

Para la actualización del sistema se cotizaron los repuestos en el comercio de la ciudad de Tunja, encontrando la opción más adecuada en TORNITEC, Local comercial ubicado en el barrio los Hongos de la ciudad de Tunja - Boyacá, dedicado a la venta de equipos, tornillería, chumaceras y cadenas para máquinas industriales, en este local comercial se encontró la oferta adecuada al presupuesto para la compra de:

- 1 Cadena Industrial para transmisión paso 50
- 1 Piñón 33 Dientes paso 50
- 1 Piñón 12 Dientes paso 50

Figura 19. Sistema de Piñón – Cadena Nuevo, este sistema es más robusto que el sistema que poseía la máquina.



Fuente José Eduardo Torres.

MECANIZADO Y ADAPTACION DEL PRODUCTO

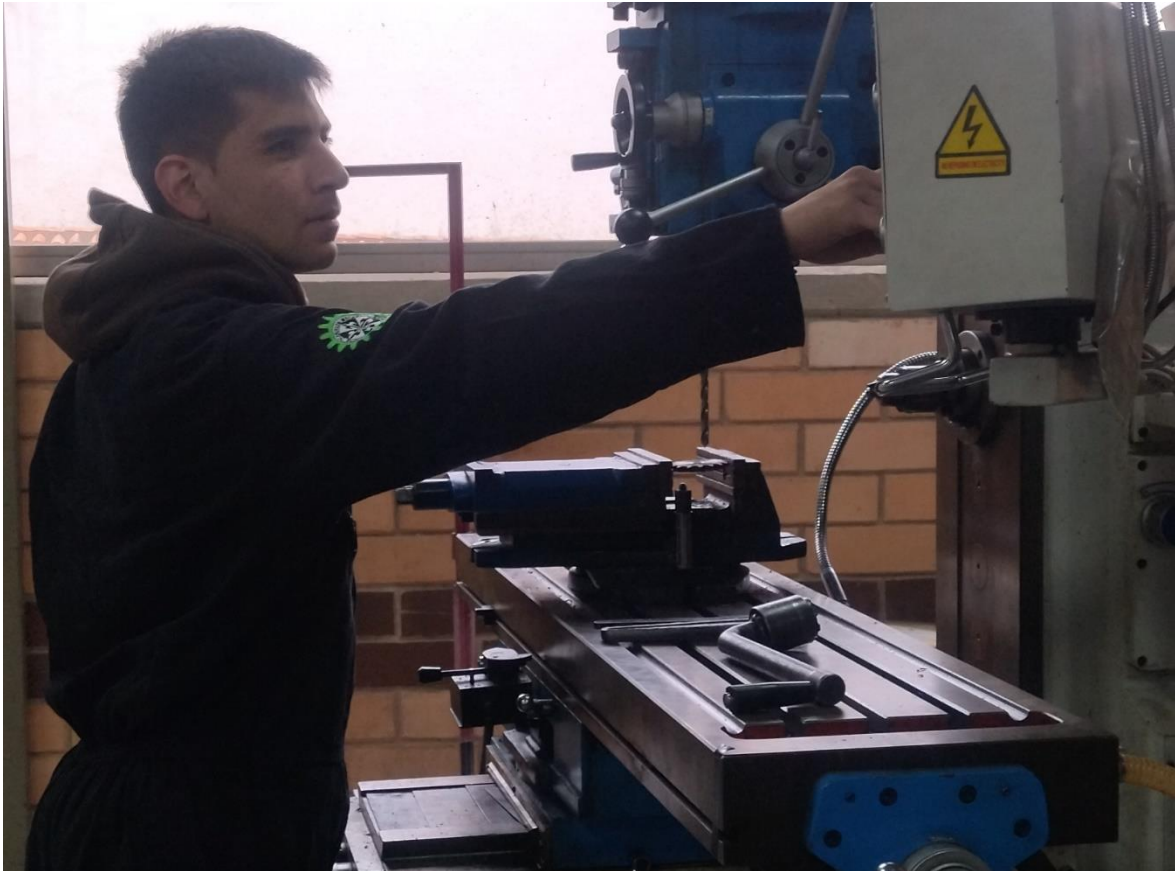
Para adaptar el sistema de piñón comprado al banco de potencia se desarrollan actividades de mecanizado en las 2 piezas que vienen fabricadas con unas medidas específicas para permitir el uso extendido de estos componentes

Las actividades desarrolladas en los dos piñones son:

- La expansión del agujero central a una medida de 19 mm de diámetro para permitir el paso del eje.
- La fabricación del cuñero a una medida de 1/4 de pulgada, para pinar el eje al piñón con una cuña, generando el arrastre.

- La fabricación del agujero y rosca para el tornillo prisionero.

Figura 20. Mecanizado para ampliación del agujero central del piñón motriz.



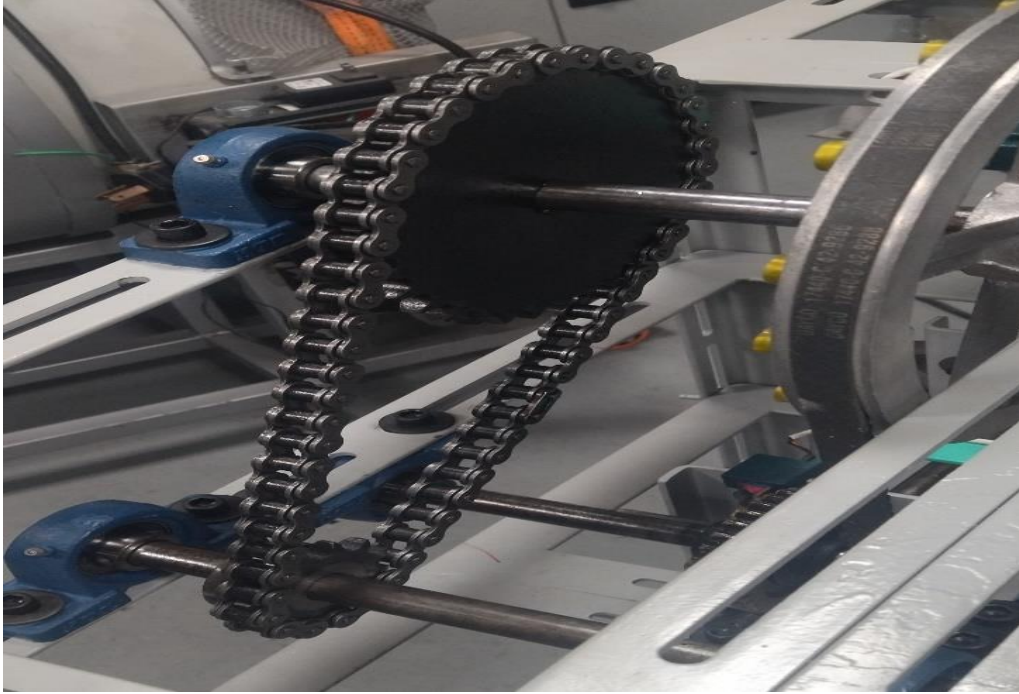
Fuente José Eduardo Torres.

10.1.10 INSTALACION DEL SISTEMA DE CADENA

Para la instalación del sistema piñón - cadena:

- Se retiran las chumaceras y elementos anclados al eje.
- Se cortan las cuñas a la medida necesaria para anclar el sistema y tener superficie de agarre.
- Se realiza el aprete de los tornillos prisioneros.
- Se instalan elementos anclados al eje y las chumaceras
- Lubricación del sistema

Figura 21. Instalación del sistema de piñón - cadena.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.11 SISTEMA ENGRANE – CREMALLERA

El sistema de transmisión que poseía la máquina está compuesto por un engrane y una base de color negro con una guía conformada por unos tornillos con rodamientos tipo balinera, pero este sistema necesita un rediseño para mejorarlo con sensores de final de carrera en cada extremo del mecanismo; La finalidad de sistema es demostrar el funcionamiento de sensores para automatizar sistemas mecánicos.

Figura 22. Sistema de engrane - cremallera a rediseñar.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.12 DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL SISTEMA DE CREMALLERA

Para el sistema de Engrane - Cremallera se proyectó que el soporte creado para la cremallera estuviera compuesto por lamina de acero doblada de manera fuera sencillo su desensamble de la estructura

DISEÑO CAD SOPORTE CREMALLERA

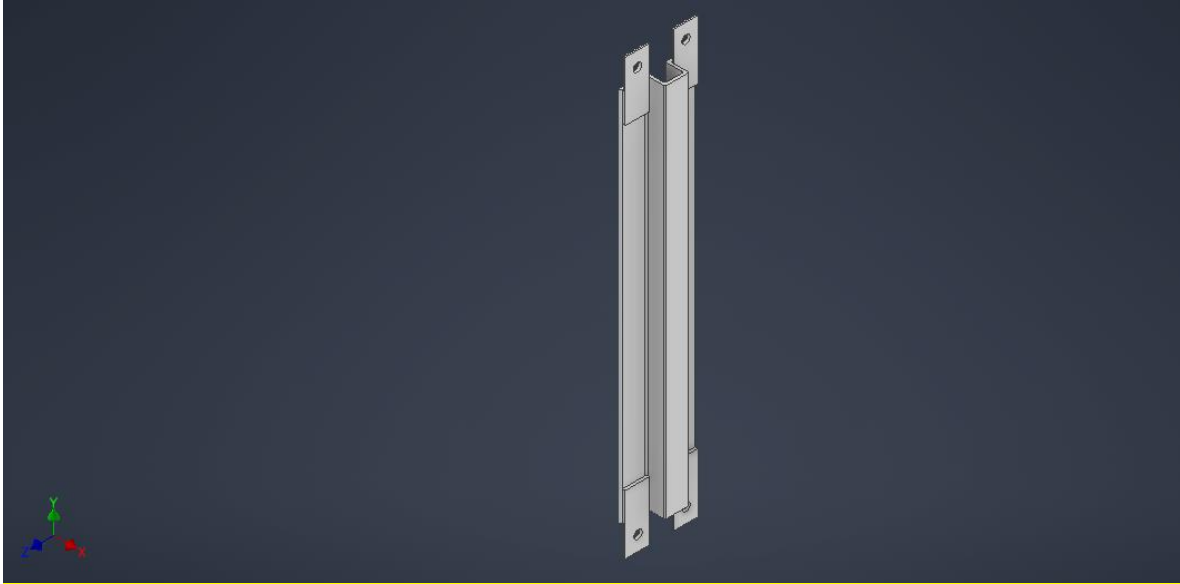
Para este diseño se tuvo en cuenta la funcionalidad final del sistema, este debía tener los siguientes parámetros:

- Proporcionar una guía para el movimiento de la cremallera a lo largo del soporte
- Permitir el anclaje en sus extremos de los sensores para el sistema de final de carrera.
- Preparar los anclajes del soporte para mejorar la estética y funcionalidad.

Con estos parámetros se tomaron las medidas de longitud, altura y ancho para el soporte, el perfil se diseñó para permitir un desensamble fácil, y con una silla de metal desmontable para el nivelar el espacio de contacto entre el engrane y la

cremallera. Como resultado de este análisis obtenemos el siguiente diseño CAD del soporte.

Figura 23. Diseño CAD de soporte del sistema de cremallera.



Fuente José Eduardo Torres.

Para los planos de fabricación de los elementos diseñados revise el [ANEXO 1] planos de fabricación.

DISEÑO CAD DE LA SILLA PARA EL NIVEL DEL SISTEMA CREMALLERA

Para el diseño de la silla de elevación tomamos en cuenta el tamaño de la cremallera, para crear un sólido que permita ajustar la altura para que el sistema funcione correctamente, el perfil diseñado tiene unos anclajes para acoplarse a la estructura de la máquina.

Figura 24. Diseño CAD de la silla para la elevación de la cremallera, esta silla se posiciona sobre el soporte de la cremallera.

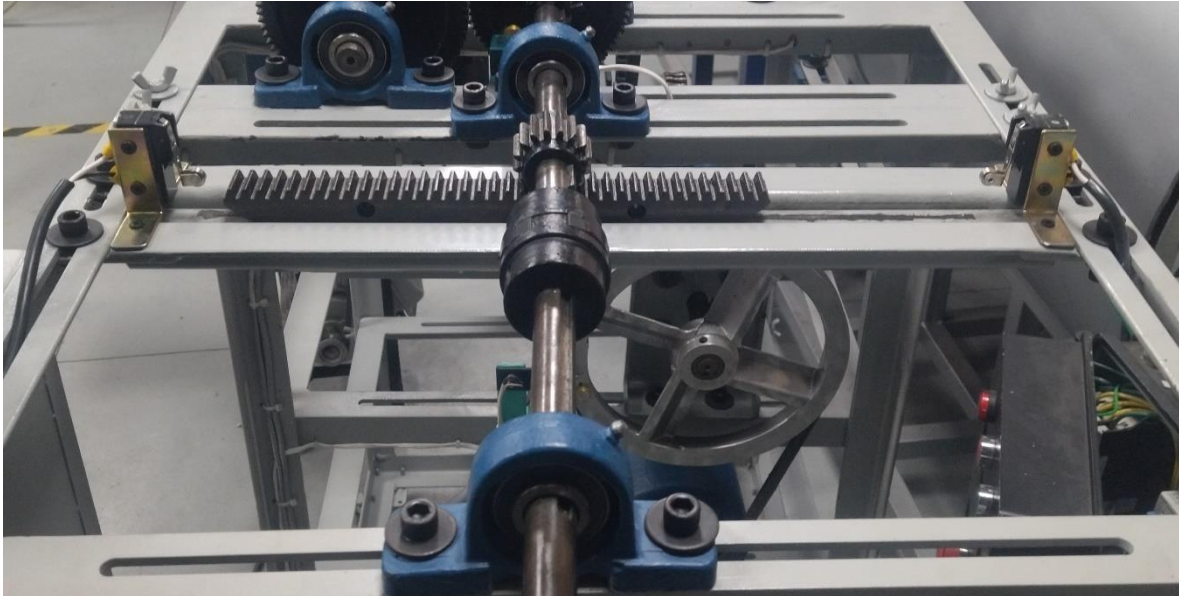


Fuente José Eduardo Torres.

10.1.13 INSTALACION DEL SOPORTE PARA EL SISTEMA CREMALLERA

Para la instalación del sistema, se alinea la transmisión de engrane - cremallera a la guía de la cremallera verificando su correcto funcionamiento en las direcciones. Se toma en cuenta el nivel o altura en que se encuentra para el contacto del ensamble de la soporte - silla- cremallera - engrane con el fin de observar su movimiento, dinámica y respuesta del sensor de fin de carrera cuando llegue la cremallera a los extremo de la guía.

Figura 25. Sistema de cremallera final preparado e instalado en el banco.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.14 TRATAMIENTO TERMICO PARA TORNILLERIA

Para la estética de la tornillería y accesorios de sujeción que se encontraban oxidados, pero en buen estado general. Se implementó un tratamiento térmico con aceite quemado para mejorar el aspecto y propiedades de tornillos usados, en este caso, se seleccionaron los accesorios que estén fabricados de hierro, después de esto se preparó las herramientas necesarias para el tratamiento térmico que son:

- Sistema de flama tipo oxicorte.
- Contenedor de hierro.
- Guantes y Peto de carnaza.
- Pinzas.
- Aceite de motocicleta 20W-50 quemado.

Para desarrollar el tratamiento térmico, se arrojan los tornillos, tuercas, arandelas, anillos de metal en un contenedor de hierro, después de ello se prepara la indumentaria de protección para el uso del equipo de flama tipo oxicorte, con esta preparación previa se inspecciona el equipo para su encendido de flama, con el equipo encendido acercamos la flama al contenedor lleno de tornillos, cuando el contenedor y tornillos alcancen un tono rojo – amarillo (600 - 800 °C), se procede a batir el contenedor para mover los tornillos, permitiendo que se alcance una temperatura homogénea en todo el contenedor, con un tiempo aproximado de 10 min por prueba solo para este ejemplo.

Cuando la temperatura del sistema es la ideal y todos los tornillos tienen un color apropiado para el tratamiento entre (700 - 800 °C), se procede con cuidado de no quemarse por el vapor caliente, a introducir de golpe el aceite de motocicleta quemado sobre el contenedor de hierro, este proceso provoca desprendimiento de gases tóxicos e incineración del aceite, por lo que hay que tener cuidado en su ejecución, cuando el tratamiento este hecho y la temperatura del recipiente ha disminuido a una temperatura ambiente, se extrae el aceite quemado, se limpian los componentes tratados para su posterior uso, los residuos de aceite quemado se reciclan.

Figura 26. Tratamiento térmico, por seguridad en el momento que se toma la fotografía, no está en calentando soplete.



Fuente José Eduardo Torres.

El recipiente debe dejarse enfriar en un lugar apropiado para tal fin, ya que el recipiente puede desprender gases que provocan malos olores, incluso su mala manipulación puede provocar que se derrame aceite por las instalaciones.

Figura 27. Recipiente contenedor de la tornillería, tiempo después de hacer el tratamiento térmico.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.15 PINTURA DE COMPONENTES

La estética de la máquina, se trabaja en esta sección, para dar un acabado único a la máquina con pintura de aceite, este acabado es importante para evitar la corrosión en el hierro que conforma la máquina entre otras ventajas, para la selección del color de la maquina se realizó un estudio visual del lugar en donde la maquina iba a ser instalada, este lugar era el laboratorio de manufactura de la Universidad Santo Tomas seccional Tunja, este estudio visual arrojó como resultado que el color ideal para la estructura de la maquina era el gris plata, ya que este color se asimilaba a los colores de algunas maquinas que se encuentran allí. Logrando combinar. Los accesorios de sujeción de los ejes de las etapas como son las chumaceras se pintan de color azul mate, para dar una distinción especial a estos accesorios, los componentes de los sistemas de transmisión de la máquina que necesitaban mejorar su aspecto fueron pintados de color negro, para diferenciarlos.

PREPARACIÓN PARA APLICAR LA PINTURA

Para realizar el trabajo de pintura, se deben alistar las herramientas

- Compresor.
- Pistola de aire para pintar.
- Periódico, Cinta, Ganchos.
- Brocha.
- Pintura para maquinas gris plata
- Pintura para maquinas azul mate
- Pintura para maquinas negro mate
- Solvente
- Gasolina
- Paños de papel.

Después de preparar todos los componentes y herramientas necesarias para realizar el trabajo de pintura, se desensamblan todos los componentes para realizar un lavado de estos con agua y jabón como preparación de la superficie para que la pintura se adhiera mejor, los componentes se clasifican según el color:

- Gris Plata – Estructura.
- Azul Mate – Chumaceras.
- Negro Mate - Accesorios de Transmisión.
- Verde Turquesa – Soporte para sensores Hall

Figura 28. Lavado general de la máquina con agua y jabón, este proceso permite que la pintura logre un mejor acabado.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.16 PRIMERA ETAPA DE PINTURA

La primera etapa de pintura es lijar, limpiar y lavar la estructura de la máquina con agua y jabón, ya que para la aplicación de la pintura es necesario tener la superficie limpia de contaminantes como grasa o polvo, algunas partes de la estructura necesitaba un retoque con lija para mejorar el acabado, sin embargo, como se trabaja sobre una máquina fabricada artesanalmente posee defectos estéticos menores que resultan demasiado costosos corregirlos.

Figura 29. Estructura de la maquina totalmente pintada en gris plata.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.17 SEGUNDA ETAPA DE PINTURA

La segunda etapa de pintura es la preparación de los elementos de sujeción como chumacera que necesitan una limpieza con solvente para eliminar la grasa y polvo acumulados, después de esto se prepara la pintura en un recipiente, se agrega una porción de pintura azul mate, se mezcla la pintura para observar que no posea pintura seca o contaminantes que puedan quedar sobre la superficie de las chumaceras, cuando ya se está seguro del buen estado de la pintura se agrega solvente en poca proporción, cuando se agrega el solvente se debe revolver la pintura y el solvente procurando llegar a una buena mezcla que pueda tapar la pintura antigua, con ello se busca mejorar el aspecto visual e identificación de los diferentes componentes de la máquina, para este trabajo se empleó una brocha y cuando los elementos fueron pintados se procedió a dejarlos secar al sol de la tarde.

DESMONTAJE Y PINTURA DE ACCESORIOS

Como primer procedimiento para pintar los accesorios como motor y chumaceras con pintura azul mate, se desmontan las chumaceras de los ejes y el motor se retira de la estructura, para pintarlos por aparte sin afectar la pintura gris ya aplicada, el color aplicado permite que estos elementos se diferencien de los demás elementos que conforman la máquina.

Figura 30. Motor con su nueva pintura azul mate.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.18 TERCERA ETAPA DE PINTURA ACCESORIOS DE TRANSMISION

Los componentes de los sistemas de transmisión se deben identificar de manera individual, para ello todos los elementos se agrupan mediante sistemas de color, el color seleccionado para estos elementos es el color negro, este permite distinguirlos, la pintura de estos accesorios se desarrolló de modo que no intervenga en el área de contacto o funcionamiento del sistema de transmisión.

Figura 31. Engranajes Rectos de la Etapa 4 y Etapa 5 con su pintura de protección color negro.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.19 SEÑALIZACION DEL PANEL DE CONTROL

Para agregar un toque especial en la maquina se diseñó una señalización para la indicación del estado, acción de giro y posición de los botones, este diseño se realizó en ADOBE ILLUSTRATOR e imprimió en plóter, la empresa empleada para la impresión de las calcomanías que indican los elementos en el tablero de control fue PAQUIRRI PUBLICIDAD, esta empresa se encuentra ubicada en el barrio las Nieves de la ciudad de Tunja - Boyacá, la herramienta de plóter y corte empleada en la fabricación de la calcomanía se muestra en la siguiente figura:

Figura 32. Impresión de las calcomanías.



Fuente José Eduardo Torres.

10.1.20 MANTENIMIENTO Y ENGRASE

Alinear y lubricar los sistemas que necesiten de ello, también realizar un ajuste de torsión a cada sujeción de tornillo - tuerca, verificar el torque en prisioneros de los anillos de sujeción, chumaceras, inyectar grasa en las chumaceras, lubricar la guía de cremallera, sistemas de engrane entre otros para disminuir la vibración, temperaturas de operación altas en el sistema de tornillo sin fin o ruidos en la máquina debidos a un incorrecto funcionamiento.

10.2 SEGUNDA ETAPA

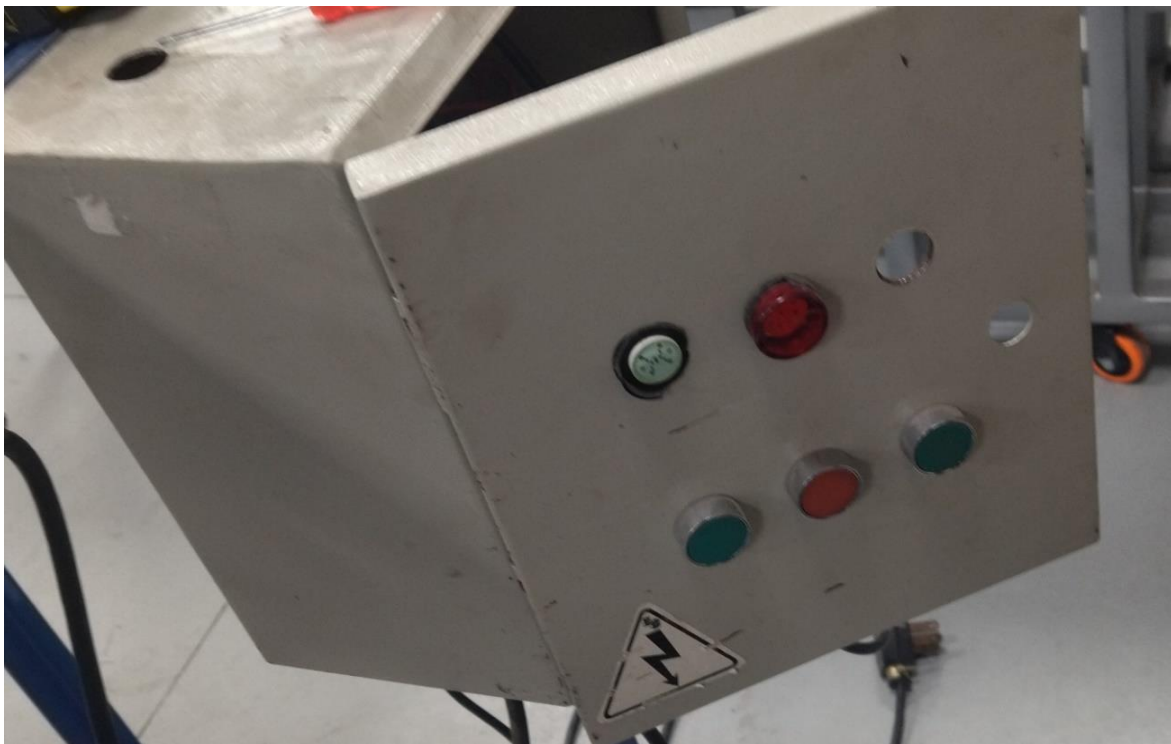
Para dar cumplimiento a la segunda etapa del desarrollo del trabajo de grado, se establecen los parámetros para la actualización del sistema eléctrico del banco de potencia para que cumpla aspectos de seguridad, operatividad y visualización del estado de la máquina.

10.2.1 INSPECCIÓN DEL SISTEMA

En la inspección del sistema eléctrico del banco que está dentro de la caja de control, se observa el tablero de control para el usuario donde se encuentran 3 botones para la acción del usuario (Giro derecho, Giro izquierdo, Stop de emergencia), 3 led indicativos (2 led verdes para indicar la dirección de giro y 1 led rojo para indicar que el sistema esta energizado).

Dentro de la caja del sistema eléctrico se observa una protección tipo Breaker para la alimentación trifásica, una regleta para las conexiones alternas, los actuadores de giro positivo y negativo del motor.

Figura 33. Caja de control eléctrico, esta imagen evidencia el estado de la caja de control anterior a su restauración.

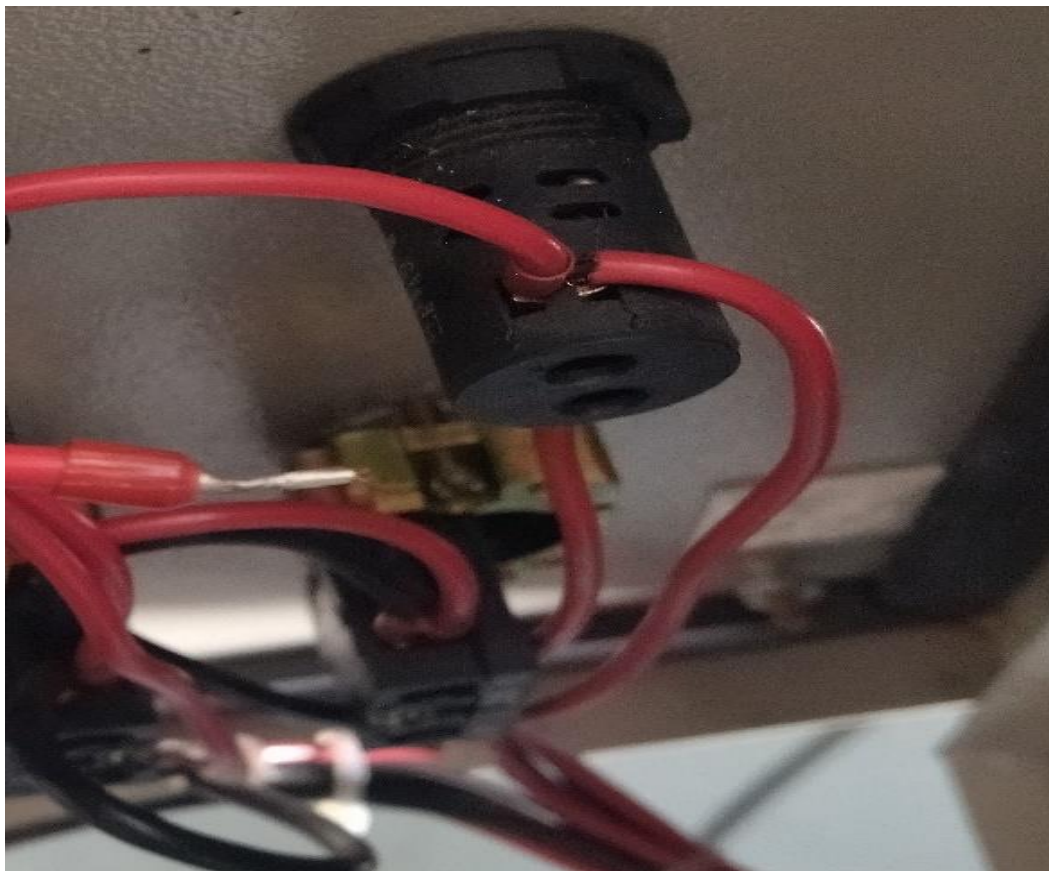


Fuente José Eduardo Torres.

