



RETROFIT ELECTRÓNICO Y DE CONTROL DE LA FRESADORA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES XG610-NC

OSCAR HERNANDO GONZÁLEZ GARCÍA

ogonzalez7@unab.edu.co

JAIME ANDRÉS MILLÁN ARCINIEGAS

jmillan3@unab.edu.co

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA 2010**



Universidad Autónoma de Bucaramanga

RETROFIT ELECTRÓNICO Y DE CONTROL DE LA FRESADORA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES XG610-NC

INTEGRANTES:

OSCAR HERNANDO GONZÁLEZ GARCÍA

ogonzalez7@unab.edu.co

JAIME ANDRÉS MILLÁN ARCINIEGAS

jmillan3@unab.edu.co

DIRECTOR DE PROYECTO:

MSc HERNÁN GONZÁLEZ ACUÑA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BUCARAMANGA 2010



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 2. INTRODUCCIÓN | 9 |
| 2.1 Datos generales de la empresa..... | 9 |
| 2.1.1 Misión | 9 |
| 2.1.2 Visión | 10 |
| 2.2 Datos generales de la práctica..... | 10 |
| 3. JUSTIFICACION DE LA PRÁCTICA | 11 |
| 4. OBJETIVOS..... | 12 |
| 4.1 Objetivo general | 12 |
| 4.2 Objetivos específicos | 12 |
| 5. MARCO TEÓRICO | 13 |
| 5.1 Estado del arte de la empresa..... | 13 |
| 5.2 Generalidades | 14 |
| 5.3 Marco conceptual | 14 |
| 5.3.1 Eje homocinético | 14 |
| 5.3.1.1 Juntas homocinéticas..... | 15 |
| 5.3.1.1.1 Junta fija | 16 |
| 5.3.1.1.2 Tulipa | 17 |
| 5.3.1.1.3 Intereje | 17 |
| 5.3.1.1.4 Trípode..... | 17 |
| 5.3.2 Control numérico | 18 |
| 5.3.3 Descripción general del funcionamiento de la máquina..... | 19 |
| 6. METODOLOGÍA | 23 |
| 7. RESUMEN DE RESULTADOS..... | 23 |
| 8. ABSTRACT..... | 26 |
| 9. CUADRO DE RESULTADOS | 28 |
| 10. CUADRO DE ACTIVIDADES REALIZADAS | 30 |
| 11. JUSTIFICACIÓN DEL RETROFIT..... | 33 |
| 12. PRIMEROS DISPOSITIVOS DE LA FRESADORA..... | 37 |
| 12.1 Gabinetes de control y conexiones eléctricas | 37 |
| 12.1.1 Descripción general del primer gabinete..... | 37 |
| 12.1.2 Descripción general del segundo gabinete | 39 |
| 12.1.3 Descripción general del tercer gabinete..... | 42 |
| 12.1.4 Descripción general del cuarto gabinete | 45 |
| 12.2 Tableros de estaciones | 47 |
| 12.2.1 Tablero 5 (Sistema hidráulico y de lubricación) | 47 |
| 12.2.3 Tablero 14 (Estación 1)..... | 49 |



| | |
|---|----|
| 12.2.4 Tablero 14/1 (Inicio de ciclo de la primera estación)..... | 50 |
| 12.2.5 Tablero 16 (Estación 2)..... | 51 |
| 12.2.6 Tablero 16/1 (Sensores inductivos de los motores de los husillos de la segunda estación) | 52 |
| 12.2.7 Tablero 17 (Estación 2)..... | 53 |
| 12.2.8 Tablero 17/1 (Herramientas husillos segunda estación) | 54 |
| 12.2.9 Tablero 19 (Estación 3)..... | 55 |
| 12.2.10 Tablero 19/1 (Sensores inductivos de los motores de los husillos de la tercera estación)..... | 55 |
| 12.2.11 Tablero 20 (Estación 3)..... | 56 |
| 12.2.12 Tablero 20/1 (Herramientas husillos tercera estación)..... | 58 |
| 13. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROGRAMACIÓN..... | 59 |
| 14. COMPONENTES INSTALADOS EN LOS NUEVOS GABINETES DE CONTROL..... | 62 |
| 14.1 Módulo de línea activa | 62 |
| 14.2 Módulo para motor | 63 |
| 14.3 Sitop Modular | 64 |
| 14.4 Módulo de Entradas digitales | 65 |
| 14.5 Módulo de Salidas digitales..... | 66 |
| 14.6 Módulo de Periferia descentralizada | 67 |
| 14.7 SINUMERIK PCU..... | 68 |
| 14.8 SINUMERIK 840D..... | 69 |
| 14.9 Etapa de potencia PM340 | 70 |
| 14.10 Reactor de línea | 70 |
| 14.11 Unidad de control CU320 | 72 |
| 14.12 Filtro de línea con inductancia..... | 73 |
| 14.13 Reactor..... | 73 |
| 15. DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y DE CONTROL..... | 74 |
| 15.1 Gabinetes | 75 |
| 15.2 Tablero de la segunda estación. | 81 |
| 15.3 Tablero de la tercera estación..... | 82 |
| 15.4 Tablero de mando | 83 |
| 15.5 Diagrama de conexión para motores. | 84 |
| 16. PROPUESTA DE MEJORA..... | 85 |
| 17. CONCLUSIONES | 86 |
| 18. BIBLIOGRAFÍA..... | 88 |



FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Eje homocinético..... | 14 |
| Figura 2. Articulación de los ejes cuando se pasa sobre un hueco..... | 15 |
| Figura 3. Componentes internos de una junta homocinética..... | 15 |
| Figura 4. Concepción de una rótula en las juntas homocinéticas..... | 16 |
| Figura 5. Tipos de juntas homocinéticas..... | 16 |
| Figura 6. Perspectiva de una junta fija..... | 17 |
| Figura 7. Perspectiva de una tulipa..... | 17 |
| Figura 8. Intereje..... | 17 |
| Figura 9. Trípode..... | 18 |
| Figura 10. Vista general de la máquina..... | 19 |
| Figura 11. Estación N° 1..... | 19 |
| Figura 12. Estación N° 2..... | 20 |
| Figura 13. Estación N° 3..... | 21 |
| Figura 14. Circuitos internos de la unidad refrigerante..... | 22 |
| Figura 15. Diagrama de bloques de la metodología..... | 23 |
| Figura 16. Parte del proceso al que se somete la junta fija..... | 33 |
| Figura 17. Área de torneado y fresado interior de las campanas..... | 34 |
| Figura 18. Máquina de fresado interno de las campanas..... | 34 |
| Figura 19. Componentes internos de la fresadora actual..... | 35 |
| Figura 20. Herramientas para fresado robusto (Izquierda) y Terminado (Derecha)..... | 35 |
| Figura 21. Vista lateral de la parte de conexiones eléctricas..... | 37 |
| Figura 22. Parte superior del primer gabinete..... | 38 |
| Figura 23. Parte inferior del primer gabinete..... | 39 |
| Figura 24. Vista general del segundo gabinete..... | 40 |
| Figura 25. Sensor inductivo en husillos..... | 41 |
| Figura 26. Guarda de protección para husillos..... | 41 |
| Figura 27. Finales de carrera en la segunda estación..... | 42 |
| Figura 28. Parte superior del tercer gabinete..... | 43 |
| Figura 29. Parte inferior del tercer gabinete..... | 44 |
| Figura 30. Diseño en CAD de una bornera..... | 45 |
| Figura 31. Parte superior del cuarto gabinete..... | 45 |
| Figura 32. Parte inferior del cuarto gabinete..... | 46 |
| Figura 33. Vista externa del tablero 5..... | 47 |
| Figura 34. Vista interna del tablero 5..... | 47 |
| Figura 35. Vista externa del tablero 11..... | 48 |
| Figura 36. Vista interna del tablero 11..... | 48 |
| Figura 37. Vista externa del tablero 14..... | 49 |
| Figura 38. Vista interna del tablero 14..... | 50 |
| Figura 39. Vista externa del tablero 14/1..... | 50 |
| Figura 40. Vista interna del tablero 14/1..... | 51 |
| Figura 41. Vista externa del tablero 16..... | 51 |
| Figura 42. Vista interna del tablero 16..... | 52 |
| Figura 43. Vista interna del tablero 16/1..... | 52 |



| | |
|---|----|
| Figura 44. Vista externa del tablero 17..... | 53 |
| Figura 45. Vista interna del gabinete 17..... | 53 |
| Figura 46. Vista interna referente a visualizadores y accionamientos..... | 54 |
| Figura 47. Vista externa e interna del tablero 17/1. | 54 |
| Figura 48. Vista general del tablero 19..... | 55 |
| Figura 49. Vista interna del tablero 19/1..... | 56 |
| Figura 50. Vista general del tablero 20..... | 56 |
| Figura 51. Vista interna referente a visualizadores y accionamientos..... | 57 |
| Figura 52. Vista general del tablero 20/1..... | 58 |
| Figura 53. Sensor inductivo acoplado al árbol de la mesa central..... | 60 |
| Figura 54. Diagrama de flujo de programación de la fresadora..... | 61 |
| Figura 55. Active Line Module. Ref. 6SL3130-7TE23-6AA3 (SIEMENS)..... | 62 |
| Figura 56. Circuito de conexión del módulo de línea activa..... | 63 |
| Figura 57. Single Motor Module. Ref. 6SL3120-1TE21-8AA3 (SIEMENS)..... | 63 |
| Figura 58. Sitop Modular. Ref. 6EP1437-3BA00 (SIEMENS)..... | 64 |
| Figura 59. Digital Input SM 321. Ref. 6ES7321-1BL00-0AA0 (SIEMENS)..... | 65 |
| Figura 60. Digital Output SM 322. Ref. 6ES7322-1BL00-0AA0 (SIEMENS)..... | 66 |
| Figura 61. SIMATIC DP, INTERFACE IM 153 - 1. Ref. 6ES715-1AA03-0XB0 | 67 |
| Figura 62. Vista frontal de los módulos interfaz IM 153-1..... | 68 |
| Figura 63. SINUMERIK PCU 50.3 - P. Ref. 6FC5210-0DF33-2AA0 (SIEMENS).... | 68 |
| Figura 64. SINUMERIK 840D. Ref. 6FC5373-0AA00-0AA1..... | 69 |
| Figura 65. PM340 Powersection. Ref. 6SL3210-1SE21-8AA0 (SIEMENS)..... | 70 |
| Figura 66. LINE CHOKE. Ref. 6SL3203-0CD22-2AA0 (SIEMENS)..... | 70 |
| Figura 67. Conexión básica del PM340 con el reactor de línea..... | 71 |
| Figura 68. Control Unit. Ref. 6SL3040-0MA00-0AA1 (SIEMENS)..... | 72 |
| Figura 69. Line Filter with Choke. Ref. 6SL3000-0FE23-6AA0 (SIEMENS)..... | 73 |
| Figura 70. Reactor. Ref. 6SN1111-0AA00-0CA1 (SIEMENS)..... | 73 |
| Figura 71. Diseño en SolidWorks de los nuevos gabinetes de control..... | 75 |
| Figura 72. Diagrama general de la conexión de los dispositivos..... | 76 |
| Figura 73. Dispositivos del primer gabinete..... | 77 |
| Figura 74. Dispositivos del segundo gabinete..... | 78 |
| Figura 75. Diagrama general de conexión del módulo de control..... | 79 |
| Figura 76. Dispositivos del tablero ubicado en la segunda estación..... | 81 |
| Figura 77 Dispositivos del tablero ubicado en la tercera estación..... | 82 |
| Figura 78. Diseño en SolidWorks del tablero de mando..... | 84 |
| Figura 79. Panel móvil..... | 84 |
| Figura 80. Diagrama de conexión para control y potencia de los motores..... | 85 |



LISTADO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Especificaciones técnicas del módulo de línea activa..... | 62 |
| Tabla 2. Especificaciones técnicas para el modulo del motor..... | 63 |
| Tabla 3. Especificaciones técnicas del SITOP Modular..... | 64 |
| Tabla 4. Especificaciones técnicas de los módulos para entradas digitales..... | 65 |
| Tabla 5. Especificaciones técnicas de los módulos para salidas digitales..... | 66 |
| Tabla 6. Especificaciones técnicas para periferia (Parte 1)..... | 67 |
| Tabla 7. Especificaciones técnicas para periferia (Parte 2)..... | 67 |
| Tabla 8. Especificaciones técnicas del módulo SINUMERIK..... | 69 |
| Tabla 9. Especificaciones técnicas para el SINUMERIK 840D..... | 70 |
| Tabla 10. Especificaciones técnicas de la etapa de potencia PM340..... | 70 |
| Tabla 11. Especificaciones técnicas para el reactor de línea..... | 71 |
| Tabla 12. Especificaciones técnicas de la unidad de control CU320 de SIEMENS..... | 72 |
| Tabla 13. Especificaciones técnicas del filtro de línea..... | 73 |
| Tabla 14. Especificaciones técnicas del reactor..... | 73 |
| Tabla 15. Denotación de la distribución de los dispositivos..... | 79 |
| Tabla 16. Dispositivos que se conectan a la periferia del gabinete principal..... | 80 |
| Tabla 17. Dispositivos que se conectan a la periferia del tablero de la estación N° 2 | 82 |
| Tabla 18. Dispositivos que se conectan a la periferia del tablero de la estación N° 3 | 83 |



PRÁCTICA EMPRESARIAL EN DANA TRANSEJES COLOMBIA:

**RETROFIT ELECTRÓNICO Y DE CONTROL DE LA
FRESADORA EX-CELL-O DE TRES ESTACIONES
XG610-NC**





2. INTRODUCCIÓN

2.1 Datos generales de la empresa. [24]

Nombre: DANA TRANSEJES COLOMBIA

Dirección: Calle 32 # 15 – 23 Rincón de Girón. Zona Industrial Km.7

Conmutador: 6468288

Internet: www.transejes.com

Correo electrónico: servicio.cliente@dana.com

DANA TRANSEJES COLOMBIA es una filial de DANA CORPORATION, líder mundial en ingeniería, manufactura y distribución de productos y sistemas para los mercados automotriz e industrial. Está dedicada principalmente a la producción de ejes diferenciales, cardanes y sistemas modulares.

Garantiza, a través de su asociación con GKN, el soporte tecnológico para la fabricación de ejes homocinéticos.

2.1.1 Misión

TRANSEJES es una organización privada dedicada a fabricar y comercializar productos, sistemas y servicios de alta tecnología con énfasis en el sector automotor.

A través de innovación, mejoramiento continuo y orientación al cliente, con flexibilidad, sentido de urgencia y responsabilidad social, busca el liderazgo en sus respectivos campos de acción asegurando:

- A sus clientes contribución a su desarrollo, satisfaciendo sus necesidades y excediendo sus expectativas.
- A sus accionistas un continuo incremento en el retorno a su inversión.
- A su gente un clima laboral seguro, de mutuo respeto y desarrollo integral.
- A la sociedad mayor bienestar y desarrollo, preservando el medio ambiente y cumpliendo con las regulaciones gubernamentales.
- A sus proveedores una relación de largo plazo y mutuo desarrollo.



2.1.2 Visión

TRANSEJES es una organización de clase mundial, líder en su género en la región Andina, competitiva y confiable en el mercado global, con negocios rentables desarrollados de una manera profesional y ética.

2.2 Datos generales de la práctica.

Área de Trabajo: Departamento de Mejoramiento Continuo.
Zona de Automatización.

Gerente de Área: Ing. Esp. Sergio Álvarez.
Sergio.alvarez@dana.com

Jefes Inmediatos: Ing. Omar Gómez Landazabal
Ingeniero de Diseño Mecánico
Omar.gomez@dana.com

Ing. Luis Miguel Caro
Ingeniero de Automatización y Control
Luis.caro@dana.com

Horario de Trabajo: lunes a viernes de 8:00 A.M. a 5:15 P.M.

Incentivos Laborales:

Por políticas de la empresa se dispone un contrato de trabajo a término fijo por un periodo de seis (6) meses, los cuales van del veinte y ocho (28) del mes de Junio hasta el veinte y ocho (28) del mes de Diciembre del año 2010. Dicho contrato estipula que, con fines de aprendizaje, se debe brindar soporte en los diferentes proyectos de automatización con los que cuenta el área de mejoramiento continuo. Finalmente, se cuenta con una remuneración económica mensual de un salario mínimo legal vigente. Como tal, la responsabilidad de los practicantes se basa en apoyar en las labores técnicas y de ingeniería al equipo de planta del área de automatización.



3. JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA

¿Por qué la práctica?

Realizar esta práctica empresarial es un requisito indispensable para poder culminar los estudios universitarios y obtener el título profesional. Se cree que es de gran importancia pues es la introducción a una gran diversidad de problemas con los que se encuentra un ingeniero en su vida profesional y le permite ganar un poco de experiencia sobre cómo darles solución.

¿Para qué la práctica en la empresa?

La empresa implementó hace poco tiempo un área para el desarrollo de proyectos en mira al mejoramiento continuo de todos los procesos realizados en la planta. Por tal motivo, el gerente del área recibe practicantes que posean conocimientos generales sobre mecánica, electrónica y control para que brinden apoyo a los ingenieros, encargados directamente de la zona, en los diseños, las pruebas y las puestas en marcha de los diferentes mecanismos automatizados.

¿Cómo se desarrollan las prácticas en la empresa?

A lo largo del periodo de la práctica, se debe apoyar a los jefes inmediatos ante cualquier inconveniente, ya sea de tipo mecánico o electrónico, que se pueda presentar con alguna de las maquinas que se encuentran en el área, sin descuidar el desarrollo del proyecto planteado ante la universidad. Los jefes de la zona demuestran mucha confianza a los practicantes y la repartición del tiempo como tal, depende de cómo este último se programe.

La práctica en la empresa nos ha brindado la oportunidad de incursionar en el área de automatización y control, siendo estos algunos de los campos en donde un ingeniero mecatrónico se puede desarrollar. En las actividades que se han venido realizando, se ha trabajado en el diseño de sistemas de control, en la selección de protecciones y en capacitaciones de variadores de frecuencia Siemens y seminario de tendencias tecnológicas de Rockwell Automation. Además, hemos realizados labores mecánicas y de tipo hidráulico, como complemento, lo cual nos ha dado la oportunidad de adquirir conocimientos en áreas diferentes a la electrónica.



4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Brindar soporte en el retrofit eléctrico y de control de la fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones XG610-NC que se implementará en el proceso de producción de juntas fijas para la empresa DANA Transejes.

4.2 Objetivos específicos

1. Conocer el funcionamiento general de la fresadora EX-CELL-O de tres estaciones para su posterior comprensión y análisis.
2. Revisar la documentación existente de la máquina referente a planos eléctricos y de control con el fin de corroborar las conexiones existentes.
3. Inventariar los dispositivos electrónicos y de control con los que cuenta la fresadora, llevando a cabo un informe detallado de cada uno de ellos con énfasis en el cableado general para su posterior desmonte.
4. Inventariar los dispositivos actualizados que se implementarán en los nuevos gabinetes, realizando previamente los diseños de estos últimos en el software SolidWorks.
5. Diseñar la distribución de los dispositivos a implementar en los tableros eléctricos, electrónicos y de control correspondientes, para el correcto funcionamiento de la máquina.
6. Realizar un informe detallado de todas las actividades realizadas durante la práctica académica.



5. MARCO TEÓRICO

5.1 Estado del arte de la empresa [24]

Se fundó el 28 de abril de 1972. Está localizada en la zona industrial de Girón, Santander y cuenta, además, con operaciones en la ciudad de Bogotá. La empresa atiende los mercados de equipo original (ensambladoras), reposición y exportaciones. Todo ello con la participación de la casa matriz, DANA CORPORATION, quien es su principal accionista y la encargada de suministrar la tecnología de ejes diferenciales y ejes cardánicos.

A continuación, se reseñan algunos sucesos relevantes para el desarrollo de la organización en el ámbito nacional.

1974: Se iniciaron operaciones de ensamble de ejes diferenciales.

1975 - 1978: Se inició el proceso de mecanizado con el montaje de las líneas de tubos y semiejes.

1981: Instalación de líneas de ejes cardánicos.

1982: Se firma contrato de asistencia técnica con GKN para ensamble y mecanizado de juntas homocinéticas.

1983 -1984: Se inició la venta de ejes homocinéticos Mazda.

1986: Puesta en marcha de la línea de mecanizado de juntas fijas.

1992: Se adquieren líneas de mecanizado denominadas GI para la producción de juntas móviles de ejes homocinéticos.

1995: Transejes se asocia con la multinacional GKN, líder en el mercado de ejes homocinéticos.

1996: Se da inicio a la operación de ensamble de chasis en la ciudad de Medellín.

1998: Transejes recibe la certificación QS-9000 y traslada la manufactura de cascos, yugos, tubos y semiejes a Danaven, Venezuela.

1999: Dana Transejes es re certificada por Ford Motor como proveedor Q-1.

2002: Se obtiene la certificación de la norma ISO 14001 para la planta de Bucaramanga y se certifica la planta de módulos en Bogotá en QS-9000.

2005: Se inicia el proceso de certificación de la planta en la norma de calidad ISO/TS 16949:2002.

5.2 Generalidades

Teniendo en cuenta los diferentes trabajos que se realizaron durante el periodo de estadía en la empresa, y con el fin de cumplir a cabalidad con los objetivos planteados, se necesitó poner en práctica los conocimientos básicos adquiridos a lo largo de la carrera acerca de:

- Diseño de máquinas.
- Automatización industrial.
- Hidráulica.
- Neumática
- Instrumentación y Control de Procesos.
- Diseño en SolidWorks.

