



Implementación de un Sistema SCADA para la Planta Piloto “Evaporador de doble Efecto” de la Universidad de Pamplona

Gabriel Triana Osorio

Universidad de Pamplona

Director

PhD. Aldo Pardo García

La correspondencia relacionada con este proyecto debe ser dirigida a Gabriel Triana

Universidad de Pamplona, Km 1 Vía Bucaramanga

Programa de Ingeniería Mecatrónica

Pamplona, 2018

Contacto: gabriel triana osorio@gmail.com

Este trabajo es dedicado a Nixza Janeth Osorio Sanchez, y Gabriel Triana Suarez por su apoyo en el trascurso de este trabajo, y a lo largo de mi vida.

A María Emilia Suarez por creer siempre en lo que hago.

A Karen Lizeth Triana Osorio por acompañarme en todos los momentos ya sean malos o buenos.

Agradecimientos

Agradezco al profesor Aldo Pardo García, por suministrarme la ayuda oportuna con la cual logré resolver varios problemas, también al profesor Diego José Barrera Oliveros y la profesora Jacqueline Corredor Acuña quienes me asesoraron de forma oportuna cuando lo necesité, así como al personal de la universidad que me ayudó con los recursos necesarios (disposición de la planta, y herramientas) para la toma de datos e instalación del proyecto.

Índice general

Índice general	4
Lista de Imágenes	8
Lista de Tablas.....	10
Resumen del proyecto IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA.....	11
Introducción.....	12
1 Planteamiento del problema y justificación	14
1.1 ¿Por qué usar un PLC?	15
2 Objetivos	18
2.1 Objetivo General	18
2.2 Objetivos específicos	18
3 Marco teórico y estado del arte	19
3.1 Evaporador	19
3.1.1 Tipos de evaporadores.....	20
3.1.1.1 Evaporadores calentados por vapor o evaporadores sencillos.	20
3.1.1.2 Evaporadores tubulares horizontales.....	21
3.1.1.3 Evaporadores de tubos verticales	22
3.2 Controlador lógico programable	23
3.3 Contactor	24
3.4 Relé de estado sólido.....	25
3.5 Disyuntor de sobrecarga.....	26
3.6 Interruptor automático magnetotérmico.....	27
3.7 Sistema SCADA	27
3.8 Termopar	28

4	Capítulo 1	30
4.1	Caracterización de la instrumentación en los lazos de control	30
4.2	Descripción de componentes.....	34
4.2.1	Evaporadores (E1 y E2)	34
4.2.2	Pre-calentador de alimento (L1).....	35
4.2.3	Condensador (L2).....	35
4.2.4	Mirilla.....	35
4.2.5	Tanque de alimento (T1)	36
4.2.6	Tanques de condensado (T2-T3).....	36
4.2.7	Tanques de producto (T4-T5)	36
4.2.8	Trampa de vacío (T6).....	36
4.2.9	Bomba de alimentación al sistema (B1).....	37
4.2.10	Bomba de alimentación entre efectos (B2)	37
4.2.11	Bomba de vacío (B3).....	37
4.2.12	Medidor de flujo (M1).....	38
4.2.13	Mano – vacuómetro.....	38
4.2.14	Manómetro	38
4.2.15	Sensor de nivel tipo flotador	38
4.2.16	Trampa de vapor.....	39
4.2.17	Termocupla tipo K	40
4.2.18	Válvula tipo bola	41
4.2.19	Válvula tipo globo	42
4.2.20	Válvula tipo cortina.....	43
5	Capítulo 2.....	44
5.1	Selección de componentes	44

5.1.1	Descripción de proceso	44
5.1.2	Intercambiador de calor con dos efectos, configuración en paralelo.	45
5.1.3	Calculo de corriente	47
5.1.4	Costos	48
5.1.5	Criterios de selección en los componentes.....	50
5.1.5.1	Breaker 220v	50
5.1.5.2	Breaker 110v	51
5.1.5.3	Disyuntor guardamotor	51
5.1.5.4	Contactador	52
5.1.5.5	Fuente	52
5.1.5.6	Relé.....	52
5.1.5.7	Controlador lógico programable	53
5.1.5.8	Cable.....	53
5.1.5.9	Material del cofre	54
6	Capítulo 3.....	55
6.1	Diseño y construcción del cofre.....	55
6.1.1	Diseño del cofre	55
6.1.2	Diseño del cableado en el cofre.....	59
6.1.3	Proceso de construcción.....	61
7	Capítulo 4.....	65
7.1	Diseño del sistema SCADA	65
7.1.1	Narrativa de control.....	65
7.1.2	Diseño de interfaz.....	67
7.1.3	Programación de la interfaz.....	69
7.1.4	Programación del PLC	71

7.1.5	Programación del OPC.....	74
8	Capítulo 5.....	76
8.1	Pruebas e instalación.....	76
	Conclusiones.....	85
	Recomendaciones.....	87
	Referencias.....	88
	Anexos.....	92

Lista de Imágenes

Figura 1. Evaporación Simple	20
Figura 2 Evaporador sencillo	21
Figura 3 Evaporador de Tubos Horizontales	22
Figura 4 Evaporador de Tubos Verticales.....	23
Figura 5. Relé para cargas en CC.....	25
Figura 6.Relé para cargar en CA.....	26
Figura 7.Termopares, composición y margen de temperatura.....	29
Figura 8. Símbolo del termopar	29
Figura 9. Sensor tipo flotador	39
Figura 10. Trampa de vacío	40
Figura 11. Termocupla tipo K.....	41
Figura 12. Tabla de equivalencias Celsius – Milivoltios	41
Figura 13. Válvula de Bola	42
Figura 14. Válvula de Globo.....	43
Figura 15. Válvula tipo cortina	43
Figura 16. P&ID Evaporador doble efecto	45
Figura 17. Lámina base.....	55
Figura 18. Base para realizar el montaje.....	56
Figura 19.Estructura del cofre.....	57
Figura 20.Cofre armado sin puerta vista frontal	57
Figura 21.Cofre terminado vista frontal.....	58
Figura 22.Cofre terminado en vista lateral.....	58
Figura 23. Circuito del cofre	60
Figura 24. Simulación del programa en Ladder.....	61
Figura 25.Ensamble y construcción de la lámina base	62
Figura 26.Ensamble de la lámina base terminado.....	62
Figura 27. Proceso de fabricación de la estructura del cofre	63
Figura 28. Remoción de esquirlas.....	63

Figura 29. Ensamble	64
Figura 30. Montaje de circuito final.....	64
Figura 31. Ensamble finalizado	64
Figura 32. Interfaz.....	69
Figura 33. Primera parte de la programación en la interfaz.....	70
Figura 34. Segunda parte de la programación en la interfaz.....	71
Figura 35. Variables usadas en el PLC	72
Figura 36. Programa en Ladder.....	74
Figura 37. Configuración del OPC	75
Figura 38. Conector Nema L15-20	76
Figura 39. Conexión de los contactores a los motores.....	77
Figura 40. Armario de control principal	78
Figura 41. Caja de conexiones en Bomba 1.....	79
Figura 42. Caja de conexiones en Bomba 2.....	79
Figura 43. Conector en bomba de vacío.	80
Figura 44. Conexión, sensores de nivel	80
Figura 45. Conexión armario principal	81
Figura 46. Conexión, armario secundario.....	81
Figura 47. Verificación del breaker general.....	82
Figura 48. Encendido del proyecto	82
Figura 49. Verificación, paro de emergencia.....	83
Figura 50. Primera verificación, encendido de la bomba tres (B3)	83
Figura 51. Segunda verificación, encendido de las bombas uno y tres (B1, B3)	84
Figura 52. Válvulas de entrada del vapor	87

Lista de Tablas

<i>Tabla 1.</i> Instrumentos que componen el evaporador	30
<i>Tabla 2.</i> Valores del motor QVP-800	47
<i>Tabla 3.</i> Valores del motor 1LA7,073-4YA60	47
<i>Tabla 4.</i> Consumo en Amperios de los componentes	48
<i>Tabla 5.</i> Consumos finales	48
<i>Tabla 6.</i> Tabla de Costos	49

Resumen del proyecto IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA

En la presente investigación tiene como objetivo general la automatización de la planta piloto “Evaporador de Doble Efecto” adquirida por la Universidad de Pamplona para el desarrollo de proyectos de investigación. Con la necesidad de tener un equipo para realizar pruebas de control industrial, se decide crear una base sobre la cuál puedan trabajar futuros compañeros, además de contribuir al mejoramiento progresivo de la misma.