10.2.2 CABLES SUELTOS EN LA CAJA DE CONTROL ELÉCTRICO

En las conexiones dentro de la caja se podía observar cables que se encontraban sueltos, lo que provoca un mal contacto eléctrico, también fue necesario realizar un peinado de cables para organizar de mejor manera la distribución de los cables, para permitir la apertura de la puerta y la sujeción de los cables a componentes del sistema eléctrico, para realizar el aprete correcto con los cables que impida se suelten de nuevo, con ello establecer la correcta conexión para el encendido de la máquina.

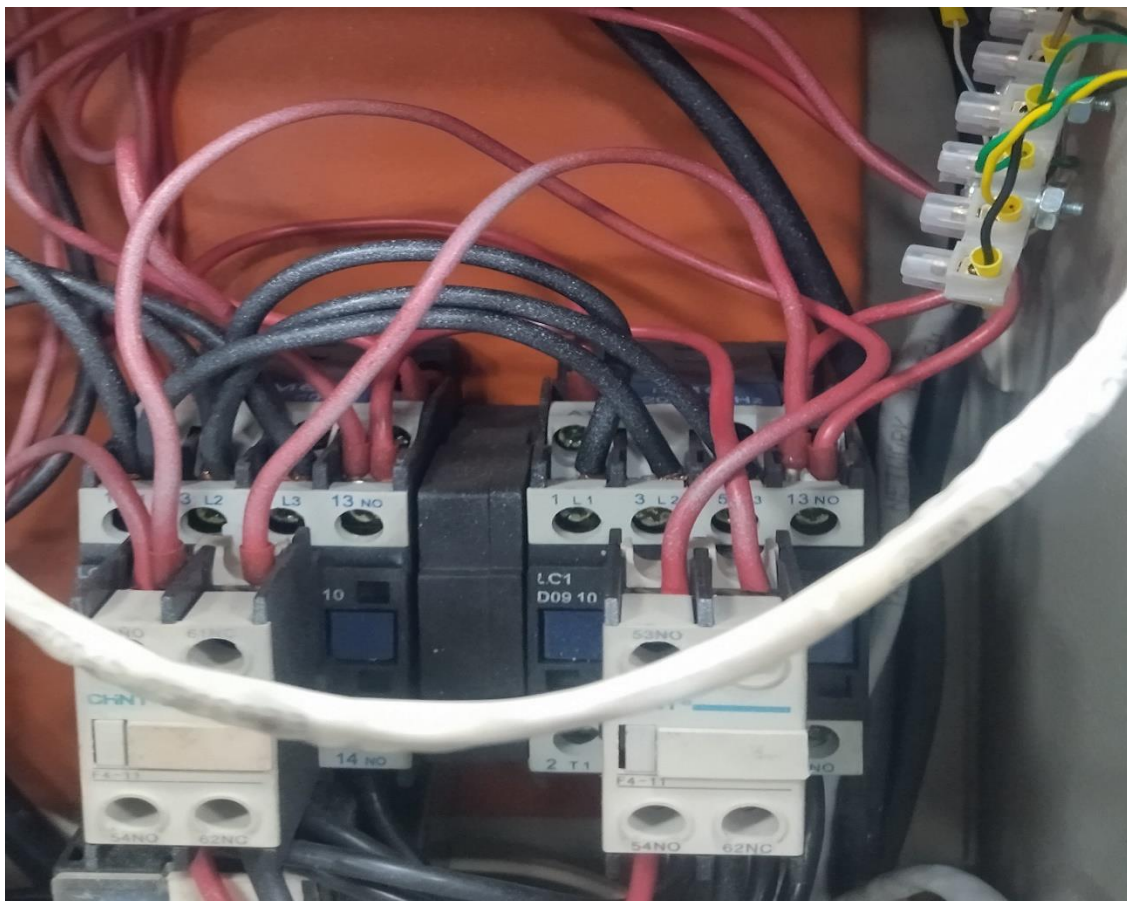
Figura 34. Imagen de referencia para algunos cables sueltos en el circuito que se encuentra dentro de la caja de control de la máquina.



Fuente José Eduardo Torres.

Después de la verificación de las conexiones fue necesario cambiar y adicionar algunos terminales eléctricos para mejorar la conexión y el ajuste de los tornillos de los accesorios.

Figura 35. Instalación de terminales en las puntas de los cables de conexión en la caja de control.



Fuente José Eduardo Torres.

10.2.3 CABLEADO EXTERNO

El cableado externo del sistema que controla la acción del motor necesita un ajuste de las sujeciones que sostienen el cable a lo largo de la estructura, la toma eléctrica y los terminales de conexión para cada extremo de cable, con ello aseguramos que el sistema se encuentra debidamente protegido.

Figura 36. Cableado sin terminales y con mala conexión, esta conexión pudo haber provocado un corto en el sistema.



Fuente José Eduardo Torres.

10.2.4 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Para el mantenimiento de este sistema fue necesario hacer una limpieza de la caja y los componentes dentro de ella, un aprete de los tornillos que la sujetan a la estructura, aprete de los tornillos que sujetan el cableado a los componentes eléctricos, limpieza y preparación para la pintura gris plata de la caja.

Figura 37. Preparación y pintura de la Caja de control.



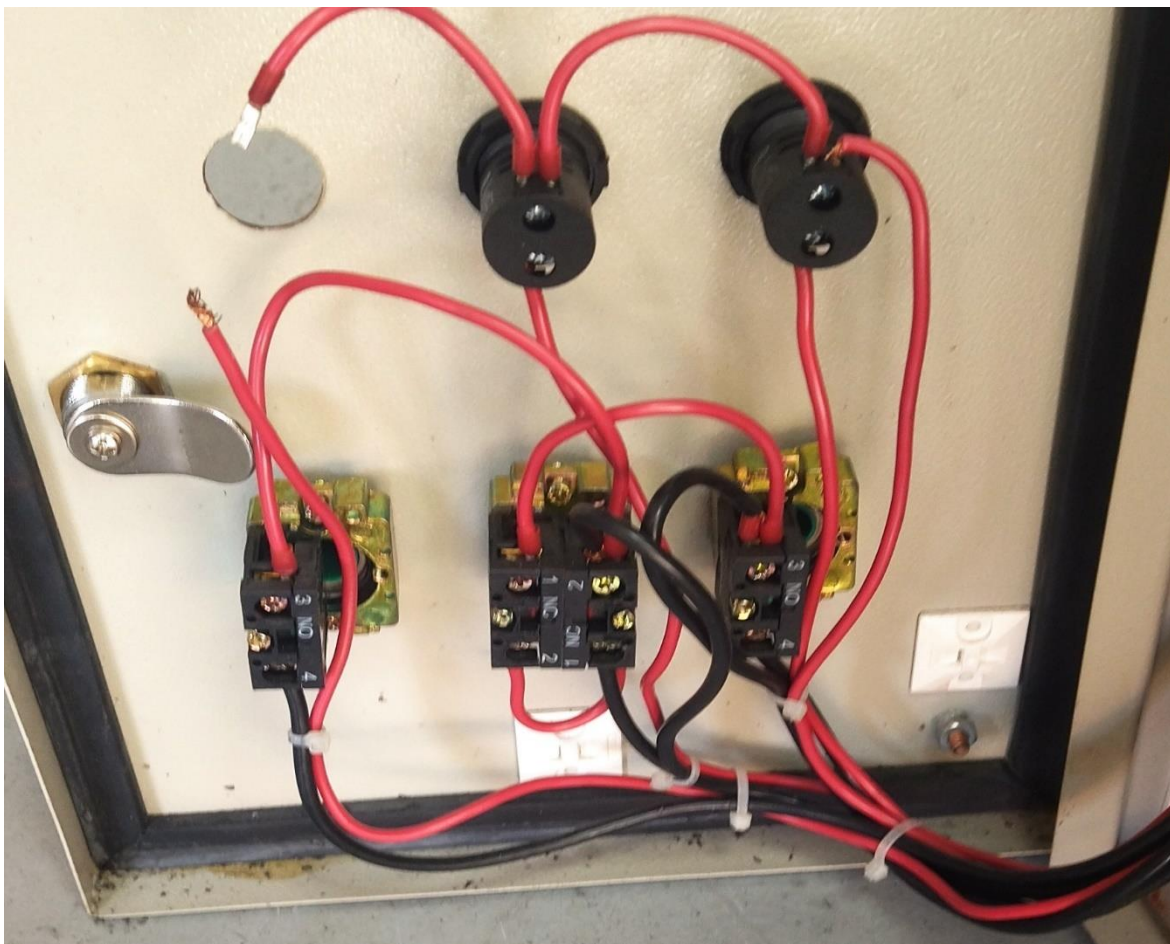
Fuente José Eduardo Torres.

10.2.5 INDICADORES LED DE GIRO

En relación con el estado de los indicadores led, se realizó el cambio de 2 led rotos (1 led Amarillo – 1 Led Rojo), para mantener la estética de la maquina se cambió la acción de giro de led (Verde - Amarillo) a led (Verde - Verde), con ello se mejora el aspecto visual de la máquina.

Para el cambio de los led en mal estado, se soltaron las conexiones para los cables de energía y tierra, después se suelta la tuerca plástica que sujeta el bombillo led a la puerta de la caja del sistema eléctrico.

Figura 38. Reparación de los bombillos led en mal estado, se procedió a instalar terminales en sus cables de conexión.



Fuente José Eduardo Torres.

10.2.6 BOTONES PARA ACCION DE GIRO

Los botones de interacción para el giro del motor y parada se inspeccionaron, encontrando el botón de Stop roto, este fue reemplazado, pero fue necesario un ajuste a la sujeción de los otros botones en la puerta de la caja por que se encontraban sueltos.

10.2.7 INSTALACIÓN DE LOS FINALES DE CARRERA EN EL SISTEMA ENGRANE – CREMALLERA

Para el sistema de engrane - cremallera es necesaria la instalación de 2 sensores de final de carrera en los extremos del riel donde se mueve la cremallera para el apagado del sistema cuando la cremallera llegue al extremo del riel, de acuerdo con la acción de giro seleccionada por el usuario, para la instalación de los sensores fue necesaria la fabricación de dos soportes para la sujeción del sensor al riel y que permita una posición fija con su cableado.

10.2.8 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE FINAL DE CARRERA

Los sensores del mercado seleccionados para la matriz cumplen de cierta manera los requerimientos, son analizados para encontrar sus ventajas y desventajas para el accionamiento de la cremallera, su adaptabilidad, precio y disponibilidad en el mercado entre otras.

Los sensores seleccionados para la matriz de decisión son los siguientes:

1. Sensor final de carrera de accionamiento por palanca lisa.
2. Sensor final de carrera de accionamiento por palanca y rodillo.
3. Sensor final de carrera de accionamiento por botón.
4. Sensor final de carrera de accionamiento por botón y rodillo.

Tabla 1. Matriz de decisión para la selección del sensor fin de carrera

MATRIZ DE DECISIÓN PARA SELECCIÓN DEL SENSOR FIN DE CARRERA				
PRODUCTOS DE SELECCIÓN	CRITERIOS DE SELECCIÓN			
SENSORES FIN DE CARRERA	COMERCIAL	ECONOMÍA	ADAPTABILIDAD	TOTAL PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE ECONÓMICO: 90 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 90 PUNTOS	280 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE MUY ECONÓMICO: 100 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 100 PUNTOS	300 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE DE COSTO ELEVADO: 80 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 80 PUNTOS	260 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE DE COSTO ELEVADO: 70 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 80 PUNTOS	250 PUNTOS
PUNTO DE SELECCIÓN: 300 PUNTOS		SE SELECCIONA EL PRODUCTO PORQUE ES UN REPUESTO COMERCIAL, DE BAJO COSTO Y POSEE UNA ROLDANA QUE PERMITE QUE LA CREMALLERA RUEDE, ES DE FÁCIL ADAPTACIÓN POR MEDIO DE SOPORTES EN ELE.		

Fuente José Eduardo Torres.

DESICION:

Según la matriz de selección se optó por el sensor fin de carrera de palanca y rodillo porque es un repuesto comercial, de bajo costo y posee una roldana que permite que la cremallera ruede, es de fácil adaptación por medio de soportes en ele.

Figura 39. Sensor fin de carrera seleccionado.



Fuente Osaka.

10.2.9 DATASHIELD SENSOR FIN DE CARRERA

Especificaciones:

- XZ-15GW2-B
- Serie: XZ-15
- Tipo de actuador: Palanca larga + roldana
- Grado de protección: IP40
- Tipo de conexión: Tornillos
- Configuración de contactos: 1NA + 1NC
- Tipo de alimentación: 15 A para 125 V / 250 V AC.

Este sensor es comercial que puede encontrarse para compra en tiendas de electrónica o internet con las especificaciones expuestas en el Datashield del sensor, este se encuentra en la página web del fabricante.

10.2.10 DISEÑO CODIGO IMPRESIÓN 3D

El código G para usar en la impresora debe programarse mediante software, en este caso se usó CURA como software de procesamiento para una impresora Ender 3 pro actualizada, los parámetros usados para el filamento PLA+ de la marca eSun de 1.75mm de diámetro son:

- Temperatura extrusor: 225 °C
- Temperatura de cama: 60 °C
- Porcentaje de relleno: 100 %
- Soportes: Encendido
- Calidad de Impresión: PROFESIONAL

Los parámetros usados para el filamento TPU-95A de la marca eSun de 1.75mm de diámetro son:

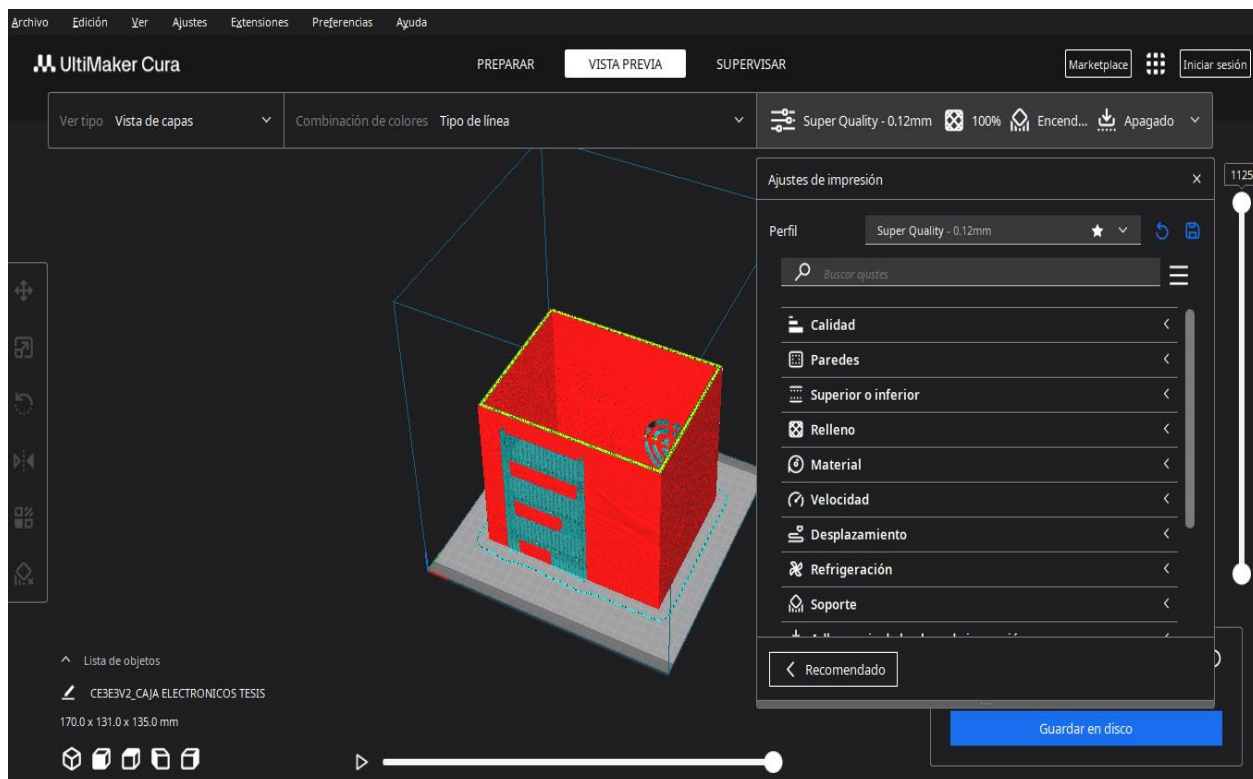
- Temperatura extrusor: 220 °C
- Temperatura de cama: 60 °C
- Porcentaje de relleno: 100 %
- Soportes: Encendido
- Calidad de Impresión: PROFESIONAL

Estos parámetros son usados para la configuración de la impresión de los soportes aislantes de los imanes que se instalan en los elementos de transmisión, que permiten al sensor efecto hall detectar el pulso de frecuencia para la medición de velocidad angular.

Aplanado del objeto: se selecciona una cara del perfil a imprimir que satisfaga las necesidades del diseño en cuanto a la calidad de la impresión, el tiempo de impresión y el material utilizado.

Alineación, centrado: después de seleccionar la superficie del objeto que aplanar con la cama de la impresora, se alinea y centra el objeto dentro del software CURA.

Figura 40. Procesado del solido 3D de la caja de electrónicos en software CURA.

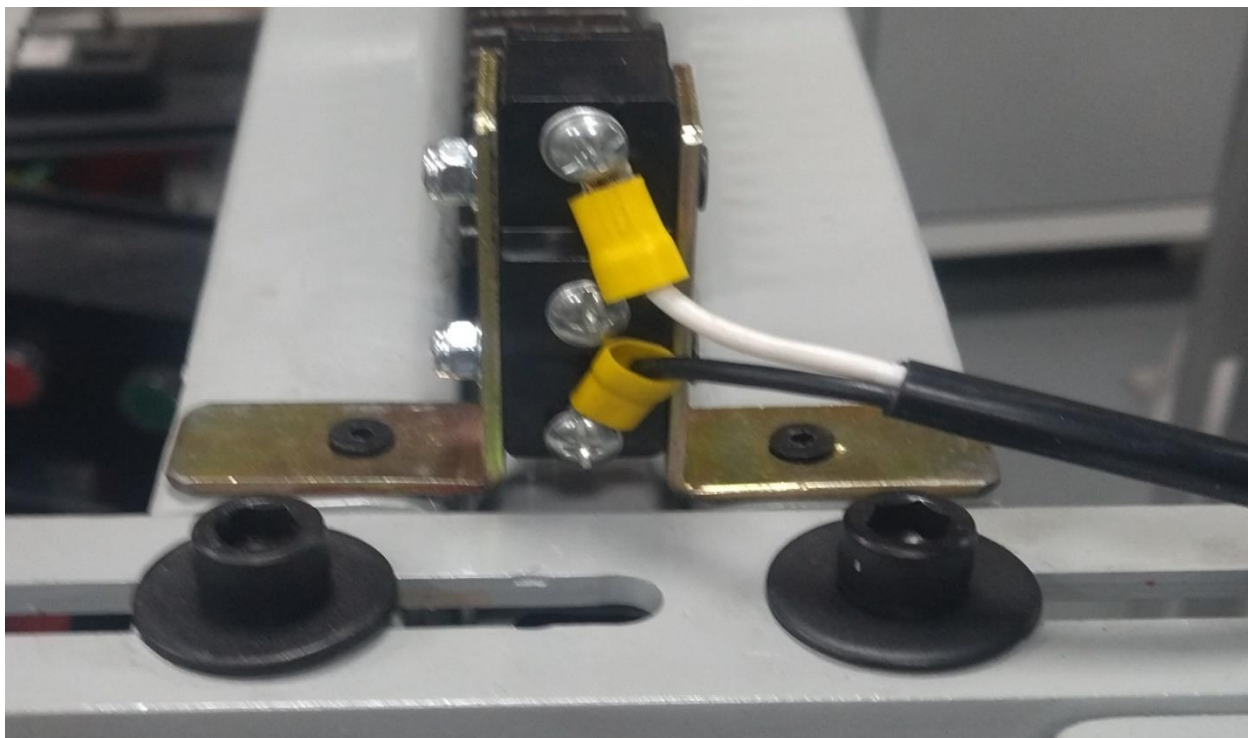


Fuente José Eduardo Torres.

10.2.11 INSTALACION DE LOS SENSORES

Para la instalación de los sensores, se realizó la inspección del cableado que sale de la caja del sistema eléctrico, con esto se encontró que la maquina ya poseía cables para la conexión de 2 sensores de fin de carrera, se verifico el funcionamiento de la conexión de aquellos cables dentro del panel de control.

Figura 41. Conexión con terminales del cableado para los sensores de fin de carrera.



Fuente José Eduardo Torres.

Después de verificar el funcionamiento de la acción del sensor, se instaló el sensor en el soporte y se posiciono el soporte en el riel de la cremallera, cada fin de carrera responde a la acción de giro elegida por el usuario.

Figura 42. Instalación de los sensores fin de carrera en la guía del sistema de cremallera Etapa 5.



Fuente José Eduardo Torres.

10.2.12 PROTECCIÓN DEL CABLEADO DE LOS SENSORES FIN DE CARRERA

Para la terminación del cableado de los sensores, se utilizó funda termo retráctil, terminales de conexión rápida al sensor entre otros ajustes, para dar una protección extra. La seguridad y funcionamiento de los componentes se asegura mediante el anclaje con abrazaderas y ocultamiento del cableado en la estructura.

Figura 43. Sujeción de los cables para la conexión de los sensores fin de carrera a la estructura.



Fuente José Eduardo Torres.

INSPECCIÓN FINAL

En la inspección final del funcionamiento de la máquina, se realiza la conexión de alimentación de la máquina, se acciona el breaker dentro de la caja de control, después de ello debe encenderse el Led Testigo del motor (Led Rojo), para verificar la acción del giro del motor, se debe accionar los botones de color verdes para el giro y rojo para la parada del sistema.

Para el video de inspección final de funcionamiento se debe revisar el [ANEXO 2] video de inspección de funcionamiento de la máquina.

10.3 TERCERA ETAPA

Para dar cumplimiento a la tercera etapa del desarrollo del trabajo de grado, se establecen los parámetros para diseñar e implementar los sistemas de instrumentación electrónicos en la máquina que permitan la medición y visualización de datos de velocidad angular en los ejes de las 5 Etapas.

10.3.1 INSPECCIÓN DE LA NECESIDAD PARA EL SISTEMA DE SENSORES

Para determinar qué sistema usar para la medición de las variables de velocidad en los ejes y la visualización de estos datos en este proyecto, es necesario realizar una matriz para la selección de los sensores para medición de (RPM) a usar, otra matriz para la selección de la pantalla LED para la interfaz visual y otra matriz para la selección de los controladores del sistema implementado.

Los sensores, pantallas y controladores deben ser compatibles entre sí para evitar conflictos o errores a la hora de programar el controlador para mejorar la respuesta del sistema. Los datos obtenidos para la visualización de velocidad en los ejes mediante la pantalla LED deben tener un Reset de ciclo, sin embargo este Reset no debe afectar el tiempo de prueba registrado. Los componentes deben almacenarse y estar debidamente protegidos del ambiente o la humedad, con una ventilación que evite temperaturas altas del sistema electrónico por su funcionamiento por tiempos prolongados.

Las conexiones de los sistemas deben estar debidamente indicadas mediante código de colores para facilitar el mantenimiento y conexión, en este caso para el cableado eléctrico desde la caja se usa cable UTP, terminales de conexión rápida y funda de protección termo encogible.

Los objetos necesarios para realizar el sistema son:

- 6 Sensores para la medición de velocidad en los ejes.
- 1 Sistema de visualización de datos (Pantalla LED).
- 1 Sistema de cómputo – control – conexión.
- 1 Sistema de alimentación.
- 1 Sistema de refrigeración de componentes.
- 1 Caja de almacenamiento de componentes electrónicos.

SELECCIÓN DEL SENSOR

Para la correcta selección del sensor que mide la velocidad angular (RPM), se verifica en el mercado que sensores hay disponibles para la venta, con esto disponemos de los datos específicos que ayudan a tomar la decisión de que sensor

usar para el sistema que satisfaga las necesidades de la máquina, ya que el sistema requiere el uso de 6 sensores.

Aspectos para tener en cuenta:

- El sensor debe funcionar en cualquier ambiente en el que se encuentre la máquina.
- El sensor debe proporcionar una lectura continua y precisa.
- El sensor debe ser comercial para que pueda ser reemplazado en caso de dañarse.

10.3.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES PARA MEDICION DE VELOCIDAD

Los sensores del mercado seleccionados para la matriz cumplen de cierta manera los requerimientos, son analizados para encontrar sus ventajas y desventajas para la medición de la variable de velocidad en el sistema, ya que esta máquina debe poder usarse en un recinto cerrado o un espacio abierto por lo que el uso de ciertos sensores se verá limitado.

Los sensores seleccionados para la matriz de decisión son los siguientes:

5. Sensor interruptor hall 12V.
6. Sensor de efecto hall KY-035 5V.
7. Sensor de encoder óptico tipo herradura 5V.
8. Sensor de contacto laser KY-008 5V.

Tabla 2. Matriz de decisión para la selección de los sensores de velocidad angular.

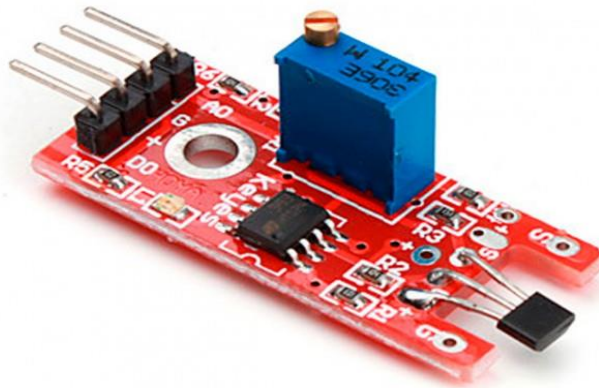
MATRIZ DE DECISIÓN PARA SELECCIÓN DEL SENSOR DE FRECUENCIA				
PRODUCTOS DE SELECCIÓN	CRITERIOS DE SELECCIÓN			
SENSORES PARA FRECUENCIA	COMERCIAL	ECONOMÍA	ADAPTABILIDAD	TOTAL PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE ECONÓMICO: 90 PUNTOS	SE ADAPTA A LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN: 80 PUNTOS	270 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE MUY ECONÓMICO: 95 PUNTOS	SE ADAPTA A LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN: 100 PUNTOS	295 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE DE COSTO ELEVADO: 80 PUNTOS	SE ADAPTA A LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN: 80 PUNTOS	260 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE DE COSTO ELEVADO: 70 PUNTOS	SE ADAPTA A LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN: 80 PUNTOS	250 PUNTOS
PUNTOS DE SELECCIÓN: 300 PUNTOS			SE SELECCIONA EL PRODUCTO PORQUE PERMITE ADAPTARSE A LOS DIFERENTES ACCESORIOS QUE TIENEN LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA, MIDE LA FRECUENCIA POR MEDIO DEL PASO DE UN IMÁN DE NEODIMIO, EL TAMAÑO REDUCIDO PERMITE SU FÁCIL INSTALACIÓN EN EL BANCO, ES UN REPUESTO COMERCIAL.	

Fuente José Eduardo Torres.

DESICION:

Según la matriz de selección se optó por el sensor de efecto hall porque permite adaptarse a los diferentes accesorios que tienen los sistemas de transmisión de potencia, mide la frecuencia por medio del paso de un imán de neodimio, el tamaño reducido permite su fácil instalación en el banco, es un repuesto comercial.

Figura 44. Sensor de efecto hall seleccionado.



Fuente Ferretronica.

10.3.3 DATASHIELD SENSOR DE EFECTO HALL KY-035

Especificaciones:

- Voltaje de alimentación: 5V DC.
- Salidas: Digital y analógica.
- Peso: 5g.
- Dimensiones: 4.2x1.6x1.4cm.

Este sensor es comercial que puede encontrarse para compra en tiendas de electrónica o internet con las especificaciones expuestas en el Datasheet del sensor, se encuentran en la página web del fabricante.

10.3.4 SELECCIÓN DE LA COMPUTADORA

Para la selección de la computadora que controla los sensores, la pantalla y la alimentación, el sistema de cómputo debe ser preciso, simple, económico y funcional.