Por otra parte se recibió tutoría, por parte de los jefes inmediatos, en otros procesos que se necesitaban saber para llevar a cabo dichos trabajos de manera correcta, entre los que se nombran por ejemplo:

- Selección de rodamientos.
- Selección de tornillería.
- Calibración y metrología.

5.3 Marco conceptual

5.3.1 Eje homocinético [4]

Homocinético en español quiere decir velocidad constante. Eje homocinético es el conjunto de piezas que sirve para transmitir torque o sea la fuerza del motor a las ruedas, de forma constante sin variaciones ni vibraciones en cualquier tipo de terreno. No importa a cuantos kilómetros por hora rueda el vehículo.



Figura 1. Eje homocinético.

Cuando un vehículo toma una curva o sube una pendiente, las condiciones de giro de los dos ejes cambia y cada rueda se mueve a diferente velocidad, para arriba o para abajo; el balanceo de la suspensión también obliga a las juntas y a sus ejes a que se acorten o se alarguen, giren hacia dentro o hacia fuera de acuerdo a los desniveles del terreno.

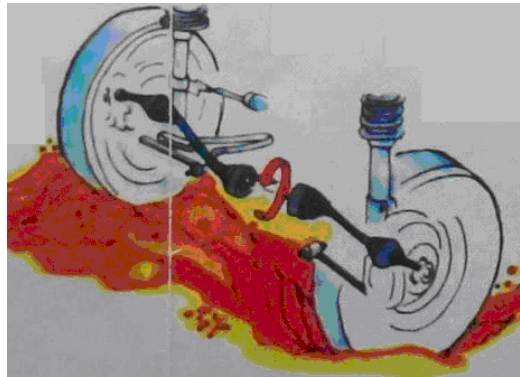


Figura 2. Articulación de los ejes cuando se pasa sobre un hueco

En conclusión, los ejes homocinéticos cumplen básicamente tres (3) funciones:

- Acompañar los movimientos de dirección durante una curva.
- Extenderse por debajo y por encima para enfrentar un desnivel del terreno.
- Transmitir torque constante, del motor a las ruedas, en cualquier dirección.

5.3.1.1 Juntas homocinéticas [4]

Básicamente las juntas homocinéticas tienen la misma concepción que la rótula de nuestra rodilla. Las homocinéticas están compuestas de una punta de eje también llamada de campana que está unida a la rueda. Dentro de la campana hay seis (6) pistas donde encajan con precisión seis (6) esferas de acero.



Figura 3. Componentes internos de una junta homocinética.

A través de la canastilla estas esferas son mantenidas en el mismo plano, siempre en su lugar. Internamente la nuez con seis (6) pistas acopla a las esferas, las que están unidas al eje de transmisión llevando el torque del motor al conjunto.

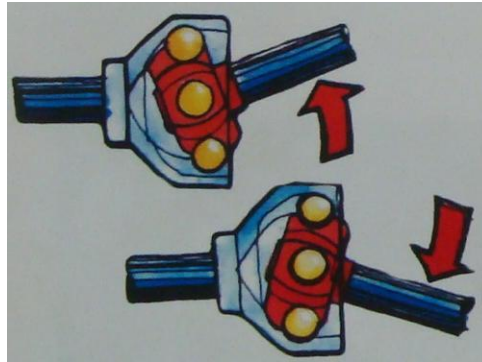


Figura 4. Concepción de una rotula en las juntas homocinéticas.

Así cada vez que el eje gira la canastilla mueve juntas las seis (6) esferas dentro de la campana. El movimiento de las esferas dentro de la campana permite que la junta trabaje en ángulos.

Estos dispositivos pueden ser fijos o deslizantes. Los fijos siempre están ligados al cubo de rueda y los deslizantes suelen estar junto al diferencial al lado de la caja de velocidades como se observa en la imagen a continuación.



Figura 5. Tipos de juntas homocinéticas.

Las juntas homocinéticas son acoplamientos que transmiten torque del motor a las ruedas, sirven para mantener una rotación igual entre ellas, con la máxima libertad posible de movimiento.

5.3.1.1.1 Junta fija [5]

A pesar de ser llamadas fijas, las juntas se mueven por encima y por debajo, y de un lado a otro, su movimiento es angular, con el fin de compensar cambios violentos de ángulos (Causados por la dirección y la suspensión) a través de una tracción suave, sin fluctuaciones. Son utilizadas donde se exigen ángulos de trabajo muy grandes, como vehículos de tracción delantera, y permiten hasta cuarenta y siete grados (47°) de angularidad con velocidad constante.



Figura 6. Perspectiva de una junta fija.

5.3.1.2 Tulipa [3]

Las tulipas, también conocidas como juntas móviles, suelen estar acopladas a la transmisión al lado de la caja de cambios. Principalmente sirven para compensar los cambios de ángulos y variaciones de los ejes (Extensión y Compresión) del conjunto causados por los movimientos de suspensión. Las juntas móviles ejecutan dos tipos de movimientos: angular y axial.



Figura 7. Perspectiva de una tulipa.

5.3.1.3 Intereje [6]

Componente central del eje homocinético. Es una barra de acero cuya función básica es la de permitir el acople de la junta homocinética y la tulipa. Este dispositivo se encuentra de diferentes dimensiones y diámetros dependiendo del modelo del vehículo.



Figura 8. Intereje.

5.3.1.4 Trípode [3]

El trípode en el eje homocinético tiene la función de recibir y transmitir la fuerza de tracción que viaja desde la caja de velocidades del vehículo hacia el eje de la rueda. Además es un componente que posee movimiento axial, permitiendo así,

los desplazamientos normales que tiene la rueda cuando pasa por un hueco o sobre una piedra.



Figura 9. Trípode.

5.3.2 Control numérico

Tipo de control especializado para manejar y posicionar un dispositivo mecánico móvil, cuyos desplazamientos vienen dados por medio de información numérica. Este control se aplica principalmente en operaciones de perforado, mandrilado, torneado y fresado para el mecanizado de piezas. Las principales razones que intervienen para la implementación del control numérico son:

- Fabricación de productos de alta calidad y cantidad.
- Realizar operaciones complejas.
- Productos de bajo costo.

Las características más importantes que llevan a una empresa industrial a implementar el control numérico se basan en el aumento de la productividad, la flexibilidad, precisión y la rapidez para realizar procesos complejos.

Ventajas:

Entre las ventajas que se pueden mencionar del control numérico, cabe destacar las siguientes:

- Flexibilidad para la fabricación de piezas complejas, con un alto grado de calidad y precisión.
- Mayor cantidad de piezas realizadas, debido a que se omiten los tiempos muertos y esperas en las líneas de mecanizado.
- Se disminuye el despilfarro de material, debido a la exactitud del proceso.

5.3.3 Descripción general del funcionamiento de la Fresadora EX-CELL-O



Figura 10. Vista general de la máquina.
Fuente: Autores.

El proceso general del fresado al interior de las campanas de las juntas fijas empieza en la primera estación donde el operario se encarga de posicionar los dos (2) dispositivos en las copas de los módulos rotativos, anclados a la mesa, para que se les realice el fresado, al tiempo que retira las piezas a las que ya se realizó toda la operación. Además, en esta estación se encuentra un tablero de mando general, en el que van visualizadores y accionadores de las diferentes fases del proceso, y en el que según programación relacionada con pulsadores ubicados allí mismo, el operario puede dar inicio al proceso general de forma automática, o bien, ir etapa por etapa de forma manual.

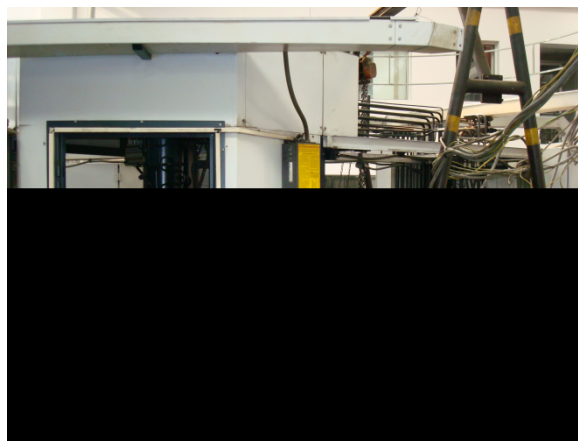


Figura 11. Estación N° 1.
Fuente: Autores.

Inmediatamente después de que las juntas fijas se hayan colocado en las copas y se dé inicio al proceso, se acciona el motor hidráulico anclado a la mesa y encargado del movimiento de esta, para que la mueva ciento veinte grados (120°) en sentido horario y se llegue a la segunda estación, en la cual se realiza el primer fresado, conocido como operación de desbaste, de las seis (6) pistas.

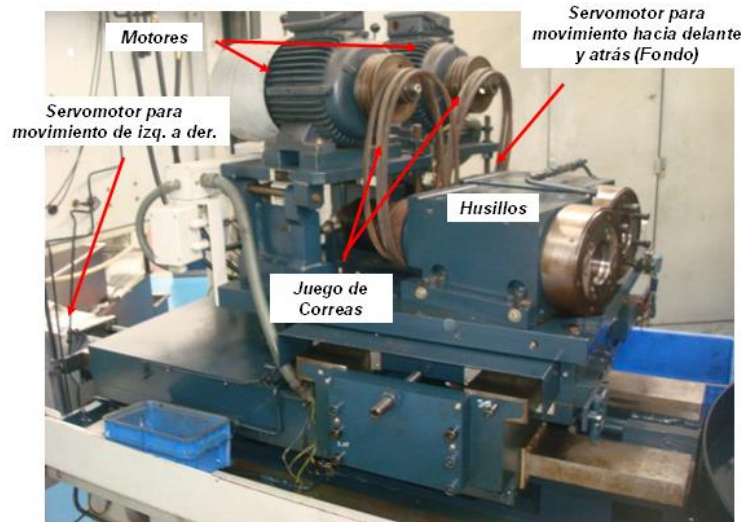


Figura 12. Estación N° 2.

Fuente: Autores.

A continuación se describe el funcionamiento general de la segunda estación:

Como primera medida se detecta que el módulo anclado a la mesa giratoria, proveniente de la primera estación, se encuentra en posición, y se realiza el movimiento de los dispositivos internos (Observados en la imagen anterior) de la siguiente manera:

1. Los motores eléctricos están ubicados en la parte superior y van acoplados, por medio de los juegos de correas, a los husillos, estos últimos permiten el giro de las copas porta herramientas.
2. El servomotor ubicado al fondo se encarga del movimiento de los motores y los husillos hacia adelante cuando se detecta el módulo rotativo que porta las juntas fijas y se inicia el fresado, y hacia atrás cuando se termina el proceso, para permitir que la mesa realice el siguiente giro de ciento veinte grados (120°).
3. Una vez que el carro porta husillos ha sido ubicado adelante para realizar el fresado interno, se activa el otro servomotor el cual es el encargado de que todos los dispositivos de esta estación, se muevan de izquierda a derecha. Entonces, cuando la herramienta en movimiento se sitúa en el centro de la

junta fija, este servomotor realiza un giro hacia la izquierda permitiendo que la herramienta haga contacto con la pared interna de la campana.

Luego de que se realice el desbaste de esta pista el servomotor vuelve a girar a la derecha, y por medio de un cilindro hidráulico ubicado en los módulos anclados a la mesa, se logra que las copas que sostienen las juntas fijas giren sesenta grados (60°) en sentido horario para que se realice el desbaste de la siguiente pista. Este proceso se realiza seis (6) veces antes de que la mesa se active para cambio de módulos y juntas fijas.

Cuando el módulo con las juntas fijas, proveniente de la segunda estación, se enfrenta con los husillos porta herramientas de la tercera estación, se realiza el mismo proceso que ya fue descrito.

Los movimientos que se realizan para el fresado son los mismos y siguen el mismo orden, lo único que cambia es el instrumento que se utiliza para el retoque de las pistas, pues se necesita mayor detalle y precisión. Esta etapa del proceso se conoce como *Terminado*.

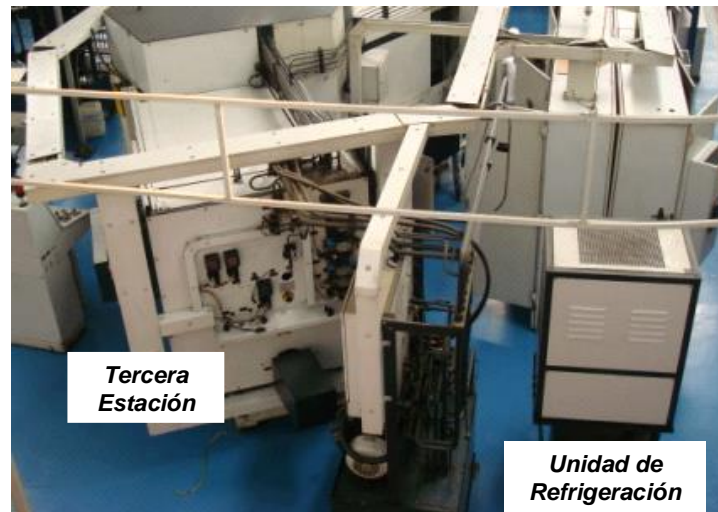


Figura 13. Estación N° 3.
Fuente: Autores.

Un punto de diferencia entre las estaciones dos (2) y tres (3) es que en la primera de ellas los husillos realizan un movimiento lento y los servomotores un desplazamiento rápido, pues el desbaste es un fresado superficial. En la tercera estación, los husillos se mueven a mayor velocidad y los servomotores realizan un desplazamiento lento, para lograr el fresado sea más detallado. Por tal razón, la última estación cuenta con una unidad de refrigeración implementada para evitar el recalentamiento de los motores eléctricos.

Al momento de la culminación de este informe, el único avance que se logró respecto al estudio de este componente de la máquina fue la realización de los planos eléctricos ya que no se encontró información alguna de este tipo.

Actualmente, los ingenieros del área no han tomado una decisión de si las pruebas de funcionamiento se van a realizar internamente o por medio de un contratista. Los planos y una foto de los componentes electrónicos conectados, se anexan de forma digital en la carpeta *Planos módulo refrigerante*.

Este elemento cuenta con dos (2) circuitos internamente, referenciados a la regulación de la temperatura de la sustancia refrigerante (Líquido A) y de la sustancia que evita el recalentamiento de los husillos (Líquido B). Hasta el momento no se conocen las características físicas de ninguna de las sustancias.

En el primer circuito, el líquido A entra a los husillos a baja temperatura, la cual se eleva una vez sale de ellos; por medio de una tubería llega al tanque de la unidad. A través de una bomba y un motor, esta sustancia se envía a un intercambiador de calor. En el segundo circuito, el líquido B se envía a baja temperatura hacia el intercambiador por unas tuberías, una vez este absorbe el calor de la sustancia A tiende a evaporarse, por lo que va directamente a un compresor y finalmente a un radiador para bajarle de nuevo la temperatura al valor necesario (Convección).

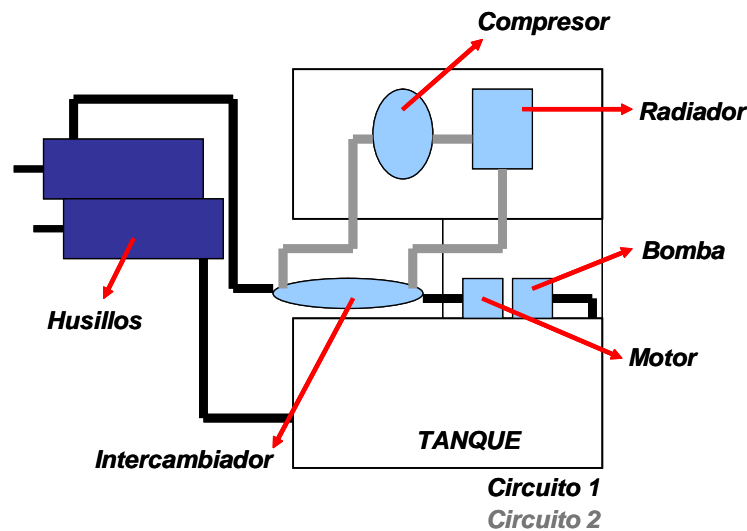


Figura 14. Circuitos internos de la unidad refrigerante.
Fuente: Autores.

6. METODOLOGÍA

Para cada una de las etapas que se han realizado hasta la fecha, se ha llevado un protocolo que ha permitido con orden cumplir con los objetivos propuestos. Desde el primer día de ingreso a la compañía, se presentó el proyecto y los problemas que se poseían, y nos entregaron la documentación que se tenía. No hemos tenido un cronograma específico, sin embargo, se ha seguido el orden como los objetivos fueron planteados al inicio de la práctica.

La primera tarea se enfocó, en aprender a leer un plano eléctrico y electrónico industrial, debido a que nunca se había tenido contacto con este tipo de documentación, los planos fueron realizados con norma Americana por lo que se procedió a revisar el significado de cada uno de los símbolos utilizados para poder ir a la máquina a realizar la respectiva tarea propuesta.

Para realizar el diseño de la distribución de los dispositivos en el nuevo gabinete, se estudiaron las características y la función de cada uno de ellos, para separar los componentes de potencia de los de control, con el fin de evitar perturbaciones en la señales. Después, se implementó en el software SolidWorks un diseño tridimensional de cada uno de los gabinetes y los fondos falsos y se procedió con este espacio a realizar la nueva distribución. Para cada una de las tareas, se siguieron las normas que se aplican en el área de Automatización, propuestas por los ingenieros, las cuales se basan en abarcar primero la teoría para posteriormente pasar a la práctica.

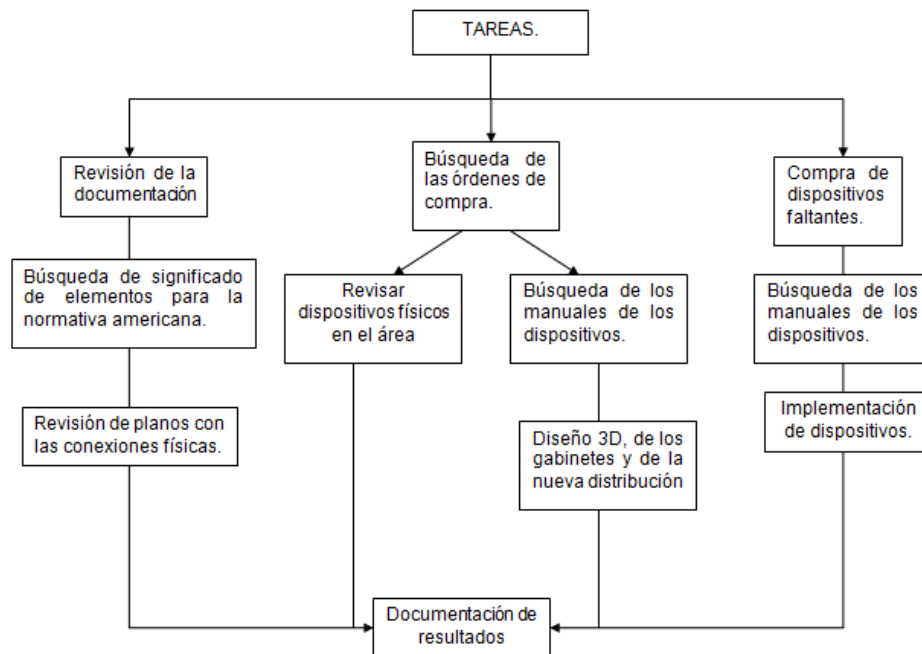


Figura 15. Diagrama de bloques de la Metodología.

Fuente: Autores



7. RESUMEN DE RESULTADOS

En el transcurso de los cuatro (4) meses de duración del proyecto, se logró cumplir con el objetivo general planteado desde el comienzo de la práctica, el cual, se enfocó en brindar soporte técnico y de ingeniería en el retrofit electrónico y de control de la fresadora Ex – Cell - O de tres (3) estaciones. La primera tarea que se realizó fue entender el funcionamiento general de la máquina, debido a que desde su adquisición a DANA Corporation esta nunca estuvo produciendo en la planta de Colombia; el proyecto se planteó dos (2) años atrás por parte de los ingenieros del departamento de Mejoramiento Continuo, razón por la cual se tuvo un documento preliminar de un análisis de algunos componentes de la máquina. Al ingresar a la empresa ya se había realizado un desmonte de la máquina en su parte hidráulica, mas no se había realizado ningún trabajo en la parte eléctrica ni de control, área en la cual se enfocó el desarrollo de nuestra práctica académica.

Posterior a la comprensión del funcionamiento de la fresadora, se procedió a realizar un informe detallado de todos los dispositivos eléctricos y de control que se encontraban en los gabinetes y en los tableros de mando que se hallaban en las estaciones y en las unidades anexas (modulo hidráulico y módulo de enfriamiento), se hizo énfasis en las conexiones del cableado pin por pin de cada componente para contrastar los resultados físicos de las conexiones con los planos eléctricos que se tenían del fabricante.

Luego de corroborar que los planos sí coincidían con las conexiones físicas se realizó el desmonte de todos los dispositivos y los fondos falsos en los que estos estaban acoplados; todo el cableado que se encontraba en la máquina también se retiró y al final todo se archivó para reciclaje interno de la planta en general. Una vez que todos los gabinetes y tableros se desocuparon, se contrató con un proveedor para realizarles una limpieza detallada y para la compra de los dos fondos falsos que se van a usar como soporte para los componentes electrónicos y de control en el nuevo diseño.