El proyecto siguió un modelo de investigación proyectiva, fundamentada con un diseño de fuente mixta, en donde se hizo un trabajo de documentación tales como la inspección los componentes con los que cuenta la planta y exploraciones de campo para realizar un estudio y comprensión del funcionamiento operacional de la misma, determinando de esta forma los materiales y software que cumplan las características necesarias para la implementación del sistema, culminando con la implantación de un sistema SCADA utilizando un Controlador Lógico Programable y el software Intouch de la Wonderware en el proceso de evaporación doble efecto, se construye el módulo para el control, protección, contactores del sistema de mando y control, concluyendo que hay varios programas que necesitaban poder implementar diferentes investigaciones a la misma y se veían retenidos por la falta de un proyecto de este tipo, el cual permite enlazar la planta a un software.

Palabras claves: Evaporador doble efecto, Controlador lógico programable, contactor, relé de estado sólido, Disyuntor de sobrecarga, Interruptor Automático magnetotérmico, sistema SCADA, Termopar.

Introducción

El proceso de actualización de los recursos físicos es algo de vital importancia en una empresa o institución, ya que esta permite estar a la vanguardia de lo que acontece en el país, permitiendo a la empresa ser competente ante la creciente demanda que hay en el mercado, así como mayor exigencia en la calidad de los productos, además de esto provee mejor funcionalidad en los recursos físicos y contribuye a optimizar la producción en la misma. Analizando desde el punto de vista de la Universidad de Pamplona, la cual cuenta con varias plantas repartidas en diferentes programas, la mayoría cuentan con la característica común de una falta de actualización en su estructura física y funcionamiento, desaprovechando la posibilidad de poder llegar a elaborar un producto propio, generando ingresos adicionales a esta lo cual en paralelo estaría fomentado a la cooperatividad entre carreras además de acrecentar la investigación en la misma.

Hablando desde el punto de vista de la industria de alimentos, los evaporadores son ampliamente demandados, ya que con estos se pueden elaborar diferentes tipos de jugos, soluciones acuosas, concentrados de frutas, y desalinización del agua, este se basa en la separación de un disolvente volátil y de un soluto no volátil por medio de una vaporización controlada del disolvente, utilizando comúnmente agua a bajas presiones para esto, aunque pueden llegar a usarse gases de combustión para realizarla (Cardona, Hoyos, & Zapata, 2007).

La automatización en procesos industriales ayuda a aumentar la Flexibilidad de fabricación en distintos procesos industriales, contribuyendo a la adecuación a creciente demanda por parte del consumidor, así como a la integración de tecnología en posteriores mejoras a la planta, mejorando tiempos de fabricación y calidad en estos.

La implementación de estos equipos en la industria han incidido muy fuertemente al aumento de productividad y disminución del desaprovechamiento de las materias primas, tal es el uso que se les da en la industria, que es posible afirmar que prácticamente el 100% la producción industrial mundial es controlada por sistemas de controles automáticos o semi automáticos, tendiendo a futuro a la implementación de mejor tecnología, la cual permita un control totalmente automático, con posibilidades de diversificación en cuanto a la producción en la planta (Camilla, L., 2006).

1 Planteamiento del problema y justificación

Actualmente la automatización de plantas industriales es cada vez más un hecho en la sociedad, los requerimientos del consumidor son cada vez más exigentes, la población aumenta y los niveles de producción aumentan, es por eso por lo que es indispensable que un ingeniero que salga a laborar en el área tenga un contacto a si sea mínimo, con lo que tendrá que trabajar en la industria. El tema antes mencionado afecta también a la Universidad de Pamplona, los estudiantes cuentan con una creciente necesidad de interactuar con plantas automatizadas, y el requerimiento mínimo que ha de tener una planta para implementación de posteriores estrategias de control, es un PLC.

Romero (2004) habla de la falta de una política industrial en Colombia que esté enfocada a determinadas áreas de desarrollo, genera que los diferentes sectores en la industria no tengan unos objetivos claros en inversión. Estos factores y la falta de cimientos en la parte manufacturera han fomentado a que se dependa de otros países desarrollados para el desarrollo en esta área.

La Universidad de Pamplona con el fin de acercar a sus estudiantes al mundo industrial adquiere para sus instalaciones algunas plantas piloto, una de ellas es el “evaporador de doble efecto” planta con la cual se pretende desarrollar prácticas de laboratorio con el estudiantado, la cual cuenta con un solo lazo de control de nivel On/Off, lo cual genera una calidad inferior a la esperada con respecto al producto deseado, los tiempos de prácticas se extienden, los riesgos hacia el operador

aumenten(se manejan altas temperaturas), creando incluso una posibilidad de accidente al momento de maniobrarla. Todo esto crea una problemática puesto la universidad cuenta con carreras de posgrado en temas relacionados con la automatización, y el hecho de tener una planta que no tenga ningún tipo de control, además de mencionar el hecho de que el manejo On/Of conlleva un mayor riesgo para su manejo.

Una gran parte de la energía utilizada en la industria es usada en procesos de secado, en donde evaporadores son requeridos para la elaboración de una gran cantidad de productos. Al momento de diseñar un control preciso de los evaporadores exige un mayor control de la planta para de esta forma llegar a los valores que se establecieron para el producto final (Echeverri, 2005).

Una vez expuesto lo anterior se plantea la implementación de un sistema SCADA mediante el cual se pueda realizar la simulación del proceso, para que posteriormente puedan llegar a implementarle la instrumentación necesaria otros compañeros, interactuando así con instrumentación que se encontrará en la industria y realizar la respectiva conexión con el PLC.

1.1 ¿Por qué usar un PLC?

En la industria cada vez es más común el uso de Controladores Lógicos programables, ya que se ha visto que son bastantes robustos, además de reducir en gran cantidad la complejidad de la programación en una planta, estos dotan de seguridad y facilitan el mantenimiento preventivo que se ha de realizar cada

determinado tiempo a la planta, reduciendo tiempos inactivos de servicio. Electrónica Unicrom (2016).

Un aspecto importante desde el punto de vista de investigación es que con la implementación de un PLC se pueden llegar a implementar diferentes tipos de control, como por ejemplo los controladores lógicos, los cuales ya se han venido trabajando en el área desde hace tiempo a causa de la necesidad de realizar controles que conlleven un aprendizaje parecido al humano (Tremante & Brea, 2014). Ya en otras Universidades Nacionales se ha estado trabajando con el control de Evaporadores doble efecto en los que se vio un claro mejoramiento en el proceso, disminuyendo tiempos de operación y mejor calidad de los resultados al no sobrepasar las concentraciones que se especificaron para un determinado producto. Este indicio ha de servir de ejemplo a la Universidad para empezar a motivar este tipo de investigaciones a los estudiantes que desean profundizar en el área de automatización, ofreciéndoles la posibilidad de experimentar de forma práctica el control sobre una planta, dándoles de esta manera una noción de cómo será una posible experiencia futura en su vida laboral.