Los sistemas de cómputo más comerciales de acuerdo con el desarrollo de prototipos profesionales y educativos tienen 3 productos que pueden ser usados dependiendo la finalidad, en este caso se analizan los 3 productos en la matriz de decisión para verificar cual es la mejor opción para la fabricación del sistema.

Computadoras en el mercado:

1. ARDUINO MEGA
2. ARDUINO UNO R3
3. RASPEBEERY PI 4
4. PLC SIEMENS S7 1200

Tabla 3. Matriz de selección para el controlador usando en la instrumentación.

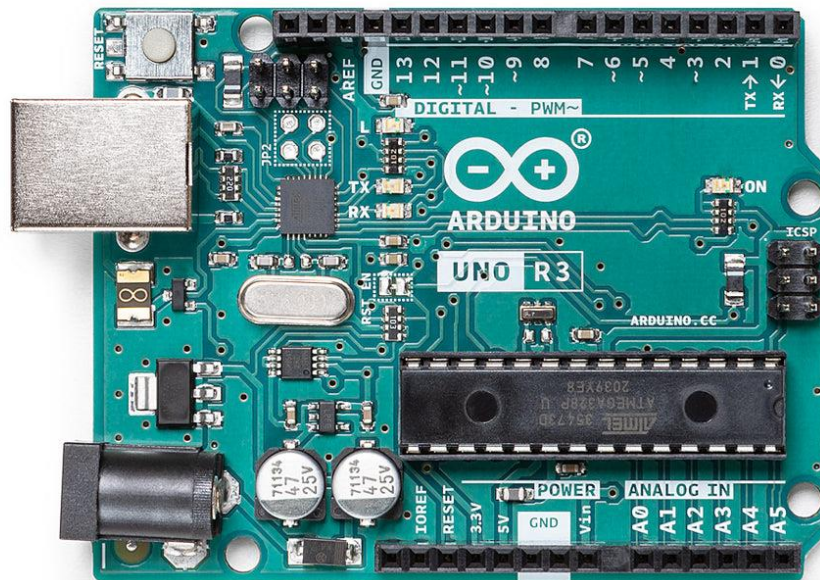
MATRIZ DE DECISIÓN PARA SELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR				
PRODUCTOS DE SELECCIÓN	CRITERIOS DE SELECCIÓN			
MICROCONTROL	COMERCIAL	ECONOMÍA	ADAPTABILIDAD	TOTAL PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE ECONÓMICO: 70PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE SENSOR HALL: 100PUNTOS	270 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE MUY ECONÓMICO: 90 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE SENSOR HALL: 100 PUNTOS	290 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 80 PUNTOS	ES UN COMPONENTE DE COSTO ELEVADO: 60 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE SENSOR HALL: 100 PUNTOS	240 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 70PUNTOS	ES UN COMPONENTE DE COSTO ELEVADO: 30 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE SENSOR HALL: 70 PUNTOS	170 PUNTOS
PUNTO DE SELECCIÓN: 300 PUNTOS		SE SELECCIONA ESTE PRODUCTO POR SU TAMAÑO COMPACTO , ES UN REPUESTO COMERCIAL Y ECONÓMICO, POSEE UN CONTROL POR INTERRUPCIÓN EN 2 ENTRADAS DIGITALES, IDEAL PARA EL PROYECTO. CON ESTE ARDUINO SE PUEDE CLONAR LA PROGRAMACIÓN PARA LOS 6 SENSORES, CON SOLO 3 CONTROLADORES.		

Fuente José Eduardo Torres.

DESICION:

Según la matriz de selección se optó por el Arduino Uno R3 por su tamaño compacto también es un repuesto comercial y económico, posee un control por interrupción con tiempo en 2 entradas digitales, ideal para el proyecto. con este Arduino se puede clonar la programación para los 6 sensores, para usar solo 3 controladores, lo que simplifica el trabajo al ser necesario solo hacer un programa y modificarlo.

Figura 45. Arduino Uno R3 seleccionado.



Fuente Ferretronica.

10.3.5 DATASHIELD ARDUINO UNO R3.

Especificaciones:

- Procesador ATmega328P

Memoria:

- CPU AVR de hasta 16 MHz
- Memoria Flash de 32 KB
- RAM de 2 KB
- EEPROM de 1KB

Seguridad:

- Reinicio de encendido (POR)
- Detección de apagón (DBO)

Periféricos:

- Temporizador/contador 2x de 8 bits con registro de período dedicado y comparación de canales
- 1 temporizador/contador de 16 bits con registro de período dedicado, captura de entrada y comparación de canales
- 1x USART con generador de velocidad de baudios fraccional y detección de inicio de fotograma
- 1x controlador/periférico Interfaz periférica serie (SPI)
- 1x controlador de modo dual/periférico I2C
- Temporizador de vigilancia con oscilador independiente en chip

Voltaje:

- Voltaje de alimentación 5V DC.

Este microcontrolador de código abierto es muy comercial, puede encontrarse para compra en tiendas de electrónica o internet con las especificaciones expuestas en el Datasheet, esta información se encuentra en la página web del fabricante.

10.3.6 VISALIZACION DE DATOS POR PANTALLA LED

Para la visualización de los datos es necesario una pantalla que proporcione una imagen precisa de los datos proporcionados por los sensores

Pantallas en el mercado:

1. Pantalla LED Verde 2004 Tamaño: 20x4.
2. Pantalla OLED I2C Tamaño: 128 x 64.
3. Pantalla LED Azul 1602 Tamaño: 16x2.
4. Pantalla Táctil LED TFT Tamaño: 480 x 320.

Tabla 4. Matriz de decisión para la selección de la pantalla LED.

MATRIZ DE DECISIÓN PARA SELECCIÓN DE PANTALLA LED				
PRODUCTOS DE SELECCIÓN	CRITERIOS DE SELECCIÓN			
PANTALLA LED	COMERCIAL	ECONOMÍA	ADAPTABILIDAD	TOTAL PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE ECONÓMICO: 70PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 100 PUNTOS	270 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE ECONÓMICO: 90PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 90 PUNTOS	280 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE COMERCIAL: 100 PUNTOS	ES UN COMPONENTE MUY ECONÓMICO: 90 PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 100 PUNTOS	290 PUNTOS
	ES UN COMPONENTE NO COMERCIAL: 50PUNTOS	ES UN COMPONENTE DE COSTO ELEVADO: 80PUNTOS	SE ADAPTA AL SISTEMA DE CREMALLERA: 70 PUNTOS	200 PUNTOS
PUNTO DE SELECCIÓN: 300 PUNTOS		SE SELECCIONA EL PRODUCTO POR SU BAJO COSTO, ES UN REPUESTO COMERCIAL Y PORQUE PERMITE ADAPTARSE A EL SISTEMA CON SENSOR HALL 3144E Y MICROCONTROLADOR ARDUINO UNO R3, ESTO REDUCE PROBABILIDADES DE ERROR AL PROGRAMAR EN CONJUNTO LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.		

Fuente José Eduardo Torres.

DESICION:

Según la matriz de selección se optó por la pantalla LED 1602 porque permite adaptarse a el sistema con sensor hall 3144E y microcontrolador Arduino Uno R3, esto reduce probabilidades de error al programar en conjunto los elementos del sistema. Para instalar esta pantalla en el circuito es necesario procesar la señal con un módulo de interfaz serial I2C para manejar la pantalla LED, disminuyendo las conexiones necesarias para su funcionamiento, además permite ser alimentada por la conexión de 5V. del Arduino Uno R3.

Figura 46. Pantalla LED 1602 color azul seleccionada.



Fuente Ferretronica.

10.3.7 DATASHIELD PANTALLA LED 1602 COLOR AZUL.

Especificaciones:

- Voltaje de Alimentación: 5 VDC.
- Carácter de 5X8 puntos.
- Tamaño del Carácter: 5.2 mm X 3mm.
- Controlador: Hitachi HD44780.
- Backlight: Tipo led de color Azul.
- Interfaz: Paralela de 8 bits o 4 bits.
- Corriente de consumo máxima: 25mA.

Este sensor es comercial que puede encontrarse para compra en tiendas de electrónica o internet con las especificaciones expuestas en el Datasheet del sensor, se encuentran en la página web del fabricante [10].

10.3.8 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

En la selección del sistema para la refrigeración de la caja que contiene los componentes para la visualización de los datos medidos por los sensores se busca un ventilador que sea de un tamaño compacto, ideal para ser instalado en una caja pequeña, pero que sea compatible con la alimentación suministrada en sus puertos por el Arduino Uno R3.

10.3.9 VENTILADORES EN EL MERCADO

La selección del ventilador se verificó en internet que proveedores y productos hay disponibles en Colombia, los proveedores proveen dispositivos electrónicos estándar compatibles con la placa Arduino y su voltaje de salida (5v), estas dispositivos poseen 4 agujeros para el anclaje del ventilador a la estructura.

DECISIÓN

Se selecciona el ventilador de 5v compatible con Arduino 30X30 (mm). La selección de este ventilador se llevó a cabo teniendo en cuenta que el dispositivo es comercial y puede encontrarse en la ciudad de Tunja, esto facilita su reemplazo si falla en algún momento, también se toma en cuenta que sea compatible con la placa de control.

Figura 47. Ventilador comercial empleado para la refrigeración de las pantallas y Arduinos.



Fuente Ferretronica.

10.3.10 DATASHIELD VENTILADOR COMERCIAL DE 5V SUNON.

- Ventilador 3010 para proyectos electrónicos
- Especificaciones:
- Voltaje: 5V
- Corriente: 150 mA
- Dimensiones: 30x30x10 mm
- Conector: JST 2.54 mm

Este ventilador es comercial, puede encontrarse para compra en tiendas de electrónica o internet con las especificaciones expuestas en el Datashield del ventilador, estas se encuentran en la página web del fabricante.

10.3.11 CÓDIGO DEL PROGRAMA A INSTALAR EN LOS MICROCONTROLADORES

Para el código de control a programar en la tarjeta Arduino UNO R3 usamos el software de Arduino IDE, en el cual programamos siguiendo las siguientes reglas de programación:

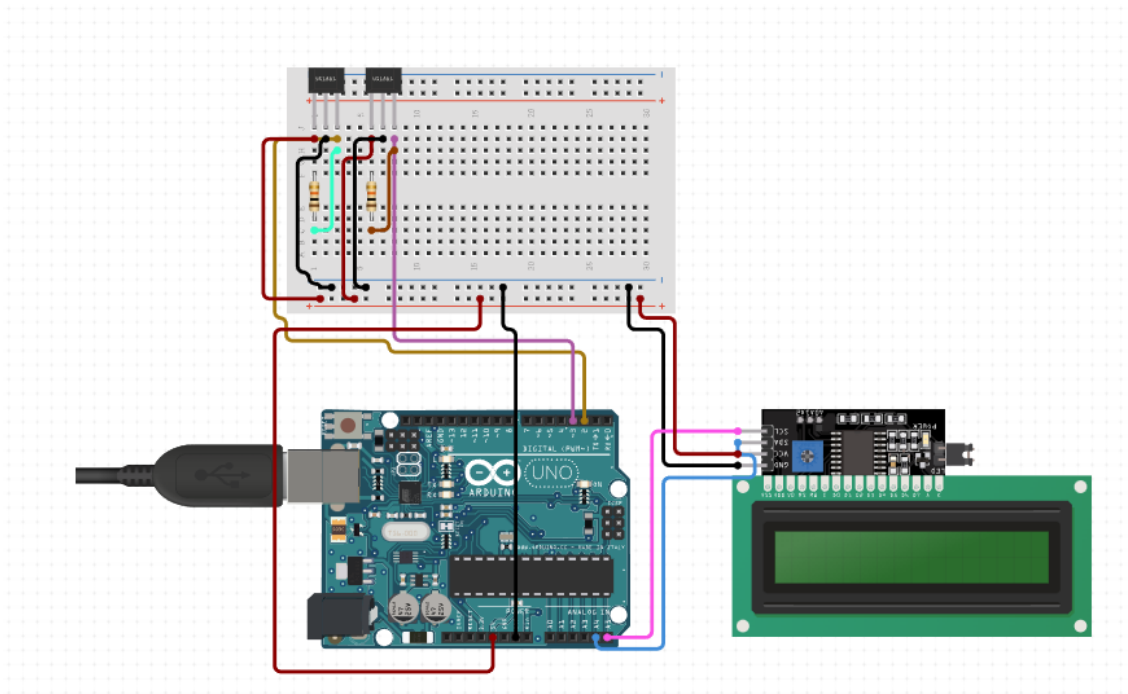
- Incluir las librerías de control
- Incluir los puertos asignados

- Incluir las variables
- Incluir puerto serial
- Programación ciclos

10.3.12 CONEXIÓN DE COMPONENTES

El diseño de la conexión de los componentes se desarrolló en CIRCUIT.IO una página web desarrollada con inteligencia artificial que conecta los componentes y proporciona una amplia biblioteca de componentes para diseñar de manera ordenada los circuitos de conexión de la Placa – Pantalla – Sensores Hall, este diseño planteado es practico para el sistema, los sensores empleados en la maquina son placas de circuitos adaptados para el control del sensor de efecto hall, mediante puertos de fácil conexión. El programa CIRCUIT.IO realiza una conexión aproximada, que relaciona al sensor hall con un puerto digital del Arduino y una resistencia para regular y estabilizar su funcionamiento teórico.

Figura 48. Diseño de conexión electrónica para los componentes de control, visualización y lectura.



Fuente José Eduardo Torres.

CODIGO DESARROLLADO

El siguiente código fue desarrollado para la programación de 3 Arduinos UNO R3 permitiendo la visualización de datos en pantalla Led 1602, lectura de las interrupciones detectadas por los sensores efecto hall 3144E y el contador de tiempo transcurrido en la prueba.

Figura 49. Código desarrollado para la lectura de Revoluciones por minuto en 6 ejes.

```
#include <Arduino.h>           //LIBRERIA DEL DESARROLLADOR DEL CODIGO.
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //INCLUIMOS LA LIBRERÍA PARA NUESTRO DISPLAY

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //DEFINIMOS EL TAMAÑO DE LA PANTALLA
LED.

int periodo = 1000;
int count3 = 0;
int count4 = 0;

unsigned long tiempo = 0; //DECLARO QUE LA VARIABLE TIEMPO ESTA A CERO (0)
EN CADA BUCLE.

volatile int RPM1contados = 0; //CONFIGURO VOLATIL LOS RPM CONTADOS PARA
QUE NO SE PIERDAN DE UNA INTERRUPCION A OTRA.
volatile int RPM2contados = 0; //CONFIGURO VOLATIL LOS RPM CONTADOS PARA
QUE NO SE PIERDAN DE UNA INTERRUPCION A OTRA.

int RPM1 = 0;
int RPM2 = 0;

void setup() {

    Serial.begin(9600); //ABRO COMUNICACIÓN CON LA CONSOLA.
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), count1, RISING);
    {
    }
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), count2, RISING);
    {
    }

    //inicia mensaje pantalla LED.
    lcd.begin(16, 2); //ESTABLECE EL NÚMERO DE COLUMNAS(16) Y EL
    NÚMERO DE LÍNEAS(2) DE LA PANTALLA. EN RESUMEN: UNA MATRIZ CON 16 COLUMNAS Y
    2 LÍNEAS.
```

```

    lcd.setBacklight(HIGH);           //ENCIENDE LA LUZ DE FONDO.
    lcd.setCursor(0, 0);              //ESTABLECE LA POSICIÓN DONDE COMIENZA EL
CURSOR (LÍNEA 1 Y COLUMNA 1).
    lcd.print("*R.P.M. EN EJES*");    //ESCRIBE "COMPROBANDO..." EN LA PRIMERA
LÍNEA DE LA PANTALLA LCD.
    lcd.setCursor(0, 1);              //ESTABLECE LA POSICIÓN DONDE EL CURSOR
RECIBE EL TEXTO A MOSTRAR (LÍNEA 2 COLUMNA 1).
    lcd.print("*BANCO POTENCIA*");    //ESCRIBE "ACELERACION" EN LA SEGUNDA
LÍNEA DE LA PANTALLA LCD.
    delay(3000);                      //INTERVALO DE 3 SEGUNDOS.
    lcd.clear();
}

void loop() {
    if (millis() > (periodo + tiempo)) //CONDICIÓN "SI".
    {
        count3 = count3 * 60.0;
        count4 = count4 * 60.0;

        eje1();
        eje2();

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("|M:" + String(RPM1) + "|E1:" + String(RPM2) + " "); //
IMPRESIÓN DE LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE LAS ETAPAS.
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(" |T:" + String(tiempo / 1000) + "s.|"); // IMPRESIÓN DE
LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE TIEMPO TRANSCURRIDO EN LA PRUEBA.

        tiempo = millis(); // ACTUALIZO EL TIEMPO.

        count3 = 0;
        count4 = 0;
    }
}

void eje1() {
    Serial.print(RPM1contados * 60); // CONTEO DE FRECUENCIA HALL * 60
SEGUNDOS.
    Serial.println("rpm 1.");

    RPM1 = (RPM1contados * 60);
    RPM1contados = 0;
}

```



```

void eje2() {
  Serial.print(RPM2contados * 60); // CONTEO DE FRECUENCIA HALL * 60
  SEGUNDOS.
  Serial.println("rpm 2.");

  RPM2 = (RPM2contados * 60);
  RPM2contados = 0;
}
void count1() {
  RPM1contados++;
}
void count2() {
  RPM2contados++;
}

```

Fuente José Eduardo Torres.

10.3.13 VARIACION DEL CODIGO PARA LAS ETAPAS

El código empleado para la programación del Arduino debe modificarse en 3 líneas de código, para el cambio de nombre en la variable a imprimir en la pantalla Led, en este caso el nombre de los ejes (M,E1,E2,E3,E4,E5), por la configuración de la placa Arduino solo es posible el manejo de 2 puertos digitales por interrupción entonces:

En la primer etapa se selecciona M y E1 que son las RPM del motor y las RPM del eje 1 (Tornillo sin fin).

En la segunda etapa se selecciona E2 y E3 que son las RPM del eje 2 (Polea) y las RPM del eje 3 (Cadena).

En la tercer etapa se selecciona E4 y E5 que son las RPM del eje 4 (engrane cónico) y las RPM del eje 5 (Cardan).

Figura 50. Variación del código para las diferentes etapas de la máquina.

```
lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("|M:" + String(RPM1) + "|E1:" + String(RPM2/4) + " "); //  
IMPRESIÓN DE LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE LAS ETAPAS.  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("  |T:" + String(tiempo / 1000) + "s."); // IMPRESIÓN DE  
LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE TIEMPO TRANSCURRIDO EN LA PRUEBA.
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("|E2:" + String(RPM1/4) + "|E3:" + String(RPM2/16) +  
" "); // IMPRESIÓN DE LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE LAS ETAPAS.  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("  |T:" + String(tiempo / 1000) + "s."); // IMPRESIÓN DE  
LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE TIEMPO TRANSCURRIDO EN LA PRUEBA.
```

```
lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("|E4:" + String(RPM1) + "|E5:" + String(RPM2) + " "); //  
IMPRESIÓN DE LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE LAS ETAPAS.  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("  |T:" + String(tiempo / 1000) + "s."); // IMPRESIÓN DE  
LOS DATOS EN LA PANTALLA LED DE TIEMPO TRANSCURRIDO EN LA PRUEBA.
```

Fuente José Eduardo Torres.

10.3.14 FABRICACIÓN DEL SHIELD PARA CONEXIÓN RÁPIDA TIPO BORNERA

Para el desarrollo del shield, se toma en cuenta la funcionalidad final del circuito, en este caso es mejorar la conexión proporcionando un ajuste rápido de los cables para evitar que se suelten o tengan mala conexión, mejorar la estética de la conexión de los cables y proteger los Arduinos aislándolos por etapas, con ello buscamos que los errores de conexión se puedan corregir simplemente aislando el microcontrolador para buscar el problema.

10.3.15 DISEÑO DEL SHIELD

En el diseño del shield, es indispensable tener en cuenta los pines que tiene el Arduino Uno R3 para conectar con facilidad una baquelita universal de manera horizontal sobre el Arduino, que proporcione una sujeción más fija al Arduino por medio de pines. la conexión al Arduino debe proporcionar una dirección organizada de los cables que salen hacia los sensores y pantalla, esto teniendo en cuenta que deben salir hacia la regleta de conexión para unir los cables de los sensores a los cables que salen de la caja.

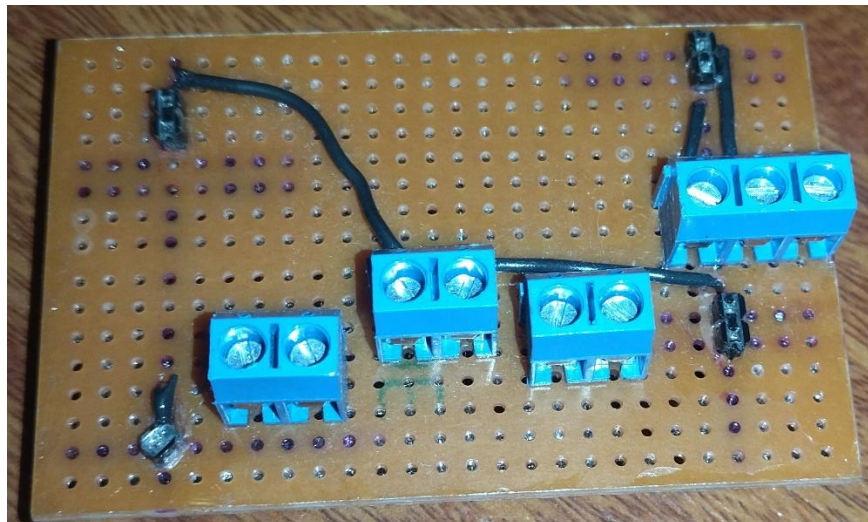
10.3.16 COMPONENTES DEL SHIELD

- 9 Borneras de x2 puertos.
- 3 Borneras de x3 puertos.
- 3 Baquelita PCB universal tipo mini Protoboard 5 x 7 cm.
- 1 Regleta de pines para tarjeta baquelita.
- 1 Metro de alambre estándar para baquelita universal.
- 1 Esmalte transparente protector.
- Soldadura de estaño.

10.3.17 UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES

La ubicación de los componentes se desarrolló de acuerdo con la distribución de las pistas en la baquelita tipo mini Protoboard 43001, esta posee una organización de pistas ideal para conectar los componentes en una misma dirección mejorando el esquema de conexión y disminuyendo las interconexiones por cable.

Figura 51. Identificación de la ubicación ideal de las borneras para la fabricación del shield.



Fuente José Eduardo Torres.

SOLDAR LOS COMPONENTES

La soldadura de los componentes (borneras – cableado) a la baquelita universal se hizo con un soldador BAKU 909 3 in 1, en el cual se configuro la temperatura para la soldar los componentes a las pistas de la baquelita universal.

Como protección adicional para las pistas de cobre de la baquelita universal, se aplicó una capa generosa de esmalte transparente, con esto evitamos la oxidación del cobre para alargar la vida útil del shield fabricado.

Figura 52. Soldaduras de estaño para las pistas de cobre, esmalte



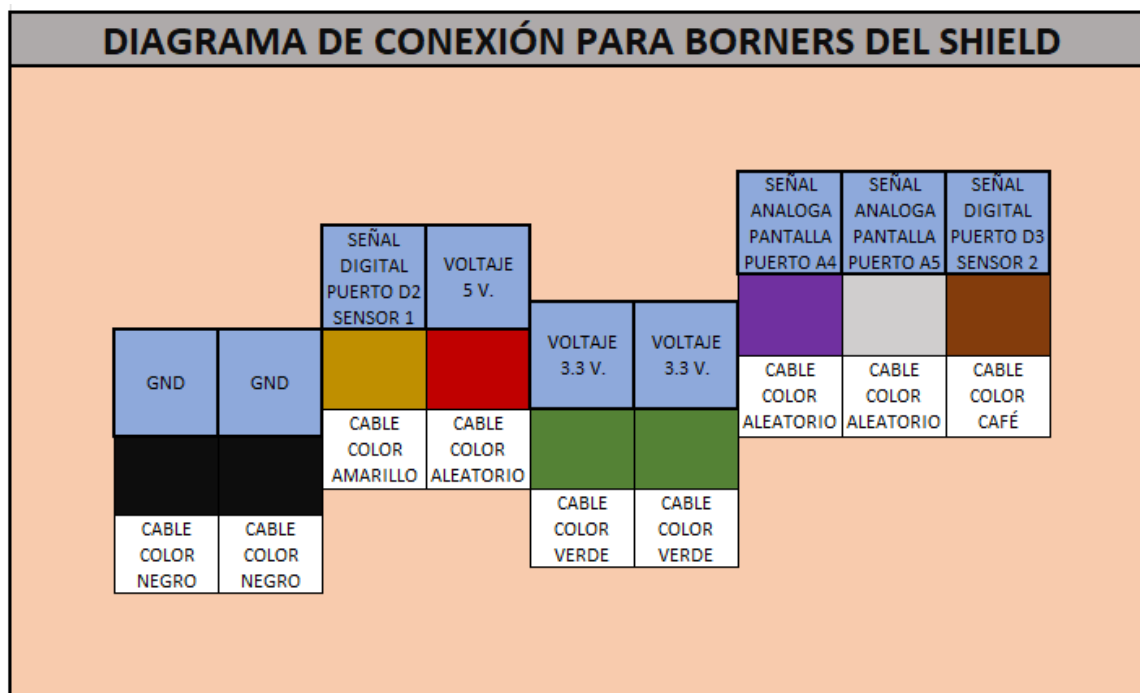
Fuente José Eduardo Torres.

10.3.18 ESQUEMA DE CONEXIONES

La conexión de alimentación del sistema de Arduinos se desarrolla por medio de cable de conexión USB a él conector de alimentación múltiple de 5v, empleado para cargar dispositivos como celulares.

Este dispositivo proporciona una conexión estable de 5v para los 3 Arduinos Uno R3, además tiene un tamaño pequeño que se ajusta a las necesidad.

Figura 53. Diagrama de colores de cables en la conexión rápida para las borneras del shield.



Fuente José Eduardo Torres.

10.3.19 FABRICACIÓN DE LA CAJA DE COMPONENTES

Para la fabricación de la caja se toma en cuenta cuantos componentes son contenidos dentro de ella, las dimensiones de estos y la distribución dentro de la caja para permitir el correcto cableado del sistema, para el diseño de la caja se toman las medidas finales para una figura cuadrada tipo caja que posea una tapa removible, para observar sus conexiones electrónicas.

INVENTARIO DE COMPONENTES A CONTENER EN LA CAJA

- 3 Arduinos UNO R3.
- 3 Shield de conexión rápida.
- 3 Cables de conexión para alimentación de los Arduinos.
- 3 Pantalla Led 16x2 con modulo I2C soldado.
- 12 Jumpers de conexión para interfaz pantalla – Arduino.
- 1 Multitoma eléctrico de alimentación 5v con 3 puertos.
- 1 Enchufes eléctricos pequeños de tipo industrial (hembra – macho).
- 1 ventilador compatible de 5v.
- 18 Cables tipo alambre de conexión componente – shield.