Tras ser enviados los gabinetes a mantenimiento, se prosiguió a realizar el montaje de los dispositivos de los dos (2) tableros de mando, se realizó el diseño de los gabinetes en el software SolidWorks para lograr una repartición acorde a los parámetros estipulados en las características técnicas de cada dispositivo. Ya terminado el diseño y con los fondos falsos en la empresa, el siguiente paso fue abrir los agujeros donde irían atornillados los dispositivos, tomando como base las distancias calculadas en los planos del diseño. Debido a que los gabinetes con los que se contaban, se les podía retirar la parte trasera, se optó por la colocación de los dispositivos con tornillos Bristol M6 (según especificaciones técnicas), con sus respectivas tuercas y arandelas.



La entrega de la fresadora funcionando correctamente, al ingeniero encargado de supervisar el área de juntas fijas, se debe realizar a finales del mes de Enero del próximo año, una vez se hayan realizado las pruebas necesarias para el fresado de todos los modelos que se producen en la planta de Bucaramanga. En este momento se está realizando la implementación de los gabinetes centrales, ya que por demoras en el despacho de algunos dispositivos, se han tenido que posponer los montajes, sin embargo, a la fecha de realización de este informe ya se ha cumplido con el montaje en la máquina de los tableros de las estaciones y de los tableros de comunicación de señales hacia la periferia descentralizada de la estación principal.

Una de las tareas más significativas que se realizó, fue el análisis de la programación que poseía la máquina, debido a que desde el principio una de las problemáticas que se tenía era la falta de información del funcionamiento de la fresadora. Toda la programación se encontraba bajo lenguaje KOP, y constaba de 2 PLCs y 2 Controles numéricos. Esto permitió realizar una tarea de ingeniería inversa, tomando como valor de entrada en el análisis la programación de la fresadora, y pudiendo al final, dar una idea de los movimientos que ésta realizaba.

Un valor agregado que se ha conseguido con la práctica, ha sido el poder contrastar la teoría con la vida industrial. La práctica como tal, permitió que se adquirieran nuevos conocimientos en el campo de la automatización, del diseño y de la selección de dispositivos de control, como también, en el uso y el análisis de sistemas hidráulicos, convirtiendo una máquina en un objeto que permite la sinergia de varias disciplinas, en las cuales la Mecatrónica tiene su aplicación.



8. ABSTRACT

During the four (4) months of the project, we were able to achieved the main objective from the practice, which focused on providing technical support and engineering in the electronic retrofit control of the Ex - Cell - O three (3) Stations milling machine. The first task performed, was to understand the operation of the machine, since its acquisition from Dana Corporation, it has never produced at the plant in Colombia, the project will be raised two (2) years ago by engineers Department of Continuous Improvement, which is why, it was a preliminary document for a discussion of some components of the machine. Nothing has been done on the electrical or control part of the machine, area in which is focused on the development of our academic practice.

After the understanding of the functioning of the milling, we proceeded to make a detailed report of all electrical and control devices that were in the cabinets and control panels that were in the stations and ancillary units (modulo hydraulic cooling module), emphasis was placed on pin wiring connections of each component in order to compare the physical results of the connections with electrical plans that had the manufacturer.

After confirm that the plans were consistent with the physical connections, we proceeded to clear of all devices and false bottoms where these were coupled, all the wiring on the machine was also retired and in the end it was closed for internal recycling. Once all cabinets and panels are laid off, was hired by a vendor for detailed cleaning and the purchase of two false bottoms to be used as support for electronic components and control in the new design.

We continued to carry out the assembly of the devices of the two (2) control panels, it was made the cabinet design in the software SolidWorks to achieve a distribution according to the parameters set in the pattern For every device. Already completed the design and the false bottoms in the area, the next step was to open the screw holes where the devices would, based on the distances calculated at the design. Because of the cabinets which had, we could remove the back, and opted for the installation of the devices with screws M6 Bristol (according to specs), with their nuts and washers.

The delivery of the machine into production is approximately in late January next year, once they have made the necessary evidence for the milling of all models produced Bucaramanga's plant. At this point is making the implementation of the central cabinet, and the delay in the clearance of some devices have had to postpone the assembly, however, the date of preparation of this report has been mounting in each station of the machine.



One of the most significant work, was the analysis of the programming that had the machine, because from the beginning one of the problems that we had was the lack of information on the operation of the milling. All programming language was under KOP, and the control consisted of 2 and 2 PLCs numerical controls. This allowed a reverse engineering task, taking as input into the analysis the program, and finally, explains how the machine worked.

An added benefit has been achieved with the practice, we have been able to contrast the theory with the industrial life. Practice as such, allowed to acquire new knowledge in the field of automation, design and selection of control devices, as well as in the use and analysis of hydraulic systems, turning a machine on an object that allows the synergy of several disciplines, which is applicable to Mechatronics.



9. CUADRO DE RESULTADOS

| Objetivo | Resultado esperado | Resultado obtenido |
|--|---|---|
| Revisar la documentación existente de la maquina referente a planos eléctricos y de control con el fin de corroborar las conexiones existentes. | Adquirir una base sólida para cumplir con el desarrollo del siguiente objetivo propuesto, ya que actualmente en la empresa no se tiene conocimiento alguno sobre el funcionamiento de la maquina. | Teniendo en cuenta, principalmente, la información suministrada por los planos eléctricos que se encontraron, no se detectó ningún tipo de error en las conexiones eléctricas que estaban cuando llegamos a la empresa. |
| Conocer el funcionamiento general de la fresadora EX-CELL-O de tres estaciones para su posterior comprensión y análisis. | Observar la secuencia de movimientos generales que realiza la fresadora respecto a ordenes de programación, para así facilitar el diseño de los nuevos circuitos eléctricos y de control con los dispositivos actualizados provisionados por SIEMENS. | Una vez revisados el programa original y los planos eléctricos se pudo comprender el funcionamiento de cada componente con el que contaba la fresadora, analizando los circuitos y las características principales de cada uno de ellos. |
| Inventariar los dispositivos electrónicos y de control con los que cuenta la fresadora, llevando a cabo un informe detallado de cada uno de ellos con énfasis en el cableado general para su posterior desmonte. | Observar la cantidad de dispositivos que se encuentran conectados realmente a la máquina y conocer la nomenclatura que lleva cada cable con el fin de entender el circuito general de conexiones. | En la parte eléctrica se tenían espacios vacíos de dispositivos, en la parte electrónica, faltaban algunos finales de carrera implementados para el posicionamiento de los componentes de las estaciones en el eje Z. Además, en la parte de control se hallaron ranuras vacías de tarjetas de los SINUMERIK. |
| Inventariar los dispositivos actualizados que se implementarán en los nuevos gabinetes, realizando previamente los diseños de estos últimos en el software SolidWorks. | Entender las características principales de los nuevos dispositivos, adquiridos por la empresa hace dos (2) años, para conocer la forma en que se deben implementar para el control numérico de la maquina, logrando que cumplan las mismas funciones que los componentes anteriores. | Se analizaron los diferentes dispositivos que se tienen y sus respectivos funcionamientos. Tomando como base el diseño inicial de un retrofit se comprobó que faltaban algunos componentes por adquirir y algunos sistemas de conexión. Por otra parte, se observó que el circuito propuesto para los nuevos dispositivos no contaba con ningún tipo de protección y se procedió a incluirlo. |

Nota: Continúa en la siguiente página el complemento para los mismos cuatro (4) objetivos.



| Objetivo | Indicador verificable | Observaciones |
|--|--|--|
| Revisar la documentación existente de la maquina referente a planos eléctricos y de control con el fin de corroborar las conexiones existentes. | Carpeta anexa en CD: Planos Existentes | Por políticas de privacidad en DANA Transejes no es posible mostrar detalladamente los planos eléctricos que se tienen de la maquina, ni la programación del SINUMERIK. |
| Conocer el funcionamiento general de la fresadora EX-CELL-O de tres estaciones para su posterior comprensión y análisis. | Ver sección 5.3.3 | En un trabajo conjunto con el practicante de mecánica y con un técnico de la empresa, se diseñó y construyó un tablero de control con un PLC LOGO, con el objetivo de realizar pruebas manuales y automáticas del movimiento de la mesa principal. Se debe aclarar que al momento de realizar esta prueba, ya no se tenían dispositivos en los gabinetes; la mesa sólo se movió con el tablero de pruebas. |
| Inventariar los dispositivos electrónicos y de control con los que cuenta la fresadora, llevando a cabo un informe detallado de cada uno de ellos con énfasis en el cableado general para su posterior desmonte. | Carpeta anexa en CD: Otra información/Fotos y descripción de la máquina al inicio de la práctica | La falta de los diferentes dispositivos y componentes de la fresadora se dio debido a que, por el tiempo que duró la fresadora sin trabajar, los operarios de otras maquinas que sí funcionaban en ese entonces, cuando era necesaria la reparación de algún dispositivo, no lo solicitaban al proveedor sino los tomaban directamente de la maquina . |
| Inventariar los dispositivos actualizados que se implementarán en los nuevos gabinetes, realizando previamente los diseños de estos últimos en el software SolidWorks. | Carpeta anexa en CD: Fondos falsos en diseño | El diseño del retrofit inicial, el cual sólo llegó a la etapa de planteamiento, fue realizado por el ingeniero encargado del área tiempo atrás (Aproximadamente 2 años) y sirvió para la realización de la compra de los componentes SIEMENS que se encuentran físicamente en la zona de automatización y que se implementarán en los nuevos gabinetes y tableros. |

Nota: A continuación el cuadro para los objetivos restantes.



| Objetivo | Resultado esperado | Resultado obtenido |
|--|---|--|
| Diseñar la distribución de los dispositivos a implementar en los tableros eléctricos, electrónicos y de control correspondientes, para el correcto funcionamiento de la máquina. | Realizar un diseño en CAD de los gabinetes de control y los tableros de mando, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas, de cada dispositivo, referentes a los espacios necesarios que deben haber entre ellos para el correcto funcionamiento de cada uno. | El diseño realizado en el software computacional <i>SOLIDWORKS</i> de los gabinetes y los tableros nos permitió contar, con un plano en el que se respetaban los espacios requeridos por cada dispositivo, y realizar las perforaciones en los fondos falsos para el montaje de los componentes. |
| Realizar un informe detallado de todas las actividades realizadas durante la práctica académica. | Al finalizar el tiempo estipulado por la Universidad, el cual no debe ser menor a cuatro (4) meses, se debe dar un soporte escrito en el que se muestre toda la información obtenida y análisis realizados a la fresadora de tres (3) estaciones para el cumplimiento de todos los objetivos planteados al comienzo del semestre. | El resultado obtenido fue el esperado, pues se documentó cada una de las fases de desarrollo del proyecto en general. |

| Objetivo | Indicador verificable | Observaciones |
|--|---|--|
| Diseñar la distribución de los dispositivos a implementar en los tableros eléctricos, electrónicos y de control correspondientes, para el correcto funcionamiento de la máquina. | Carpeta anexa en CD: <i>SOLIDWORKS</i> | Tras acomodar los nuevos dispositivos en los gabinetes y tableros, se logró una reducción de espacio significativa en la zona donde se encuentra la fresadora, pues se pasó de tener seis (6) gabinetes a tres (3) y de seis (6) tableros a cuatro (4). |
| Realizar un informe detallado de todas las actividades realizadas durante la práctica académica. | Libro presentado a los jurados y al director del proyecto con los anexos respectivos, impresos y en formato digital (CD). | El estudio que se realizó a esta máquina solo fue referenciado a la parte eléctrica, electrónica y de control, pues de este proyecto planteado por la empresa, se desglozan dos (2) trabajos de grado, siendo uno de ellos el nuestro. El otro trabajo fue realizado por un practicante de la Universidad Industrial de Santander referido al estudio hidráulico y mecánico. |



10. CUADRO DE ACTIVIDADES REALIZADAS

| Actividades realizadas | Compromiso adquirido | Logros | Anexo soporte |
|---|----------------------|--|-----------------------------------|
| <i>Actividades relacionadas con el Proyecto planteado</i> | | | |
| Desmante de todos los dispositivos ubicados al interior de los seis (6) gabinetes y los seis (6) tableros de control. | 100% | Se aprendió a leer los planos eléctricos de una máquina industrial. | Fotos Documentos |
| Remoción de todo el cableado que comunicaba sensores, actuadores (Estaciones) con los componentes controladores (Gabinetes). | 100% | Se reconoció el tipo de color de cable que se debe colocar, dependiendo de la señal que va por este medio. | FOTOS EX-CELL-O LIBRE |
| Reubicación e inventariado de todos los componentes antiguos, de los tres (3) gabinetes y los dos (2) tableros que no se implementarán. | 100% | Se guardó en inventario los dispositivos para ser utilizados como remplazo en otras máquinas. | FOTOS EX-CELL-O LIBRE |
| Diseño y construcción de los cuatro (4) tableros, con sus respectivos dispositivos y cables. | 100% | Utilizar el software Solidworks como ayuda CAD, en el diseño de los nuevos módulos de control. | Solidworks |
| Montaje de los componentes SIEMENS actualizados en los nuevos fondos falsos, para perforación para tornillos. | 100% | Corroborar las medidas y la distribución hecha en el diseño realizado en el software. | Fondos Falsos en Diseño |
| Conocer la función de cada uno de los dispositivos nuevos a implementar en el control de la fresadora. | 100% | Aprender cómo se conectan los actuadores industriales, y los módulos necesarios para cada dispositivo. | Descripción de nuevos Componentes |
| Reconocer los tipos de controladores que existen en la industria de la familia Siemens y su finalidad | 100% | Aprender qué módulo realiza el control numérico, su funcionamiento y qué módulo realiza el control general de la máquina | Descripción de nuevos Componentes |



| Actividades externas al Proyecto de la fresadora EX - CELL - O | | | |
|---|------|--|--|
| Solución a problemas de posicionamiento de sensores magnéticos en la máquina ensambladora de anillos ABS. | 100% | Conectar los dispositivos y configurar la detección de los dispositivos. | No se anexan pruebas pues no es indispensable para la documentación presentada del proyecto de la fresadora. |
| Solución a problemas de atascamiento de juntas fijas en riel que comunica el sistema de entrada con los actuadores en la máquina de ensamble de anillos ABS. | 100% | Liberar el camino para que la junta fija pudiese deslizarse libremente hasta la posición de alimentación para el ensamble. | |
| Desmante de mesa alimentadora de juntas fijas (Sistema de entrada) para corrección de alineamiento horizontal del plato rotativo, para la máquina de ensamble de anillos ABS. | 100% | Nivelar la mesa para que las piezas pudiesen ser correctamente alimentadas de forma automática al carril de alimentación para ensamble | |
| Lanzamiento del software Cablofil de la marca Legrand | 100% | Conocer software que facilitan el diseño y la selección de los dispositivos necesarios para realizar el cableado de un recinto. | |
| Capacitación sobre la nueva gama de variadores de frecuencia de la familia Siemens, y su forma de configuración. | 100% | Conocer nuevos variadores de frecuencia y nuevas formas de configuración en línea. | |
| Seminario de Tendencia Tecnologías dado por Rockwell Automation | 100% | Conocer una empresa líder en automatización y los productos y servicios que ofrece en el área de la mecatrónica y el control. | |
| Desmante del sistema alimentador de anillos por fallas en las astas verticales, respecto a la alineación vertical con los actuadores, para la máquina de ensamble de anillos ABS. | 100% | Alinear el dispositivo de ensamble con el firbro alimentador para la correcta recolección del anillo ABS a ensamblar. | |

11. JUSTIFICACIÓN DEL RETROFIT

El proceso de producción general al que son sometidas las juntas fijas es bastante extenso (Ver documento *Diagrama de flujo JF.xls* en Anexo digital). Para documentarlo en este proyecto se pueden mencionar de las veinte (20) operaciones que se realizan aproximadamente, tomadas desde que los dispositivos llegan en bruto a la empresa desde Forcol, hasta que se realiza la inspección final. Cuatro (4) de las operaciones más importantes son las siguientes:

- Torneado exterior.
- Torneado interior.
- Fresado de pistas (Desbaste).
- Fresado de pistas (Terminado).

Estas operaciones son las primeras de cinco (5) que se realizan a las juntas, y son las que mayor impacto tienen respecto a la apariencia física de los dispositivos. En la siguiente imagen se puede observar el cambio que sufre la junta fija desde que llega a la planta hasta que finalizan dichas operaciones.

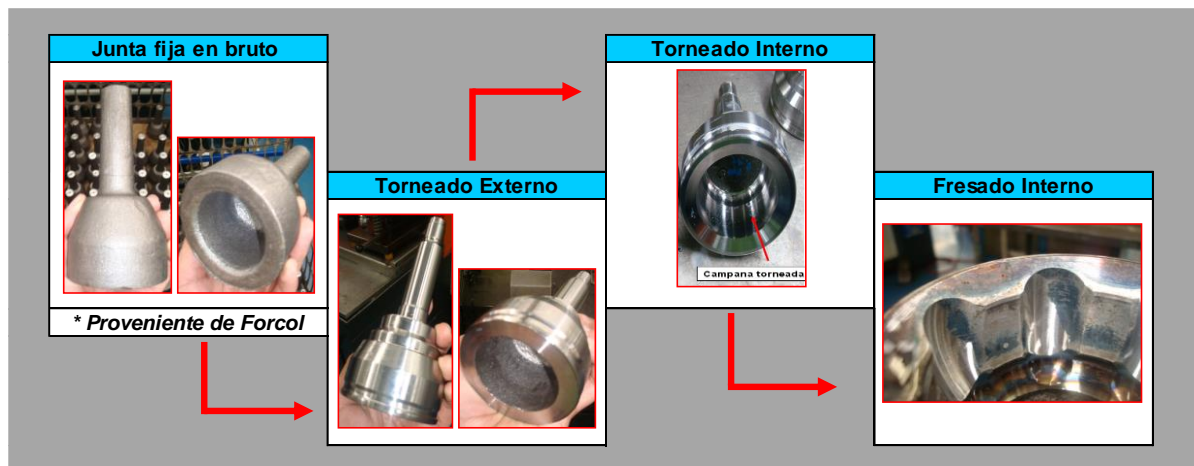


Figura 16. Parte del proceso al que se somete la junta fija.

Fuente: Autores.

Actualmente, en el área de Juntas Fijas se cuenta solamente con una máquina encargada de realizar el fresado al interior de la campana de este dispositivo. Debido a que el proceso de torneado interno es el inmediatamente anterior al del fresado, dichas máquinas se encuentran enfrentadas y controladas por un mismo operario, tal y como se muestra en la siguiente figura.



Figura 17. Área de torneado y fresado interior de las campanas.
Fuente: Autores.

Como se puede observar, el operario recibe las juntas fijas (Entrada de material) provenientes de la etapa de torneado exterior a través de un riel, y las pasa inmediatamente al torneado interior. Una vez que este último proceso ha terminado, el operario retira los dispositivos y los sitúa en la mesa de almacenamiento de material cercana a la Ex-Cell-O. Cuando el número de piezas ubicado en la mesa es suficiente, el operario se centra en esta etapa y procede a tomar dos (2) y a introducirlas en los módulos.



Figura 18. Máquina de fresado interno de las campanas.
Fuente: Autores.

Luego baja de forma manual un dispositivo conocido como “Chapaleta”, el cual, al entrar en contacto con la cara interna de la campana asegura que las juntas fijas queden ancladas a las copas y que a su vez queden centradas. Posterior a esto, el operario oprime el botón de inicio automático en el tablero de mando para que empiece el mecanizado de la pieza.

Al iniciar el proceso, la puerta de la maquina se cierra automáticamente y mientras se termina el fresado, el operario puede dirigirse a la máquina de torneado interno para insertar otra junta fija.

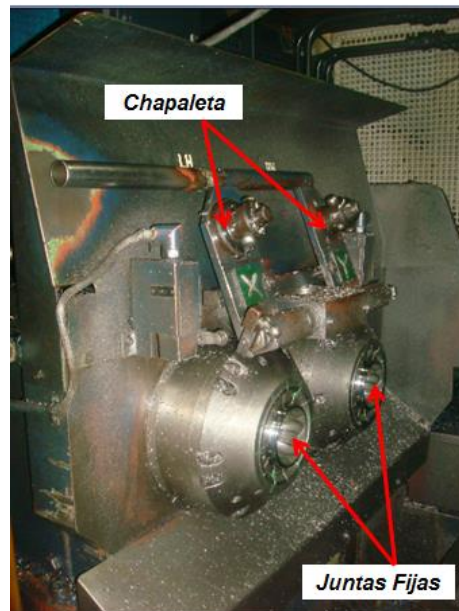


Figura 19. Componentes internos de la fresadora actual.

Fuente: Autores.

El inconveniente que tiene esta máquina es que el operario debe realizar como primera medida un fresado robusto a un grupo determinado de juntas fijas, luego debe cambiar manualmente una herramienta al interior de la máquina y proceder a realizar el fresado fino (Terminado) al mismo grupo de dispositivos.



Figura 20. Herramientas para fresado robusto (Izquierda) y Terminado (Derecha).

Fuente: Autores.



Universidad Autónoma de Bucaramanga

La fresadora Ex-Cell-O de tres estaciones, es una máquina que puede realizar estas dos etapas de forma simultánea y funciona de la siguiente manera; en la primera estación se introducen las piezas en bruto y se retiran las ya fresadas, en la segunda estación se realiza el fresado robusto, y en la tercera estación el fresado fino, cabe aclarar que las estaciones son estáticas. Por otra parte, se tienen tres módulos que son en los que se insertan las piezas y son los que van girando para pasar las juntas de estación en estación para su respectivo fresado.