Se han venido planteando diferentes proyectos sobre la planta, los cuales en ocasiones no se pueden llevar a un mayor nivel a causa de la ausencia de un PLC que permita realizar controles como lo son el control PID o incluso Fuzzy, esto ha provocado que los proyectos que se han venido trabajando sobre esta no tengan un progreso escalonado, en donde se evidencie cada una de las mejoras o investigaciones que se trabajaron, por lo tanto al momento de trabajar con esta solo se encuentran

evidencias de proyectos trabajados en diferentes parámetros, sin llegar a tener algo sólido que los agrupe a todos y permita plantear proyectos basados en lo ya trabajado, generando beneficios no solo para un programa si no varios, puesto que algunos programas como lo puede ser Ingeniería Química, contarían con un recurso de mejor calidad con el que podrán hacer sus prácticas, el programa de Ingeniería de alimentos se vería beneficiado al poder realizar un producto en una planta de tipo industrial, Ingeniería Mecatrónica en conjunto con los demás programas que ofrece la universidad llegarían a generar un gran aumento en la cooperación entre programas, trabajando en proyectos interdisciplinarios que lograrían un crecimiento en los respectivos programas

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

- ✓ Implementar sistema SCADA en la planta piloto “evaporador doble efecto” de la Universidad de Pamplona

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar la instrumentación requerida para los lazos de evaporación.
- ✓ Realizar el programa en Ladder para el control del PLC.
- ✓ Diseño de la HMI para la planta.
- ✓ Validar el funcionamiento del sistema SCADA de la planta piloto “evaporador doble efecto”.

3 Marco teórico y estado del arte

3.1 Evaporador

El objetivo principal de este es el de aumentar la concentración de sólido que se encuentra en la solución, para esto busca el aumento de la temperatura por medio del aumento de temperatura en la solución hasta un porcentaje especificado o requerido de disolvente (Ortiz I. B. and Iturria I. M. B., 2015) Los sistemas de evaporadores industriales normalmente cuentan con:

- I. Un intercambiador de calor con el cuál se reduce el porcentaje de disolvente en la solución a concentrar (normalmente se utiliza vapor saturado, aunque pueden usarse gases de combustión para casos especiales).

- II. Un separador en donde el vapor se aparta de la parte líquida concentrada (aquellos sistemas que funcionan a presión atmosférica pueden llegar a omitirse el separador).

- III. Un condensador, con el cuál se condensar el vapor y así poder eliminar el agua condensada del sistema (Ordoñez, Hernández & Pedraza 2012).

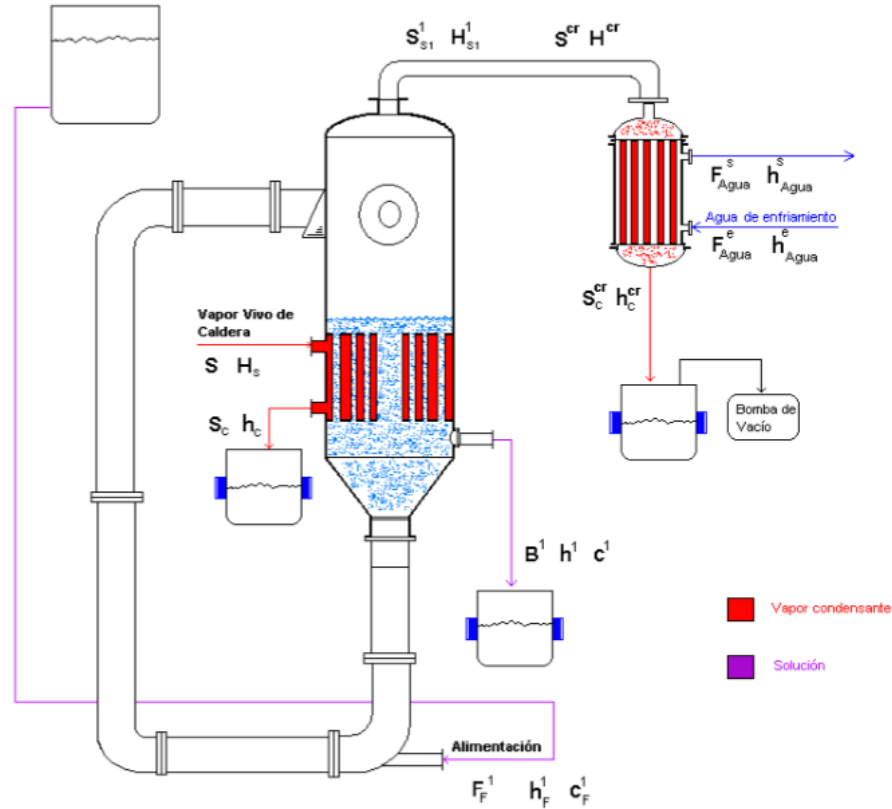


Figura 1. Evaporación Simple

Fuente: (Echeverri, 2005).

3.1.1 Tipos de evaporadores

3.1.1.1 Evaporadores calentados por vapor o evaporadores sencillos.

Estos son recipientes de forma semiesférica dotados de un doble fondo con el fin de generar una mejor circulación del vapor, utilizado en procesos en los que se requiere de un encendido y apagado con bajas tasas de producción. Estos pueden llegar a ser abiertos o cerrados de acuerdo con los requerimientos de fabricación, pudiéndose trabajar a presión atmosférica o vacío, usándose este último en producción de productos delicados que puedan verse afectados con alguna leve variación en la especificación requerida. Pueden llegar a encontrarse agitadores en

procesos en donde se requiera acelerar el proceso. El doble fondo también puede encontrarse en forma de serpentines (Valiente, 2013).

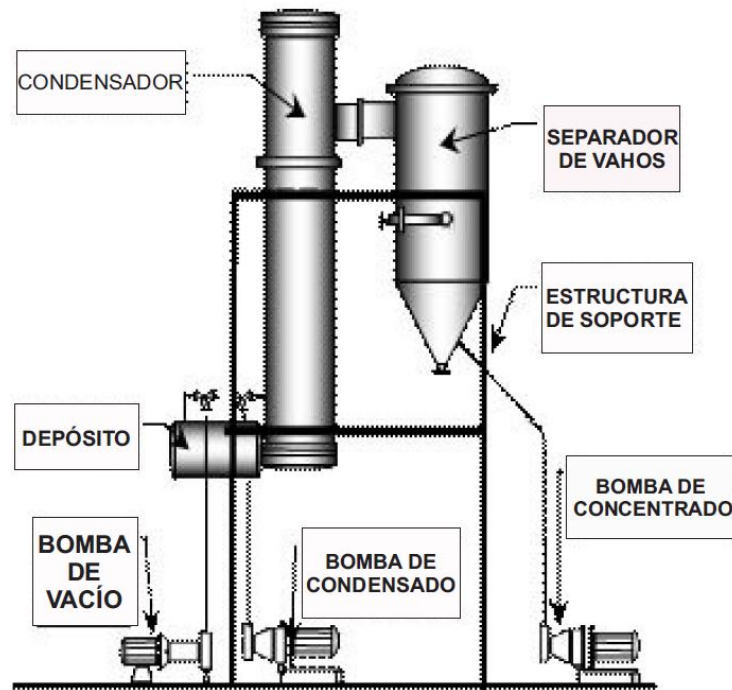


Figura 2 Evaporador sencillo

Fuente: (Rubio, Chernikoff, Muñoz, & Sini, 2007)

3.1.1.2 Evaporadores tubulares horizontales.

El uso de estos viene relacionado con la necesidad de aumentar la superficie de calefacción de tal manera que las dimensiones de este no se vean muy afectadas. Estos son usados en soluciones las cuales no generen incrustaciones o depositen sales, y que además de esto cuenten con un bajo índice de viscosidad, esto es necesario de tener en cuenta a causa de la dificultad que presentan estos equipos a la

hora de realizarles una limpieza. Los tubos de estos evaporadores son de 7/8 a 1.25 pulgadas de diámetro con longitudes de entre 4 a 12 pies (Pérez, Berná, & Gil, 2004).