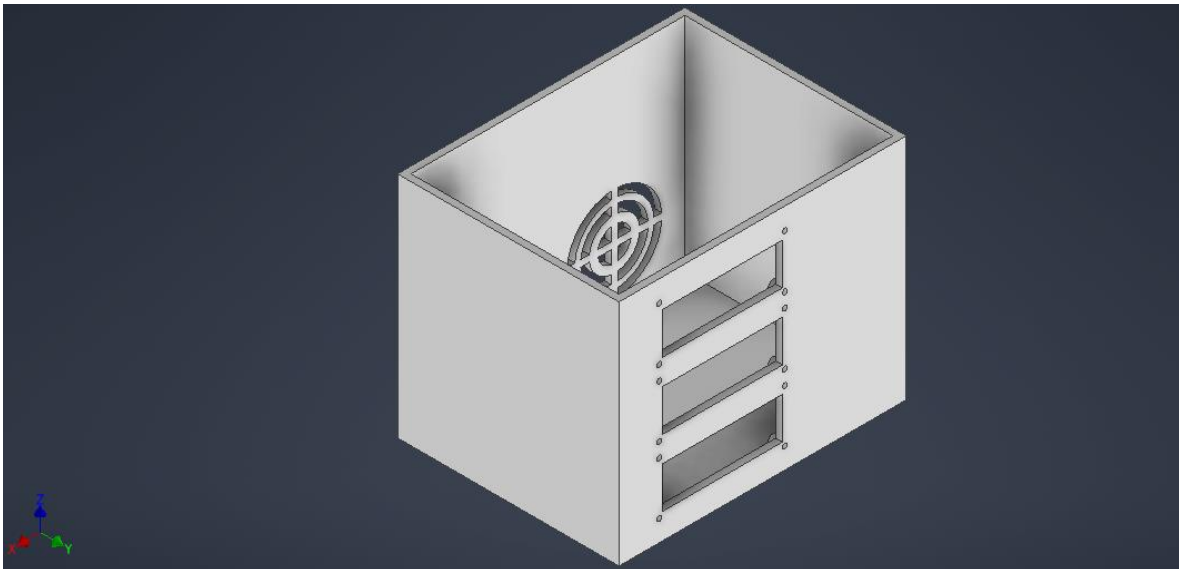
DISTRIBUCION DE LOS COMPONENTES CAJA DE ELECTRONICOS

Para la distribución de los componentes en la caja se optó por ubicar las pantallas led de manera vertical en la cara principal de la caja, para la organización del conjunto Arduino- shield se optó por ubicarlos de manera escalonada en 3 etapas (inferior-media-superior),

DISEÑO CAD CAJA DE ELECTRONICOS

En el diseño de la caja se organizan los componentes en una superficie, con esto procedemos a idealizar un sólido que cumpla con las dimensiones para contener todos los elementos, además se deben hacer 3 ranuras para anclar las pantallas a la estructura de la caja, también una rendija en donde se planea anclar el ventilador dentro de la caja y permita la extracción de aire caliente dentro de la caja.

Figura 54. Diseño CAD para la caja de electrónicos de la máquina.



Fuente José Eduardo Torres.

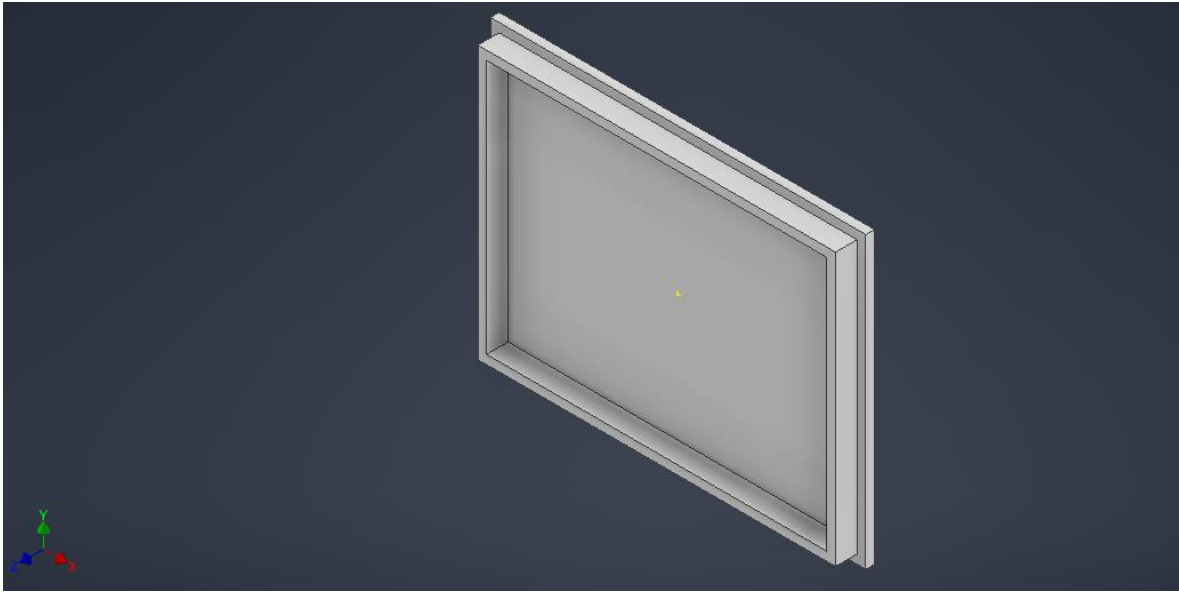
FABRICACIÓN DE LA TAPA PARA LA CAJA DE LOS COMPONENTES

El diseño de la tapa de la caja de componentes electrónicos se pensó que tuviese un cierre ajustado, que permitiera una apertura posterior sin perder ajuste por el material de fabricación usado en la impresión 3d en este caso filamento PLA+.

DISEÑO CAD DE LA TAPA

Para el diseño de la tapa es usado el software CAD Inventor, con el cual hacemos un cuadrado con la medida exterior de la caja, después generamos una extrusión para generar la tapa, para el reborde de ajuste para el cierre tomamos una tolerancia de 0.025 mm de ajuste para cada pared de la sección, con ello garantizamos que cierre ajustado y permita una apertura.

Figura 55. Diseño CAD para la tapa de la caja de electrónicos.



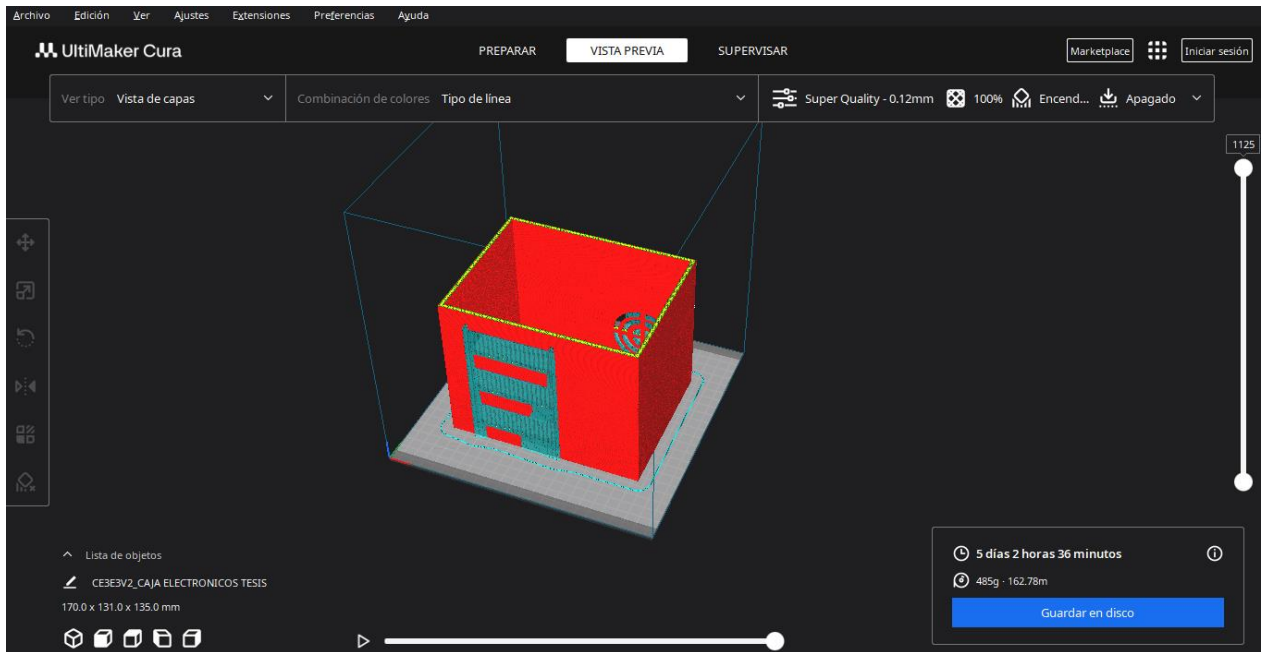
Fuente José Eduardo Torres.

PROCESAMIENTO DEL SOLIDO PARA IMPRESIÓN

Para el procesamiento de la caja de electrónicos, establecemos las propiedades de impresión antes establecidas, las guardamos para posteriores impresiones como una configuración de usuario, con ello establecemos un estándar en la calidad de impresión.

Para el sólido 3D de la caja de electrónicos, la impresión tiene una duración de 120 horas y 36 minutos el material P.L.A. consumido en este proceso es de 487 gramos.

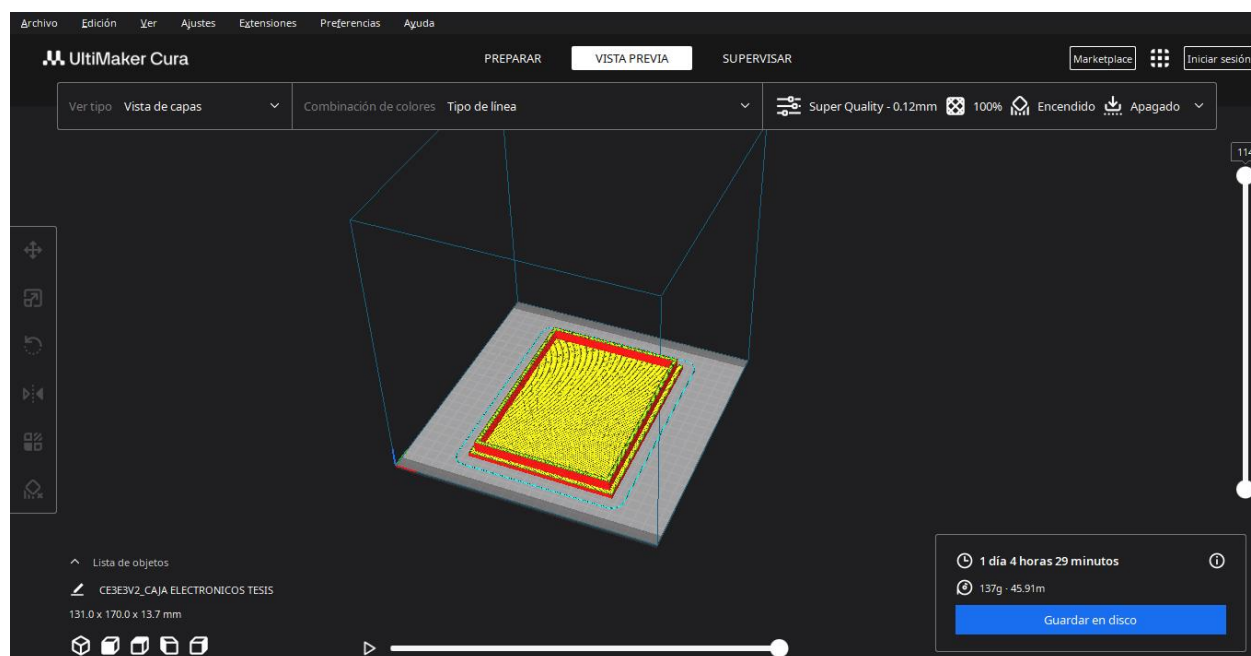
Figura 56. Procesamiento de la caja para la impresión 3D mediante CURA.



Fuente José Eduardo Torres.

Para el proceso de impresión de la tapa en la caja de electrónicos, se mantienen las propiedades de impresión anteriormente escritas, el proceso de impresión de este solido es de 28 horas y 30 minutos, el material P.L.A. consumido en este proceso es de 137 gramos.

Figura 57. Procesamiento de la tapa en la caja de electrónicos para la impresión 3D.



Fuente José Eduardo Torres.

10.3.20 CODIGO POR UBICACIÓN ETAPA

En la ubicación de los Arduinos se usó la organización por etapas, los Arduinos son ubicados uno sobre otro separados por un aislante y el shield, logrando un uso correcto del espacio dentro de la caja, respecto a la conexión con la pantalla, cada Arduino dependiendo su posición imprime un valor en la pantalla por ejempló la pantalla inferior imprime valores de lectura del Arduino 1 que posee la posición inferior de la caja, siguiendo este orden se ubican los demás componentes de manera que los cables puedan proporcionar una conexión (sin enredijos) y una idea de la ubicación solo con la inspección visual.

Arduino 1 (Posición Superior): Datos Sensor Motor y Eje 1

Arduino 2 (Posición Media): Datos Sensor Eje 2 y Eje 3

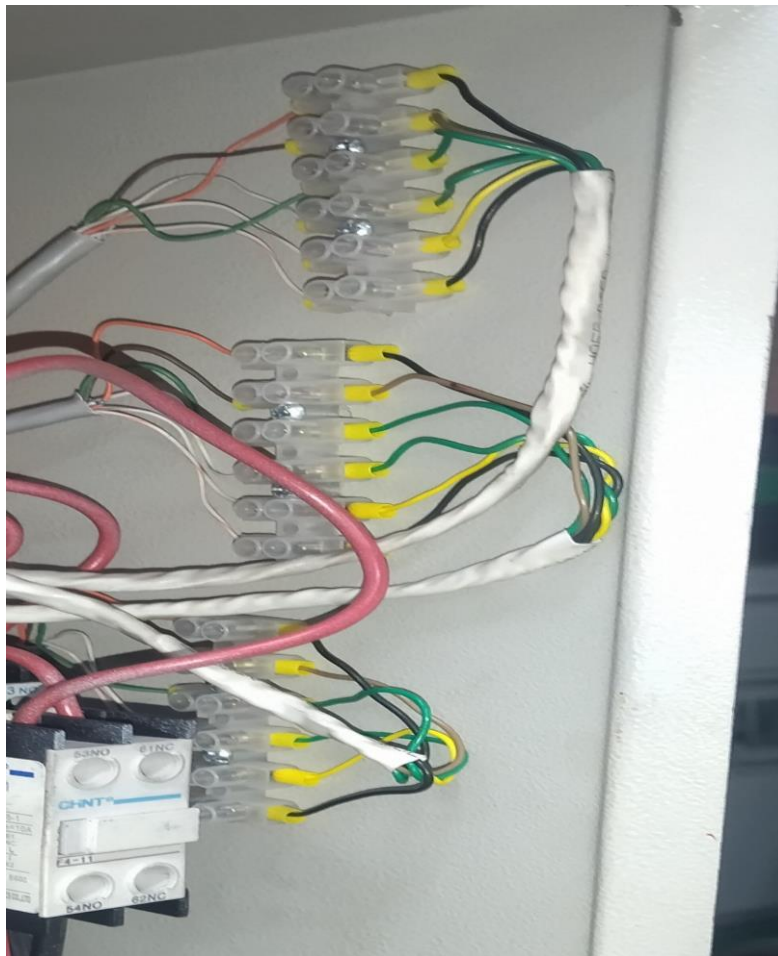
Arduino 3 (Posición Inferior): Datos Sensor Eje 4 y Eje 5

10.3.21 CODIGO DE COLOR EN CABLES DEL MODULO

Para la conexión del cableado y la distinción del tipo de función en el sistema se emplea el código de colores, en este proyecto se usan 3 Shields para conexión, el uso de colores se replica para cada controlador.

- Negro: color designado para la tierra en el sistema
- Verde : Color designado para la alimentación de los sensores efecto Hall
- Amarillo: Color designado para la señal del sensor 1
- Café: Color designado para la señal del sensor 2

Figura 58. patrón de colores en la conexión de los sensores.



Fuente José Eduardo Torres.

10.3.22 IDENTIFICACION DEL COLOR EN LOS CABLES DE CONEXIÓN

Como se puede observar en la anterior figura, después de la conexión de los cables de la caja de instrumentación hay una conexión con regleta para las etapas, para distinguirlas se deben interpretar de arriba hacia abajo siendo la primera, el cableado del microcontrolador 1 que comprende las lecturas del sensor hall en el Motor y la Etapa 1, la segunda el cableado para el microcontrolador 2 que comprende las lecturas del sensor hall de la Etapa 2 y Etapa 3, la tercera el cableado

del microcontrolador 3 que comprende las lecturas del sensor hall en la Etapa 4 y Etapa 5.

Después de la conexión en la regleta con los cables de los microcontroladores, está la conexión del cableado UTP que llega a cada sensor hall, esta se oculta en la estructura para llegar a cada sensor en el siguiente orden:

CONEXIÓN REGLETA 1 SENSOR MOTOR

Salida de los Microcontroladores:

- Verde (Voltaje de alimentación sensor)
- Amarillo (Señal digital sensor)
- Negro (Tierra)

Conexión para el sensor hall por regleta y cable UTP:

- Blanco-Naranja (Tierra)
- Blanco-Café (Señal digital sensor)
- Blanco-Verde (Voltaje de alimentación sensor)

CONEXIÓN REGLETA 1 SENSOR ETAPA 1

Salida de los Microcontroladores:

- Verde (Voltaje de alimentación sensor)
- Café (Señal digital sensor)
- Negro (Tierra)

Conexión para el sensor hall por regleta y cable UTP:

- Naranja (Tierra)
- Café (Señal digital sensor)
- Verde (Voltaje de alimentación sensor)

CONEXIÓN REGLETA 2 SENSOR ETAPA 2

Salida de los Microcontroladores:

- Verde (Voltaje de alimentación sensor)
- Amarillo (Señal digital sensor)
- Negro (Tierra)

Conexión para el sensor hall por regleta y cable UTP:

- Blanco-Naranja (Tierra)
- Blanco-Café (Señal digital sensor)
- Blanco-Verde (Voltaje de alimentación sensor)

CONEXIÓN REGLETA 2 SENSOR ETAPA 3

Salida de los Microcontroladores:

- Verde (Voltaje de alimentación sensor)
- Café (Señal digital sensor)
- Negro (Tierra)

Conexión para el sensor hall por regleta y cable UTP:

- Naranja (Tierra)
- Café (Señal digital sensor)
- Verde (Voltaje de alimentación sensor)

CONEXIÓN REGLETA 3 SENSOR ETAPA 4

Salida de los Microcontroladores:

- Verde (Voltaje de alimentación sensor)
- Amarillo (Señal digital sensor)
- Negro (Tierra)

Conexión para el sensor hall por regleta y cable UTP:

- Blanco-Naranja (Tierra)
- Blanco-Café (Señal digital sensor)
- Blanco-Verde (Voltaje de alimentación sensor)

CONEXIÓN REGLETA 3 SENSOR ETAPA 5

Salida de los Microcontroladores:

- Verde (Voltaje de alimentación sensor)
- Café (Señal digital sensor)
- Negro (Tierra)

Conexión para el sensor hall por regleta y cable UTP:

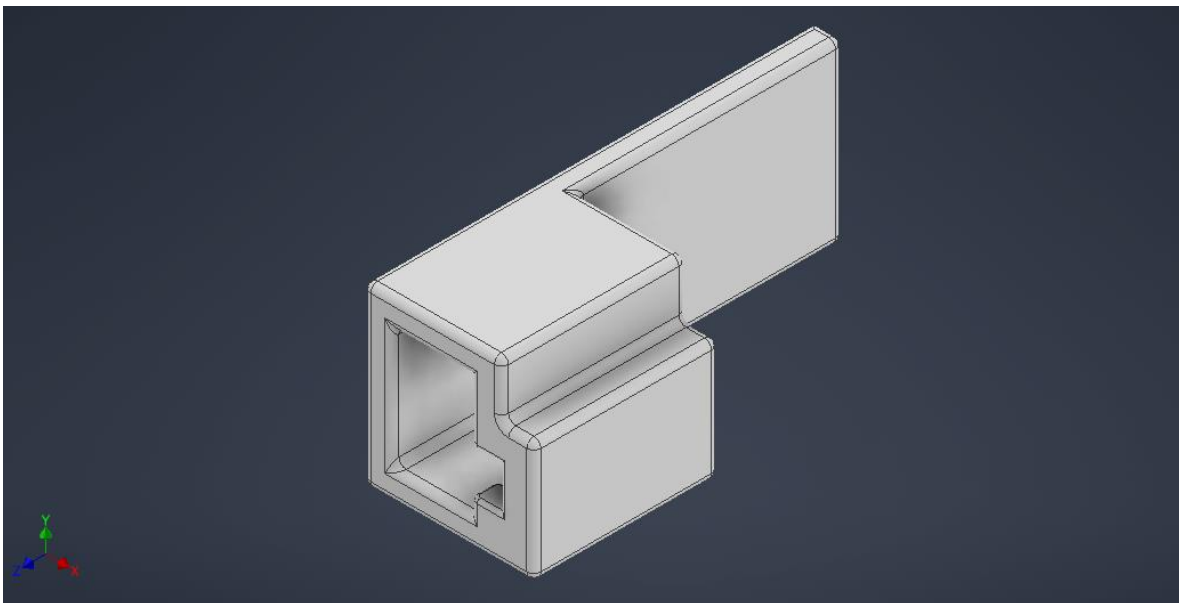
- Naranja (Tierra)

- Café (Señal digital sensor)
- Verde (Voltaje de alimentación sensor)

10.3.23 CARCASA PARA SENSORES EFECTO HALL

Los soportes se diseñaron teniendo en cuenta la geometría del módulo hall, en este caso se planea rodear el módulo para hacer una especie de capsula que pueda sujetarse con un tornillo para que el módulo no se mueva, también debe aislarse de ambiente (polvo o humedad), para alargar la vida útil del chip.

Figura 59. Diseño CAD para la carcasa del módulo sensor de efecto hall.

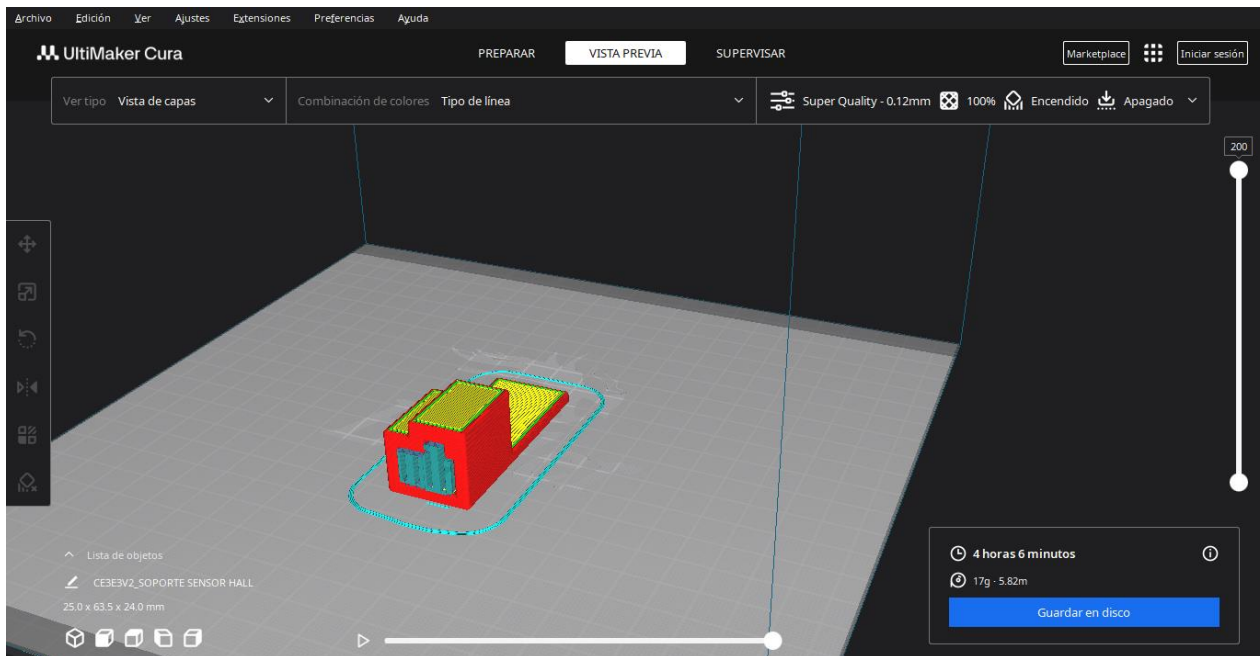


Fuente José Eduardo Torres.

PROCESAMIENTO DE LA CARCASA DEL MODULO PARA IMPRESIÓN 3D

Para este solido es necesario imprimir 6 unidades, las 6 unidades son usadas para atornillar los sensores de efecto hall a la carcasa que funciona como soporte de ese chip, al soporte de metal que lo sostiene y ancla a la estructura.

Figura 60. Procesamiento de la carcasa para la impresión 3D mediante CURA.



Fuente José Eduardo Torres.

para cada soporte el tiempo para el proceso de impresión del solido es de 4 horas y 6 minutos, el material P.L.A. consumido en este proceso es de 17 gramos, en total para las 6 carcasas son 24 horas y 36 minutos, el material P.L.A. consumido en el proceso es de 102 gramos aproximadamente.

10.3.24 DISEÑO DEL CASE AISLANTE PARA EL IMAN DE PULSO

El diseño del case para el imán de neodimio se planeó de manera que pueda introducirse dentro de la estructura el imán, esto para evitar se suelte de la superficie donde fue pegado.

Figura 61. Diseño CAD del soporte aislante para el imán de pulso.

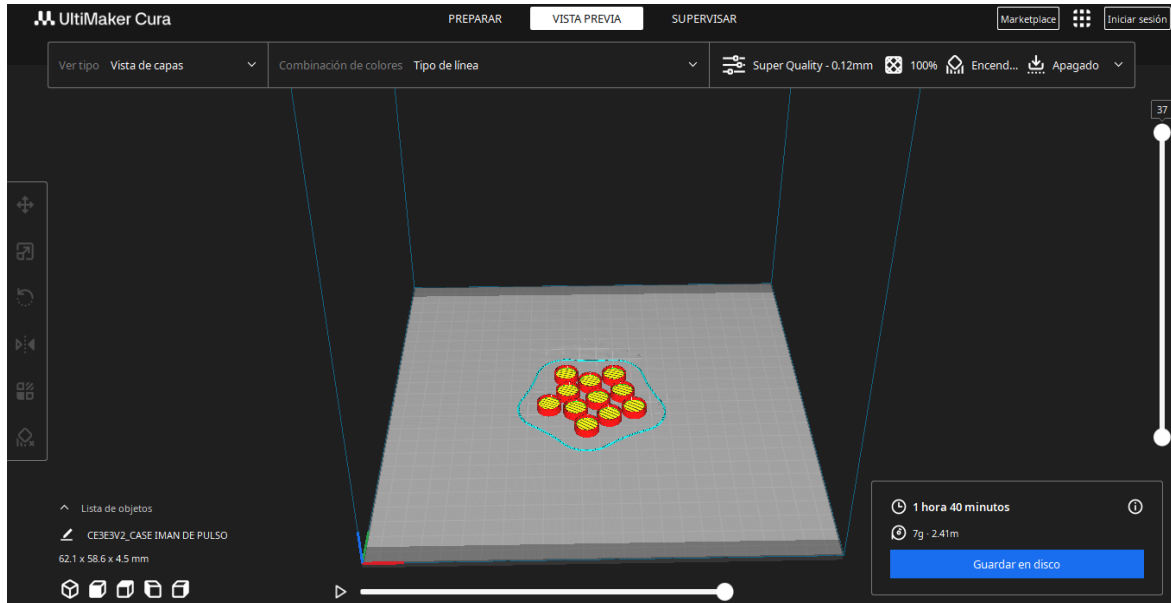


Fuente José Eduardo Torres.

PROCESAMIENTO DEL CASE PARA EL IMAN DE PULSO

Para este solido es necesario imprimir 36 unidades, las 36 unidades son usadas para atornillar los sensores de efecto hall a la carcasa que funciona como soporte de ese chip, al soporte de metal que lo sostiene y ancla a la estructura.

Figura 62. Procesamiento del case para el imán de pulso en impresión 3D mediante CURA.



Fuente José Eduardo Torres.

Los cálculos para fabricar 10 case de imán mediante el proceso de impresión 3D con material TPU-95A, ocupa un tiempo de fabricación de 1 hora y 40 minutos, el material TPU-95A consumido en este proceso es de 7 gramos, en total para los 36 cases son 6 horas y 40 minutos, el material TPU-95A consumido en el proceso es de 28 gramos aproximadamente.

10.3.25 FABRICACIÓN DE LOS SOPORTES PARA CARCASAS SENSORES HALL

Para la fabricación de los soportes de los sensores efecto hall se toma en cuenta las dimensiones del sensor, su sujeción al soporte y la sujeción del soporte a la estructura de la maquina con esto hacemos unos primeros prototipos en lámina de aluminio para tener la configuración final, con esto procedemos a fabricarlos en acero A36 con la pestaña de sujeción al nivel de la estructura.

SOPORTE DE SENSOR DEL MOTOR

El soporte del sensor en la parte del motor se sujeta a un tornillo de sujeción que tiene la lámina de sujeción del motor a la estructura (parte inferior del solido), este diseño se puede desensamblar, en la parte superior tiene los dos agujeros que sujetan el sensor hall.

Figura 63. Soporte del sensor efecto hall para la etapa del motor.