Finalmente, la necesidad de realizar un retrofit a esta máquina, se fundamenta en la mejora de los tiempos y en el incremento en el volumen de producción de juntas fijas, en la planta de Bucaramanga. Teniendo en cuenta que en otras plantas de DANA alrededor del mundo se enfrenta la misma problemática con este tipo de máquina, la compañía está invirtiendo demasiado en sacar adelante este proyecto ya que, solucionándolo aquí, se pueden aportar los resultados obtenidos a otras plantas, mejorando la productividad de Dana - Corporation.

12. PRIMEROS DISPOSITIVOS DE LA FRESADORA

12.1 Gabinetes de control y conexiones eléctricas

En esta parte del informe se quiere dar a conocer cómo estaba conformada la etapa de control de la fresadora de tres (3) estaciones; se describirán los datos de mayor relevancia para cada dispositivo y su implementación como tal en el circuito.

La fresadora cuenta con cuatro (4) gabinetes donde estaban situadas las diferentes unidades de control; también tiene dos (2) gabinetes donde solamente se tenía el cableado que se repartía hacia todas las conexiones de la maquina en general, a través de las canaletas mostradas en la figura, y hacia los mismos gabinetes.



Figura 21. Vista lateral de la parte de conexiones eléctricas.
Fuente: Autores.

Con el nuevo diseño de la etapa de conexiones se pretende eliminar dos (2) gabinetes de dispositivos y uno (1) de cableado. Se va a realizar una descripción general de esta etapa en cada uno de los gabinetes; cabe aclarar que los dispositivos descritos a continuación no se van a implementar en su totalidad en el nuevo diseño, y que por tal motivo no se hará énfasis en sus especificaciones técnicas.

12.1.1 Descripción general del primer gabinete

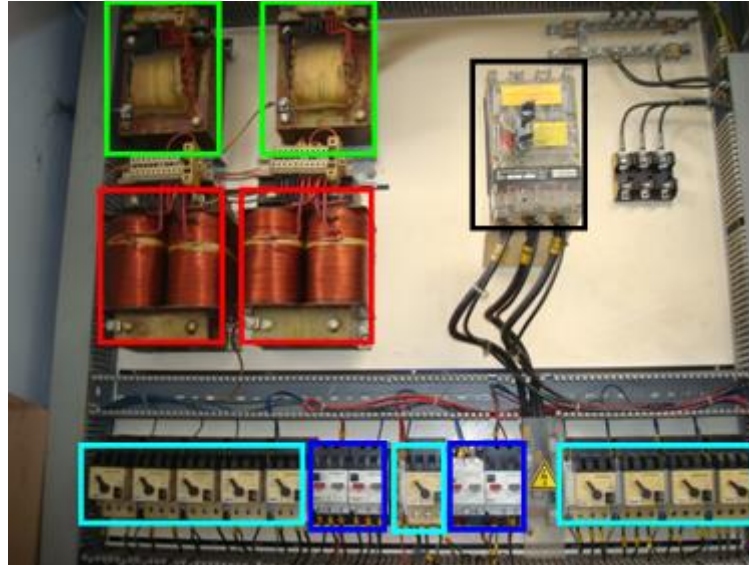


Figura 22. Parte superior del primer gabinete.

Fuente: Autores.

El totalizador, dispositivo enmarcado en el cuadro negro, sirve como puente entre la línea de 440 Volts y los demás dispositivos ubicados al interior del gabinete, es decir, se encarga principalmente del encendido de la máquina y de la repartición del voltaje a un barraje a donde llegan 10 contactores AC, dispositivos enmarcados en los cuadros color turquesa, implementados de la siguiente manera:

- Seis (6) contactores se usan como protección entre la línea de 440 Volts y los seis (6) transformadores que se encuentran al interior del gabinete.
- Un contactor como protección del módulo de potencia y otro para la unidad de enfriamiento.
- Los otros dos (2) se utilizan como protección para un motor hidráulico y uno de lubricación, situados en la mesa giratoria.

Siguiendo con la secuencia, los 6 transformadores están relacionados con otros dispositivos como se explica a continuación:

- Transformador que convierte a 220 Volts para los aires acondicionados del SINUMERIK.
- Transformador que convierte a 24 Volts en DC para alimentar al SINUMERIK y a los dispositivos necesarios de la estación de mando del operario.

- Transformador que convierte a 24 Volts en DC para la iluminación interna del árbol distribuidor de la mesa, relés, salidas y frenos.
- Transformador que convierte a 110 Volts para enchufes.
- Dos (2) transformadores que convierten a 110 Volts, uno para la estación de mando del operario y otro para la lógica cableada (Solenoides).

Finalmente, se tienen cuatro (4) guarda motores, dispositivos enmarcados en los cuadros de color azul, que se encargan de la protección de los cuatro (4) husillos porta herramientas, repartidos en las estaciones 2 y 3, y de posibilitar sus activaciones manualmente.

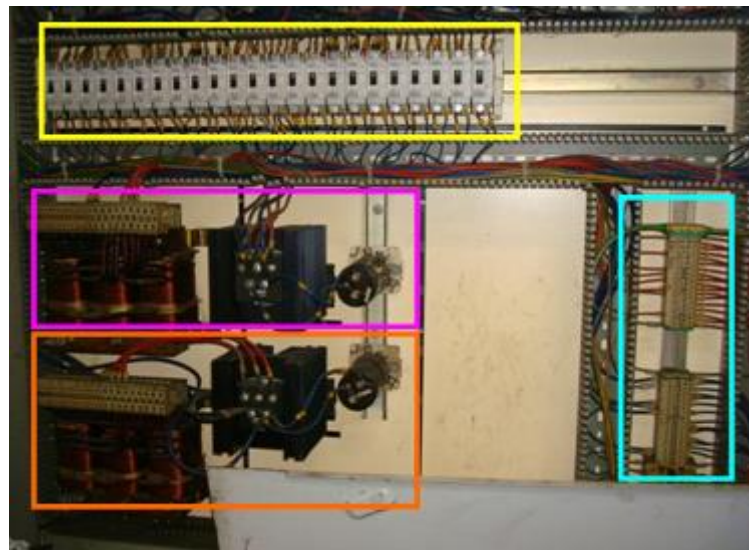


Figura 23. Parte inferior del primer gabinete
Fuente: Autores.

En esta parte del gabinete se observan dos (2) transformadores, que se encuentran enmarcados con los cuadros fucsia y anaranjado, los cuales ya se han descrito anteriormente. Además se tienen veinte y tres (23) *breakers*, dispositivos enmarcados en el cuadro amarillo, que funcionan como tacos de protección para las líneas de voltaje entre transformadores y los dispositivos.

12.1.2 Descripción general del segundo gabinete

En este gabinete se tienen todos los dispositivos relacionados con la lógica cableada de la máquina, entre los que están protecciones térmicas para los motores y los husillos de las estaciones dos (2) y tres (3), contactores AC para finales de carreras ubicados en partes determinadas de la fresadora, encoders para el control de velocidad de los husillos, y Relés.

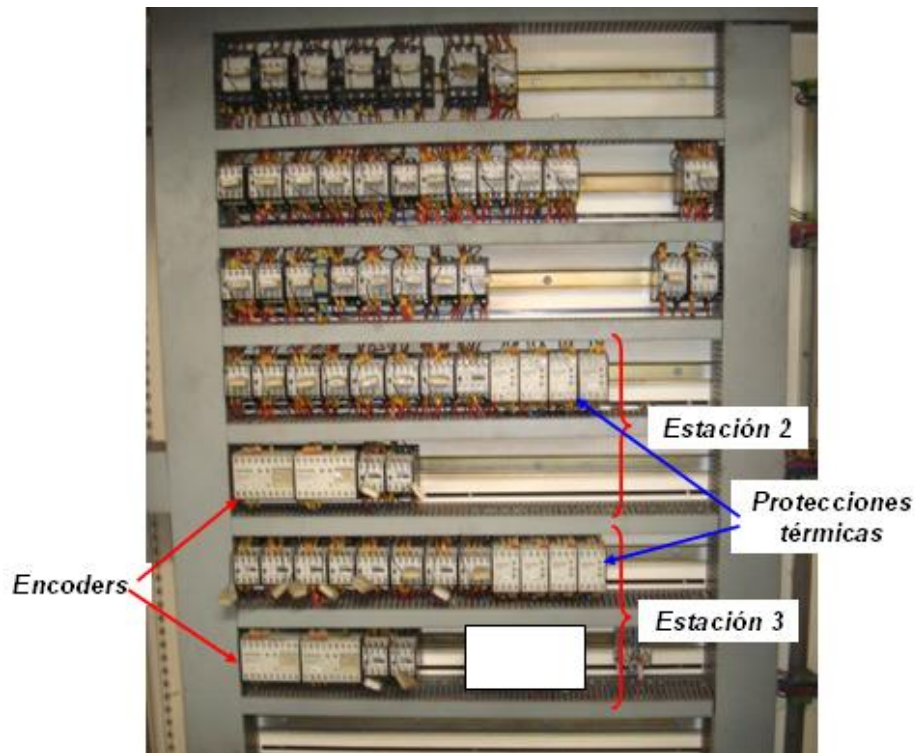


Figura 24. Vista general del segundo gabinete.

Fuente: Autores.

A continuación se describe la aplicación de los dispositivos más importantes dentro del gabinete:

- Se tienen ocho (8) protecciones térmicas, repartidas equitativamente en las estaciones dos (2) y tres (3), que funcionan básicamente como contactos normalmente cerrados, que al momento de detectarse un bloqueo en los ejes de los motores y/o los husillos, y un aumento en la corriente para vencer ese bloqueo, se abren para evitar recalentamientos.
- Se tienen cuatro (4) encoders, dos (2) en la segunda estación y dos (2) en la tercera, cada uno recibe la señal de un sensor inductivo ubicado detrás de cada husillo, el cual detecta una lámina acoplada al eje de estos últimos. Dentro de los encoders se lleva el conteo de las veces que el sensor detecta la lámina; esta información se envía al SINUMERIK para realizar el control de velocidad de los mecanismos.

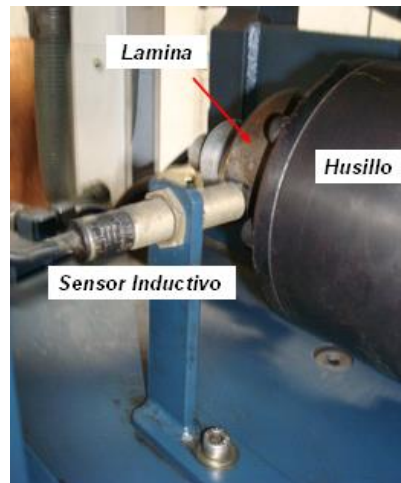


Figura 25. Sensor inductivo en husillos.
Fuente: Autores.

La implementación de los contactores AC se relaciona con otros dispositivos mecánicos al interior de la máquina, como lo son:

- Dos (2) finales de carrera, situados entre los módulos giratorios y el carro porta husillos (uno en cada estación), los cuales, en su estado activo, detectan que la guarda de protección esté en su posición correcta (Parte derecha de la imagen), esto con el fin de que el operario no tenga ningún problema de seguridad en caso de que la junta, por ejemplo, se parta.

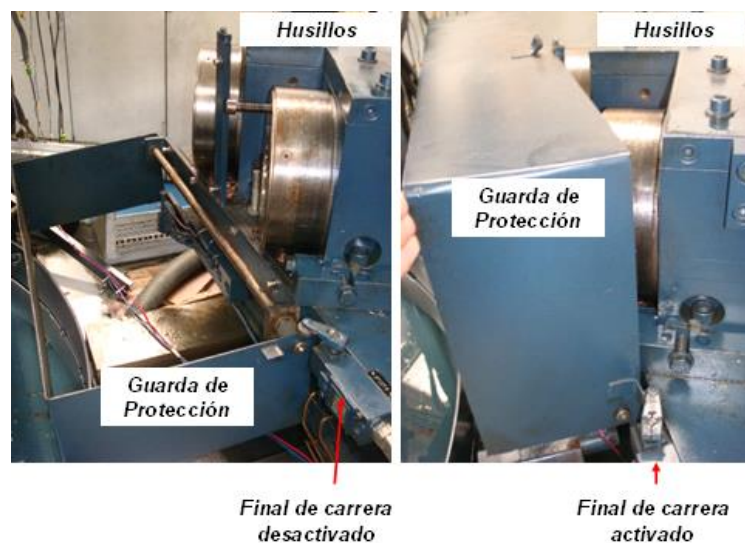


Figura 26. Guarda de protección para husillos.
Fuente: Autores.

Cabe aclarar que mientras el final de carrera no esté enviando señal no se activaran los husillos, y que esta condición se da en ambas estaciones.

- Cuatro (4) finales de carrera ubicados en la parte superior de las puertas corredizas de la tercera estación, dos (2) en cada puerta; mientras estas se encuentran cerradas uno de ellos está activado y el otro desactivado, al momento de abrirlas cambian de estado.

En conclusión y por cuestiones de seguridad, para que la maquina entre a trabajar se necesita que el dispositivo que esté activado sea el que se encuentra al final de la parte corrediza, indicando que la puerta ha quedado cerrada. Lo descrito rige exactamente para la segunda estación, siendo en total ocho (8) dispositivos.

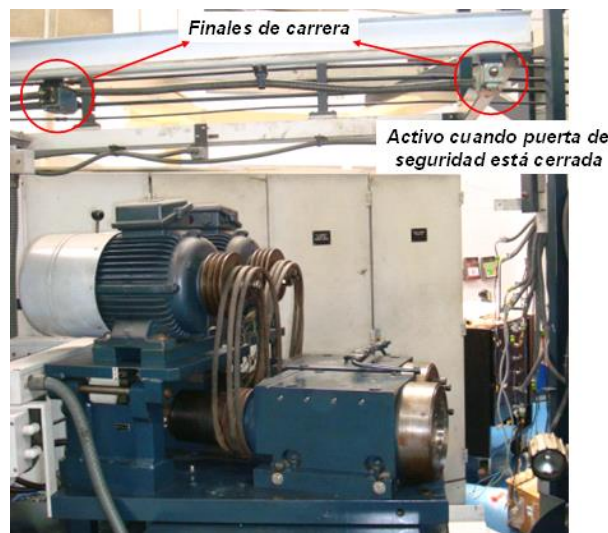


Figura 27. Finales de carrera en la segunda estación.
Fuente: Autores.

- Dos (2) finales de carrera se encuentran situados en la puerta de la primera estación. El operario debe colocar las juntas fijas en las copas de los módulos y cerrar la puerta, y así la maquina empiece el proceso.
- Siete (7) paros de emergencia que se tienen en lugares estratégicos alrededor de la máquina, estos son como contactores normalmente cerrados que al momento de activarse interrumpen el flujo de corriente hacia dos (2) contactores, los cuales a su vez, bloquean otros contactores y por ende a la máquina.

En los planos eléctricos, con los que cuenta la fresadora, se observa que la relación que tienen los dispositivos mecánicos, cuyas características de funcionamiento se explicaron previamente, y los contactores AC es que estos últimos son solenoides que se activan o desactivan si y solo si se cumplen las descripciones dadas para los mecanismos.

12.1.3 Descripción general del tercer gabinete

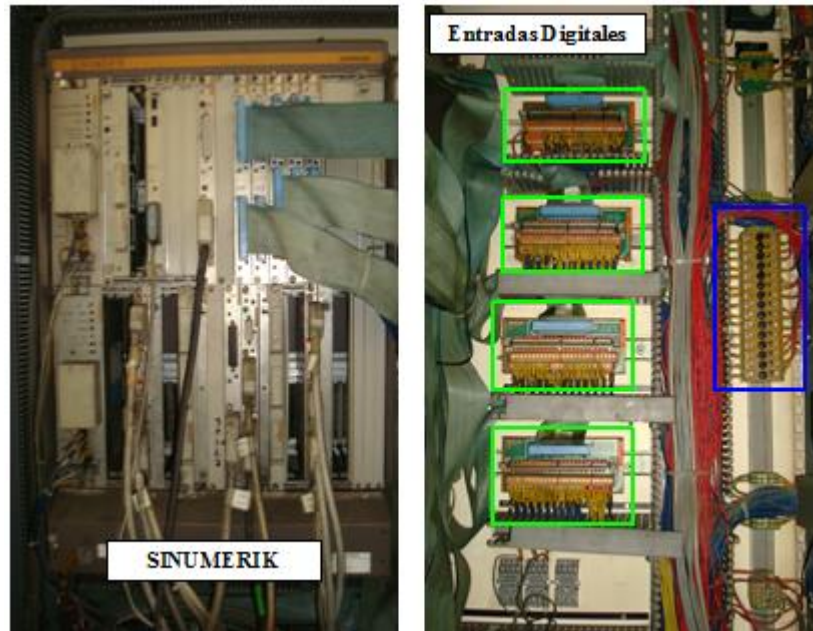


Figura 28. Parte superior del tercer gabinete.
Fuente: Autores.

El módulo de control general de la máquina se encuentra en este gabinete y es el que se observa en la imagen anterior (Parte izquierda). El SINUMERIK (Control numérico) empleado es de fabricación alemana.

En la parte derecha de la imagen se observan cuatro (4) dispositivos, enmarcados con los cuadros de color verde, que se utilizan como módulos de entradas digitales hacia el control numérico. Ahí llegan señales provenientes de los siguientes dispositivos que funcionan a veinte y cuatro (24) Volts:

- Presostatos.
- Sensores de nivel.
- Sensores inductivos.

Además llegan mandos de control, para control manual o automático, de las estaciones dos (2) y tres (3) y del panel principal y del auxiliar, de la primera estación, manejados por el operario.

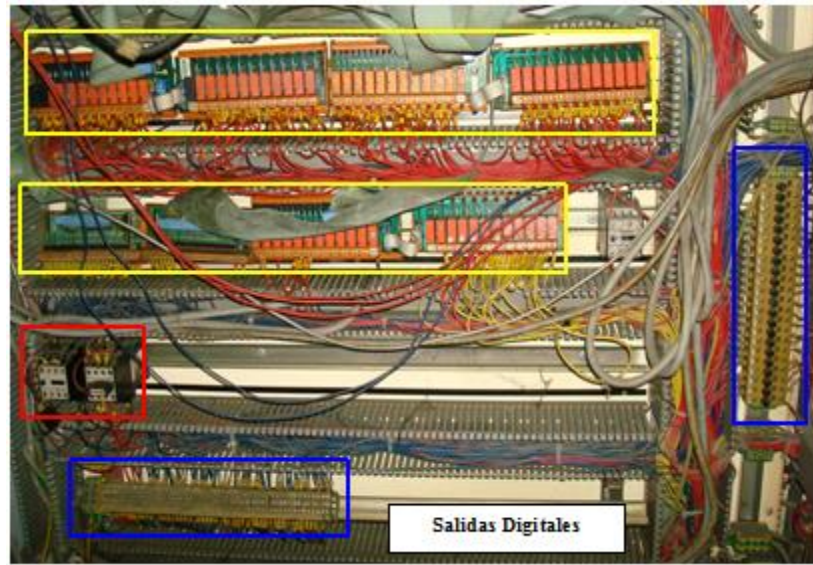


Figura 29. Parte inferior del tercer gabinete.
Fuente: Autores.

En la imagen anterior se muestran los dispositivos ubicados en la parte baja del gabinete. Los más representativos son los enmarcados en los cuadros de color amarillo, los cuales son utilizados como módulos de salidas digitales, en los que se implementan los elementos y las acciones descritas a continuación:

- Acciones de control como lo son encender el computador, iniciar un ciclo del proceso, activar visualizadores de estado dentro de la máquina y la activación de contactores encargados de las siguientes operaciones:
 - Prender husillos y/o servomotores.
 - Iniciar lubricación de partes mecánicas.
 - Encender aires acondicionados.
 - Enviar líquido de enfriamiento hacia los husillos.

- Activación de relés que trabajan a veinte y cuatro (24) Volts, los cuales permiten el paso de ciento diez (110) Volts, cuando sea necesario, hacia veinte y cinco (25) solenoides conectados a válvulas implementadas en la parte hidráulica y neumática de la fresadora.

En este gabinete se tienen también dos (2) contactores AC, dispositivos enmarcados con el cuadro de color rojo; a uno de ellos llegan cuatro (4) finales de carrera los cuales se utilizan como topes para el movimiento, hacia adelante y atrás y hacia la izquierda y la derecha, del carro porta husillos de la estación dos (2) y tres (3). Por otra parte, el segundo contactor es el encargado de que, al momento de girar la llave, a “Encendido”, del tablero auxiliar del operario en la

primera estación, le lleguen los veinte y cuatro (24) Volts en DC al módulo general del SINUMERIK para poder iniciar el control de la fresadora.

Finalmente, los dispositivos enmarcados con los cuadros de color azul se conocen con el nombre de BORNERAS y son implementados en este tipo de circuitos como puntos en común para repartición de cableado. Las borneras que se observan en la anterior imagen, de forma vertical, cuentan con fusibles pues son puentes para los diferentes actuadores con los que cuenta la máquina.