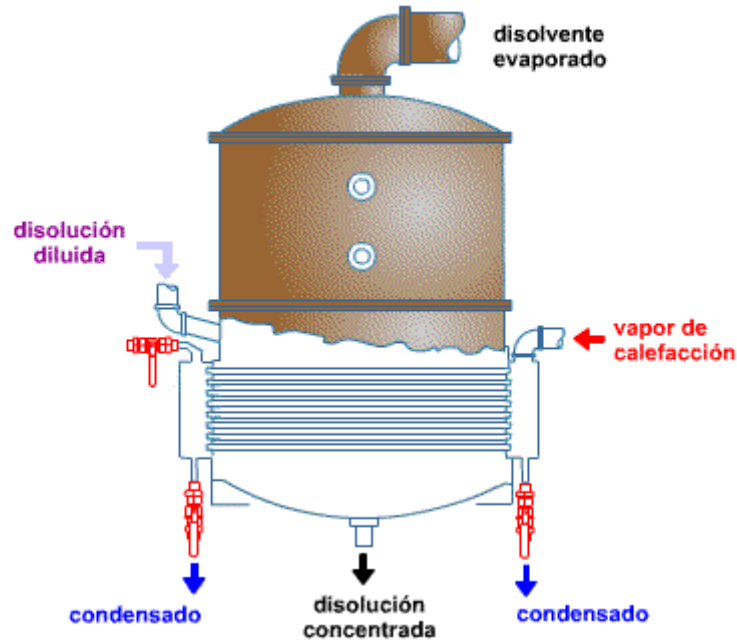


Figura 3 Evaporador de Tubos Horizontales

Fuente: (Rubio et al, 2007)

3.1.1.3 Evaporadores de tubos verticales

Estos pueden llegar a contar con tubos de diferente longitud, pudiendo ser cortos o largos, dependiendo del uso que se les requiera dar. Este tipo de evaporadores cuenta con un mejor rendimiento que los evaporadores tubulares horizontales, es por este motivo que los han ido remplazando en la industria. Uno de los más usados es el de calandria, el cual está formado por un cuerpo cilíndrico que en su parte inferior está conformado por una serie de tubos dispuestos de forma vertical, con dos placas perforadas en donde los agujeros están realizados con la disposición Antonio Valiente

Barderas 419, acoplándose así los tubos por donde circulará el fluido a concentrar, formando así estos la cámara de calefacción. Estos tubos son calentados exteriormente por medio de vapor de agua (Valiente, 2013).

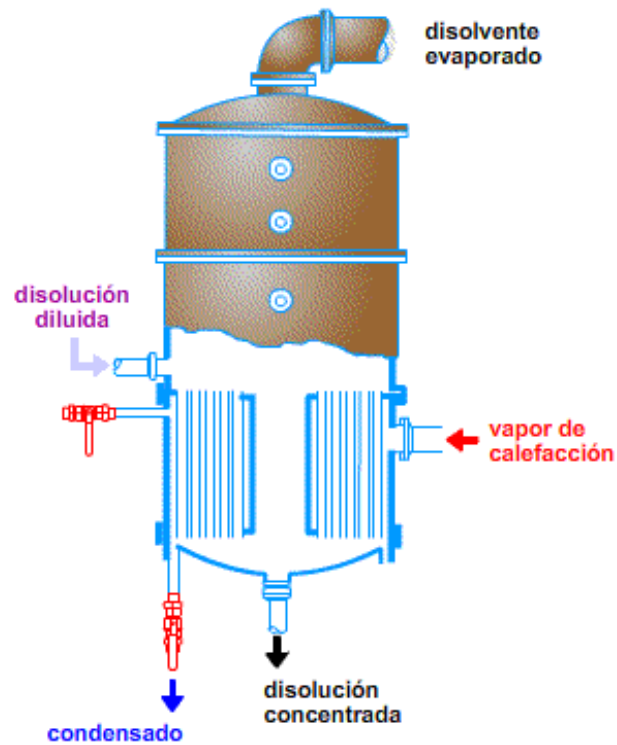


Figura 4 Evaporador de Tubos Verticales

Fuente: (Rubio et al, 2007)

3.2 Controlador lógico programable

Este es un dispositivo con el cual se puede controlar un equipo, para que haga un proceso acorde a los deseos del programador, en este se pueden distinguir dos tipos de terminales.

Terminales de entrada, mediante los cuales ingresan señales de realimentación, como lo pueden ser sensores, pulsadores, interruptores u otros dispositivos.

Terminales de salida, con los cuales se pueden accionar diferentes dispositivos, como lo pueden ser los motores, válvulas, resistencias, indicadores, luces, y demás dispositivos de salida.

Mediante el PLC se pueden programar las diferentes secuencias de accionamiento requerido para el proceso, permitiendo hacer control de estas sin necesidad de algún tipo de cableado lógico, requiriéndose este último sólo para conectar los diferentes dispositivos al PLC, esta programación se puede hacer en diferentes tipos de lenguaje, ya preestablecidos para cualquier marca. (Rubio, L., Chernikoff, R., Muñoz, E., & Sini, S., 2007).

3.3 Contactor

Este dispositivo electromecánico permite conectar o desconectar equipos, como por ejemplo los motores eléctricos, resistencias eléctricas, así como otros que necesiten de electricidad de potencia.

Es usado para soportar las corrientes que se manejan, en caso de alimentación de equipos que necesitan elevadas corrientes, dado que un simple interruptor, no tiene las características necesarias para soportarla.

El contactor puede ser accionado de forma remota, con la ayuda de otros componentes que generen una señal de control, como lo pueden ser los PLCs, interruptores, pulsadores y demás elementos de control. Al permitir esta facilidad en su accionamiento es muy usado en proyectos de automatización. (Cerdá, I, M., Ed.1., 2017).

3.4 Relé de estado sólido

El relé de estado sólido o SSR (Solid Stated Relay), tiene como principal función que es la de aislar un circuito de control, de uno de carga, permitiendo realizar el control de equipos inductivos o de otros elementos que puedan alterar la señal de control, este tipo de relé ofrece una conmutación electrónica basada en semiconductores, como lo son los optoacopladores.

Esta construido de forma tal que no requiera de parte móviles, como es el caso de los electromecánicos, los cuales emplean una bobina de control para realizar una conmutación, gracias esto su vida útil es mucho más larga, y se aumenta la velocidad de conmutación. Pero, así como presenta ventajas, también tiene sus desventajas, como lo son el costo, y la limitante para controlar señales pequeñas.

Los SSR pueden ser conmutados mediante voltajes en CC, variando desde los 3.2V hasta los 32V, y para conmutación en alterna se encuentran valores de 24, 120, 240, pudiéndose conmutar entre 10V y 50V, 24V y 140V, 24V Y 280V respectivamente. (Pallás, A., 1993).

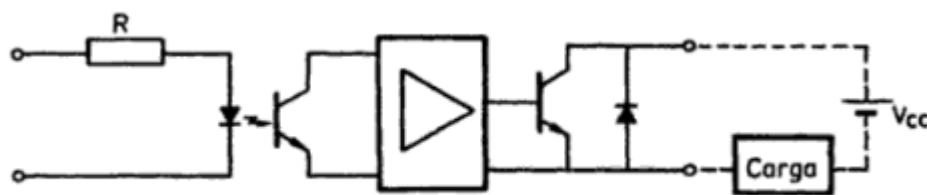


Figura 5. Relé para cargas en CC

Fuente: (Pallás, A., 1993)

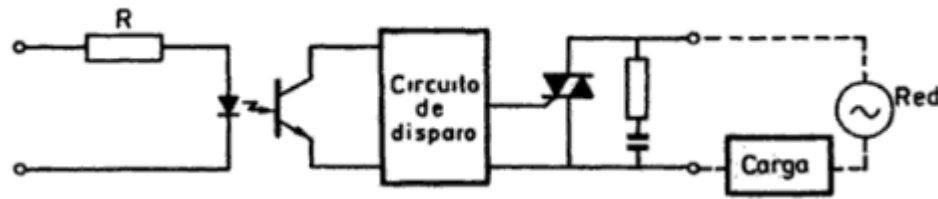


Figura 6. Relé para cargar en CA

Fuente: (Pallás, A., 1993)

3.5 Disyuntor de sobrecarga

El disyuntor de sobrecarga tiene un funcionamiento similar al de un fusible, interrumpiendo el circuito en caso de cortocircuitos o sobrecargas, protegiendo de esta forma los componentes presentes en la instalación. Estos por norma se dividen en disyuntores de baja tensión, los cuales tienen un rango de funcionamiento por debajo de 600V, y los de potencia, con un rango de funcionamiento superior a los 600V.