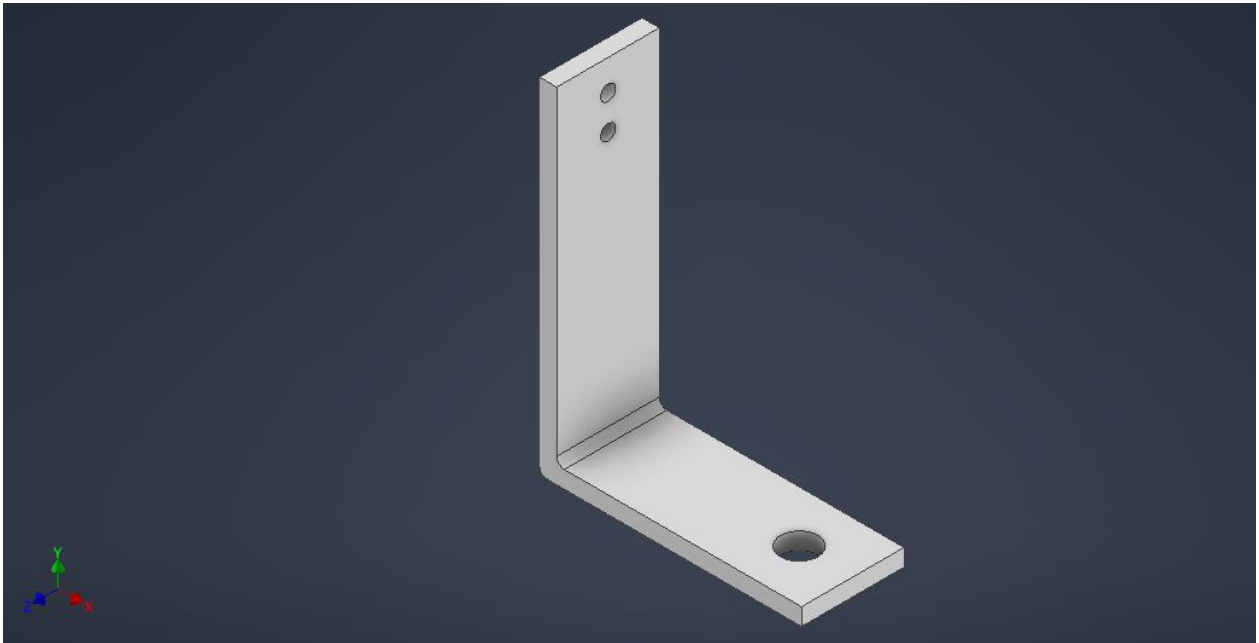


Fuente José Eduardo Torres.

SOPORTE ETAPA 1

Para el soporte del sensor de efecto hall que mide la velocidad en la etapa 1, se sujeta con un tornillo al perfil de la estructura (parte inferior del solido), a un costado de la polea, para registrar el paso del imán, este diseño se puede desensamblar, en la parte superior tiene los dos agujeros que sujetan el sensor hall.

Figura 64. Soporte del sensor efecto hall para la etapa 1.

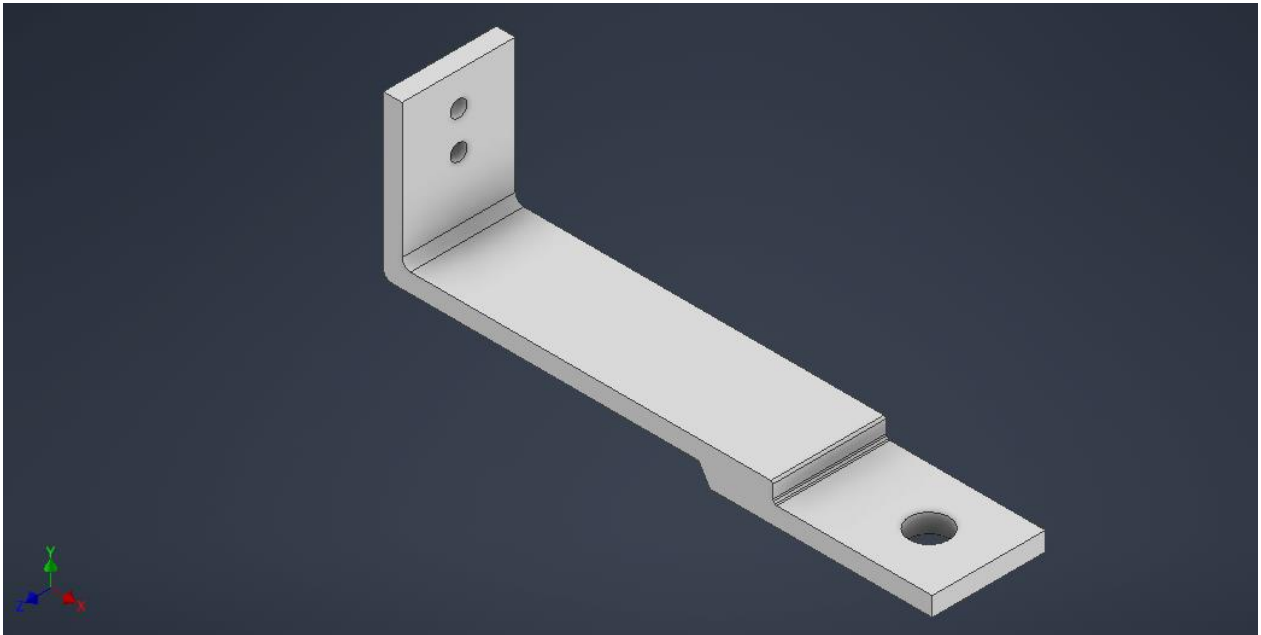


Fuente José Eduardo Torres.

SOPORTE ETAPA 2

Para el soporte del sensor de efecto hall que mide la velocidad en la etapa 2, se sujeta con un tornillo a al perfil de la estructura (parte inferior del solido) que tiene una pestaña, el sensor hall se posiciona a un costado del engrane helicoidal, para registrar el paso del imán, este diseño se puede desensamblar, en la parte superior tiene los dos agujeros que sujetan el sensor hall.

Figura 65. Soporte del sensor efecto hall para la etapa 2.

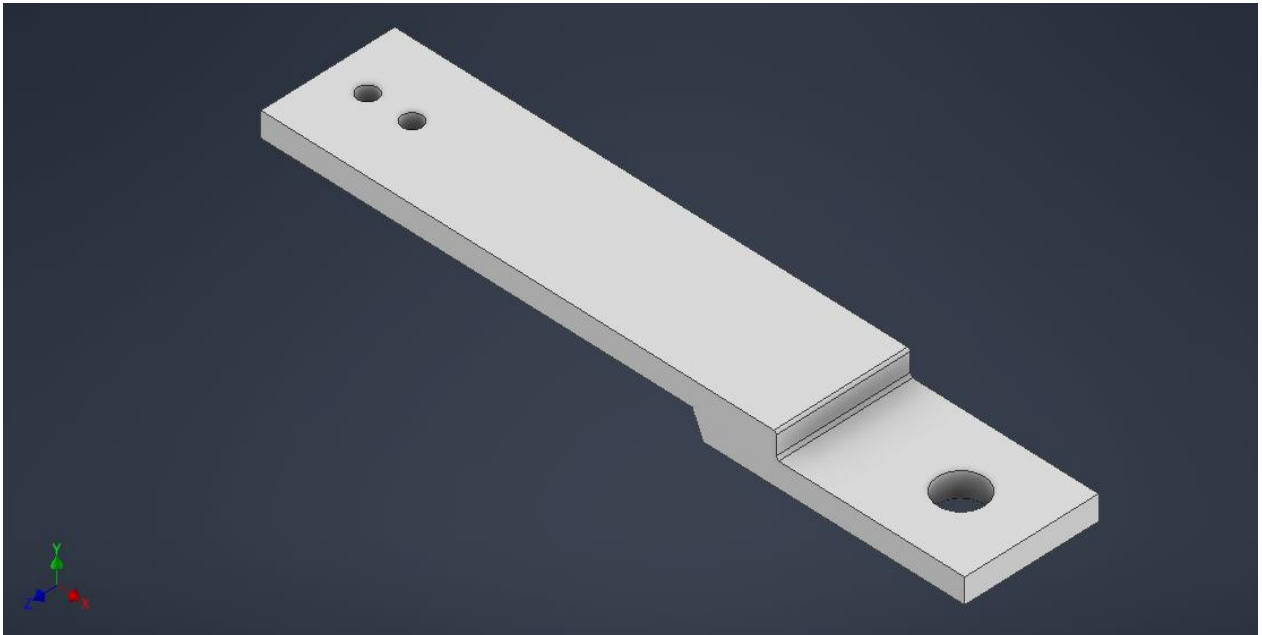


Fuente José Eduardo Torres.

SOPORTE ETAPA 3

Para el soporte del sensor de efecto hall que mide la velocidad en la etapa 3, se sujeta con un tornillo a al perfil de la estructura (parte inferior del solido) que tiene una pestaña, el sensor hall se posiciona a un costado de la polea grande, para registrar el paso del imán, este diseño se puede desensamblar, en la parte superior tiene los dos agujeros que sujetan el sensor hall.

Figura 66. Soporte del sensor efecto hall para la etapa 3.



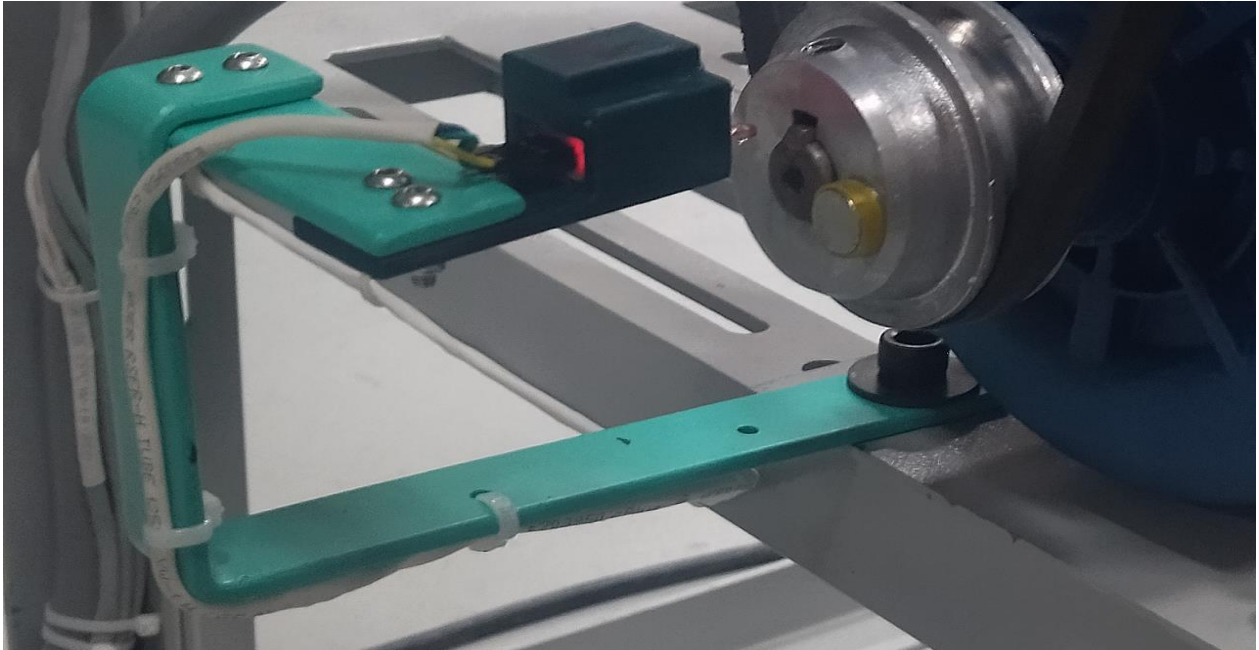
Fuente José Eduardo Torres.

10.3.26 PINTURA E INSTALACION DE LAMINAS SOPORTE PARA SENSORES

La pintura de las láminas que soportan y ubican los sensores en una posición ideal para la lectura de datos se hizo con una lata aerosol color verde turquesa, este color combina y resalta con el color verde del material P.L.A en que son fabricadas las carcasas de los sensores hall.

La instalación de los soportes se hace la mismo tipo de tornillería de cuadrante Bristol 5mm, tuerca y arandela.

Figura 67. Pintura e instalación de los soportes del sensor Etapa M.



Fuente José Eduardo Torres.

10.3.27 INSTALACIÓN DE LOS IMANES PARA MEDIR LA INTERRUPCIÓN

La instalación de los imanes que hacen la interrupción en el sensor de efecto hall debe hacerse en los componentes que realizan rotación y no afecta con la visualización del sistema en general, o la lectura del sensor como por ejemplo una interferencia magnética o desajuste de la posición del imán – sensor. Los imanes están ubicados en los siguientes elementos:

Etapa M: En esta etapa un imán de neodimio está posicionado en la polea del motor.

Etapa 1: En la Etapa 1 se ubicaron 4 imanes de neodimio en la polea grande.

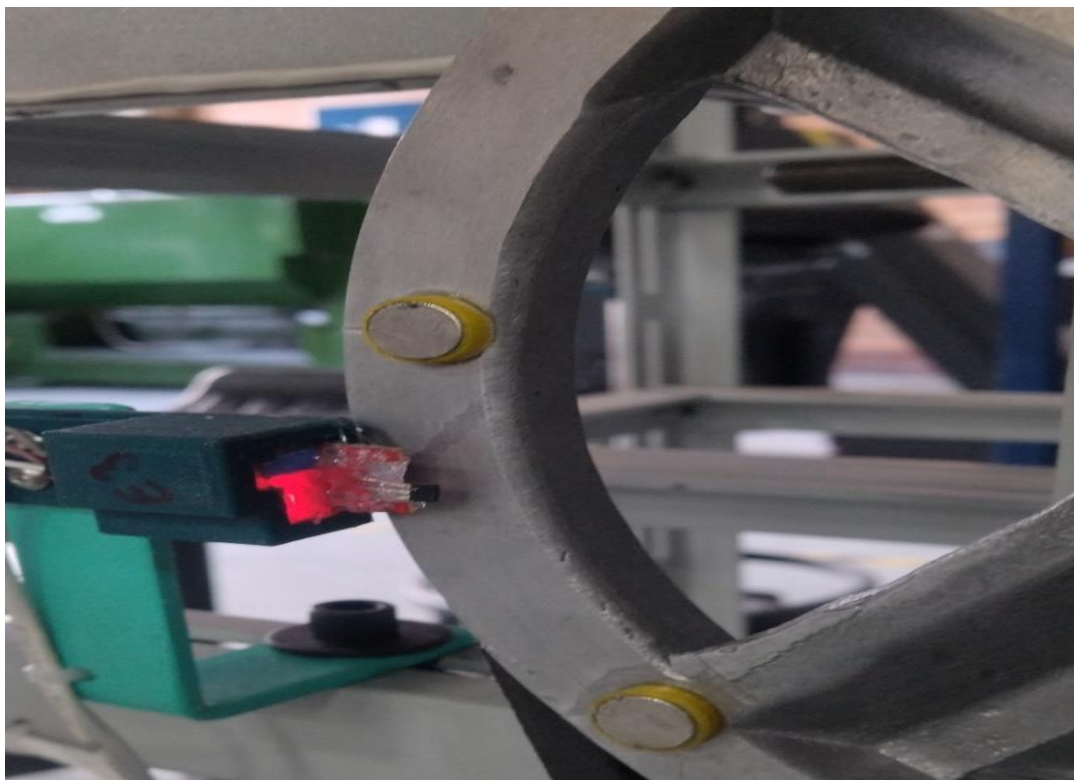
Etapa 2: En la Etapa 2 se ubicaron 4 imanes de neodimio en la engrane helicoidal.

Etapa 3: En la Etapa 3 se ubicaron 16 imanes de neodimio en la polea grande.

Etapa 4: En la Etapa 4 se ubicó un imán de neodimio en el engrane recto.

Etapa 5: En la Etapa 5 se ubicó un imán de neodimio en el engrane recto.

Figura 68. Instalación de los imanes en la polea de la Etapa 1.

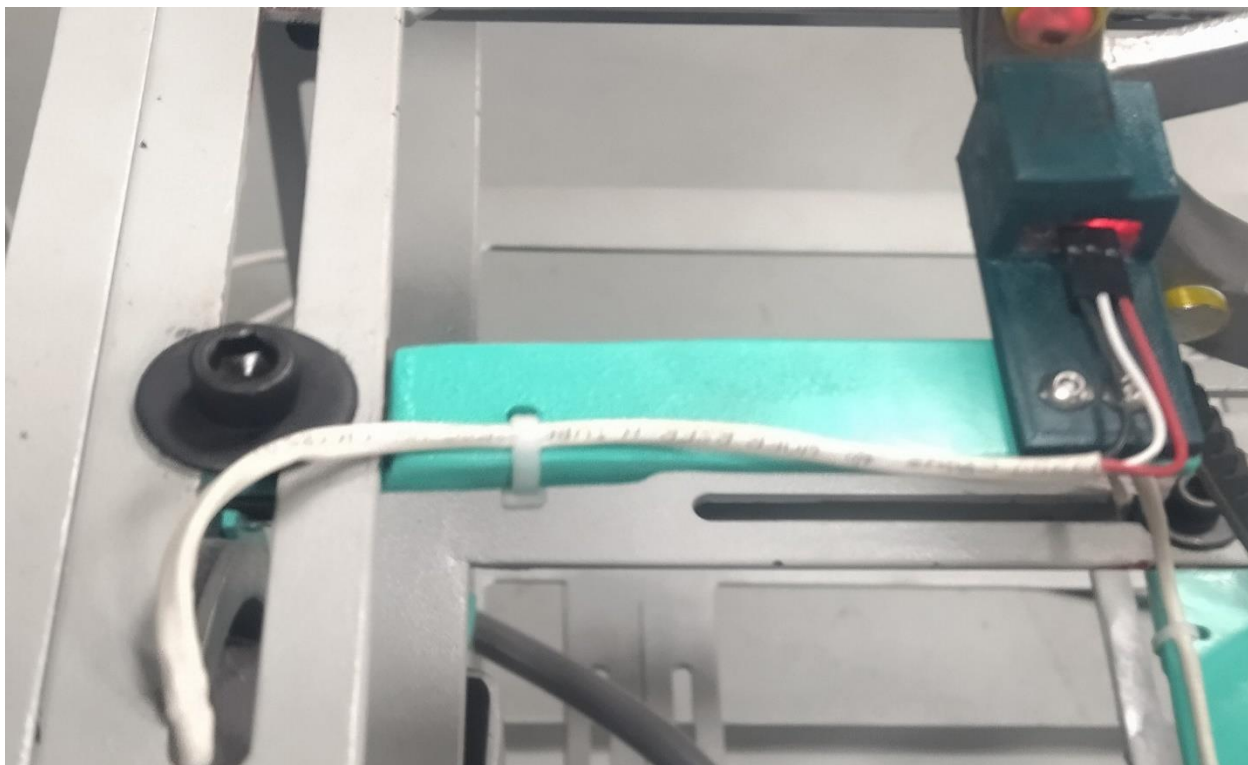


Fuente José Eduardo Torres.

10.3.28 INSTALACIÓN DEL CABLEADO Y PROTECCIÓN

La instalación del cableado y protección para los sensores de efecto hall que están conectados a microcontroladores se desarrolla de modo de quede sujeta y oculta en la estructura de la máquina, los cables deben organizarse para que todos sian una misma ruta desde la caja de control hacia cada etapa del banco.

Figura 69. Ocultamiento y sujeción del cableado a la estructura del banco.

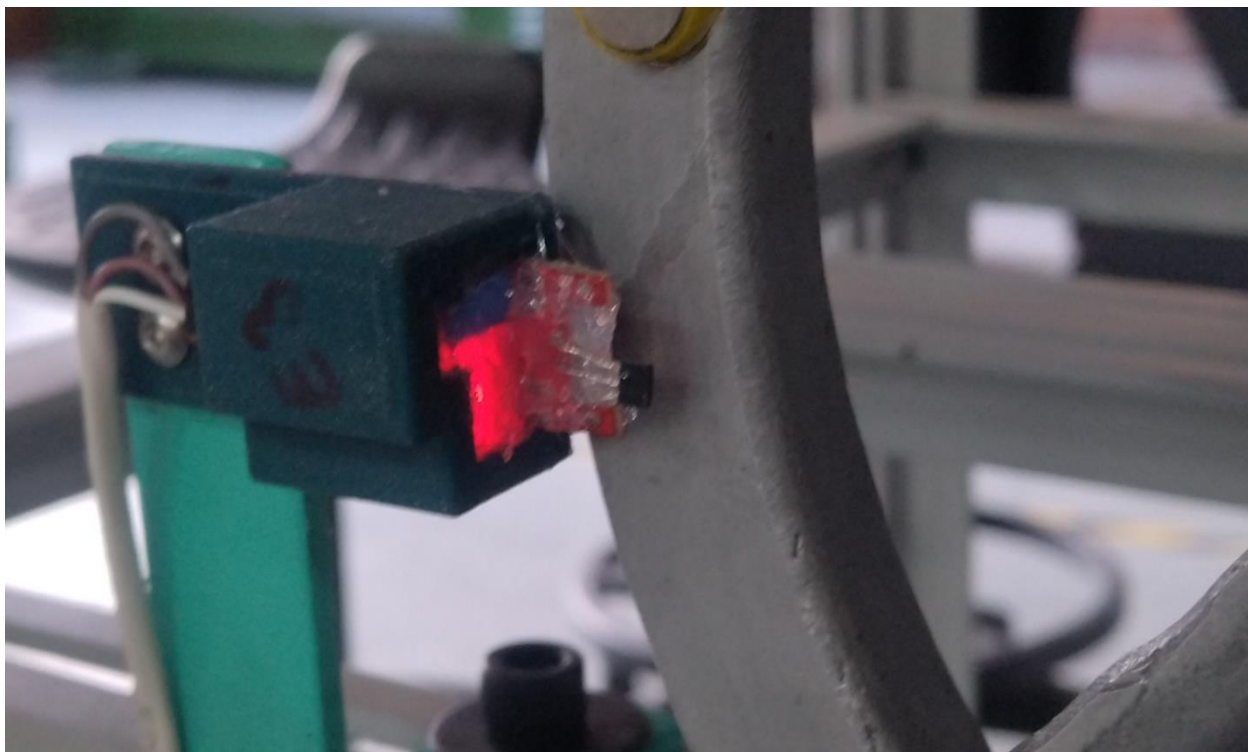


Fuente José Eduardo Torres.

10.3.29 RELLENO DEL SENSOR CON SILICONA PARA IMPERMEABILIZAR

La idea de rellenar los soportes del módulo sensor de efecto hall, se debe a la necesidad de Impermeabilizar, aislar del oxígeno y polvo que pueden deteriorar los sensores y disminuir su vida útil.

Figura 70. Relleno de silicona en la carcasa del sensor hall.



Fuente José Eduardo Torres.

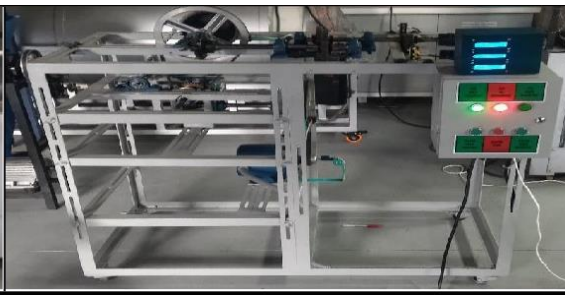
Con esta última foto damos por terminado los avances totales de la máquina, para comprobar que está en óptimo funcionamiento.

10.4 CUARTA ETAPA

Para dar cumplimiento a la cuarta etapa del desarrollo del trabajo de grado, se desarrollará la documentación del proceso de operación, mantenimiento y prácticas de laboratorio del banco de potencia. La cual se presenta a continuación:

- MANUAL DE OPERACIÓN CONTROL
- MANUAL DE OPERACIÓN MODULO RPM
- PRACTICA DE LABORATORIO DISEÑO
- PRACTICA DE LABORATORIO INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
- CODIFICACIÓN
- HOJA DE VIDA DE LA MAQUINA
- ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO
- CHECK LIST DEL BANCO
- CRITICIDAD
- ANÁLISIS RCM

10.4.1 Manual De Operación Control.

MANUAL DE OPERACIÓN			
		UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA TUNJA - BOYACÁ	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	POWER TRANSMISSION BANK	
UTLMBTP-I01	SERIAL	BTP-I01	
NOMBRE DEL EQUIPO			
BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			
INFORMACIÓN DEL EQUIPO			
INSTALACIÓN	TRIFÁSICA	POTENCIA MOTOR	1 HP
TENSIÓN NOMINAL	220 V	RPM MOTOR	1800
CARACTERÍSTICAS DE CONTROL DEL EQUIPO			
LED GIRO POSITIVO		LED DE ENCENDIDO	LED GIRO NEGATIVO
BOTÓN GIRO POSITIVO		BOTÓN STOP	BOTÓN GIRO NEGATIVO
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO			
Este documento detalla el procedimiento para operar el control de movimiento de la máquina. Para su correcto funcionamiento, es imperativo energizar el sistema -Trifásico 220v. El panel de control se compone de seis elementos, a saber, tres bombillos LED y tres botones de acción. Estos elementos cumplen funciones específicas: dos bombillos LED verdes indican la dirección de rotación del motor (positiva o negativa), mientras que un bombillo LED rojo, situado entre los anteriores, señala la presencia de energía en el sistema. Con respecto al control del usuario, la máquina cuenta con tres botones pulsadores. Dos de ellos, de color verde, activan la rotación del banco en sentido positivo o negativo, tal como se especifica en la calcomanía correspondiente. El tercer botón, de color rojo y ubicado entre los dos verdes, proporciona la función de paro de emergencia o es usado para realizar un paro en el cambio de sentido de rotación.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			
Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN Fecha: 14 de marzo 2024		Aprobado por: _____ Fecha: _____	

EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos por el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que comprometen el funcionamiento?	no
¿Existen pérdidas de cargas a través de los conectores? (**)	no
ESTÉTICA	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo presenta manchas por óxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas del equipo son legibles?	si
¿El equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados o son usados con otro equipo? (Ejes, Abrazaderas)	no

(*) Tenga en cuenta que, si el equipo no funciona, no puede ser confiable. Definamos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20%, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomienda reparación del equipo.

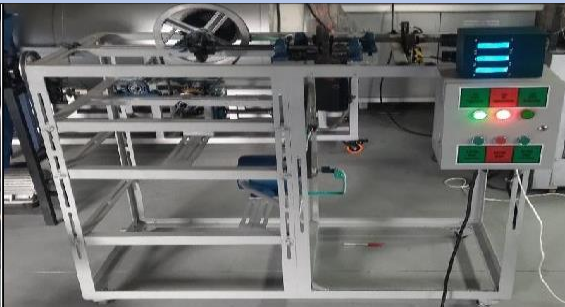
(**) En caso de que el equipo no use conectores responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	2
	1	
	0	
	0	
	0	
ESTÉTICA	0	1
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	1
	0	
TOTAL		4

Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN
Fecha: 14 de marzo 2024

Aprobado por: _____
Fecha: _____

10.4.2 Manual De Operación Modulo Rpm.

MANUAL DE OPERACIÓN			
		UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA TUNJA - BOYACÁ	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	POWER TRANSMISSION BANK	
UTLMBTP-I01	SERIAL	BTP-I01	
NOMBRE DEL EQUIPO			
BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			
INFORMACIÓN DEL EQUIPO			
INSTALACIÓN	MONOFÁSICA	MICROCONTROLADOR	ARDUINO UNO R3
TENSIÓN NOMINAL	110 V	CANTIDAD	3
CARACTERÍSTICAS DE CONTROL DEL EQUIPO			
PANTALLA LED 1 →	RPM EJE MOTOR	RPM EJE ETAPA 1	→ MICROCONTROLADOR 1
PANTALLA LED 2 →	RPM EJE ETAPA 2	RPM EJE ETAPA 3	→ MICROCONTROLADOR 2
PANTALLA LED 3 →	RPM EJE ETAPA 4	RPM EJE ETAPA 5	→ MICROCONTROLADOR 3
REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE DATOS PARA EL BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			
MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO			
Este documento detalla el procedimiento para la visualización de datos (velocidad angular) en los ejes del banco, los datos de frecuencia son obtenidos por sensores de efecto hall anclados a la estructura. Para su correcto funcionamiento, es imperativo energizar el sistema -Monofásico 110v. El panel de instrumentación se compone de tres pantallas LED, cada una con funciones específicas: La primera pantalla indica las RPM del motor y del eje de la etapa 1 (Polea grande - Tornillo sin fin). La segunda pantalla indica las RPM del eje de la etapa 2 (Engrane - Polea pequeña) y de la etapa 3 (Polea grande - Piñón - Engrane cónico). La tercera pantalla indica las RPM del eje de la etapa 4 (Engrane cónico - Engrane Recto) y de la etapa 5 (Engrane Recto - Cremallera - Cardán). si el sistema presenta errores, desenchufe el sistema 5 segundos.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			
Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN Fecha: 14 de marzo 2024		Aprobado por: _____ Fecha: _____	

EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos por el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que comprometen el funcionamiento?	no
¿Existen pérdidas de cargas a través de los conectores? (**)	no
ESTÉTICA	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo presenta manchas por óxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas del equipo son legibles?	si
¿El equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados o son usados con otro equipo? (Ejes, Abrazaderas)	no

(*) Tenga en cuenta que, si el equipo no funciona, no puede ser confiable. Definamos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20%, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomienda reparación del equipo.