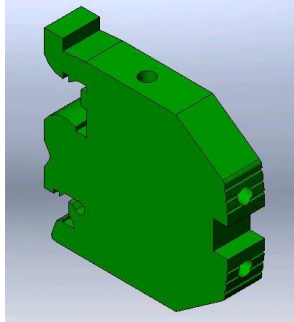


Figura 30. Diseño en CAD de una bornera.
Fuente: Modelo CAD Legrand

12.1.4 Descripción general del cuarto gabinete

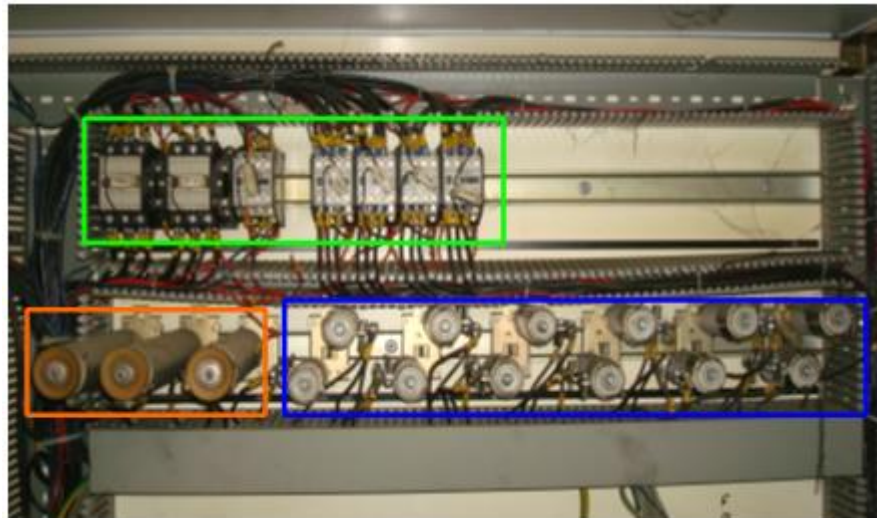


Figura 31. Parte superior del cuarto gabinete.
Fuente: Autores.

En este gabinete se tienen los mecanismos necesarios para el accionamiento, tanto en el eje X como en el eje Z, de los cuatro (4) servomotores con los que cuenta la fresadora. Los dispositivos y sus aplicaciones se muestran a continuación:

- Las tres (3) resistencias que se encuentran enmarcadas en el cuadro de color anaranjado son implementadas para que los servomotores de las estaciones dos (2) y tres (3) tengan un arranque suave y así se evite que, por picos de corriente, se puedan dañar las pistas de las juntas fijas durante el fresado.
- Uno de los contactores, dispositivos enmarcados en el cuadro de color verde, se sitúa entre los cuatrocientos cuarenta (440) Volts y las tres (3) resistencias mencionadas anteriormente. Según los planos eléctricos de la máquina, otro contactor se ubica en paralelo a las resistencias para que luego de que se haga el arranque suave la corriente se vaya por este dispositivo, y no por las resistencias, para que la corriente necesaria llegue a los servomotores.
- Las otras doce (12) resistencias, enmarcadas en el cuadro azul, se implementan en grupos de tres (3) conectadas en Y, y acompañadas de un contactor, para el frenado de los motores de los husillos.

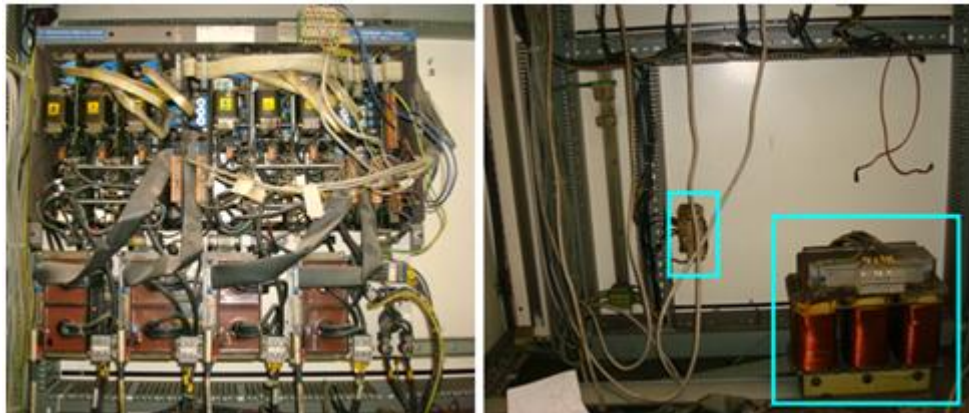


Figura 32. Parte inferior del cuarto gabinete.

Fuente: Autores.

En la parte izquierda de la imagen se observan las tarjetas de potencia las cuales, dentro del circuito, van entre las dos (2) inductancias, que se tienen en la parte derecha de la imagen enmarcadas en los cuadros de color turquesa, y los servomotores de las estaciones dos (2) y tres (3).

12.2 Tableros de estaciones

12.2.1 Tablero 5 (Sistema hidráulico y de lubricación)



Figura 33. Vista externa del tablero 5.
Fuente: Autores.

En este tablero se encuentra el cableado correspondiente al control del sistema hidráulico y de lubricación de la fresadora para todas las estaciones. Así mismo se encuentran los accionamientos de actuadores hidráulicos correspondientes para realizar dichas funciones, en especial las encargadas de los movimientos de la mesa.

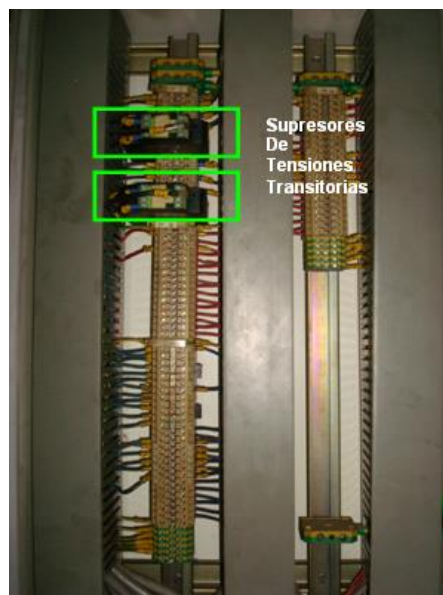


Figura 34. Vista interna del tablero 5.
Fuente: Autores.

Dentro del tablero, llega el cableado procedente del gabinete 1 y 3 del tablero de control. A este llegan las señales de control de los actuadores hidráulicos, como

también la alimentación de los motores eléctricos y los supresores de tensiones transitorias de los motores que se encuentran en la estación hidráulica y del módulo de enfriamiento. En el anexo [tablero5.xls](#), se especifica la conexión de cada una de las borneras que se encuentran en la imagen.

12.2.2 Tablero 11 (Sistema de direccionamiento de entrada de sensores del árbol central de la mesa)



Figura 35. Vista externa del tablero 11.
Fuente: Autores.

En este tablero se encuentra el cableado de los sensores de posición que retroalimentan los lazos de control, que se encargan de enclavar las piezas para realizar el fresado en cada una de las estaciones. Estos sensores son utilizados para comprobar la correcta activación de los mecanismos hidráulicos.

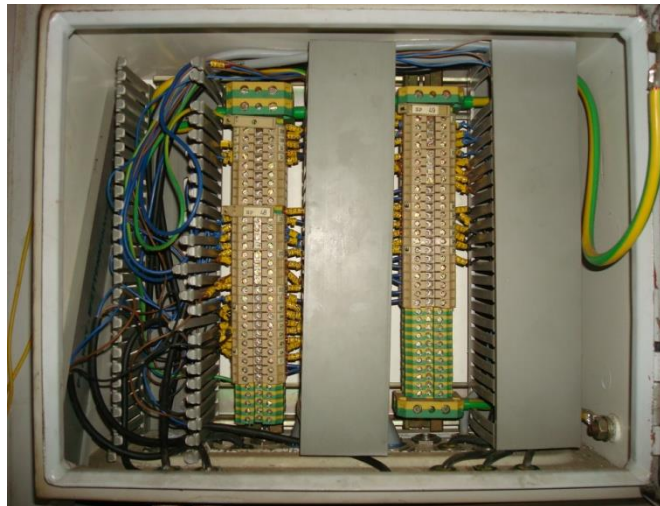


Figura 36. Vista interna del tablero 11.
Fuente: Autores.

Dentro del tablero, llega el cableado procedente del gabinete uno (1) y tres (3) del tablero de control. A este llegan las señales de control provenientes de los

sensores ubicados en el árbol central de la máquina. En el documento anexo [Tablero11.xls](#), se especifica la conexión de cada una de las borneras que se encuentran en la imagen.

12.2.3 Tablero 14 (Estación 1)



Figura 37. Vista externa del tablero 14.

Fuente: Autores.

Este tablero corresponde a un módulo de control que se encuentra en la primera estación, la cual es la etapa de carga de material a la máquina, es decir, donde se colocan las piezas a procesar y a su vez donde se retiran las ya procesadas. El tablero como tal responde a movimientos de anclaje y desanclaje del módulo del sistema de indexación y anclaje de las juntas fijas. El cableado de los botones y visualizadores no se encuentra señalado con las entradas y salidas de su respectivo nombre, razón por la cual, estas son especificadas en el documento anexo [Tablero14.xls](#) al igual que su conexión física.



Figura 38. Vista interna del tablero 14.
Fuente: Autores.

En la imagen anterior se observa la conexión de bornas que comunica las entradas y salidas entre la estación y el módulo de control, las conexiones físicas se encuentran incompletas debido a que la estación uno (1) no se encuentra en su totalidad, según lo muestra la documentación que se tiene de la maquina como tal.

12.2.4 Tablero 14/1 (Inicio de ciclo de la primera estación)



Figura 39. Vista externa del tablero 14/1.
Fuente: Autores.

En este tablero se encuentran las entradas de inicio de ciclo y desenclavar el mecanismo de la primera estación, el cual se presume era manejado manualmente por el operario, mientras que los mecanismos de la segunda y

tercera estación, se manejaban automáticamente para realizar el fresado correspondiente.



Figura 40. Vista interna del tablero 14/1.

Fuente: Autores.

Dentro del tablero, llega el cableado procedente del Tablero 14. En la tabla anexa [Tablero14_1.xls](#) se especifica la conexión de cada uno de los botones que se encuentran en la imagen.

12.2.5 Tablero 16 (Estación 2)



Figura 41. Vista externa del tablero 16.

Fuente: Autores.

Dentro del tablero, llega el cableado procedente del gabinete de control. A este llegan las señales de control de los actuadores hidráulicos, presostatos y finales de carrera de seguridad que indican que la estación se encuentra completamente cerrada y lista para realizar la operación de fresado, como también la alimentación de los motores eléctricos y los supresores de tensiones transitorias de los motores

que se conectan a los husillos. En la tabla de Excel [Tablero16.xls](#) se muestra la conexión de cada una de las borneras que se encuentran en la imagen.

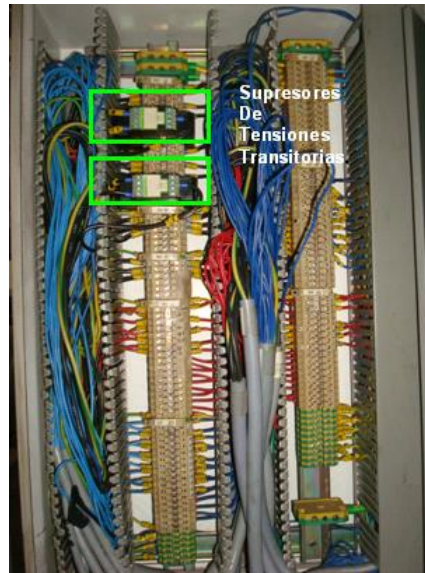


Figura 42. Vista interna del tablero 16
Fuente: Autores.

12.2.6 Tablero 16/1 (Sensores inductivos de los motores de los husillos de la segunda estación)

En este tablero se encuentran los cables de conexión y alimentación de los sensores inductivos que actúan como encoders y van conectados a un módulo contador de pulsos ubicado en el gabinete dos (2), estos sensores tienen como fin el sensado de la velocidad de los motores que mueven los husillos en la segunda estación.

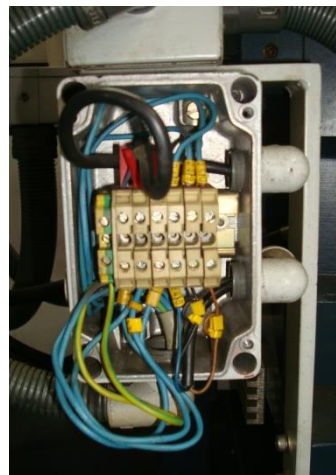


Figura 43. Vista interna del tablero 16/1.
Fuente: Autores.

Dentro del tablero, llega el cableado procedente de los sensores y son disecionados al módulo de entradas digitales correspondiente. En la tabla anexa [Tablero16_1.xls](#) se especifica la conexión de cada una de las borneras que se encuentran en la imagen.

12.2.7 Tablero 17 (Estación 2)



Figura 44. Vista externa del tablero 17.
Fuente: Autores.

En este tablero se encuentran todos los accionamientos y visualizadores de los procesos manuales y automáticos correspondientes a las acciones realizados en la segunda estación.



Figura 45. Vista interna del gabinete 17
Fuente: Autores.

A este llega el cableado procedente del gabinete de alimentación y de control y se disecionan directamente a los actuadores y visualizadores. Además, se toman las

señales de entrada de los pulsadores y son mandadas al control numérico. En la tabla anexa [Tablero17.xls](#) se especifica la conexión de cada uno de los botones que se encuentran en la imagen.

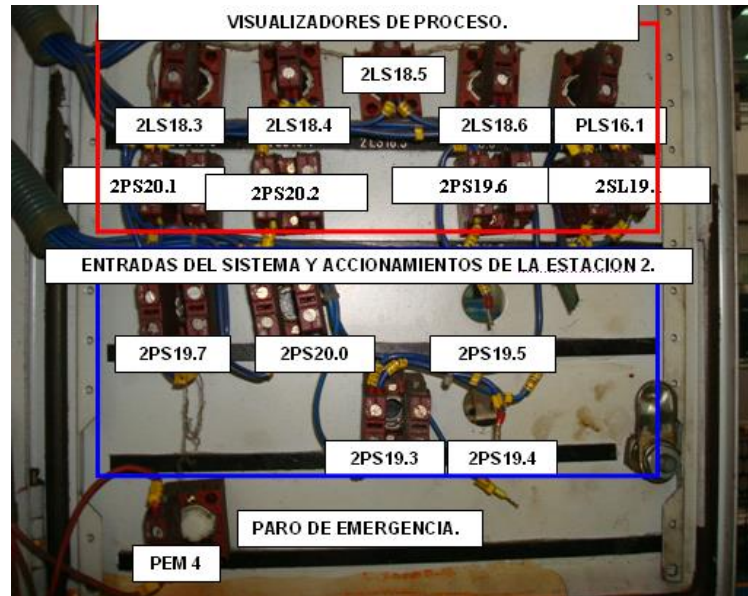


Figura 46. Vista interna referente a visualizadores y accionamientos.
Fuente: Autores.

12.2.8 Tablero 17/1 (Herramientas husillos segunda estación)

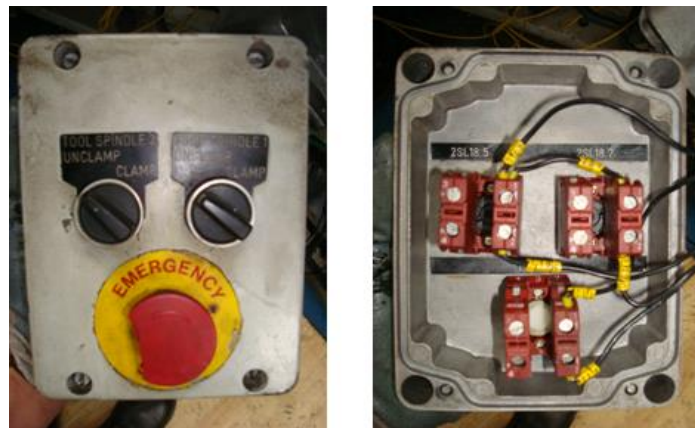


Figura 47. Vista externa e interna del tablero 17/1.
Fuente: Autores.

En este tablero se encuentran las entradas de carga y descarga de las herramientas de los husillos ubicados en la segunda estación, además de un paro de emergencia. Dentro del tablero, llega el cableado procedente del tablero 17.

En la tabla anexa [Tablero17_1.xls](#) se especifica la conexión de cada uno de los botones que se encuentran en la imagen.

12.2.9 Tablero 19 (Estación 3)



Figura 48. Vista general del tablero 19.
Fuente: Autores.

Dentro del tablero, llega el cableado procedente del gabinete uno (1) y tres (3) del tablero de control. A este llegan las señales de control de los actuadores hidráulicos, a la vez que salen las señales de control de los presostatos, y los finales de carrera de las puertas de la estación, también llega la alimentación de cuatrocientos cuarenta (440) Volts de los motores eléctricos y los supresores de tensiones transitorias de los motores que se conectan a los husillos. En la tabla anexa [Tablero19.xls](#) se especifica la conexión de cada una de las borneras que se encuentran en la imagen.

12.2.10 Tablero 19/1 (Sensores inductivos de los motores de los husillos de la tercera estación)

En este tablero se encuentran los cables de conexión de los sensores inductivos encargados de capturar la velocidad posición de los motores que mueven los husillos en la tercera estación.

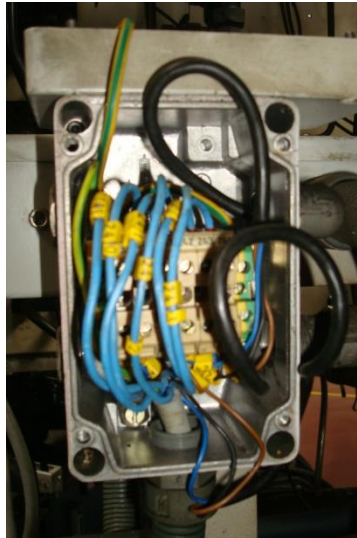


Figura 49. Vista interna del tablero 19/1.
Fuente: Autores.

Dentro del tablero, llega el cableado procedente de los sensores el cual es direccionado al módulo de entradas digitales correspondiente. En la tabla anexa [Tablero19_1.xls](#) se especifica la conexión de cada una de las borneras que se encuentran en la imagen.

12.2.11 Tablero 20 (Estación 3)

Tablero de mando de la estación tres (3). A este tablero llegan y salen las señales de control al gabinete principal; también se conectan los presostatos propios de los actuadores de la tercera estación, igualmente presostatos de control del sistema hidráulico de la máquina que corresponden a algunos movimientos de la mesa central.



Figura 50. Vista general del tablero 20.
Fuente: Autores.

Además, está la conexión de activación de los solenoides para cada presostato; se tienen unos pulsadores de acción para cada uno de los movimientos que se realizan en la estación como tal, estos se tienen para un control manual de movimientos, cada una de las acciones de la estación posee un visualizador que indica el estado actual de la máquina. En el ámbito de seguridad se encuentran los señales provenientes de los finales de carrera de las guardas de las puertas de la estación, ya que si las puertas de la estación no se encuentran cerradas, no hay ninguna acción en cualquiera de las estaciones de la máquina.

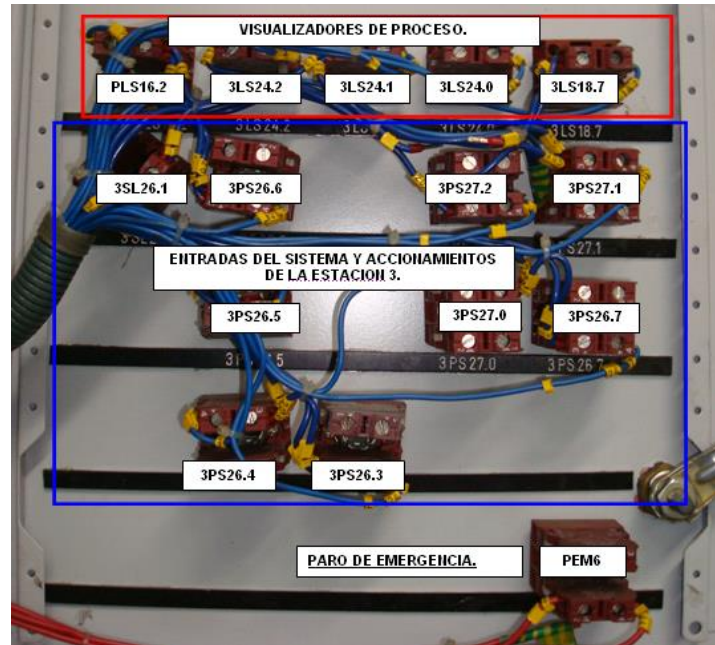


Figura 51. Vista interna referente a visualizadores y accionamientos.

Fuente: Autores.

Entradas del sistema y visualizadores de estado de la estación. En la tabla anexa [Tablero20.xls](#) se especifica la conexión de cada uno de los botones que se encuentran en la imagen.

12.2.12 Tablero 20/1 (Herramientas husillos tercera estación)

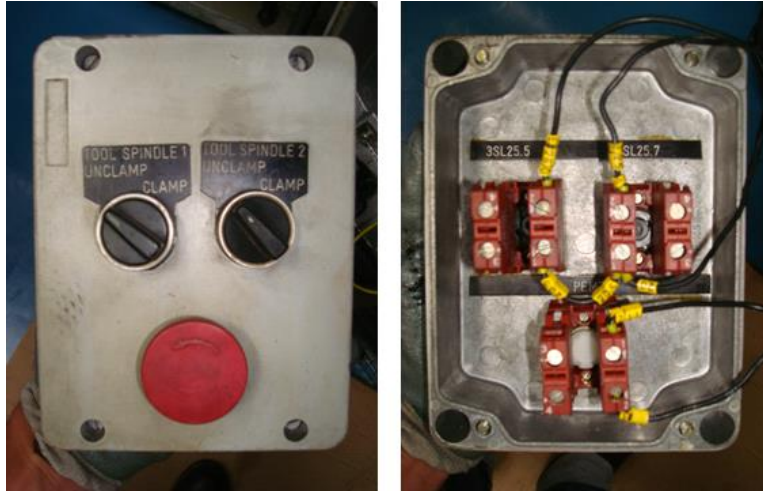


Figura 52. Vista general del tablero 20/1.