Los disyuntores pequeños de baja tensión usan elementos calefactores bimetalicos con características de tiempo inverso cuyo funcionamiento está basado en el principio de relé bimetalico.

Los disyuntores más grandes de baja tensión utilizan variaciones de elemento de disparo magnético y térmico, con los que puede generar un disparo instantáneo para protección contra cortocircuito y un disparo de tiempo inverso en el caso de una sobrecarga constante.

Los disyuntores pequeños de baja tensión pueden encontrarse en una caja compuesta de baquelita, siendo estas uni-, bi-, o tripolares, encontrándose valores

nominales de disparo comerciales como 50, 100, 225, 400, 600, y 800 A. (Irving, L, Kosow, 2006).

3.6 Interruptor automático magnetotérmico

Funciona como elemento de protección para los conductores eléctricos instalados en la red, con la finalidad de protegerlos contra cortocircuitos, el funcionamiento de este consiste en abrir el circuito cuando a través de este circula una corriente que sobrepasa el valor máximo que el conductor de la red puede soportar, evitando de esta forma deterioro en el conductor, y en el aislamiento de este. (Moreno, J., García, C., Tárraga, D. Ed.3. 2010).

Dependiendo del lugar en que ha sido instalado el interruptor automático, dentro de la red eléctrica, recibe un nombre u otro, estos son:

- I. ICP, interruptor de control de potencia, generalmente conectado al comienzo de una instalación, controlando el paso de las fases de potencia que llegan al circuito.
- II. IGA, interruptor general automático, encargado de proteger las líneas que llegan a la caja de distribución
- III. PIA, Pequeño interruptor automático, cuyo objetivo es proteger las subredes de la instalación.

3.7 Sistema SCADA

El sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es empleado con la finalidad de poder supervisar y adquirir datos de un determinado proceso, siendo un software o grupo de aplicaciones implementadas en un PC, permitiendo una interacción entre el operario y la máquina, ya que mediante una interfaz amigable, se

puede simular el proceso que se desea controlar sin necesidad de que la persona a cargo esté manipulando en persona, evitando de esta manera desplazamientos innecesarios, y permitiendo una mejor supervisión.

Para este tipo de aplicaciones, se está usando hoy en día los autómatas programables, los cuales cuentan con su entorno de programación propio, y permiten enlazar el PC con la parte física de la planta, facilitando la comunicación entre las partes, así como los controladores digitales. (Gallardo, S., Ed.1. 2013).

3.8 Termopar

Este es un dispositivo cuyo principio de funcionamiento se basa en el efecto Seebeck, este está conformado por dos alambres de metal unidos en un extremo, de esta forma al momento de aplicar una variación de temperatura a uno de los extremos se produce una fuerza electromotriz. Este valor se ve directamente relacionado con los tipos de metales empleados en la unión.

Se ha de tener en cuenta el margen de funcionamiento, es cual está directamente relacionado con el calibre (AWG) del alambre. Se pueden encontrar dos tipos, en donde en función de su resistencia son, el de 2 ohmios y el de 8 ohmios. Algunas combinaciones de metales dan mejores resultados que otros, como por ejemplo el Constantan (60% Cu, 40% Ni), Cromel (10% Cr, 90% Ni), Alumel (90% Ni, 2% Al, y algo de Si y Mn), Nisil (Ni, Si, Mg), Nicrosil (Ni, Cr, Si). (Martínez, R., 2007).

Código ANSI	Materiales		Margen de temperatura (°C)
	Aleación caliente (+)	Aleación fría (-)	
B	Platino + 30% rodio	Platino + 6% rodio	0 a 1820
E	Cromel	Constantan	-270 a 1000
J	Hierro	Constantan	-210 a 1200
K	Cromel	Alumel	-270 a 1372
N	Nicrosil	Nisil	-270 a 1300
R	Platino + 13% rodio	Platino	-50 a 1768
S	Platino + 10% rodio	Platino	-50 a 1768
T	Cobre	Constantan	-270 a 400

Figura 7. Termopares, composición y margen de temperatura

Fuente: (Martínez, R., 2007).

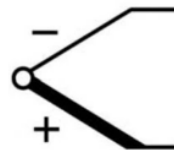





Figura 8. Símbolo del termopar

Fuente: (Martínez, R., 2007).

4 Capítulo 1

4.1 Caracterización de la instrumentación en los lazos de control

Tabla 1. Instrumentos que componen el evaporador

Componente	Cantidad	Nomenclatura	Imagen
Evaporador 1	1	E1	
Evaporador 2	1	E2	
Pre-Calentador de alimento	1	L1	
Condensador	1	L2	
Mirilla	1	S1	

Bomba de alimentación al sistema 1 B1



Bomba de alimentación entre efectos 1 B2



Bomba de vacío 1 B3



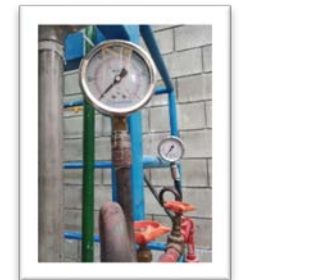
Medidor de flujo 1 M1



Mano-vacuómetros (-30 -30 PSI) 3



Manómetros (0 - 15 PSI) 3



Sensor de nivel
tipo flotador

4



Cápsula para
sensor de nivel

4



Trampas de
vapor

3



Tablero de
control

1



Tanque de
alimentación

1



Tanques de condensado 2 T2, T3



Tanque trampa de vacío 1 T6



Tanques de fondos 2 T4, T5



Termocuplas tipo K con conexión de rosca fija ¼ pulgada 10



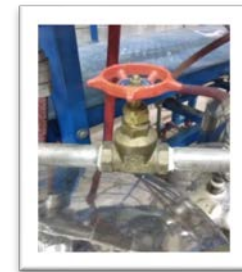
Válvula tipo bola 26 V1- V3, V8 -
 V11, V15 - V28,
 V31, V33 - V36



Válvula tipo globo 3 V12, V30, V32



Válvula tipo cortina 7 V4-V7, V13,
 V14, V29



En la tabla se permite conocer la nomenclatura, así como la cantidad de equipos instalados en la misma.

4.2 Descripción de componentes

4.2.1 Evaporadores (E1 y E2)

Estos cuentan con una cámara de calentamiento con una capacidad de 10L, hechos en acero inoxidable tipo 304 (cromo/níquel), material usado en aplicaciones que manejen alimentos y susceptible con soluciones de cloruro, estos también cuentan con una calandria de tubos verticales para su posterior calentamiento con el uso de vapor, teniendo en cuenta que por seguridad los agitadores se encuentran aislados térmicamente. Están dotados de dos sensores de nivel tipo flotador, uno para

identificar el nivel bajo y otro para el nivel alto, también cuentan con cuatro sensores de termocuplas tipo K con acople fijo, y un indicador análogo de presión en la parte superior de este y cuatro indicadores digitales de temperatura ubicados en la caja de control. (Reliance Foundry. (2017)).