(**) En caso de que el equipo no use conectores responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	2
	1	
	0	
	0	
	0	
ESTÉTICA	0	1
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	1
	0	
TOTAL		4

Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN
Fecha: 14 de marzo 2024

Aprobado por: _____
Fecha: _____

10.4.3 Practica De Laboratorio Diseño.

GUÍA DE LABORATORIO		
	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA TUNJA - BOYACÁ	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	POWER TRANSMISSION BANK
UTLMBTP-I01	SERIAL	BTP-I01
NOMBRE DEL EQUIPO		
BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		
INFORMACIÓN DE LA PRACTICA		
UBICACIÓN	LABORATORIO DE MANUFACTURA	
TEMA	SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	
OBJETIVOS		
OBJETIVO GENERAL	Verificar experimentalmente la operatividad de los sistemas de transmisión de potencia en la industria.	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Verificar experimentalmente el funcionamiento de los sistemas.	
	Comprender conceptos de relación de los diferentes tipos de transmisión.	
MATERIALES		
HERRAMIENTAS	Extensión eléctrica trifásica 220 v. Extensión eléctrica monofásica 110 v. Guantes.	
EQUIPOS	Banco de transmisión de potencia. Tacómetro digital.	
PROCEDIMIENTOS		
PROCEDIMIENTO 1 OBSERVACIÓN Observar los sistemas de transmisión, conexiones eléctricas. Observar el sistema de control y conexión electrónica de la instrumentación del equipo.		
PROCEDIMIENTO 2 MARCHA Accionar el funcionamiento del motor engranando la etapa 5 (Movimiento límite con fin de carrera). Accionar el funcionamiento de giro del motor sin engranar la etapa 5 (Movimiento Continuo).		
PROCEDIMIENTO 3 MEDICIÓN Registrar las lecturas de velocidad angular (RPM) para cada etapa de la máquina.		
PREGUNTAS		
1. Determinar la potencia corregida para la transmisión para el motor y la etapa 1. 2. Determinar la selección de correas según el catálogo de Dunlop para el motor y la etapa 1. 3. Calcule la relación de transmisión para el ejemplo del motor y el etapa 1. 4. Determine los diámetros primitivos de las poleas según el catálogo Dunlop. 5. Conclusiones de la práctica.		
Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN		Aprobado por: _____
Fecha: 14 de marzo 2024		Fecha: _____

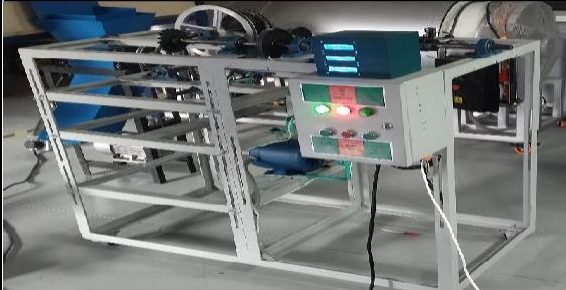
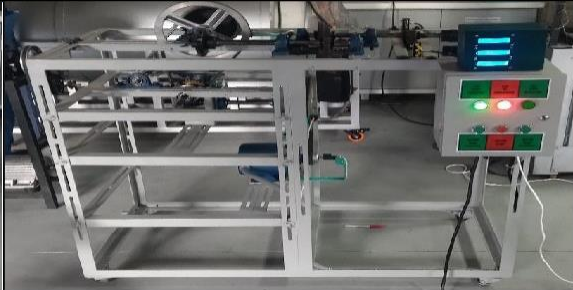
10.4.4 Practica De Laboratorio Instrumentación Industrial.

GUÍA DE LABORATORIO		
	UNIVERSIDAD SANTO TOMAS FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA TUNJA - BOYACÁ	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	POWER TRANSMISSION BANK
UTLMBTP-I01	SERIAL	BTP-I01
NOMBRE DEL EQUIPO		
BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		
INFORMACIÓN DE LA PRACTICA		
UBICACIÓN	LABORATORIO DE MANUFACTURA	
TEMA	INSTRUMENTACIÓN DE SISTEMAS	
OBJETIVOS		
OBJETIVO GENERAL	Verificar experimentalmente la operatividad de los sistemas de instrumentación industrial.	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Verificar experimentalmente la lectura y visualización de datos tomados por sensores de efecto hall. Comprender conceptos vistos de instalaciones eléctricas, instrumentación industrial, diseño electrónico para sistemas.	
MATERIALES		
HERRAMIENTAS	Extensión eléctrica trifásica 220 v. Extensión eléctrica monofásica 110 v. Guantes.	
EQUIPOS	Banco de transmisión de potencia. Tacómetro digital.	
PROCEDIMIENTOS		
PROCEDIMIENTO 1 OBSERVACIÓN Observar la conexión estrella para el sistema de arranque a tensión reducida en el montaje del motor trifásico. Observar la instalación de la instrumentación de sensores para medición de velocidad angular (RPM).		
PROCEDIMIENTO 2 MARCHA Accionar el funcionamiento del motor engranando la etapa 5 (Movimiento límite con fin de carrera). Accionar el funcionamiento de giro del motor sin engranar la etapa 5 (Movimiento Continuo).		
PROCEDIMIENTO 3 MEDICIÓN Medir las variables eléctricas del motor como corriente de fase, corriente de línea. Medir las variables eléctricas del motor como voltaje de fase y voltaje de línea. Medir la velocidad angular en las etapas con la herramienta tacómetro digital. Registrar los datos obtenidos de velocidad angular (RPM) en la pantalla LED.		
PREGUNTAS		
1. Realizar un esquema básico de conexiones eléctricas para el control. 2. Realizar un esquema básico de la conexión del sistema fin de carrera usado en el sistema de cremallera. 3. Contraste los datos de velocidad angular obtenidos mediante el tacómetro digital, con los datos capturados por los sensores. ¿Cuál es el porcentaje de error entre ambas mediciones? 4. Conclusiones de la práctica.		
Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN		Aprobado por: _____
Fecha: 14 de marzo 2024		Fecha: _____

10.4.5 CODIFICACIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		FORMATO DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS		
TUNJA COLOMBIA	VERSIÓN: 007	CÓDIGOS DE EQUIPOS UNIVERSIDAD SANTO TOMAS		
CODIFICACIÓN DE EQUIPOS LABORATORIO DE MANUFACTURA				
PLANTA	CÓDIGO	ÁREA	CÓDIGO	
Universidad Santo Tomas seccional Tunja	UT	Laboratorio manufactura	LM	
		Laboratorio materiales	LA	
		Laboratorio térmicas	LT	
EQUIPO	CÓDIGO	NUMERO	CÓDIGO INSTRUMENTO	
Centro Mecanizado	CM	I01	UTLMCM-I01	
Fresadora	FR	I01	UTLMFR-I01	
Banco de Transmisión	BTP	I01	UTLMBTP-I01	
Esmeril	ES	I01	UTLMES-I01	
Torno	TO	I01	UTLMTO-I01	
		I02	UTLMTO-I02	

10.4.6 HOJA DE VIDA DE LA MAQUINA

FORMATO INVENTARIO INSTRUMENTO DE LABORATORIO			
		UNIVERSIDAD SANTO TOMAS FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA TUNJA - BOYACÁ	
CÓDIGO INSTRUMENTO	NAME OF EQUIPMENT	POWER TRANSMISSION BANK	
UTLMBTP-I01	SERIAL	BTP-I01	
NOMBRE DEL EQUIPO			
BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			
DATOS DEL EQUIPO			
MARCA	PROT-DIDA	FECHA DE ADQUISICIÓN	17-ago-23
VALOR COMPRA	1500 USD	TIEMPO DE GARANTÍA	1 AÑO
DATOS DEL SUMINISTRO			
EMPRESA	INEDUTOR CORP.	CIUDAD	TUNJA, BOYACÁ - COLOMBIA
VENDEDOR	JOSE EDUARDO TORRES	DIRECCIÓN	Av. Universitaria # 42 - 60
TELÉFONO	(+57) 320-318-8440	E-MAIL	Jose.torresf@usantoto.edu.co
CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO			
El banco de transmisión de potencia es un dispositivo didáctico; está compuesto por sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos. Los sistemas mecánicos están compuestos por 6 etapas de transmisión de potencia con accesorios como (poleas, engranes cónicos, engranes rectos, catarinas, cremallera) en ejes con chumaceras que se anclan a la estructura por medio de tornillería. El sistema eléctrico se compone de un motor de 1 hp. conectado en estrella a una red trifásica, este sistema se compone de unos actuadores para el movimiento y parada del motor, también posee un breaker de protección en la conexión de la alimentación, botones y bombillos LED que responden a la acción del usuario e indican su estado. El sistema electrónico es usado en la instrumentación del equipo, esta sistema mide la velocidad angular (RPM) en los ejes de las etapas de transmisión, se compone de 3 etapas con conexiones rápidas para Sensor efecto hall - Microcontrolador Arduino UNO R3 - Pantallas LED 1602 color azul en donde se visualizan los datos de frecuencia procesados por el microcontrolador.			
ESTADO DEL EQUIPO			
* El equipo funciona adecuadamente, se recomienda mantenimiento preventivo para su conservación. * El equipo tiene buena lubricación en los elementos que componen los sistemas de transmisión. * El equipo cumple con el ajuste de aprete recomendado en los tornillos de la sujeción a la estructura. * Los sistemas de correa y cadena en el equipo se encuentran alineados, cumplen con el ajuste de tensión.			
MANTENIMIENTOS			
REALIZADO POR	FECHA	OBSERVACIONES	
1. JOSE EDUARDO TORRES	10 DE FEBRERO DE 2024	OPERATIVA	
2.			
3.			
4.			
REGISTRO FOTOGRÁFICO			
			
Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN		Aprobado por: _____	
Fecha: 14 de marzo 2024		Fecha: _____	

EVALUACIÓN INTEGRAL DEL EQUIPO	
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo funciona actualmente?	si
¿Los registros obtenidos por el equipo son confiables? (*)	si
¿Existen registros de calibración del equipo con tiempo inferior a 5 años?	no
¿El equipo presenta fisuras que comprometen el funcionamiento?	no
¿Existen pérdidas de cargas a través de los conectores? (**)	no
ESTÉTICA	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo presenta manchas por óxido, aceites o tintas?	no
¿Las marquillas del equipo son legibles?	si
¿El equipo presenta deterioro por uso?	no
ACCESORIOS	RESPUESTA (SI/NO)
¿El equipo cuenta con todos los accesorios necesarios para su funcionamiento?	si
¿Los accesorios del equipo están rotos, averiados o son usados con otro equipo? (Ejes, Abrazaderas)	no

(*) Tenga en cuenta que, si el equipo no funciona, no puede ser confiable. Definamos la confiabilidad como el grado en el que un equipo produce resultados consistentes y coherentes con los valores teóricos. El equipo será confiable si el porcentaje de error relativo entre el valor teórico y experimental es menor al 20%, de lo contrario este equipo no será confiable y se recomienda reparación del equipo.

(**) En caso de que el equipo no use conectores responda no a esta pregunta.

MATRIZ AUTOMATIZADA DE EVALUACIÓN DE EQUIPOS		
PARÁMETRO	VALOR DEL PARÁMETRO	SUMA DE PARÁMETROS
FUNCIONALIDAD Y CONFIABILIDAD	1	2
	1	
	0	
	0	
	0	
ESTÉTICA	0	1
	1	
	0	
ACCESORIOS	1	1
	0	
TOTAL		4

Realizado por: JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN
Fecha: 14 de marzo 2024

APROBADO POR: _____
FECHA: _____

10.4.7 ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		FORMATO DE OPERACIÓN					
CÓDIGO: UTLMBTP-I01	VERSIÓN: 007	ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO					
Nro OT: 00000000000007		Descripción OT: Mantenimiento del equipo banco de transmisión de potencia.					
INFORMACIÓN DEL EQUIPO		INFORMACIÓN ORDEN DE TRABAJO					
Activo: BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA		Tipo OT: Mantenimiento predictivo correctivo (rutinario - Mensual)					
Descripción del activo: Equipo didáctico para demostrar el funcionamiento de los diferentes sistemas de transmisión de potencia.		Prioridad OT: Media					
Ubicación del activo: LABORATORIO DE MANUFACTURA		Estado OT: Ejecutada					
Unidad Funcional: Funcional en operación		Fecha programada de inicio: 14 de marzo de 2024					
Clase de activo: MAQUINARIA - EQUIPO DIDÁCTICO		Fecha programada de fin: 15 de marzo de 2024					
Código Universidad Santo Tomás: UTLM-BTP001		MP:					
Críticidad del Equipo: Muy baja		Selección: Mantenimiento					
Cuenta Contable:		Disciplina: Mantenimiento de equipos didácticos					
DESCRIPCIÓN DE TAREAS							
1. Inspección visual del equipo.							
2. Limpieza del equipo.							
3. Alineación de las etapas del equipo.							
4. Engrasado de elementos guías, chumaceras y rodantes, ajustar tornillos de las sujeciones.							
5. Inspección y conexión de cables sueltos en el sistema de control.							
6. Reemplazo de la tornillos rodados y arandelas de sujeción en mal estado.							
7. Ajustar la tensión en los sistemas de polea - correa, sistema de piñón - cadena.							
8. Ajustar la distancia de contacto del tornillo sin fin, engranes y cremallera.							
INFORMACIÓN GENERAL DE LA INTERVENCIÓN							
Horómetro de parada del equipo (Hrs):		PARADAS DE LA UNIDAD FUNCIONAL					
Modo de Falla:		Activo	Fecha	Hora de inicio	Fecha	Hora fin	
Causa de Falla:							
Ítem de Falla:							
Especialidad - Nivel	Horas Planificadas	Ejecutado por código		Horas Reales			
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
Código Material	Nombre Material	Cantidad Planificada		Cantidad Real			
TIEMPOS							
1. Permisos de aislamiento		2. Transporte		3. Causas Externas		4. Documentación	
	No. Per.		HH:mm		HH:mm		HH:mm
INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD							
¿Cómo encontró el equipo?							
Equipo con polvo por falta de limpieza, tiene poco desgaste por un reciente mantenimiento, posee un acabado limpio de pintura en aceite, los sistemas de transmisión están lubricados, los tornillos de sujeción a la base están ajustados al aprete recomendado, equipo totalmente operativo.							
¿Qué trabajo realizo?							
Tareas de limpieza del motor y estructura, engrase de rodamientos, ajuste y pintura general del sistema, diseño y fabricación de soportes, cambio del sistema de transmisión piñón-cadena, adaptar un sistema de cremallera con apagado de fin de carrera, diseñar y fabricar un sistema de instrumentación para medición de revoluciones por minuto.							
¿Estado del equipo después del trabajo? (Parámetros)							
Equipo ajustado, en optimo estado para la acción de giro positivo - negativo, sistema de stop y apagado con sensor fin de carrera en funcionamiento, excelente acabado con pintura en aceite de calidad, sistema de visualización de datos de velocidad angular en optimo estado, sin ruido o vibraciones al operar.							
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES							
Ejecutante		Supervisor			Jefe de Sección		
Fecha:	14 de Marzo de 2024	Fecha:		Fecha:			
Firma:	JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN	Firma:		Firma:			

10.4.8 CHECK LIST DEL BANCO.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		FORMATO DE PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDAR			
CÓDIGO: UTLMBTP-I01	VERSIÓN: 007	CHECK LIST PROCEDIMIENTO OPERATIVO			
Nro POE: 00000000000007		Descripción POE: Procedimiento operativo Check list.			
INFORMACIÓN DEL EQUIPO			INFORMACIÓN PROCEDIMIENTO OPERATIVO		
Activo: BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			Tipo POE: Check list		
Descripción del activo: Equipo didáctico para demostrar el funcionamiento de los diferentes sistemas de transmisión de potencia.			Prioridad POE: Muy baja		
Ubicación del activo: LABORATORIO DE MANUFACTURA			Estado POE: En ejecución diaria		
Unidad Funcional: Funcional en operación			Hora programada de inicio: 6:00 AM		
Clase de activo: MAQUINARIA - EQUIPO DIDÁCTICO			Tiempo estimado: 10 min		
Código Universidad Santo Tomas: UTLM-BTP001			Hora programado de fin: 6:10 AM		
DESCRIPCIÓN DE TAREAS					
1. Inspección visual del equipo, sujeciones y estado estructural.					
2. Inspección del Control electrónico.					
3. Verificar la tensión en la cadena y correas.					
4. Inspección de la limpieza en la estructura.					
5. Verificar el estado del motor, lubricar cadena y engranes.					
6. Lubricar la guía del sistema de cremallera.					
7. Verificar la lubricación de los rodamientos de las chumaceras.					
8. Inspección conexiones e instalación eléctrica (finales de carrera).					
9. Comprobar correcto encendido, funcionamiento.					
10. Inspección de ruidos extraños, golpes en funcionamiento.					
11. Inspección de conexiones de los instrumentos de medición de velocidad angular.					
12. Verificar el estado de los datos de velocidad angular visualizados en las pantallas LED.					
13. Inspección de conexiones en los sensores de efecto hall.					
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES					
Ejecutante		Supervisor		Jefe de Sección	
Fecha:	14 de Marzo de 2024	Fecha:		Fecha:	
Firma:	JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN	Firma:		Firma:	

10.4.9 CRITICIDAD

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		FORMATO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD			
CÓDIGO: UTLMBTP-I01	VERSIÓN: 007	MATRIZ PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD			
Nro MAC: 00000000000007		Descripción MAC: Matriz análisis de criticidad riesgos - probabilidad - impacto.			
INFORMACIÓN DEL EQUIPO			INFORMACIÓN PROCEDIMIENTO OPERATIVO		
Activo: BANCO DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA			Tipo MAC: Riesgos - Probabilidad - Impacto.		
Descripción del activo: Equipo didáctico para demostrar el funcionamiento de los diferentes sistemas de transmisión de potencia.			Prioridad MAC: Muy baja		
Ubicación del activo: LABORATORIO DE MANUFACTURA			Estado MAC: Para análisis operativo		
Unidad Funcional: Funcional en operación			Hora programada:		
Clase de activo: MAQUINARIA - EQUIPO DIDÁCTICO			Tiempo estimado:		
Código Universidad Santo Tomas: UTLM-BTP001			Hora programado:		
ANÁLISIS DE CRITICIDAD					
No.	RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	VALOR	TIPO
1	Ruptura de sujetadores de accesorios	0,6	0,6	0,36	ALTO
2	Ruptura de cadena o correa	0,2	0,6	0,12	MODERADO
3	Botón de acción de giro o stop roto	0,4	0,1	0,04	BAJO
4	Estructura con deterioro o rota	0,2	0,3	0,06	BAJO
5	LED testigo de encendido o acción dañado	0,6	0,3	0,18	MODERADO
6	Rodamientos de las chumaceras dañados	0,3	0,7	0,21	MODERADO
7	Accesorio de transmisión en mal estado	0,2	0,4	0,08	BAJO
8	Bloqueo de guía de cremallera	0,2	0,4	0,08	BAJO
9	Tornillos Sueltos	0,5	0,5	0,25	MODERADO
10	Ausencia sujeción por tornillo prisionero	0,7	0,3	0,21	MODERADO
11	Rosca de accesorio rodada	0,3	0,5	0,15	MODERADO
12	Corto circuito, cables en mal estado	0,3	0,7	0,21	MODERADO
13	Sensor fin de carrera roto	0,5	0,8	0,4	ALTO
14	Motor fundido	0,2	0,9	0,18	MODERADO
15	Microcontrolador fundido	0,2	0,9	0,18	MODERADO
16	Pantalla led dañada	0,2	0,9	0,18	MODERADO
17	Sensor efecto hall dañado	0,2	0,5	0,1	BAJO
18	Shield de conexiones rápidas para microcontrolador dañado	0,3	0,6	0,18	MODERADO
19	SopORTE de sensor en mal estado	0,3	0,2	0,06	BAJO
20	Caja de almacenamiento de microcontroladores rota	0,2	0,4	0,08	BAJO
21	Riesgo climático	0,1	0,9	0,09	BAJO
22	Poca experiencia en la mano de obra	0,5	0,9	0,45	ALTO
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES					
Ejecutante		Supervisor		Jefe de Sección	
Fecha:	14 de Marzo de 2024	Fecha:		Fecha:	
Firma:	JOSE EDUARDO TORRES FLORIAN	Firma:		Firma:	
CALIFICACIÓN DE CRITICIDAD					2.55

MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO		IMPACTO				
		MUY BAJO 0.1	BAJO 0.3	MODERADO 0.5	ALTO 0.7	MUY ALTO 0.9
PROBABILIDAD	MUY ALTA 0.9	0.09	0.27	0.36	0.63	0.81
	ALTA 0.7	0.07	0.21	0.35	0.49	0.63
	MODERADA 0.5	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45
	BAJA 0.3	0.03	0.09	0.15	0.21	0.27
	MUY BAJA 0.1	0.01	0.03	0.05	0.07	0.09

10.4.10 ANÁLISIS RCM

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		FORMATO DE HOJA RCM				
BOYACÁ COLOMBIA	VERSIÓN: 007	INFORMACION DE RCM LABORATORIOS USTA TUNJA				
Nro RCM: 00000000000007		DESCRIPCIÓN RCM: ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS				
HOJA DE INFORMACION RCMII LABORATORIOS USTA TUNJA						
	SISTEMA BANCO DE TRANSMISIÓN		SISTEMA N° 007458	FACILITADOR:	FECHA 13 Marzo 2024	HOJA N° 1
	SUBSISTEMA Etapas de la transmisión		SUBSISTEMA N° 007458-7	AUDITOR: JOSE TORRES	FECHA 13 Marzo 2024	DE 2
FUNCION		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA (Qué)	
				Sucede Cuando Se Produce Una Falla)		
1	Encender un motor trifásico para la acción de giro (positivo-negativo).	A	Incapaz de encender.	1	Contacto eléctrico defectuoso.	La máquina no enciende los bombillos led testigos de la energización del sistema y es probable que no encienda, por falta de conexión eléctrica. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1 hora.
				2	Botones en mal estado.	El pulsador fue sometido a un mal uso del operario y se rompió en su parte interna, el sistema de fusibles es ideal revisarlo para verificar la correcta conexión de circuito. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1 hora.
				3	Sensor fin de carrera defectuoso.	El sensor de fin de carrera está en mal estado debido a una mala operación del usuario, se estrelló con la cremallera en uno de sus extremos, por este motivo la maquina no enciende. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1/2 hora.
		B	No funcionan los testigos LED.	1	Contacto eléctrico defectuoso, sin aislante.	El cable fue halado hasta que se desgarró el alambre, si no se puede asegurar un buen contacto eléctrico la maquina se daña. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1 hora.
				2	Bombillos LED no enciende.	El bombillo LED no enciende debido a un mal uso del operario y se rompió su circuito. La máquina es operativa. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1 hora.
				3	Visor de bombillos LED rotos.	El visor del bombillo LED está roto debido a una mala manipulación de la máquina, provocando un accidente que provoco que el lente se rompiera. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1/2 hora.
		C	Error en el funcionamiento de las etapas de transmisión.	1	Accesorios de sistema de transmisión en mal estado.	Los accesorios o elementos de transmisión de potencia no pueden moverse debido al mal estado de sus guías o se encuentran frenados debido a correas roras, chumaceras deterioradas. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 3 horas.
				2	Tornillos de sujeción sueltos.	Los tornillos de sujeción no cumplen con el torque de aprete indicado en la norma, lo que provoca que la maquina se desajuste. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1/2 hora.
				3	Estructura en mal estado.	Los perfiles metálicos de la estructura se encuentran doblados, oxidados o sus guías están obstruidas y desalineadas, lo que provoca vibración en exceso. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 12 horas.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		FORMATO DE HOJA RCM						
BOYACÁ COLOMBIA	VERSIÓN: 007	INFORMACION DE RCM LABORATORIOS USTA TUNJA						
Nro RCM: 00000000000007		DESCRIPCIÓN RCM: ANALISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS						
HOJA DE INFORMACION RCMII LABORATORIOS USTA TUNJA								
	SISTEMA BANCO DE TRANSMISIÓN		SISTEMA N° 007458		FACILITADOR:		FECHA 13 Marzo 2024	HOJA N° 2
	SUBSISTEMA Etapas de la transmisión		SUBSISTEMA N° 007458-7		AUDITOR: JOSE TORRES		FECHA 13 Marzo 2024	DE 2
	FUNCION		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA Sucede Cuando Se Produce Una Falla	
2	Encender el sistema de microcontroladores para tomar lecturas de frecuencia por medio de sensores, con el fin de visualizar su velocidad angular (RPM), en una pantalla LED.	A	Incapaz de encender.	1	Contacto eléctrico defectuoso, el cableado esta sin conexión.	Las conexiones eléctricas de los microcontroladores pudieron desajustarse por una operación incorrecta o se halaron los cables de manera brusca, es necesario identificar cual es la etapa que no refleja una respuesta o dato correcto para aislar el componte que necesita y corregir el error. el sistema está dispuesto por etapas y código de color en los cables lo que facilita la reparación. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 3 horas.		
				1	Error de visual en pantalla LED.	Los errores en la pantalla LED de números aislados en una esquina, son debido a los intervalos de retroalimentación del módulo I2C de la pantalla LED, para corregir este error solo es necesario hacer un Reset de energía en el sistema. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 3 horas.		
		B	Incapaz de tomar las lecturas del sensor.	2	Sensor hall sin conexión.	Cuando un sensor hall se encuentra desconectado el sensor no envía señales al microcontrolador y puede reflejarse en el estado de la pantalla LED. Para corregir la desconexión se debe observar primero la conexión rápida del módulo. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1 hora.		
				3	Desconexión del Shield.	La desconexión del Shield puede ser provocada por una mala manipulación de la conexión de la caja que contiene los microcontroladores, este error se puede observar en el funcionamiento de la pantalla LED que arroja caracteres erróneos. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 3 horas.		
				4	Terminal de regleta roto.	Cuando un terminal de refleta se encuentra roto el sensor de efecto hall puede des energizarse o no enviar datos de velocidad. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1 hora.		
				5	Contacto sin aislante.	Los contactos sin aislante pueden provocar un corto en cualquier elemento expuesto. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 1/2 hora.		
				1	Pantalla LED rota.	La pantalla LED puedo haber recibido un golpe agudo que fisuro la pantalla LED. Tiempo de parada de maquina para reparar hasta 2 horas.		
		C	Error visual de pantalla.	2	Desconexión de terminales.	Los terminales de las conexiones pueden estar sueltos y puede provocar que no llegue información del sensor al microcontrolador. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 2 horas.		
				3	Bornera del Shield rota.	Las borneras del Shield soltaron sus soldaduras que las unen al Shield por un aprete excesivo del tornillo de sujeción. Tiempo de parada de máquina para reparar hasta 4 horas.		