Fuente: Autores.

En este tablero se encuentran las entradas de carga y descarga de las herramientas de los husillos ubicados en la tercera estación. Dentro del tablero, llega el cableado procedente del tablero 20. En la tabla anexa [Tablero20_1.xls](#) se especifica la conexión de cada uno de los botones que se encuentran en la imagen.



13. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PROGRAMACIÓN

Una vez la máquina se enciende, los sistemas inician un reconocimiento de factores y condiciones iniciales, que aseguren el correcto funcionamiento de cada uno de los dispositivos. Los factores que evalúa son:

- La temperatura de los gabinetes centrales de control.
- Los módulos de las unidades asegurados en las estaciones.
- Los ejes en la posición inicial.

Realizadas estas operaciones, se procede a enviar la señal a la pantalla del tablero de mando, indicando que el control numérico se encuentra preparado para iniciar. Luego, se revisa el modo de operación que se ha seleccionado (manual/automático). En el modo manual, se da libertad para que tanto los ejes como los motores de los husillos se puedan mover a disposición del operario, los servomotores se mueven con mando directo del tablero y a los motores de los husillos, se les permite enlazar la velocidad que se desea para el fresado, a través de un lazo de control retroalimentado, por un encoder incremental que toma los pulsos del eje de los módulos y los manda a un dispositivo contador.

Para la parte de las unidades hidráulicas (Mesa y anclaje de las copas), se permite posicionar la máquina en las condiciones iniciales y revisar el correcto funcionamiento de los sensores. En el anclaje de las copas, se tiene en cuenta la secuencia de activación de cada uno de los solenoides para cada movimiento; lo primero que se comprueba es que el módulo ancle la junta fija, en las siguientes estaciones se realiza la misma secuencia de movimientos, simultáneamente, teniendo en cuenta el final del programa de fresado. Para cada una de las pistas se realiza un giro de las juntas ancladas a las copas, de sesenta grados (60°), dado por la activación del solenoide *part index lower*, el cual permite levantar el anillo HIRTH, engranar las copas y activar el movimiento rotacional que se da por el solenoide *part index advance*, después de haberse realizado la pista.

Por otra parte, en el movimiento de la mesa principal se abre activa el envío de fluido hidráulico, que combinado debajo de la mesa crea una capa de agua-aceite que lubrica las superficies para poder realizar el giro de la mesa y el árbol. El sentido de la mesa viene dado por dos solenoides que permiten el giro en avance y retroceso, movimientos que son controlados por la activación de unos finales de carrera, que indican el cambio de la unidad y a su vez la posición cero ó de trabajo de las unidades, la señal que retroalimenta la acción de control que indica la posición viene de un sensor inductivo ubicado en la parte superior del árbol principal.



Figura 53. Sensor inductivo acoplado al árbol de la mesa central.
Fuente: Autores.

Para cada uno de los movimientos se tienen señales que retroalimentan la acción. Entre presostatos, y sensores inductivos para corroborar las posiciones.

El programa que poseía la máquina describe de manera detallada, cada uno de los movimientos de la mesa, donde se combina una lógica cableada de la parte de seguridad de la máquina que monitoreaba si alguna guarda se abría, ya que de esta manera se desactivaban unos contactores que desenergizaban la parte de potencia de la estación involucrada y a su vez mandaba una señal de control hacia el PLC indicando un paro en la máquina.

La fresadora poseía dos PLC encargados del control, además de dos controles numérico para las recetas de las piezas. El segundo PLC, tenía a su mando la alimentación de los dos controles numéricos, la limpieza de la memoria, y además, mandaba señales al primer PLC para ejecutar los comandos. Como tal, el PLC 1 tenía toda la programación de la máquina, desde las operaciones más sencillas como el cambio de herramienta, hasta llegar a las operaciones más complejas de los movimientos de la mesa y de los módulos. Las tareas estaban controladas por medio de temporizadores que activaban y desactivaban los ciclos de trabajo. Toda la programación de ambos PLC se encontraba bajo programación en bloque (KOP).

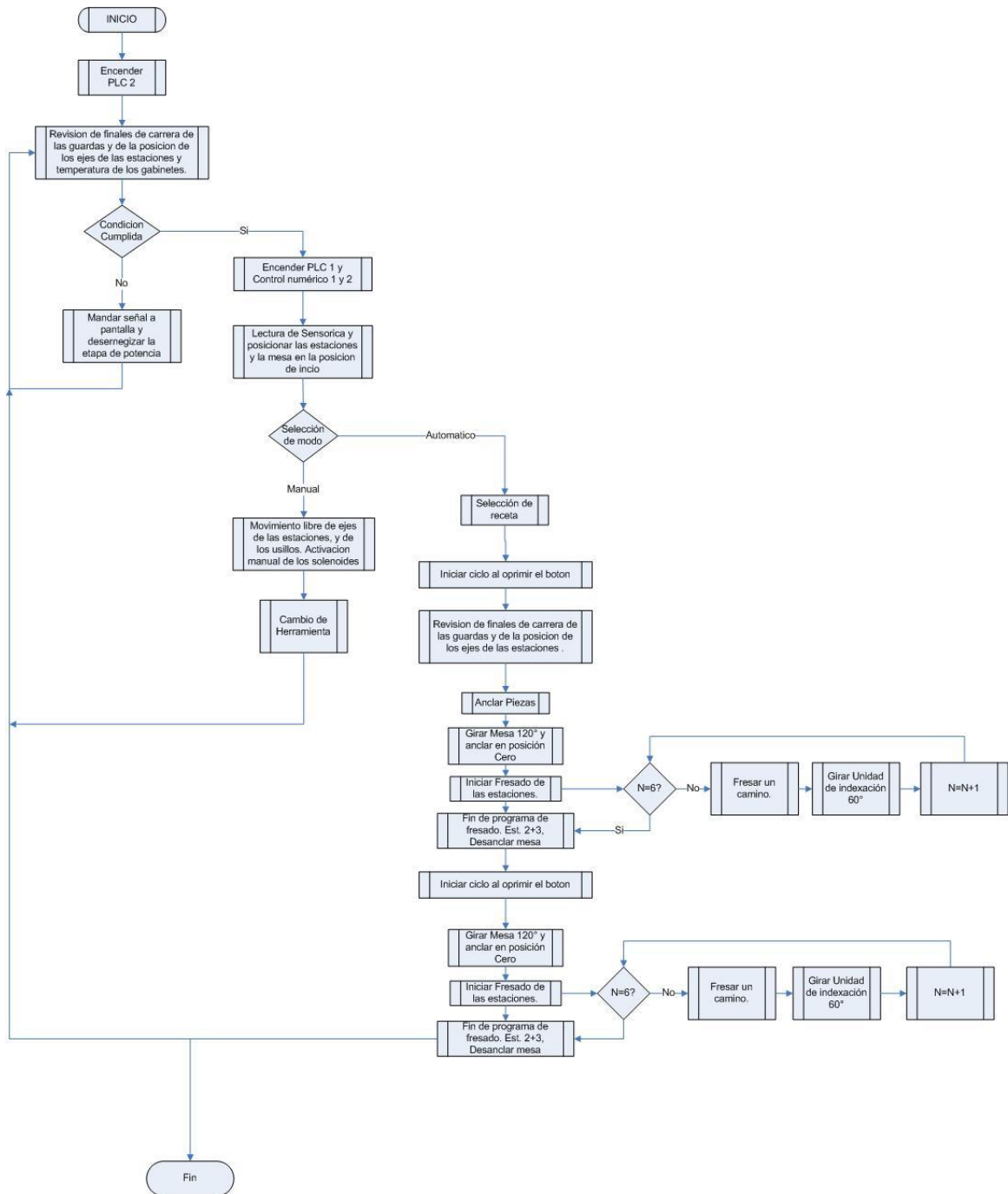


Figura 54. Diagrama de flujo de la programación de la Fresadora
Fuente: Autores

14. COMPONENTES INSTALADOS EN LOS NUEVOS GABINETES DE CONTROL.

14.1 Módulo de línea activa [9]



Figura 55. Active Line Module. Ref. 6SL3130-7TE23-6AA3 (SIEMENS)

Las unidades de alimentación auto-conmutada generan una corriente, en DC, de enlace regulada, lo que significa que los módulos de conexión del motor no están asociados a la línea de tensión. Las fluctuaciones en la tensión de línea, dentro de las tolerancias permisibles de suministro, no tienen ningún efecto sobre la tensión del motor. Estos dispositivos dibujan una corriente sinusoidal virtual de la alimentación, que limita cualquier armónico nocivo.

Pueden suministrar energía y retornar energía renovable al sistema de alimentación. Un módulo de frenado y una resistencia de frenado son requeridos sólo si las unidades necesitan ser desaceleradas de una manera controlada después de un corte de energía.

| *Referencia | Voltaje | Potencia nominal | Corriente nominal |
|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 6SL3130-7TE23-6AA3 | 380 ,, 480 V 3 AC | 36 Kw | 58 A a 380 V 3 AC |

* Aire de refrigeración interna

Tabla 1. Especificaciones técnicas del módulo de línea activa.

Cuando un módulo de línea activa se usa como entrada, el reactor de línea debe estar instalado. Para minimizar la emisión de interferencias, este dispositivo debería siempre ser operado en combinación con el filtro de línea y el reactor de línea.

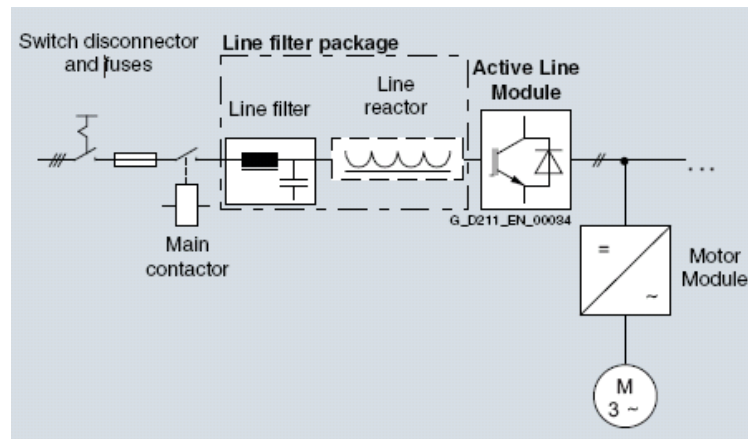


Figura 56. Circuito de conexión del módulo de línea activa.

14.2 Módulo para motor [18]



Figura 57. Single Motor Module. Ref. 6SL3120-1TE21-8AA3 (SIEMENS)

Este módulo cuenta con las siguientes interfaces como estándar:

- El estado del módulo es indicado por dos (2) LEDs multicolores.
- Cuenta con una entrada para sensor de temperatura.
- Control de frenado seguro para el motor.
- Entrada para parada segura del motor (Habilitada por pulsos).
- Tres (3) ranuras para interfaz DRIVE-CLiQ.

| *Referencia | Voltaje | Corriente nominal | Corriente máxima | Pérdida de potencia |
|--------------------|----------------|-------------------|------------------|---------------------|
| 6SL3120-1TE21-8AA3 | 510 ,, 720 VDC | 9A | 36 A | 0,19 Kw |

* Aire de refrigeración interna

Tabla 2. Especificaciones técnicas para el módulo del motor.

14.3 Sitop Modular [7]



Figura58. Sitop Modular. Ref. 6EP1437-3BA00 (SIEMENS)

Esta fuente modular es la solución ideal en todas las aplicaciones donde se requiere una alimentación fiable de 24 V. Satisface las más altas exigencias de funcionalidad, por ejemplo, puede implementarse en máquinas y plantas de alta complejidad. El amplio rango de entrada garantiza un alto nivel de seguridad, incluso en el caso de grandes fluctuaciones de tensión. Posee una función de potencia la cual suministra brevemente hasta tres veces la corriente nominal (*PowerBoost*).

El amplio rango de tensión de entrada, la alta eficiencia, y las generosas reservas de potencia que posee este dispositivo, aseguran su compatibilidad con casi cualquier sistema de energía en todo el mundo.

| Voltaje nominal (IN) | Voltaje nominal (OUT) | Corriente nominal (OUT) | Frecuencia de línea |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| 400-500 V 3 AC | 24 V DC | 40 A | 50/60 Hz |

Tabla 3. Especificaciones técnicas del SITOP Modular.

Generalidades:

- Permite la conexión en paralelo para aumentar la potencia.
- Estado de funcionamiento indicado por tres LEDs.
- Fuente de alimentación estabilizada para máximas demandas.
- Opción de respuesta ante cortocircuito: Reinicio automático o Desactivación por enclavamiento.

14.4 Módulo de Entradas digitales [15]



Figura 59. Digital Input SM 321. Ref. 6ES7321-1BL00-0AA0(SIEMENS)

Estos dispositivos se pueden utilizar para conectar el PLC a las señales digitales externas de un proceso, convirtiéndolas al nivel de señales internas del controlador. Son adecuados para la conexión de interruptores estándar y detectores de proximidad de dos hilos. Estos módulos están disponibles con 8, 16, 32 ó 64 canales.

El diseño de la carcasa contiene:

- LEDs de color verde para indicar el estado de la señal en las entradas.
- Zócalo para el conector frontal, protegido, detrás de la puerta principal, en la que también se tiene un campo de etiquetado.

| Referencia | Tensión de alimentación | Consumo de corriente | Pérdida de potencia | Entradas digitales |
|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| 6ES7 321-1BL00-0AA0 | 24 VDC | 15 mA | 6,5 W | 32 |

Tabla 4. Especificaciones técnicas de los módulos para entradas digitales.

14.5 Módulo de Salidas digitales [15]



Figura 60. Digital Output SM 322. Ref. 6ES7322-1BL00-0AA0 (SIEMENS)

Estos dispositivos pueden ser usados para emitir señales digitales desde el control hacia el proceso en general. Convierten los niveles de señal interna del PLC en los niveles de señal externa necesarios para el proceso. Estos módulos están disponibles con 8, 16, 32 o 64 canales. Son adecuados, por ejemplo, para la conexión de válvulas, solenoides, contactores, motores de baja potencia, lámparas y arrancadores de motores.

Nota: El diseño de la carcasa de este dispositivo tiene las mismas características que la del módulo de entradas digitales descrito anteriormente.

| Referencia | Tensión de alimentación | *Consumo de corriente | Pérdida de potencia | Salidas digitales |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| 6ES7 322-1BL00-0AA0 | 24 VDC | 160 mA | 6,6 W | 32 |

* Sin carga

Tabla 5. Especificaciones técnicas de los módulos para salidas digitales.

14.6 Módulo de Periferia descentralizada [15]



Figura 61. SIMATIC DP, INTERFACE IM 153 - 1. Ref. 6ES715-1AA03-0XB0 (SIEMENS)

Cuando se configura un sistema, las entradas y salidas del proceso normalmente están centralizadas en el sistema de automatización. Cuando la distancia entre las entradas y las salidas y el autómatas programable es considerable, el cableado puede ser complicado y largo, y las perturbaciones electromagnéticas pueden afectar a la fiabilidad. Para este tipo de instalaciones, recomendamos utilizar unidades de periferia descentralizada.

| Alimentación | | |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1) Intensidad de entrada | 2) Tensión de salida | 3) Intensidad de salida |
| 625 mA | Sí | 1A |

1) Valor nominal con 24 VDC

2) Valor nominal, 5 VDC

3) Para bus de fondo (5 VDC) máx.

Tabla 6. Especificaciones técnicas para periferia (Parte 1)

| Tensiones de alimentación | | | | |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Valor nominal | Límite inferior | Límite superior | Consumo máximo | Consumo/Pérdidas |
| 24 VDC | 20,4 V | 28,8 V | 350 mA; a 24 V DC | 3 W |

Tabla 7. Especificaciones técnicas para periferia (Parte 2)

Generalidades:

- Sistema de periferia modular en grado de protección IP20, especialmente adecuado para tareas complejas y personalizadas de automatización.
- Ampliable con los módulos de señales, de comunicación y de función del sistema de automatización S7-300.
- Consta de un módulo de interfaz PROFIBUS DP IM 153, hasta 8 ó 12 módulos de periferia del sistema de automatización S7-300 (instalación con conectores de bus o con módulos de bus activos) y, dado el caso, una alimentación.
- Velocidad de transferencia de hasta 12 Mbits/s.

El IM 153-1 es una variante óptima en términos de precio, y la más apta para casi todas las aplicaciones en el entorno de la automatización manufacturera. Permite el uso de hasta ocho (8) módulos de periferia del sistema de automatización S7-300.

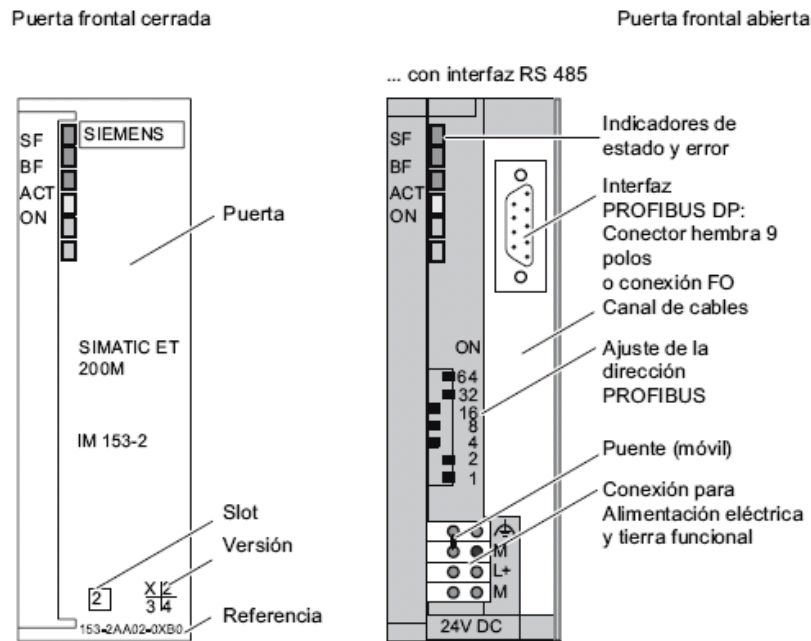


Figura 62. Vista frontal de los módulos interfaz IM 153-1.

14.7 SINUMERIK PCU [20]



Figura 63. SINUMERIK PCU 50.3 - P. Ref. 6FC5210-0DF33-2AA0 (SIEMENS)

Cuenta con un alto rendimiento y eficiencia energética gracias a la tecnología de su procesador; su operación es confiable debido al monitoreo realizado de la temperatura, el disco duro y el ventilador. Este dispositivo viene equipado con el sistema operativo Windows XP ProEmbSys y, para realizar copias de seguridad y restaurar datos emplea el software Ghost.

Características principales:

- Procesador Intel Pentium M Mobile processor 2.0 GHz/1 GB/2 MB L2 Cache/533 MHz FSB.
- Disco duro extraíble de 40 GB; 12 GB para aplicaciones y datos (MCIS software, programas de piezas, documentación) y 15 GB para copias de seguridad locales y software a ser instalados.
- Graficas en 2D y 3D integradas; memoria para gráficos dinámicos (8 a 96 MB); esta memoria es tomada de la memoria principal.
- Posee 2 puertos Ethernet 10/100 Mbit/s (RJ45), 4 puertos USB 2.0, 1 puerto PROFIBUS/interfaz MPI y 1 puerto COM1 (RS 232 C).

| Nombre | Procesador | RAM | Voltaje de entrada | Consumo de potencia |
|----------------------|-----------------|------------|--------------------|---------------------|
| SINUMERIK PCU 50.3-P | Intel Pentium M | 1 GB SDRAM | 24 VDC | 190 W |

Tabla 8. Especificaciones técnicas del módulo SINUMERIK.

14.8 SINUMERIK 840D [8]

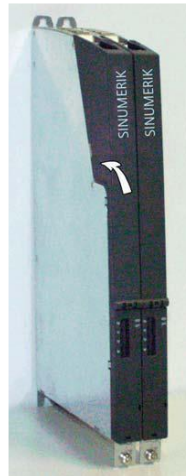


Figura 64. SINUMERIK 840D. Ref. 6FC5373-0AA00-0AA1

Sistema completamente digital, integrado en el sistema de accionamiento SINAMICS S120 y complementado por el sistema de automatización SIMATIC S7-300 que es adecuado para rangos de potencias medianos y grandes.

Generalidades:

- Máximo rendimiento y flexibilidad, sobre todo para sistemas multi-ejes complejos.
- Integración óptima dentro de las redes.
- Funciones integradas de seguridad para hombre y máquina.

- Estructura uniforme respecto de la operación, la programación y la visualización.

El control estándar incluye funciones a la medida para una alta productividad y precisión, tiempos cortos de mecanizado usando valores múltiples de alimentación en un bloque y rápida puesta en marcha.

| Referencia | Voltaje | Voltaje mínimo | Voltaje máximo | Corriente nominal |
|--------------------|---------|----------------|----------------|-------------------|
| 6FC5373-0AA00-0AA1 | 24 V DC | 20,4 V | 28,8 V | 0,8 A |

Tabla 9. Especificaciones técnicas para el SINUMERIK 840D.