4.2.2 Pre-calentador de alimento (L1)

Este funciona con vapor de agua, y posee una serie de tubos de cobre de media pulgada de diámetro, organizados en forma vertical, de forma tal que el vapor circula a través de estos para así poder calentar el producto almacenado en este. Cuenta con un intercambiador de tubos y una coraza 1:2 en acero inoxidable tipo 304 y cuenta con dos cabezales los cuales son desmontables.

4.2.3 Condensador (L2)

Este funciona con agua, y posee una serie de tubos de cobre de media pulgada de diámetro, organizados en forma vertical, de forma tal que circula agua a través de estos para así poder disminuir la temperatura del vapor generado en él proceso, tiene instalada una termocupla tipo K la cual censa la temperatura a la entrada de este, pudiendo ser seleccionada y vista por medio de un indicador instalado en la caja de control. Cuenta con un intercambiador de tubos y una coraza 1:2 en acero inoxidable tipo 304 y cuenta con dos cabezales los cuales son desmontables

4.2.4 Mirilla

Esta posee una estructura en acero inoxidable 304, la cual cuenta en el centro con un visor compuesto de vidrio borosilicato transparente, permitiendo de este modo la visualización del producto.

4.2.5 Tanque de alimento (T1)

Esta construido en acero inoxidable 304, con una capacidad de almacenamiento de cincuenta litros, un indicador de nivel en vidrio por donde se puede visualizar el nivel del producto en el tanque, tres entradas en la parte superior, siendo una de retroalimentación, y una en la parte inferior.

4.2.6 Tanques de condensado (T2-T3)

Están construidos en acero inoxidable 304 y situados en medio de los tanques de producto, con una capacidad de almacenamiento de quince litros, un indicador de nivel en vidrio por donde se puede visualizar el nivel del producto en el tanque, tres entradas en la parte superior, siendo una de estas la que controla la presión en el interior del tanque, y una en la parte inferior por dónde saldrá la parte del producto no deseada (a temperaturas altas).

4.2.7 Tanques de producto (T4-T5)

Están construidos en acero inoxidable 304, situados a los costados de los tanques de condensado, con una capacidad de almacenamiento de quince litros, un indicador de nivel en vidrio por donde se puede visualizar el nivel del producto en el tanque, tres entradas en la parte superior, siendo una de estas la que controla la presión en el interior del tanque, y una en la parte inferior por dónde saldrá la parte del producto condensado.

4.2.8 Trampa de vacío (T6)

Construido en acero inoxidable 304, situado a en la parte superior del tanque de alimento, con una capacidad máxima de almacenamiento aproximada a los seis litros

y medio. Este es usado con la finalidad de reducir la temperatura de ebullición del producto, minimizando así los costos de operación, cuenta con un indicador de nivel en vidrio por donde se puede visualizar el nivel del producto en el tanque, cuatro entradas en la parte superior, en donde una de ellas está sellada, otras dos son para la entrada y salida del vapor, además de otra en donde está instalado un manovacuómetro, y una en la parte inferior por donde saldrá la parte del producto condensado. (Velásquez, M, A.).

4.2.9 Bomba de alimentación al sistema (B1)

Es la encargada de enviar el producto desde el tanque de alimentación(T1) hasta el evaporador uno (E1), pasando este antes por la mirilla(M1) y el precalentador de alimento(L1). Esta bomba es de marca Siemens y su funcionamiento es a 220v, con un grado de protección IP 55 (protección contra polvo y chorros de agua).

4.2.10 Bomba de alimentación entre efectos (B2)

Esta es la encargada de hacer circular el producto desde el evaporador uno(E1) al evaporador dos(E2). La bomba es de marca Siemens y su funcionamiento es a 220v, con un grado de protección IP 55 (protección contra polvo y chorros de agua).

4.2.11 Bomba de vacío (B3)

Encargada de extraer el aire y vapor de los tanques de producto y condensado, pasando al tanque trampa de vacío antes de llegar a la bomba de vacío(B3). Es de marca QE Quality y su funcionamiento es a 110v con una capacidad máxima de vacío de $3 * 10^{-1}$ Pa.

4.2.12 Medidor de flujo (M1)

Instrumento de censado e indicación de la cantidad de producto que entra al E1, siendo ajustable para la indicación en onzas, litros, pintas, cuartos o galones. Es de marca Fill – Rite, con un rango de temperatura es de -10°F a 130°F , con una capacidad de flujo entre 2 – 20 GMP (galones por minuto) y presiones máximas de hasta 125 Psi utilizando como medidor de flujo un disco oscilante con precisión de más o menos 2%, su alimentación consta de dos baterías alcalinas AA, y viene dotado de cuatro botones de función. (Fill-Rite y Sotera Systems, 2018)

4.2.13 Mano – vacuómetro

Instrumento usado para la medición para la medición de vacío y presión en los evaporadores (E1 y E2) y el tanque trampa de vacío(T6), estando ubicado en la parte superior, cuenta con un rango de medición que oscila entre los -30 Psi y 30 Psi. Está hecho en acero inoxidable. (Serway, Raymond A. Jewett, John W, 2004)

4.2.14 Manómetro

Instrumento usado para la medición para la medición de presión, con un rango de medición de 0 Psi a 15 Psi. Se encuentran instalados a las entradas de vapor en los evaporadores (E1 y E2), así como a la entrada de la línea que suministra de vapor al Pre – calentador (L1). Está hecho en acero inoxidable. (Serway, Raymond A. Jewett, John W, 2004)

4.2.15 Sensor de nivel tipo flotador

Este instrumento está dispuesto en los evaporadores (E1 y E2), con la finalidad de poder identificar el nivel alto y bajo en cada uno de estos, su funcionamiento es

muy similar al de un interruptor, conduciendo cuando se encuentran censando un nivel alto, y comportándose como un circuito abierto frente a un nivel bajo. Hecho en acero inoxidable con rosca de 1/8" NPT y dependiendo del flotador especificado aguanta una presión máxima de 400Psi. (Nolla, X, 2017)



Figura 9. Sensor tipo flotador

Fuente: (Nolla, X, 2017)

4.2.16 Trampa de vapor

Estas son de tipo termodinámicas serie TD, ubicadas antes de la salida a desagüe, el vapor que ingresa a la trampa de forma intermitente y es condensado dentro de esta para ser posteriormente evacuado. Está hecho completamente en acero inoxidable, por la compañía Spirax sarco. (The chakal web, 1980-2005)

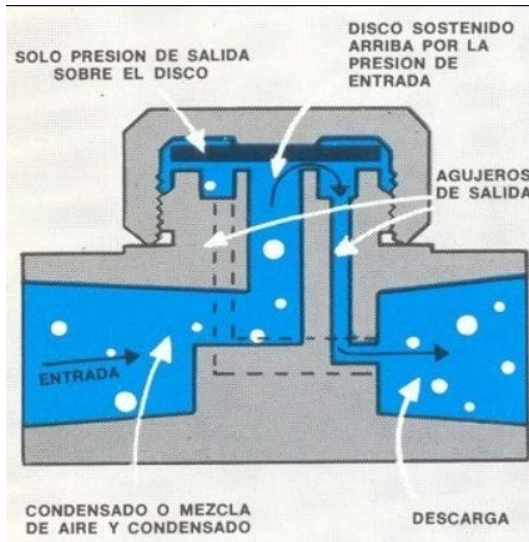


Figura 10. Trampa de vacío

Fuente: (The chakal web, 1980-2005)

4.2.17 Termocupla tipo K

Este es un tipo de sensor eléctrico usado para la medición de temperatura en la industria, conformado por dos tipos de alambres conectados en un extremo que generan una diferencia de potencial en el orden de los milivoltios, para este tipo de termocuplas tipo K se utilizan materiales como el cromel y alumel, teniendo un rango de temperatura entre $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una sensibilidad aproximada de $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, pero en diámetros de 3.25 mm es de tan solo $370\text{ }^{\circ}\text{C}$. Está compuesta por acero inoxidable con conexión de rosca fija de $\frac{1}{4}$ de pulgada y hay cuatro en cada evaporador, una a atmosfera y otra en el condensador (L2). (Gurevich, Yuri, y Ortiz, Antonio, 6 de noviembre de 2002), (Instrumatic, 2017)