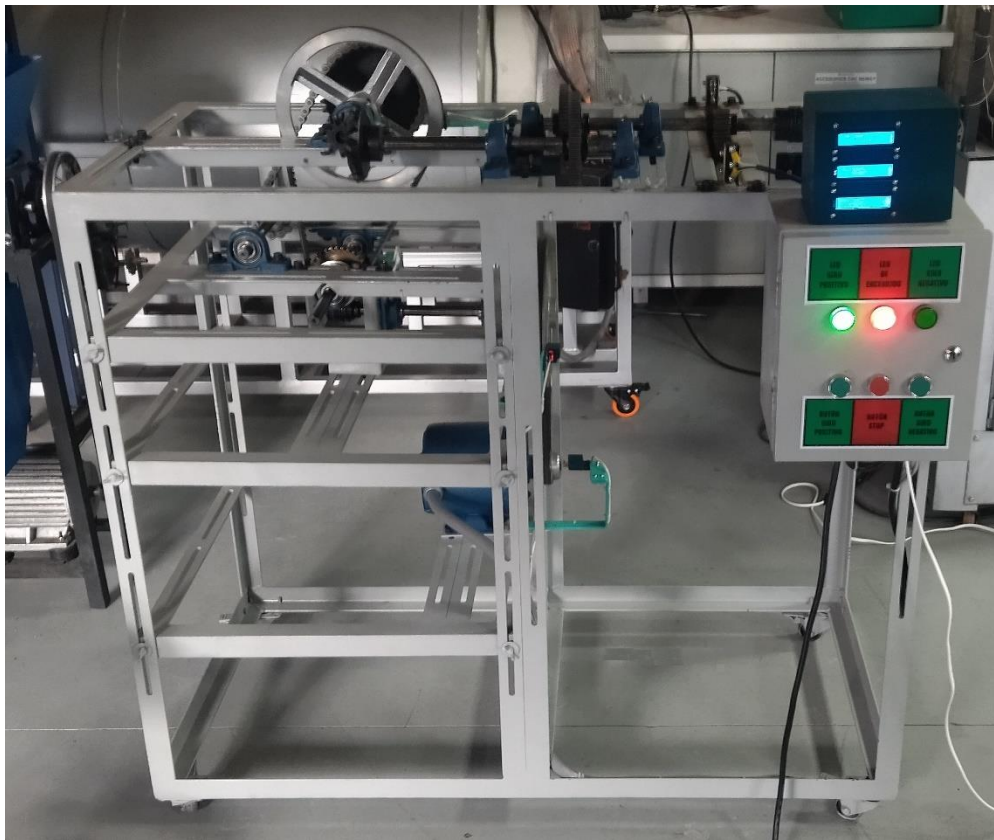
11 RESULTADOS

Después de completar el trabajo, hemos logrado tener un banco de transmisión de potencia completamente funcional, con una superficie de acabado impecable y todos los componentes debidamente lubricados. Las mejoras implementadas garantizan un funcionamiento óptimo de la máquina con el sistema de cremallera engranada, lo que activa los sensores de fin de carrera en cada rotación.

Tanto los componentes individuales como el banco de transmisión de potencia en su conjunto fueron diseñados teniendo en cuenta la facilidad de desmontaje por parte del personal cualificado para el mantenimiento. Los componentes mecánicos están asegurados a la estructura mediante tornillos, aplicando el torque adecuado, mientras que los soportes de los sensores están correctamente alineados.

Además, hemos implementado la capacidad de desacoplar la Etapa 5 para permitir un movimiento continuo, lo que nos permite recopilar datos de velocidad angular para su visualización en las pantallas LED de la caja de instrumentación. Como resultado de estas mejoras, la máquina presenta niveles mínimos de vibración.

Figura 71. Proyecto Banco de potencia en funcionamiento.



Fuente Jose Eduardo Torres.

12 CONCLUSIONES

Como principales conclusiones del desarrollo de la tesis de grado tenemos que:

- Mejoras del diseño y funcionalidad: Mediante mejoras específicas en el diseño y funcionamiento del banco de transmisión de potencia, hemos logrado garantizar un rendimiento óptimo y confiable de la máquina.
- Facilidad de mantenimiento: La implementación de componentes mecánicos con sujeciones de tornillo y una disposición que facilita el desmontaje por parte del personal calificado ha mejorado significativamente la eficiencia del mantenimiento preventivo y correctivo.
- Versatilidad operativa: La capacidad de desacoplar la Etapa 5 para permitir el movimiento continuo y la visualización de datos de velocidad angular en las pantallas LED de la caja de instrumentación amplían las capacidades operativas y de monitoreo del equipo.
- Reducción de la vibración: Las mejoras implementadas han contribuido a minimizar los niveles de vibración de la máquina, lo que mejora su estabilidad y precisión durante el funcionamiento.

En conjunto, estos hallazgos destacan el éxito de las intervenciones realizadas en el banco de transmisión de potencia, lo que resulta en un equipo más eficiente, confiable y versátil.

Además, posibilita que otros estudiantes puedan llevar a cabo investigaciones sobre la recepción de frecuencias mediante sensores de efecto Hall, para analizar la velocidad y perfeccionar el código para los microcontroladores con el objetivo de establecer un promedio en los paquetes de datos correspondientes a los campos magnéticos detectados por el paso de imanes en el sensor. Este análisis tiene como propósito amortiguar la señal mediante el uso de algoritmos, transformadas de funciones matemáticas y representación gráfica en el tiempo con MATLAB. Estas investigaciones tienen el potencial de mejorar la precisión de estos dispositivos, contribuyendo así al avance en el campo de la detección y medición de campos magnéticos.

13 PRESUPUESTOS

Para el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta los diferentes sistemas, la necesidad de sensores y estructuras como complemento al equipo, los datos obtenidos fueron realizados mediante cotización en ferreterías comerciales de la ciudad de Tunja.

Tabla 5 Presupuesto proyecto banco de transmisión de potencia 2023-2.

PRESUPUESTO PROYECTO BANCO DE TRANSMISION DE POTENCIA					
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO COP	COSTO TOTAL COP	PROVEEDOR
SISTEMAS DE TRANSMISIÓN					
CADENA 428	Unidad	1	30000	30000	FERRE. HUNZA
PIÑON	Unidad	1	15000	15000	FERRE. HUNZA
CORONA	Unidad	1	30000	30000	FERRE. HUNZA
CHUMACERAS	Pulgadas	5	25000	125000	FERRE. HUNZA
SOPORTES PARA PIÑON - CORONA	Unidad	1	40000	40000	FERRE. HUNZA
CUÑAS Y PRISIONEROS	Milimétrica	30	3500	105000	FERRE. HUNZA
TORNILLOS DE SUJECION	Milimétrica	30	1000	30000	FERRE. HUNZA
TUERCAS / ARANDELAS	Milimétrica	60	400	24000	FERRE. HUNZA
LUBRICANTE	Litro	2	18000	36000	FERRE. HUNZA
POLEAS	Pulgadas	3	32000	96000	FERRE. HUNZA
CORREAS	Pulgadas	2	25000	50000	FERRE. HUNZA
ENGRANES	Unidad	2	45000	90000	FERRE. HUNZA
ANTIVIBRACION	Unidad	30	3500	105000	FERRE. HUNZA
SENSORES					
SENSORES DE VELOCIDAD	Unidad	8	30000	240000	MERCADOLIBRE
CABLE ELECTRICO	Metro	10	1500	15000	FERRETRONICA
PROTECTOR DE CONEXIONES	Metro	10	4000	40000	FERRETRONICA
MATRIZ DE CABLEADO	Metro	10	6000	60000	FERRETRONICA
SENSOR DE FINAL DE CARRERA	Unidad	2	32000	64000	MERCADOLIBRE
SOPORTES PARA SENSORES	Unidad	12	5000	60000	FERRETRONICA
ESTRUCTURA					
DISCO DE CORTE	Unidad	2	5000	10000	FERRE. HUNZA
DISCO DE PULIR	Unidad	2	6000	12000	FERRE. HUNZA
PERFIL METALICO L 1/2 X 6 M.	Pulgadas	1	60000	60000	FERRE. HUNZA
LAMINA DE METAL 2MM X M. C.	Pulgadas	4	45000	180000	FERRE. HUNZA
LAMINA POLIPROPILENO x 6 M	Pulgadas	1	74000	74000	FERRE. HUNZA
SOLDADURA 6013 X KILO	Kilogramo	2	14000	28000	FERRE. HUNZA
BROCAS VARIAS	Pulgadas	3	15000	45000	FERRE. HUNZA
REMACHE VARIOS X DOCENAS	Pulgadas	10	12000	120000	FERRE. HUNZA
PINTURA	Galón	3	35000	105000	COLORTEC
SOLVENTES	Litro	5	10000	50000	COLORTEC
CONTROL					
BOBILLOS LED TABLERO CONTROL	Unidad	3	12000	36000	FERRETRONICA
BOTON DE EMERGENCIA	Unidad	2	30000	60000	FERRETRONICA
BOTON MOVIMIENTO A/R	Unidad	2	25000	50000	FERRETRONICA
BREAKER	Unidad	2	66000	132000	FERRETRONICA
TERMINALES	Unidad	30	200	6000	FERRETRONICA
CINTA AISLANTE	Unidad	2	8000	16000	FERRETRONICA
AISLANTES TERMOMAGNETICO	Metro	1	15000	15000	FERRETRONICA
CONTROLADOR DE SENSOR - SISTEMA	Unidad	1	150000	150000	FERRETRONICA
PANTALLA LED	Unidad	1	60000	60000	FERRETRONICA
INSTRUMENTO DE NIVEL	Unidad	1	25000	25000	FERRETRONICA
CONECTOR ELETTRICO	Unidad	3	6200	18600	FERRETRONICA
SERVICIOS					
TRANSPORTE DE EQUIPOS	Servicio	8	10000	80000	PUBLICO
CORTE DE LAMINAS	Servicio	2	50000	100000	FERRE. HUNZA
SEÑALIZACION DE SEGURIDAD	Servicio	4	45000	180000	PALPLOT
DOBLADO DE LAMINAS	Servicio	2	45000	90000	FERRE. HUNZA
COSTOS INDIRECTOS					
ESFEROS	Unidad	2	1500	3000	PALPLOT
MARCADORES	Unidad	2	5000	10000	PALPLOT
HOJAS DE PAPEL	Unidad	30	150	4500	PALPLOT
COPIAS	Unidad	20	200	4000	PALPLOT
COSTOS FIJOS					
AGUA	Litros	50	720	36000	PUBLICO
ELECTRICIDAD	Kilowatt	2100	650	1365000	PUBLICO
TOTAL ITEMS		375	TOTAL COSTOS COP	4380100	

14. BIBLIOGRAFIA

GUNT, Media Center. Paquete de productos, proyectos y empresa, [Sitio Web]. Berlín: [consulta 10 de septiembre 2023]. Disponible en: <https://gunt.de/es/highlights/gunt-media-center>

HSNA, Ingenieros. Productos Hidro-Didáctica. [Sitio Web]. Medellín: [consulta 10 de septiembre 2023]. Disponible en: [http://www.hnsa.com.co/bancos-didacticos- /](http://www.hnsa.com.co/bancos-didacticos-/)

PHYWE, excelencia en ciencia. Gestión de material didácticos, servicio y productos. [Sitio Web]. Berlín: [consulta 10 de septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.phywe.com/es/sensores-software/gestion-de-la-ayuda-a-la-ensenanza/>

CARVAJAL AVILA, Diego F. Y ROJAS GALVIZ, Melvin Armando. Banco de pruebas de sistemas de transmisión de potencia. Tesis de grado Ingeniero Mecánico, [En línea]. Universidad Pontificia Bolivariana, 2010. [Consultado 10 de septiembre de 2023]. Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1095/digital_19134.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GRAJALES OCHOA, Kevin y GRACIA MESA, Paola Andrea. Diseño y Construcción de una Instalación para el Estudio de las Transmisiones de Potencia Mecánica. [En línea]. Tesis de grado Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica de Pereira, 2015. [Consultado 10 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71398604.pdf>

GAMBOA BAQUERO, Karen Julieth y FRANCO RAMIREZ, Johan Sebastián. Diseño de un banco didáctico para ensayos de transmisión de potencia. [En línea]. Tesis de grado Ingeniero Mecánico, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2019. [Consultado 10 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24300/GamboaBaqueroKarenJulieth2020.pdf;jsessionid=121A8EB3023D930743D11F8B873E557E?sequence=1>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION, Documentación. Normatividad técnica NTC 1486 – 2050 -2183. Bogotá D.C. ICONTEC 2022, 325 p.

BUDYNAS, Richard G. y NISBETT, Keith J. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 10 ed., México D. F.: McGraw-Hill Interamericana 2021, 1068 p.

NORTON, Robert L. Diseño de maquinaria: análisis de máquinas y mecanismos 5 ed., México D. F.: McGraw-Hill Interamericana 2013, 1114 p.

JENSEN, Cecil, SHORT, Dennis R. y HELSEL, Jay D. Dibujo y diseño en ingeniería 3 ed., México D. F.: McGraw- Hill Interamericana 2004, 1024 p.

BEER, Ferdinand P. DEWOLF, John T. JOHNSTON, Russell Jr. y MAZUREK, David F. Mecánica de Materiales 7 ed., Colombia.: McGraw-Hill Interamericana 2020, 793 p.

BOLTON, William. Mecatrónica; Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica. México: Alfaomega 2015, 653 p.

REYES CORTES, Fernando. MONJARAZ, Jaime. y VARGAS SOTO, Emilio. Mecatrónica control y automatización. México: Alfaomega 2013, 702 p.

TECTUL INGENIERÍA. Productos laminados - Acero A36. [Sitio Web]. Tunja: [consulta 10 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://tectul.com/es/productos/lamina-hr-a36>

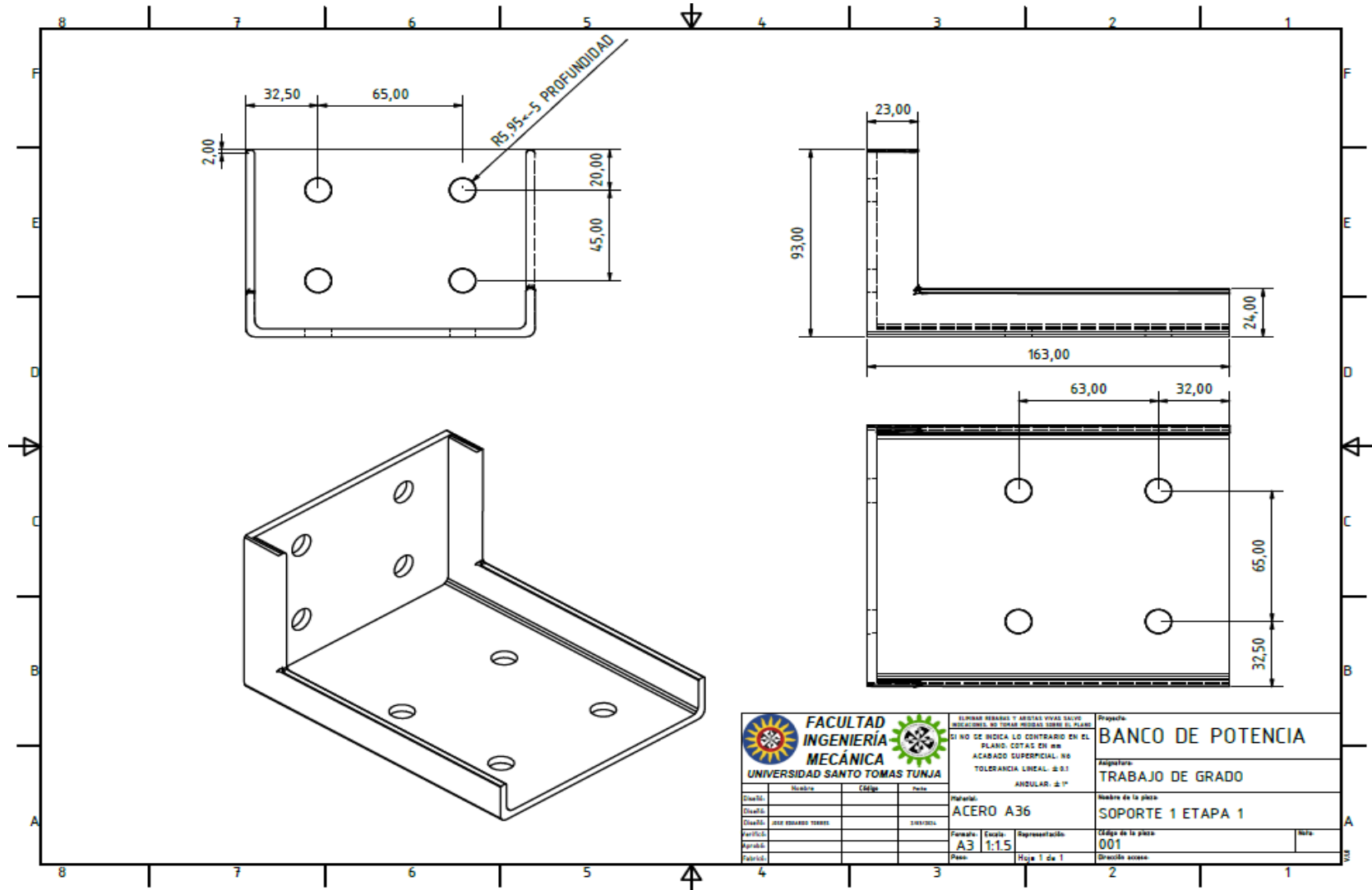
GRAINER. Productos Industriales para instalaciones, Dayton motores eléctricos. [Sitio Web]. Bogotá: [consulta 12 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.grainger.com/category/group/motors-power-transmission>

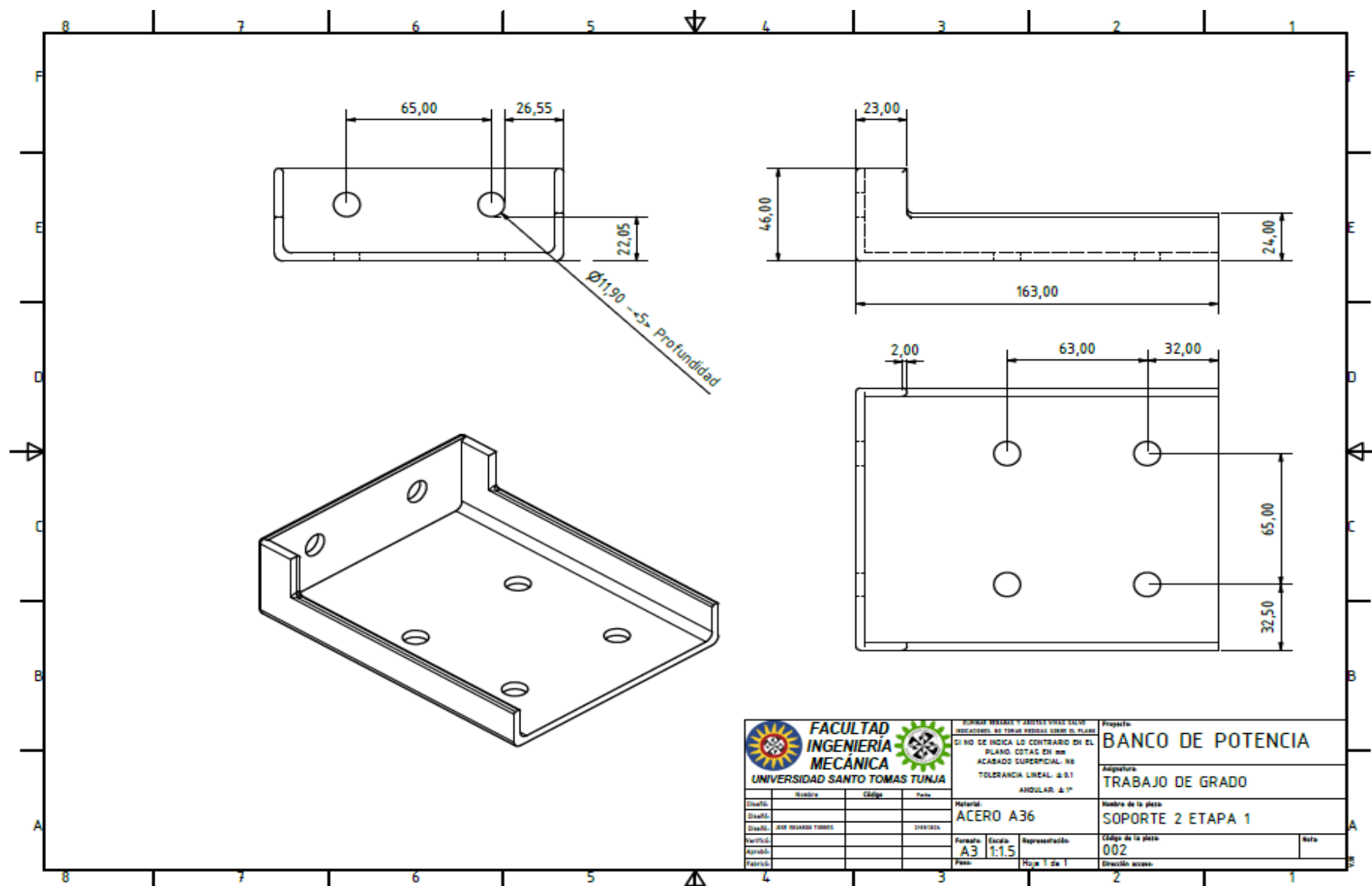
FERRETRONICA. Productos Electrónicos para estudiantes. [Sitio Web]. Tunja: [consulta 12 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://ferretronica.com/Productos>

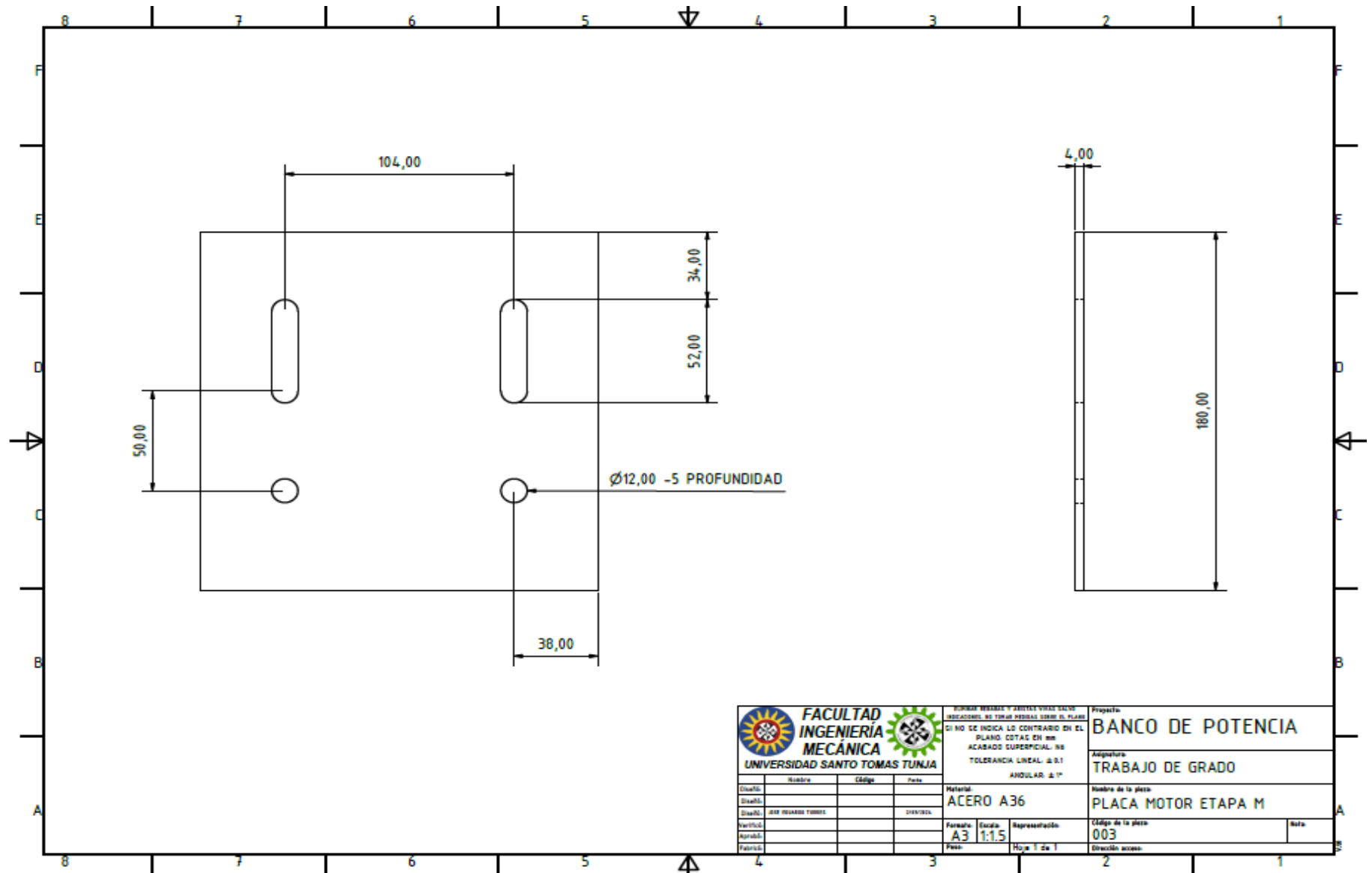
OSAKA ELECTRONICS. Switches - Pulsadores, Micro switch industriales. [Sitio Web]. Bogotá: [consulta 12 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://osakaelectronicsltda.com/switches-pulsadores/micro-switch/micro-switch-industrial-rolana>

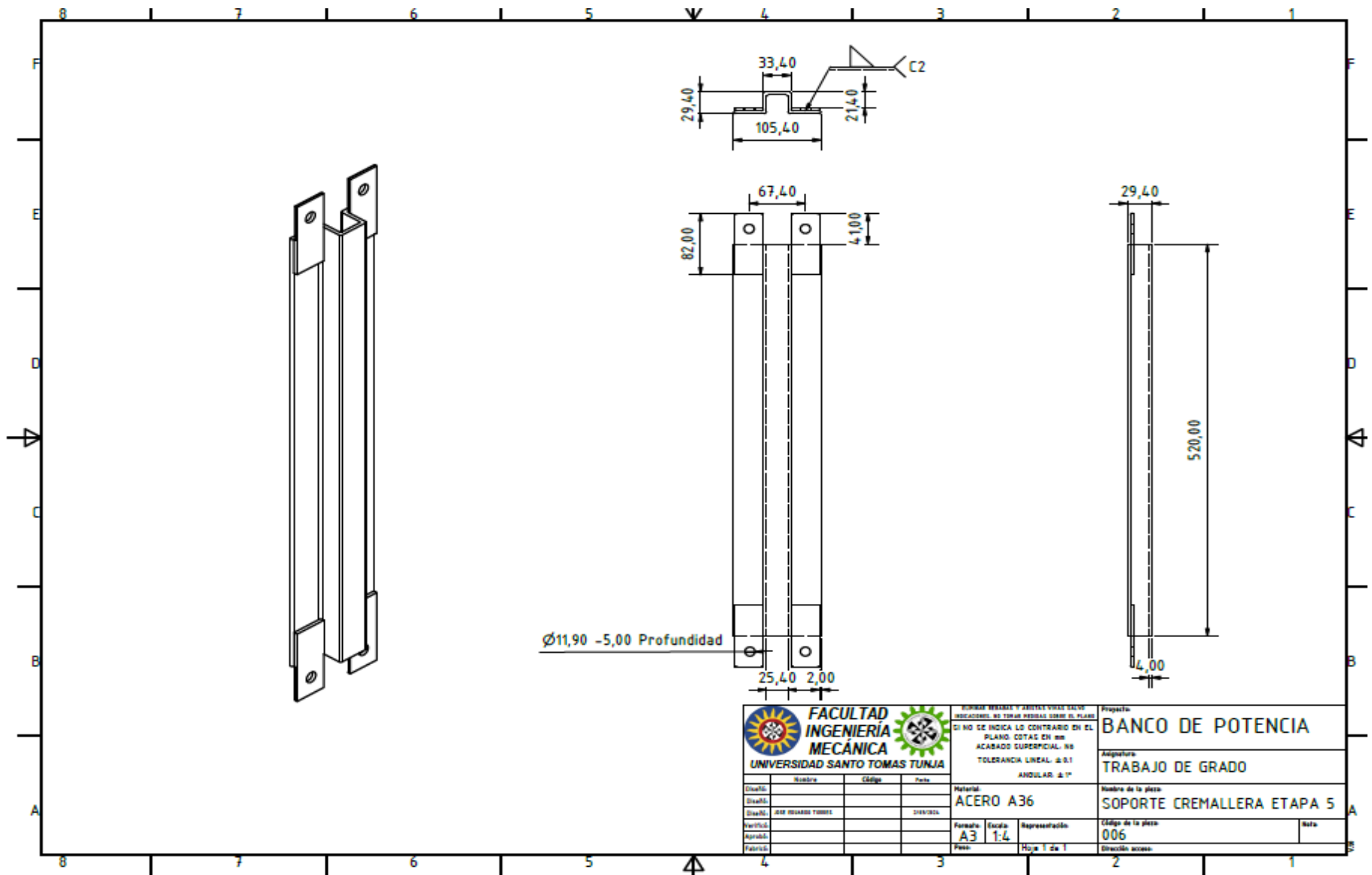
14 ANEXOS

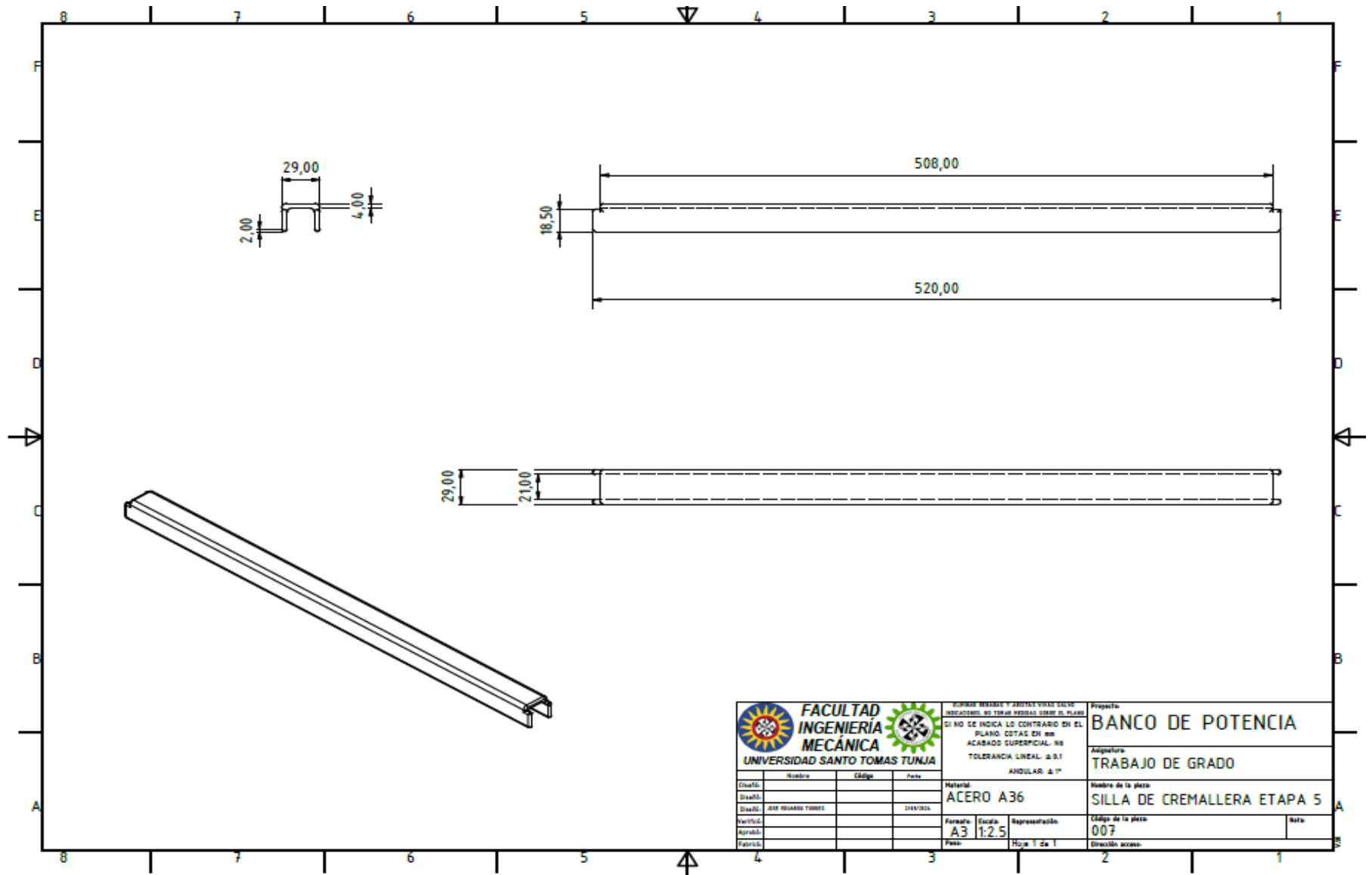
Anexo 1 PLANOS DE FABRICACION.