14.9 Etapa de potencia PM340 [17]



Figura 65. PM340 POWER SECTION. Ref. 6SL3210-1SE21-8AA0 (SIEMENS)

Estos dispositivos sin filtro de red integrado son adecuados para la conexión a sistemas tierra - neutro (TN, TT) y no conectados a tierra (IT). Por otra parte, los que tienen el filtro de red integrado son convenientes sólo para la conexión a los sistemas TN, TT.

| Voltaje de línea | Frecuencia de línea | Corriente nominal (OUT) | Corriente máxima (OUT) | Pérdida de potencia |
|------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 380-480 V 3 AC | 47 - 63 Hz | 18 A | 26,4 A | 0,24 Kw |

Tabla 10. Especificaciones técnicas de la etapa de potencia PM340.

14.10 Reactor de línea [16]



Figura 66. LINE CHOKE. Ref. 6SL3203-0CD22-2AA0 (SIEMENS)

Un reactor de línea para módulos de potencia PM340 es diseñada como componente base. Este se inserta en la superficie de montaje y el módulo de

potencia se monta directamente sobre el reactor de línea ahorrando espacio. Los cables al módulo de potencia ya están conectados en este dispositivo, que por su parte está conectado a la red de alimentación a través de terminales.

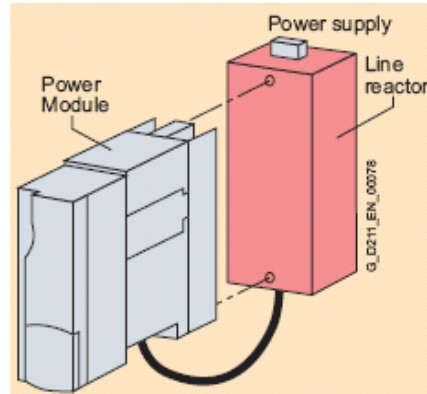


Figura 67. Conexión básica del PM340 con el reactor de línea.

| Referencia | Tensión de alimentación | Corriente nominal | *Pérdida de potencia | Conexión a línea de alimentación |
|--------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|
| 6SL3203-0CD22-2AA0 | 380 ... 480 V 3 AC | 25 A | 118 W | 32 |

*a 60 Hz aproximadamente

Tabla 11. Especificaciones técnicas para el reactor de línea.

Beneficios de los reactores AC:

- Están disponibles como reactores para el inversor y proveen protección para el rectificador de entrada del mismo.
- La vida útil de los condensadores del inversor incrementa, por un factor de 2, cuando se usa un reactor AC comparado con uno DC.
- El comportamiento armónico de un reactor AC permanece casi constante el tiempo completo de vida, en cambio, con el tiempo (meses) el comportamiento armónico de un reactor DC cambia.
- Un reactor AC reduce las posibles disimetrías entre la corriente de fases; en este caso un reactor DC no sería efectivo.

14.11 Unidad de control CU320 [10]



Figura 68. Control Unit. Ref. 6SL3040-0MA00-0AA1 (SIEMENS)

Este mecanismo ha sido diseñado para controlar múltiples unidades, por ejemplo, es capaz de operar hasta seis (6) unidades en el modo de control de Servo. La comunicación, y las funciones de control en lazo abierto y lazo cerrado para uno o más módulos de motor y módulos de línea activa se ejecutan en una unidad de control CU320.

| Voltaje | | Consumo de corriente a 24 VDC | Fusible de protección | Corriente requerida para 24 V DC |
|-------------|-------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Inferior | Superior | | | |
| (-3 ... 5 V | 15 ... 30 V | 10 mA | 20 A máx. | 0.8 A |

Tabla 12. Especificaciones técnicas de la unidad de control CU320 de SIEMENS.

Componentes DRIVE-CLiQ, por ejemplo, módulos de motor y módulos de línea activa, pueden ser conectados a una unidad de control CU320. El número de módulos depende del rendimiento requerido, incluyendo el tipo de destino y funciones adicionales. Si una aplicación requiere más de una unidad de control, el número puede aumentar acordeamente.

Las unidades de control están interconectadas en un control de nivel superior a través de PROFIBUS. Las funciones de seguridad integradas deben ser seleccionadas en dos canales y dos entradas digitales son necesarias para este fin. Este dispositivo cuenta con 1 interfaz PROFIBUS, 1 interfaz de serial RS 232, 8 entradas digitales parametrizables, entre otras características estándares.

14.12 Filtro de línea con inductancia [17]



Figura 69. Line Filter with Choke. Ref. 6SL3000-0FE23-6AA0 (SIEMENS)

Estos componentes se utilizan para proteger los demás dispositivos conectados contra sobretensiones transitorias o continuas, y asegurar que los valores límites prescritos se cumplan.

| Corriente nominal | Pérdida de potencia | Voltaje de alimentación | Frecuencia |
|-------------------|---------------------|-------------------------|------------|
| 67 A | 250 W | 3 fase AC 400...480 V | 60 Hz |

Tabla 13. Especificaciones técnicas del filtro de línea.

14.13 Reactor [17]



Figura 70. Reactor. Ref. 6SN1111-0AA00-0CA1 (SIEMENS)

Los reactores de línea limitan los armónicos de baja frecuencia de la línea, a los valores admisibles. Por esta razón, estos dispositivos siempre deben ser utilizados.

| Voltaje de alimentación | Frecuencia | Corriente nominal (OUT) | Pérdida de potencia |
|-------------------------|------------|-------------------------|---------------------|
| 400-480 V 3 AC | 50/60 Hz | 67 A | 250 W |

Tabla 14. Especificaciones técnicas del reactor.



Realizada la descripción de cada dispositivo, se procedió a revisar el requerimiento de refrigeración para el conjunto dentro de los gabinetes; la tabla Sumatoria de potencia, ubicada la carpeta otra información en los anexos de CD, indican los valores de potencia consumida y perdida, además de el requerimiento de enfriamiento de los dispositivos, no todos tienen indicados estos valores, por lo que era necesario realizar los cálculos de transferencia de potencia. Los valores de las tablas muestran valores tomados directamente de la ficha técnica de cada dispositivo. La labor de estimación de la cantidad de aire refrigerado, no se culminó, debido a recortes de presupuesto en la adquisición de nuevas unidades refrigerantes, por lo que se procedió a enviar los dos (2) aires acondicionados con los que contaba la maquina, a un mantenimiento.

Estos aires acondicionados, no poseen placa con las características técnicas, se reviso en la documentación de planos de la máquina y con esto se obtuvo la corriente y el voltaje de alimentación, con lo cual se procedió a realizar un circuito para corroborar su funcionamiento. Los dispositivos no poseen control de temperatura ya que si la máquina se encuentra encendida estos siempre están trabajando. Según planos si se tenía un control de temperatura por medio de dos termostatos ubicados en los gabinetes tres (3) y cuatro (4), sin embargo, al realizar la revisión de los componentes que se encontraban en la maquina, no se encontraron estos dispositivos.

15. DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y DE CONTROL

15.1 Gabinetes

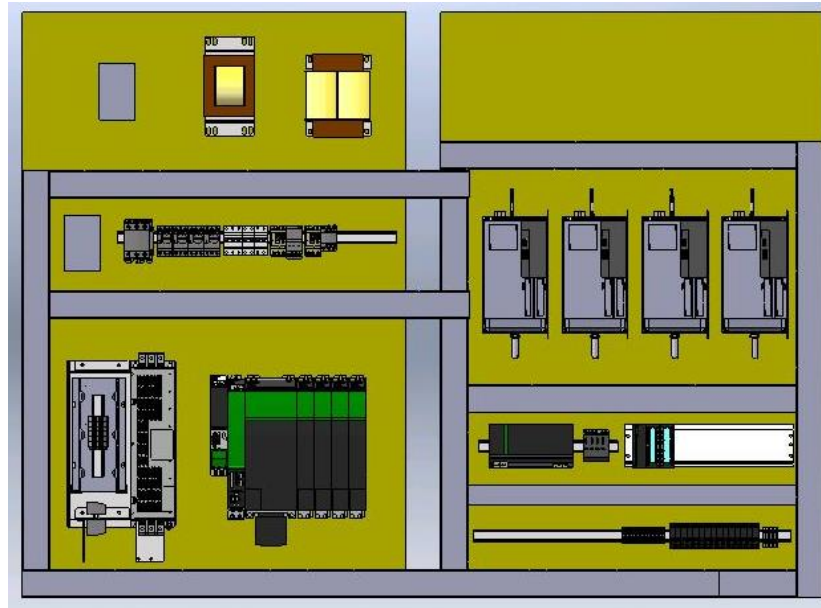


Figura 71. Diseño en SolidWorks de los nuevos gabinetes de control.
Fuente: Autores.

La alimentación total de la máquina viene dada por líneas de 440 volts, con una corriente máxima de consumo con todos los elementos nuevos de 250 A. El nuevo sistema eléctrico y de control, está diseñado de forma tal que, se aprovecharán los espacios que se tenían previamente en la máquina, se reutilizaron dos (2) gabinetes conectados internamente por medio de canaletas. Además de dos (2) tableros ubicados en la segunda y tercera estación, los cuales se encargan, por medio de periféricas descentralizadas, de controlar algunos movimientos y tomar algunas señales provenientes de sensores ubicados en dichas estaciones.

Adicional a esto queda un tablero pequeño con borneras que conectan y mandan las señales de los sensores ubicados en el árbol principal de la mesa; y otro tablero en el estación hidráulica que conecta unos solenoides, y manda las señales de los presostatos e indicadores de nivel de dicho tanque y del módulo de enfriamiento. De los sistemas que se encontraban anteriormente, se reutilizaron dos (2) transformadores con sus respectivas protecciones, los cuales se encargan de alimentar los aires acondicionados y las bobinas de los solenoides.

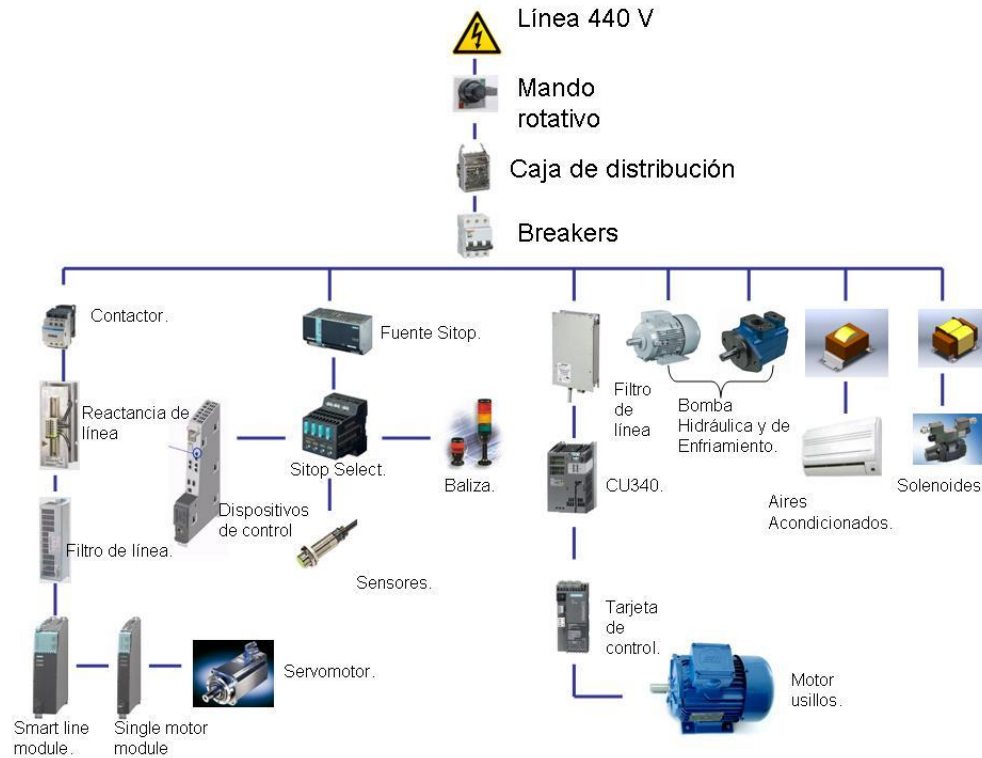


Figura 72. Diagrama general de la conexión de los dispositivos.

Fuente: Autores.

El diseño del cual se partió para realizar la distribución de los componentes, se observa en la imagen anterior, en ella se muestra de manera general la conexión de los dispositivos dependiendo de su funcionamiento; la corriente primero pasa por un totalizador con un mando rotativo acoplado, el cual se conecta a un módulo de barraje distribuidor al que se le adicionan los demás dispositivos, con sus respectivas protecciones.

Para cada elemento de la línea de conexión existe una protección la cual se seleccionó de acuerdo a los datos de consumo suministrados por los fabricantes de dichos dispositivos.

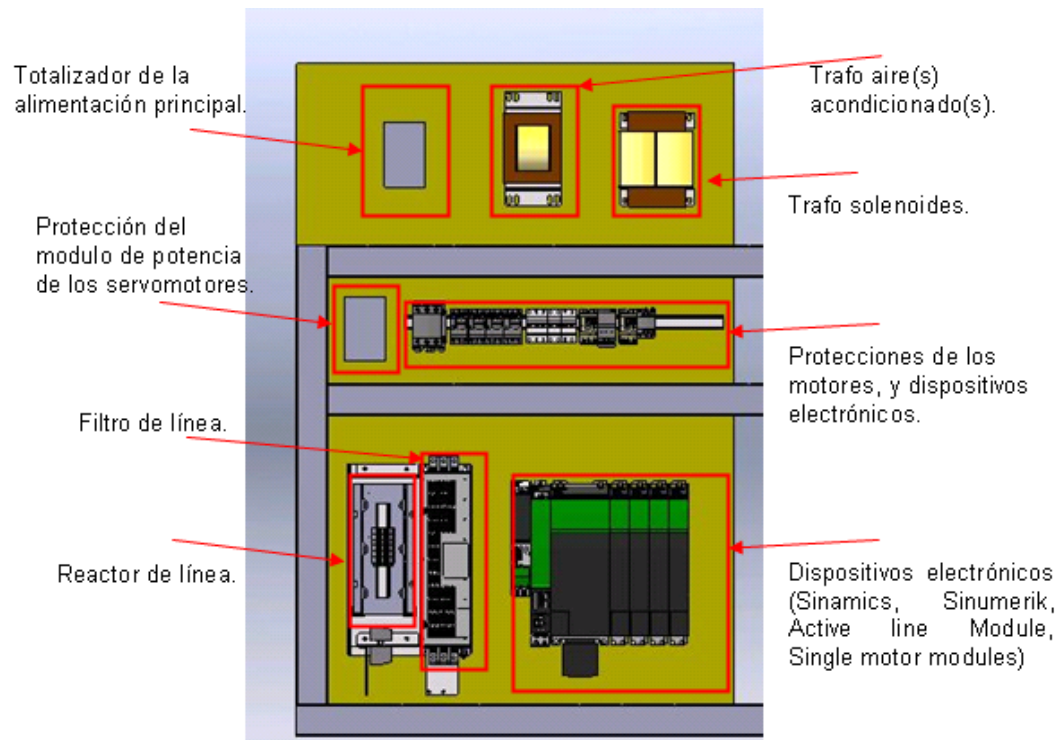


Figura 73. Dispositivos del primer gabinete.
Fuente: Autores.

En el primer fondo falso, quedan ubicadas las protecciones de cada uno de los motores y dispositivos conectados. También se sitúan los elementos encargados del control numérico y el control de los motores. Entre los dispositivos más importantes para el control, se encuentra el módulo SINAMICS encargado del movimiento de los motores de los husillos, el cual manda las señales de control a las tarjetas que se ubican en los módulos de potencia.

El control numérico (SINUMERIK) se encarga del control total de la máquina en cuanto, este es el que tendrá las recetas y las funciones propias de movimiento de los ejes para realizar el fresado.

El *Active Line Module* funciona como una fuente AC – DC, que eleva la potencia trifásica seiscientos 600Volts aproximadamente, diferencial que posteriormente es manejado por los *Motor Single Modules* para los servomotores que se encargan del movimiento de los ejes X y Z de cada una de las estaciones de trabajo (2 y 3).

Según recomendaciones del fabricante, se procedió a realizar el diseño respetando las medidas que aseguran una buena ventilación para garantizar el correcto funcionamiento de los dispositivos.

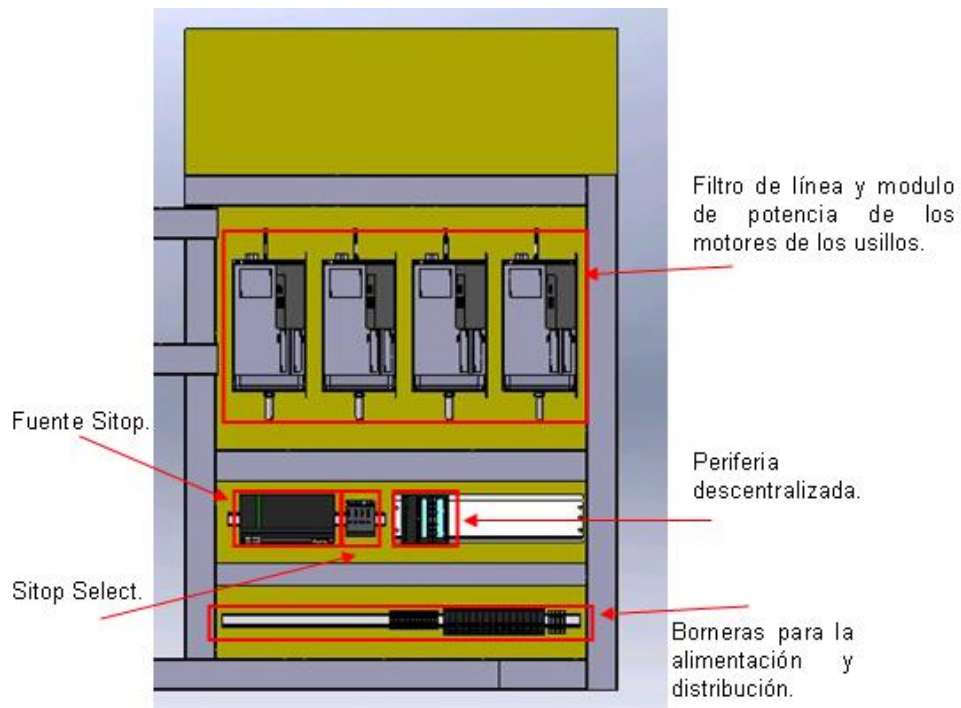


Figura 74. Dispositivos del segundo gabinete.
Fuente: Autores.

El segundo gabinete, tiene la conexión de los demás elementos encargados del control, entre los cuales se encuentran los filtros de línea de cada motor con su respectivo módulo de potencia, a los cuales se le adiciona una tarjeta de control que toma las señales provenientes del SINAMICS y los convierte en acciones que son ejecutadas por el módulo.

Adicional a esto, se encuentra la *Fuente Sitop DC* de 24 V, la cual alimenta todos los dispositivos de control, los módulos de salidas digitales de las periferias descentralizadas, las luminarias, las balizas y los sensores inductivos; anexo a la Fuente Sitop se encuentra un módulo de distribución para los 24 V (*Sitop Select*), el cual consta de cuatro (4) módulos individuales, con protección contra corriente, ajustables para cada canal.

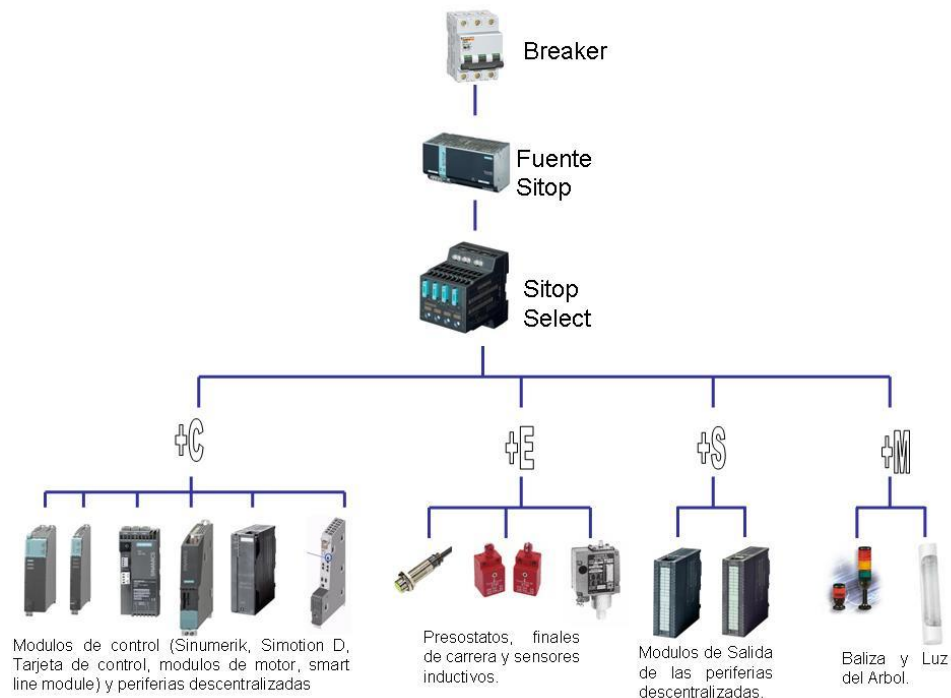


Figura 75. Diagrama general de conexión del módulo de control.

Fuente: Autores.