Figura 11. Termocupla tipo K

Fuente: (Instrumatic, 2017)

Termocupla tipo K - Equivalencias: grados celsius - milivoltios													
°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV
0	0,00	200	8,13	400	16,40	600	24,91	800	33,30	1000	41,31	1200	48,89
10	0,40	210	8,54	410	16,82	610	25,34	810	33,71	1010	41,70	1210	49,25
20	0,80	220	8,94	420	17,24	620	25,76	820	34,12	1020	42,09	1220	49,62
30	1,20	230	9,34	430	17,67	630	26,19	830	34,53	1030	42,48	1230	49,98
40	1,61	240	9,75	440	18,09	640	26,61	840	34,93	1040	42,87	1240	50,34
50	2,02	250	10,16	450	18,51	650	27,03	850	35,34	1050	43,25	1250	50,69
60	2,43	260	10,57	460	18,94	660	27,45	860	35,75	1060	43,64	1260	51,05
70	2,85	270	10,98	470	19,37	670	27,87	870	36,15	1070	44,02	1270	51,41
80	3,26	280	11,39	480	19,79	680	28,30	880	36,55	1080	44,40	1280	51,76
90	3,68	290	11,80	490	20,22	690	28,72	890	36,96	1090	44,78	1290	52,11
100	4,10	300	12,21	500	20,65	700	29,14	900	37,36	1100	45,16	1300	52,46
110	4,51	310	12,63	510	21,07	710	29,56	910	37,76	1110	45,54	1310	52,81
120	4,93	320	13,04	520	21,50	720	29,98	920	38,16	1120	45,92	1320	53,16
130	5,33	330	13,46	530	21,92	730	30,39	930	38,56	1130	46,29	1330	53,51
140	5,73	340	13,88	540	22,35	740	30,81	940	38,96	1140	46,67	1340	53,85
150	6,14	350	14,29	550	22,78	750	31,23	950	39,35	1150	47,04	1350	54,20
160	6,54	360	14,71	560	23,20	760	31,65	960	39,75	1160	47,41	1360	54,54
170	6,93	370	15,13	570	23,63	770	32,06	970	40,14	1170	47,78	1370	54,88
180	7,33	380	15,55	580	24,06	780	32,48	980	40,53	1180	48,15		
190	7,73	390	15,98	590	24,48	790	32,89	990	40,92	1190	48,52		

Figura 12. Tabla de equivalencias Celsius – Milivoltios

Fuente: (Instrumatic, 2017)

4.2.18 Válvula tipo bola

Este es un mecanismo usado para la regulación del flujo que circula a través de este por medio de un mecanismo en su interior con forma de esfera (por lo cual se le atribuye este nombre), esta permite el paso del fluido al estar alineada la perforación con la entrada y se cierra al momento de estar a una posición de 90° con respecto a la

entrada. Las instaladas en la planta están hechas en acero inoxidable y son de tipo manual pudiendo ser cerradas rápidamente y llegar a provocar un golpe de ariete, por lo cual hay que tener mayor cuidado con el manejo de estas. (Valvias, 2007-2013).



¿

Figura 13. Válvula de Bola

Fuente: Casa Ferretera S.A (2016-2019)

4.2.19 Válvula tipo globo

Este tipo de válvulas constan de un tornillo que en su parte inferior tiene un disco o tapón y en la parte superior un volante, logrando así transformar la acción mecánica que se le aplica en un movimiento lineal de modo tal que al momento de ser girado múltiples veces en sentido horario puede cerrar el paso del fluido a través de este, y al ser girado en sentido antihorario permite el paso de este. Los que se encuentran instalados en la planta tienen un acabado en bronce y un volante de color azul. (Tuvacol S.A, 2010)

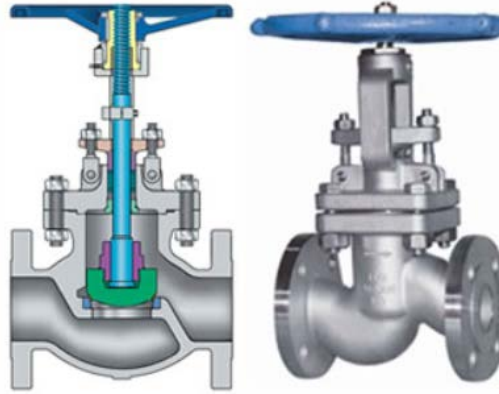


Figura 14. Válvula de Globo

Fuente: (Tuvacol S.A, 2010)

4.2.20 Válvula tipo cortina

Estas permiten el paso de fluidos a través de ellas mediante la acción de abrir o levantar una compuerta o cuchilla (es por esto a lo que deben su nombre), estas suelen ser empleadas gracias a su cierre hermético. Los que se encuentran instalados en la planta tienen un acabado en bronce y un volante de color rojo. (QuimiNet, 01/07/2007)

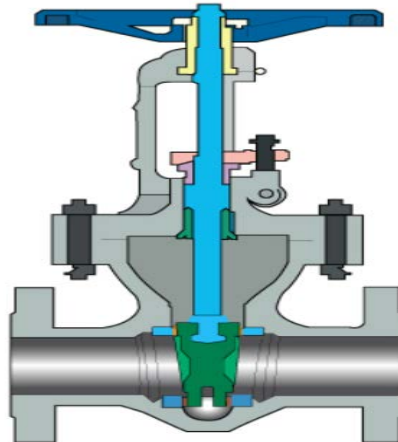


Figura 15. Válvula tipo cortina

Fuente: Válvulas Internacionales. (26/3/2018)

5 Capítulo 2

5.1 Selección de componentes

5.1.1 Descripción de proceso

Para la elaboración del P&ID se utilizó el programa Visio, donde se crearon una serie de líneas de flujo que muestran el sentido de circulación del producto que está pasando a través de ellas, identificadas cada una con un color de acuerdo con el tipo de producto que circula a por esta. Se distinguen siete colores diferentes, rojo (Línea de vapor vivo), rojo oscuro (Línea de vapor generado), azul oscuro (Alimento frío), azul claro (Línea de condensados), verde (Línea de enfriamiento), amarillo (Línea de Vacío) y negro (Alimento caliente), y los diferentes equipos que se encuentra instalados en la planta con su numeración correspondiente, las válvulas fueron numeradas siguiendo el flujo del producto en el tanque, los tanques cuentan con una numeración de T1 a T6, las bombas de B1 a B3, los evaporadores se encuentran con la nomenclatura E1 y E2, el medidor de flujo está nombrado como M1, el precalentador y condensador como L1 y L2 respectivamente y la mirilla con S1.

Se puede encontrar información sobre los diferentes tipos de sensores instalados en la planta, así como el tipo de variable que miden, para el caso de los sensores de nivel se encuentra información adicional como lo es el tipo de detección de nivel que realiza dentro de cada evaporador.