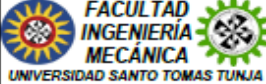


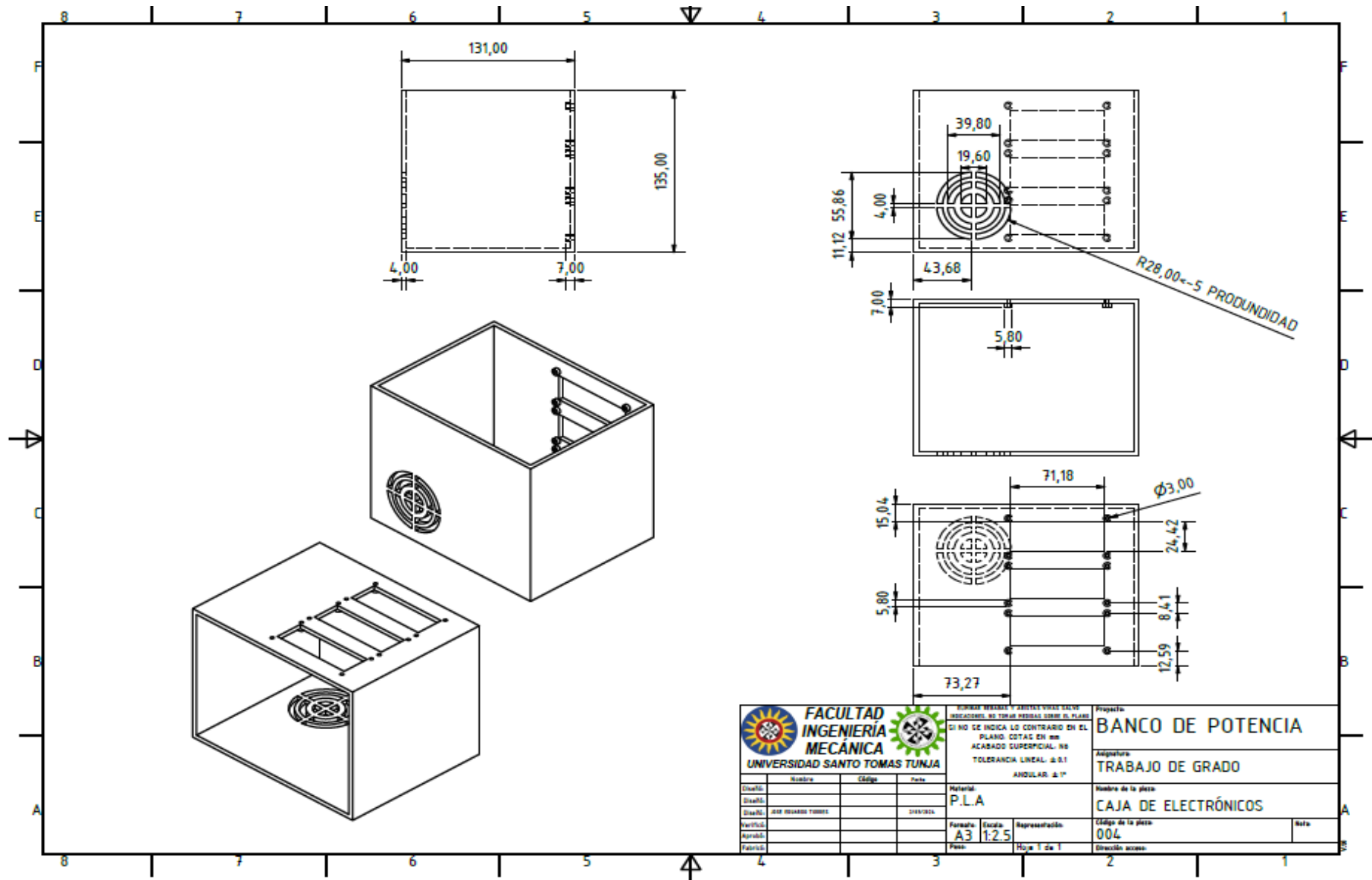


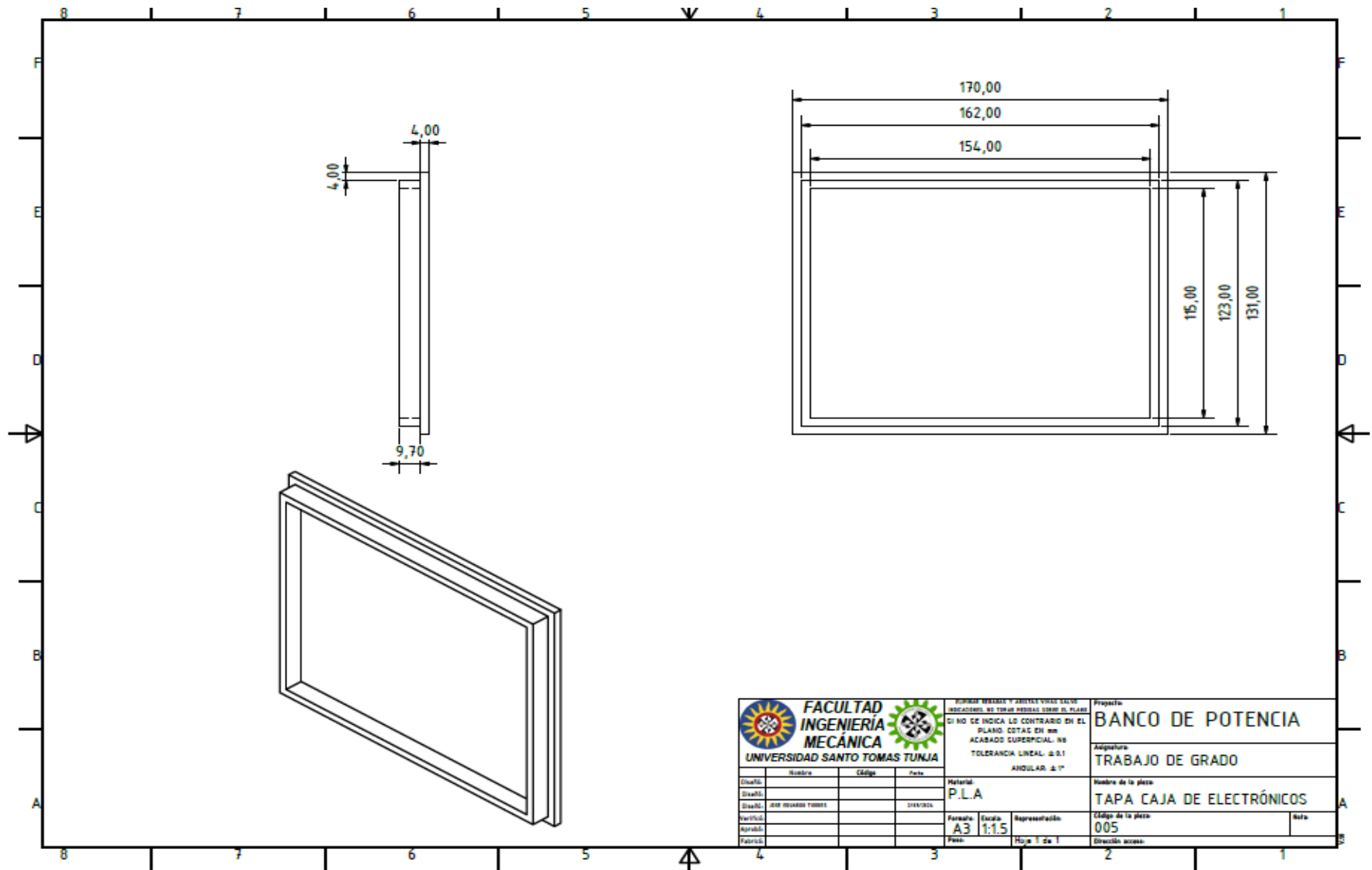


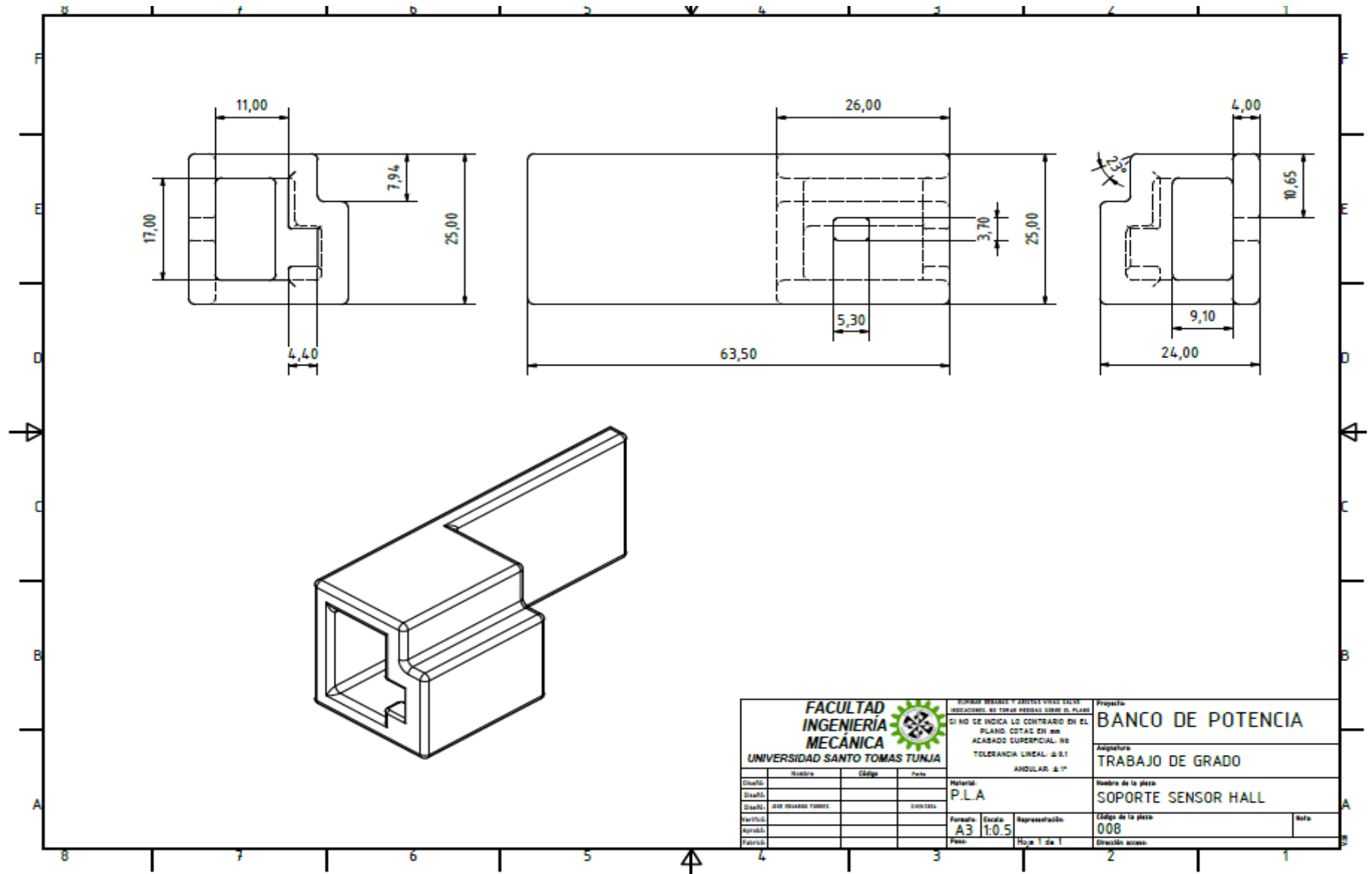


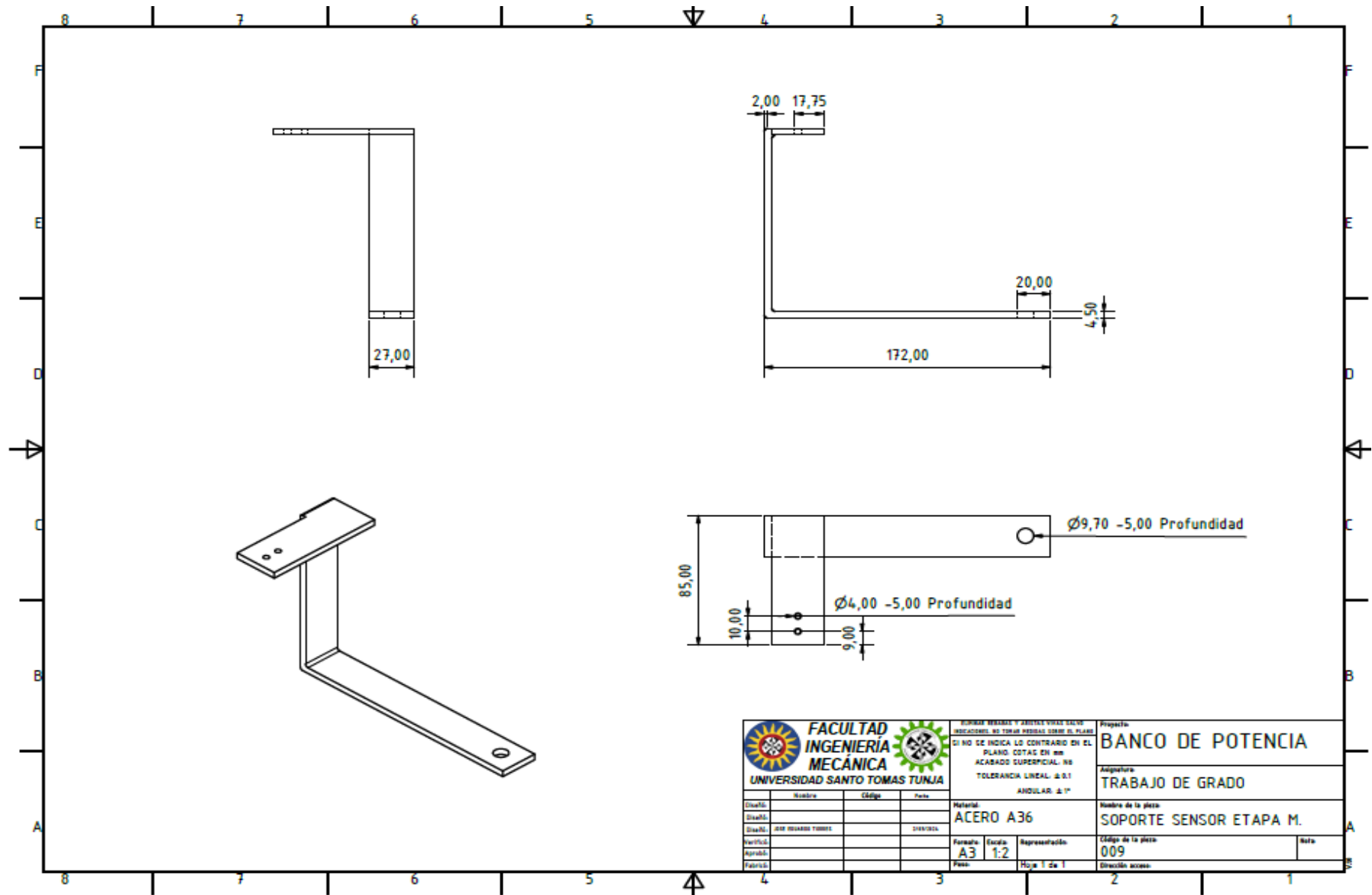


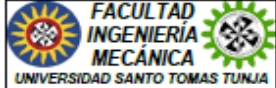
 FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA			NORMAS MECANICAS Y DIBUJO TECNICO INDICACIONES NO TENDRAN PRECEDENCIA SOBRE EL PLANO SI NO SE INDICA LO CONTRARIO EN EL PLANO: COTAS EN mm ACABADO SUPERFICIAL: NS TOLERANCIA LINEAL: $\pm 0,1$ ANGULAR: $\pm 1^\circ$		Proyecto: BANCO DE POTENCIA	
Nombre: _____ Código: _____ Fecha: _____			Material: ACERO A36		Asignatura: TRABAJO DE GRADO	
Dibujo: _____ Dibujo: 007 00000 TUBOS _____ Verificado: _____ Aprobado: _____ Fecha: _____			Formato: A3 Escala: 1:2,5 Representación: _____ Hoja 1 de 1		Nombre de la pieza: SILLA DE CREMALLERA ETAPA 5	
					Código de la pieza: 007	
					Dirección: _____	

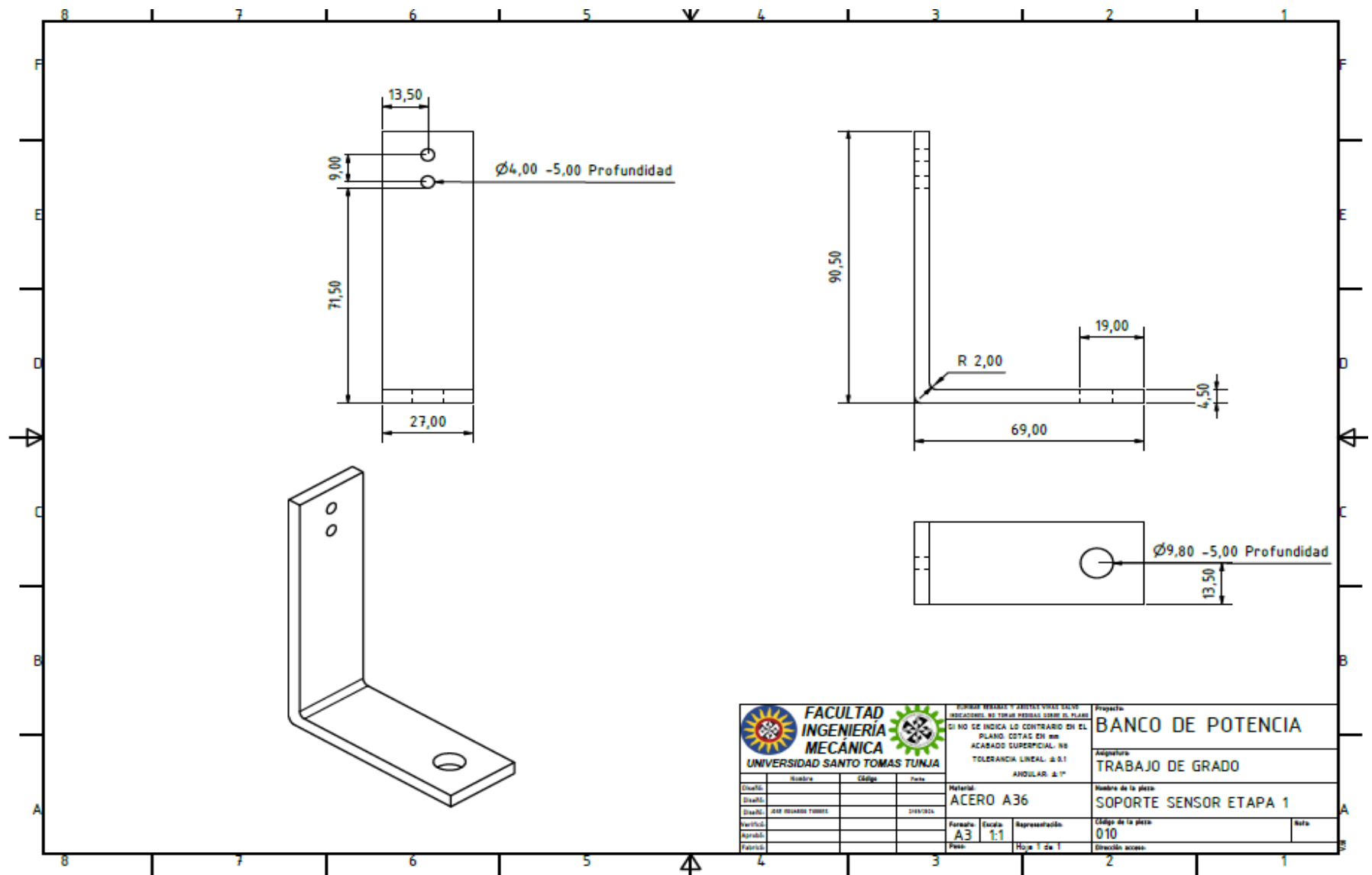


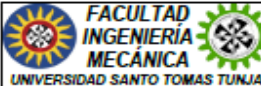


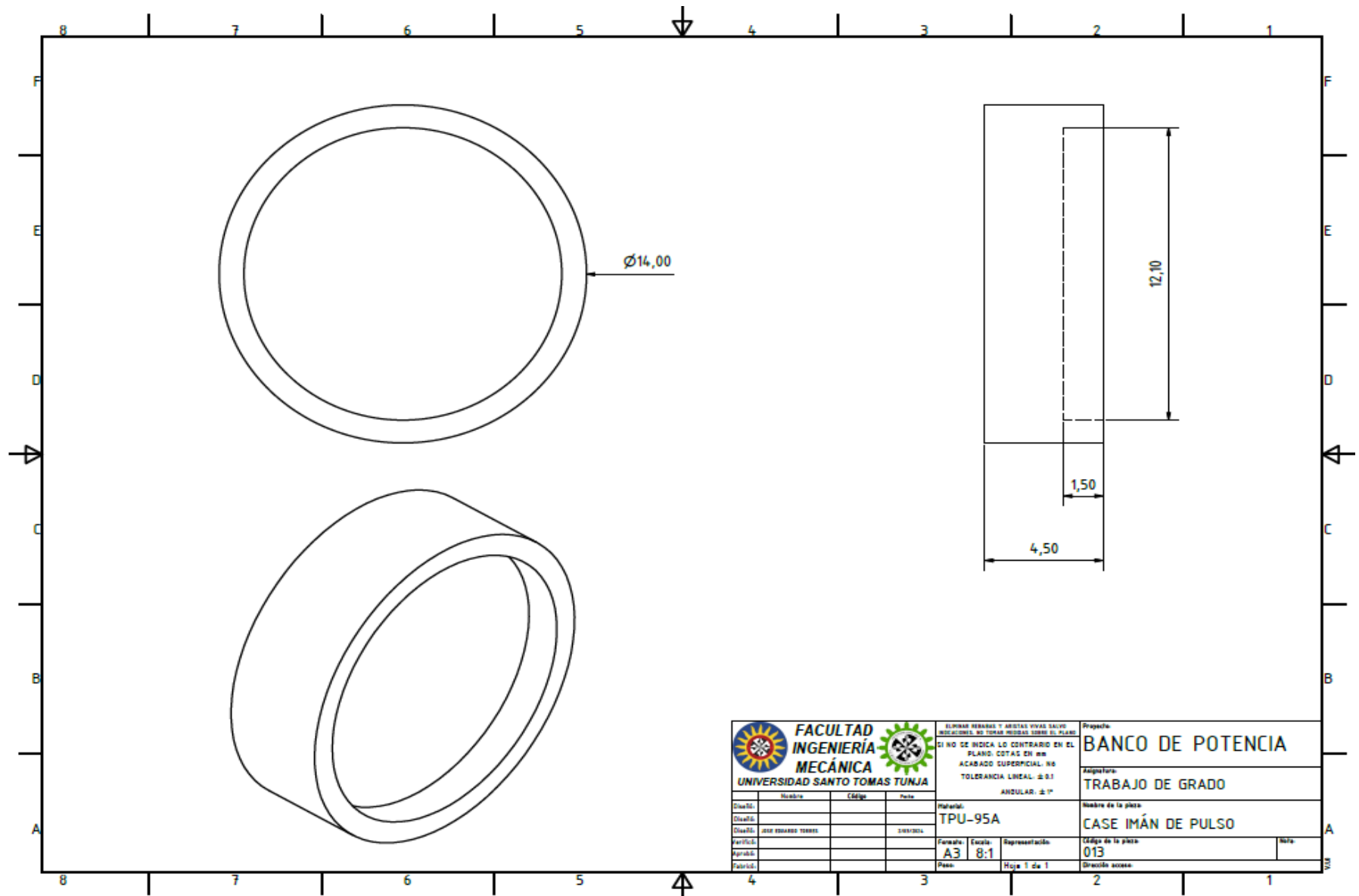




				BANCO DE POTENCIA	
ACERO A36				TRABAJO DE GRADO	
SOPORTE SENSOR ETAPA M.				009	
Hoja 1 de 1				009	



				Proyecto: BANCO DE POTENCIA			
ACERO A36				Asignatura: TRABAJO DE GRADO			
ACERO A36				Nombre de la pieza: SOPORTE SENSOR ETAPA 1			
ACERO A36				Código de la pieza: 010			
ACERO A36				Nota:			
ACERO A36				Dirección:			



FINAL....