Para el diseño de la conexión, se decidió que a cada uno de los 4 canales se les denominaría +C, +E, +S y +M, los cuales tendrán conectados diferentes tipos de dispositivos dependiendo de su importancia.

| | |
|-----------|---|
| +C | ACTIVE LINE MODULE |
| | SINUMERIK |
| | MOTOR MODULE (4) |
| | PERIFERIA DESCENTRALIZADA ET200M (3) |
| | MODULO SINAMICS |
| +E | TARJETA DE CONTROL CUA31 (4) |
| | SENSORES Y SEÑALES DE LOS FINALES DE CARRERA. |
| +S | MODULOS DE SALIDA DE LAS PERIFERIAS DESCENTRALIZADAS UBICADAS EN LAS ESTACIONES Y EN EL GABINETE PRINCIPAL. |
| +M | LAMPARAS DE ILUMINACION Y BALIZAS |

Tabla 15. Denotación de la distribución de los dispositivos.

Fuente: Autores.

La periferia descentralizada que se ubica en este gabinete tiene como función, controlar la activación de algunos solenoides y obtener las señales provenientes



de unos sensores de nivel, presostatos y finales de carrera ubicados en las guardas de las puertas de las estaciones.

Los dispositivos que se conectan a la periferia del segundo gabinete principal son los siguientes, denotados por sus respectivos nombres e indicativos según planos originales:

| Dispositivo | Descripción. | Entrada ó Salida anterior. |
|------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Final de carrera | Stat.2 – is up L.H. | E8.0 |
| Final de carrera | Stat.2 – is up R.H. | E8.1 |
| Final de carrera | Stat.2 – is down L.H. | E8.2 |
| Final de carrera | Stat.2 – is down R.H. | E8.3 |
| Final de carrera | Advanced | E8.4 |
| Final de carrera | Returned | E8.5 |
| Final de carrera | Stat.3 – is up L.H. | E8.6 |
| Final de carrera | Stat.3 – is up R.H. | E8.7 |
| Final de carrera | Stat.3 – is down L.H. | E9.0 |
| Final de carrera | Stat.3 – is down R.H. | E9.1 |
| Final de carrera | Advanced | E9.2 |
| Final de carrera | Returned | E9.3 |
| Final de carrera | Rot. Table in pikt. | E5.7 |
| Sensor de nivel | Hydraulic oil available | E3.4 |
| Sensor de nivel | Lubrication oil available | E3.5 |
| Presostato. | Hydraulic filter blocked | E3.3 |
| Presostato. | Rotary table in pos. | E3.6 |
| Presostato. | Rot. Table clamp locked | E3.7 |
| Presostato. | Rot. Table Hamming released | E4.0 |
| Solenoid. | Rot. Table lock clamp. | A0.4 |
| Solenoid. | Rot. Table release Hamming | A0.5 |
| Solenoid. | Rot. Table rapid turn | A0.6 |
| Solenoid. | Rot. Table rapid turn back | A0.7 |
| Solenoid. | Feed of rot. Table turn | A32.4 |
| Solenoid. | Feed of rot. Table turn back | A32.5 |
| Solenoid. | Fill up hydraulic accumulator | PEV1 |

Tabla 16. Dispositivos que se conectan a la periferia del gabinete principal

Fuente: Autores.

Nota: Todo el sistema está comunicado por medio de una red PROFIBUS.

15.2 Tablero de la segunda estación

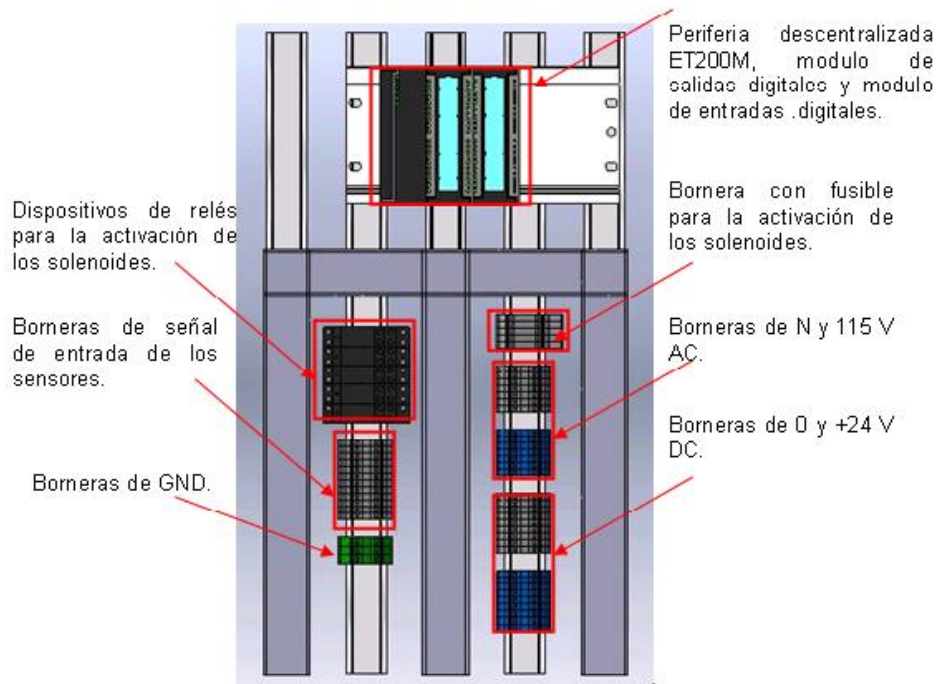


Figura 76. Dispositivos del tablero ubicado en la segunda estación
Fuente: Autores.

En la segunda estación queda una periferia descentralizada que se encarga de tomar señales y accionar unos dispositivos, los cuales se nombran en la **Tabla 17** con los nombres y direcciones denotados según los planos originales.

En esta etapa y como ya se ha dicho antes, se realiza el desbaste de los caminos al interior de la campana donde van las esferas, aquí se encuentran sensores tipo final de carrera que mantiene los ejes dentro de su rango de trabajo y aseguran que las guardas de la estación se encuentre cerradas, algunos presostatos que indican la activación de los solenoides correspondientes y algunos sensores inductivos que marcan las revoluciones de cada uno de los motores de los husillos.

| Dispositivo | Descripción. | Entrada ó Salida anterior. |
|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Final de carrera | Longit. Slide in end pos. | E20.3 |
| Final de carrera | Ref. point longit slide. | E20.4 |
| Final de carrera | Longit slide outsider of area | E20.5 |
| Final de carrera | Cross slide outsider of area | E21.1 |
| Final de carrera | Spindle guard is in | E20.6 |
| Final de carrera | Cross slide in end pos. | E20.7 |
| Final de carrera | Ref. point cross slide | E21.0 |
| Sensor de nivel | Oil for rotary table available | E4.2 |
| Presostato. | Lubrication pressure ok | E4.1 |
| Presostato. | Rotary table lifted | E4.4 |
| Presostato. | Stat.2 -Tools clamped spindle | E18.3 |
| Presostato. | Stat.2 -Tools clamped spindle | E18.4 |
| Solenoides. | Lift Rotary table | A1.0 |
| Solenoides. | Stat.2 - Spindle 1 tool clamp | A9.3 |
| Solenoides. | Stat.2 - Spindle 1 tool unclamp | A9.4 |
| Solenoides. | Stat.2 - Spindle 2 tool clamp | A9.5 |
| Solenoides. | Stat.2 - Spindle 2 tool unclamp | A9.6 |

Tabla 17. Dispositivos que se conectan a la periferia del tablero de la estación N° 2.
Fuente: Autores.

15.3 Tablero de la tercera estación

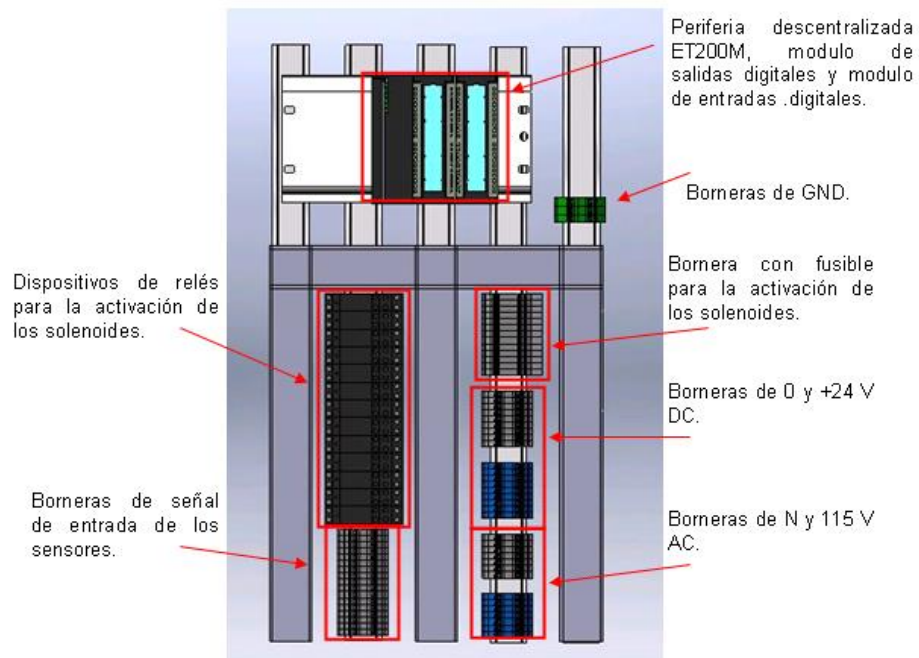


Figura 77. Dispositivos del tablero ubicado en la tercera estación
Fuente: Autores.

La tercera estación posee más sensores y actuadores que la segunda estación, debido a su cercanía física al módulo del tanque hidráulico, razón por la cual gran parte de los solenoides y presostatos que se encargan del movimiento central de la mesa, se encuentran ubicados en esta.

Los dispositivos propios de la estación son cinco (5) solenoides y tres (3) presostatos, los cuales se encargan de tomar las herramientas, ajustarlas y limpiar los residuos de viruta que quedan del fresado. En la **Tabla 18** se indican cada uno de los elementos presentes en este tablero, al igual que su dirección según los planos originales.

| Dispositivo | Descripción. | Entrada ó Salida anterior. | Dispositivo | Descripción | Entrada ó Salida anterior. |
|------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Final de carrera | Long. Slide in end pos. | E27.3 | Presostato. | Stat. 3 – tools clamped spindle 1 | E25.3 |
| Final de carrera | Ref. point longit slide | E27.4 | Presostato. | Stat. 3 – tools | E25.4 |
| Final de carrera | Long slide outside of area | E27.5 | Solenoide. | Stat.1 – Clamp | A0.0 |
| Final de carrera | Rotary table stop in position | E4.5 | Solenoide. | Stat.1 – unclamp | A0.1 |
| Final de carrera | Rotary table turn back | E4.6 | Solenoide. | Stat. 2+ 3 – clamp | A0.2 |
| Final de carrera | Spindle guard is in | E27.6 | Solenoide. | Stat. 2+3 – unclamp | A0.3 |
| Final de carrera | Cross slide in end pos. | E27.7 | Solenoide. | Part index lower | A1.1 |
| Final de carrera | Ref. point cross slide | E28.0 | Solenoide. | Part Index lift | A1.2 |
| Final de carrera | Cross slide outside of area | E28.1 | Solenoide. | Part index advance | A1.3 |
| Presostato. | Rotary table in on stop | E4.3 | Solenoide. | Part index return | A1.4 |
| Presostato. | Stat.1 – clamped | E4.7 | Solenoide. | Spindle 1 tool clamp | A10.1 |
| Presostato. | Stat.1 – unclamped | E5.0 | Solenoide. | Spindle 1 tool unclamp | A10.2 |
| Presostato. | Clamped stat. 2+3 | E5.1 | Solenoide. | Spindle 2 tool clamp | A10.3 |
| Presostato. | Lowering press index mechanism | E5.2 | Solenoide. | Spindle 2 tool unclamp | A10.4 |
| Presostato. | Transfer press index mechanism. | E5.3 | Solenoide. | Clean off part | A10.5 |

Tabla 18. Dispositivos que se conectan a la periferia del tablero de la estación N° 3.

Fuente: Autores.

15.4 Tablero de mando

El tablero de mando es la interfaz entre el operador y el controlador para realizar las operaciones de la máquina. Desde este tablero, se seleccionan las recetas dependiendo del número de parte de la pieza de junta fija que se vaya a trabajar.



Figura 78. Diseño en SolidWorks del tablero de mando.
Fuente: Autores.

Este dispositivo consta de una pantalla y un teclado conectado a una PCU, que se encarga de administrar toda la interfaz. El modulo posee anexo tres (3) entradas USB y un panel móvil acoplado a una caja de conectividad, conectado directamente al SINUMERIK por medio de protocolo *profinet*.



Figura 79. Panel móvil
Fuente: Modelo CAD SIEMENS

15.5 Diagrama de conexión para motores [18]

El sistema de conexión de los dispositivos, sigue las especificaciones técnicas dadas por el fabricante. El siguiente diagrama, muestra la forma de conectar los módulos de motores.

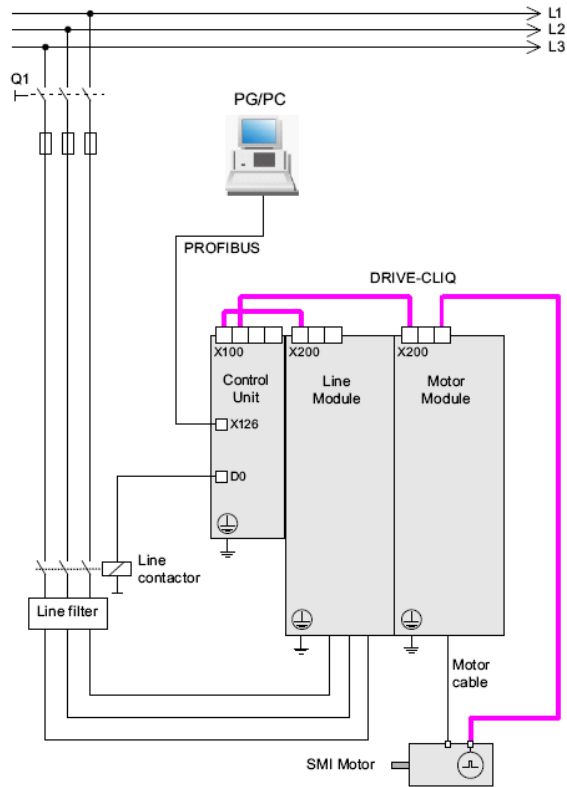


Figura 80. Diagrama de conexión para control y potencia de los motores.

Todos los sistemas de conexión de los dispositivos, siguen las especificaciones técnicas dadas por el fabricante. Estas conexiones vienen descritas en el manual de los dispositivos SINAMICS 120, con la normativa internacional de conexiones eléctricas y electrónicas IEEE.



16. PROPUESTA DE MEJORA.

En el estudio realizado anteriormente a la máquina no se tuvieron en cuenta el correcto funcionamiento de los sensores dispuestos, motivo por el cual, durante el retrofit que se está realizando se hizo una revisión minuciosa de cada uno de los dispositivos desde, los finales de carrera hasta los sensores inductivos. Durante este proceso, se concluyó que algunos dispositivos se pueden reutilizar, y con un mantenimiento que se realizó se pudo recuperar su funcionalidad, mas sin embargo, como tarea de ingeniería, se aconseja el cambio de los sensores inductivos y los sensores de nivel, ya que estos como tal, presentan unos comportamientos irregulares en la respuesta al sensado, adquiriendo valores de salida con voltajes negativos, con lo cual al momento de implementar el control, se desconoce la respuesta que tenga el controlador a estos valores.

En la mesa principal de la máquina, los movimientos para la posición Cero, están dados por un motor hidráulico, que por medio de una válvula de frenado y unas válvulas reguladoras de caudal, permite modificar la velocidad de movimiento de la mesa y el frenado de esta para el cambio de movimiento. Varios de los problemas que se han tenido a la fecha, vienen dados por fallas en los sellos del motor y de las válvulas, que no permitían el correcto funcionamiento del circuito hidráulico. Aunque, a la fecha los inconvenientes ya se han superado, se propone la implementación de un servomotor, en reemplazo del motor hidráulico, debido a que este, permite un mejor control del movimiento y disminuye la probabilidad de fallas en la parte hidráulica.

Según las especificaciones del motor hidráulico que actualmente posee la máquina, se necesitaría un servomotor de las siguientes características:

| Marca | Velocidad | Torque | Tipo de encoder | Descripción |
|--------------|------------------|---------------|------------------------|--------------------|
| Siemens | 60 RPM | 1900 N.M | DriveCliq | Caja reductora. |

En los demás dispositivos, se le ha realizado un mantenimiento y una limpieza que asegurará su correcto funcionamiento una vez que la maquina este en marcha.

En los demás dispositivos, se le ha realizado un mantenimiento y una limpieza que asegurará su correcto funcionamiento una vez que la máquina este en marcha. Esta tarea constó de abrir todos los dispositivos y realizarles una limpieza de suciedad que poseían en los contactores, lo cual no permitía la activación de las señales. Esto ahorró €350 a la compañía, ya que de comprar estos dispositivos los valores por ser venta extranjera, no pueden ser menores a 250€.



17. CONCLUSIONES

- Debido a un procedimiento poco efectivo de logística al momento en el que a la empresa se le realizó la entrega de la máquina, comprada a DANA Corporation hacia el 2004 aproximadamente, y durante el periodo que esta lleva allí, se tiene documentación incompleta de la fresadora referente a planos eléctricos.
- La comprensión de un libro que cuenta con la descripción de los procesos realizados en la fresadora se logró en un periodo de tiempo más largo que el esperado, ya que, como la máquina es de fabricación alemana, esta información se tiene en este mismo idioma. También, el análisis del programa de control con el que cuenta el área de automatización tomó mucho tiempo, pues es bastante extenso y tiene en cuenta una parte de la lógica cableada.
- Se pudo realizar una descripción de modo general en como operaba la máquina, con lo cual se pudo realizar pruebas anexas con un tablero de control en el cual se simularon los movimientos de la mesa principal y el anclaje y desanclaje de las unidades que posicionan las juntas fijas que van a ser mecanizadas; con lo cual en colaboración del practicante de mecánica se pudo comprobar el funcionamiento de los módulos hidráulicos y de los actuadores eléctricos y sensores que se encuentran en la máquina.
- Los dispositivos que estaban implementados en los seis (6) gabinetes y seis (6) tableros de control fueron removidos en su totalidad, inventariados y almacenados como componentes de reserva ante alguna posible falla de cualquier máquina en la planta. Cabe aclarar que se reutilizaron unas protecciones y dos (2) transformadores que suplirán solenoides y aires acondicionados en los nuevos gabinetes.
- Se realizó un mantenimiento detallado de cada uno de los dispositivos que se reutilizaron, nombrados anteriormente, para comprobar su correcto funcionamiento y evitar futuros fallos en los circuitos de conexiones.
- De la misma manera que se reutilizaron ciertos componentes eléctricos, se llegó a la conclusión de diseñar y construir el interior de los nuevos tableros y gabinetes tomando como base las medidas externas de los mismos para volver a implementarlos y reducir gastos.



18. BIBLIOGRAFÍA

- Documentación del programa original de la Fresadora Ex – Cell – O XG 610 CN. [1]
- Planos eléctricos del Fabricante de la Fresadora Ex – Cell – O XG 610 CN. [2]
- Documento Corporativo JUNTAS HOMOCINETICAS ¿de dónde viene ese ruido?, almanaque 5, Autor: Dana – Transejes Colombia. Tomado directo de la empresa. [3]
- Documento Corporativo EJES HOMOCINETICOS, ¿Qué son? ¿cómo funcionan?, almanaque 1, Autor: Dana – Transejes Colombia. Tomado directo de la empresa. [4]
- Documento Corporativo EJES HOMOCINETICOS ¿Cuál es su tipo?, almanaque 2, Autor: Dana – Transejes Colombia. Tomado directo de la empresa. [5]
- Documento Corporativo JUNTAS HOMOCINETICAS ¿Cuáles son los componentes de una junta homocinética?, almanaque 3, Autor: Dana – Transejes Colombia. Tomado directo de la empresa. [6]
- Fuente de alimentación SITOP. Catalogo KT 10.1-2009 PDF. Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [7]
- Sinumerik, Sinumerik 840D sl NCU manual PDF. Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [8]
- Sinamics S120, Booksize power units Equipment manual PDF 11/2009 Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [9]
- Sinamics 120 Control Units PDF. Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [10]



- Sinumerik System 3, Electronic Gearing. PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [11]
- Sinumerik System 3, Operating Instructions PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [12]
- Sinumerik 3T/3TT, Basic Version 4C, Programming Guide PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [13]
- Conductores Electricos PDF, Autor: Procobre, Lima (Peru) [14]
- Simatic, sistema de periferia descentralizada ET200M instrucciones de servicio PDF, , Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [15]
- Sinamics S120, Load-side power components –motor reactors for blocksize format PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [16]
- Sinamics S120, Power modules and line-side components–power modules in blocksize format PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [17]
- Sinamics S120, Motor Modules – Motor Modules PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [18]
- S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos - manual de producto PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [19]
- Sinumerik 840 sl, NCU manual PDF, Autor: Siemens Industry. Fuente:
<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo2&aktprim=99&lang=es> [20]



- Squared industrial control products class 9012, Squar D industry. [21]
- Componentes Esenciales. Catalogo Rockwell Automation Allen Bradley [22]
- Catalogue 2007-2008 legrand, PRODUCTS AND SYSTEMS FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS AND INFORMATION NETWORKS [23]
- DANA TRANSEJES COLOMBIA. Fuente: <http://www.transejes.com/> Consultado en web [24]