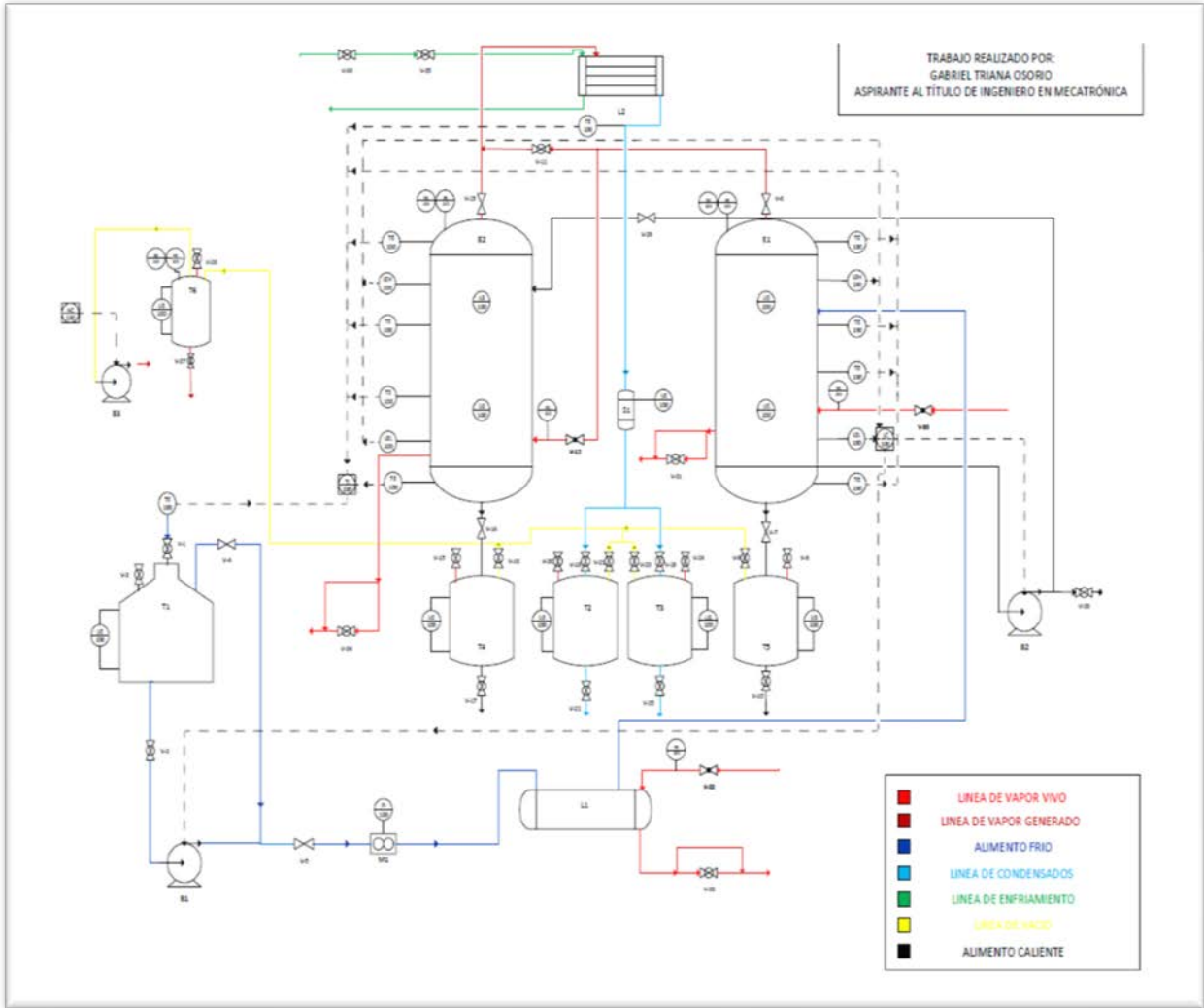


Figura 16. P&ID Evaporador doble efecto

5.1.2 Intercambiador de calor con dos efectos, configuración en paralelo.

El producto se ingresa en el tanque de alimentación (T1), a una temperatura ambiente, antes de iniciar el proceso se ha de verificar que esté circulando agua por el condensador, ya que de no ser así el vapor a cauda de su alta temperatura hará que las tuberías empiecen a emitir sonidos, aviso de un mal uso del equipo. Una vez verificado esto se ha de verificar que las válvulas 15, 20, 24, 8, 19 y/o 18 estén

abiertas, y las válvulas 17, 22, 25, y 10 estén cerradas, para ser posteriormente abiertas al momento de extraer los condensados y el producto.

Una vez el tanque está cargado se abre la válvula V-3, la válvula V-5 y se acciona la bomba uno (B1), la cual hará llegar el producto al precalentador y posteriormente al evaporador E1, teniendo la opción de precalentarlo antes de llegar a este abriendo la válvula V-32 y así permitiendo la entrada de vapor al precalentador L1.

Para que el alimento sea calentado dentro del evaporador E1 hay que abrir la válvula V-30, la cual permitirá el flujo del vapor proveniente de la caldera haciendo llegar al producto al punto de ebullición, además de abrir las válvulas V-6 y V-11 permitiendo así el paso del vapor generado en evaporador E1 al condensador (el material condensado se podrá visualizar por medio de la mirilla S1).

Una vez lleno el evaporador E1 se procede a abrir las válvulas 28 y 29 para luego accionar la bomba B2, encargada de hacer llegar el producto al evaporador E2.

Con el producto dentro del evaporador E2 se procede a abrir las válvulas V-12, V-13 y cerrar la válvula V-11, por medio de esta configuración se reutiliza el vapor generado en el evaporador E1 para calentar el producto en el evaporador E2.

El producto se verá sometido a este proceso de evaporación hasta que se logren obtener los parámetros deseados en el producto, siendo recogidos del tanque de fondos (T4 para el evaporador E2 y T5 para el evaporador E1), para lo cual han de estar abiertas las válvulas V-14 y V-17 el condensado puede ser recogido de los tanques T2 y T3, teniendo en cuenta que las válvulas 18 y 19 deben estar abiertas (el producto sale a altas temperaturas por las válvulas 17, 22, 25 y 10).

Si se desea hacer llegar al producto a su temperatura de ebullición usando menor cantidad de energía (por parte de la caldera), se pueden abrir las válvulas 16, 21, 23, 9, 26 y cerrar la válvula 27, para así poder accionar la bomba de vacío, que extraerá los vapores de los tanques de condensado y los tanques de fondos.

5.1.3 Cálculo de corriente

Tabla 2. Valores del motor QVP-800

Modelo	potencia (HP)	voltaje de funcionamiento en V	frecuencia de funcionamiento en Hz	consumo en amperios(A) del motor (en carga total de 60hz)	Capacidad de aceite en ml	capacidad de vacío en pascales
QVP-800	3/4(HP)	110	60	5,8	600ml	3 x 10 ⁻¹) Pa

En la siguiente tabla se muestran las características del motor QVP-800

Tabla 3. Valores del motor 1LA7,073-4YA60

Modelo	potencia en HP	potencia en Kw	frecuencia de funcionamiento en Hz	voltaje de funcionamiento en V	consumo en amperios(A) del motor (en carga total de 60hz)	tamaño constructivo	% de eficiencia	F.Servi cío(Fs)	velocidad en rpm
1LA7,073-4YA60	0,75	0,56	60	220 o 440	2,9 - 220v / 1,45 - 440v	70	64	1,15	1650

En la siguiente tabla se muestran las características del motor 1LA7,073-4YA60

Tabla 4. Consumo en Amperios de los componentes

Elemento	Voltaje de entrada(V)	valores en Amperio
Contactador 220v	110	0,95
Contactador 220v	110	0,95
Contactador 220v	110	0,95
Motor 220V	220	2,9
Motor 220V	220	2,9
Bomba de vacío	110	5,6
PLC - FP0-C10RS	110	0,3
Módulo FP0-E8RS	110	0,1
Fuente 24V DC a 5A	110	1,9
Relé de estado sólido	24v DC	0,408
Relé de estado sólido	24v DC	0,408
Relé de estado sólido	24v DC	0,408
bombillos led	110v	0,3
indicador de temperatura SD16A	110v	0,1

Con la tabla se puede conocer el valor de consumos nominales de corriente, así como el voltaje de funcionamiento en los diferentes equipos a instalar.

Tabla 5. Consumos finales

Amperaje	total	Seguridad	Total, final
Amperaje total en 220v	5,8	seguridad del 2%	6,96
Amperaje total en 110v	12,45	seguridad del 2%	14,94
Amperaje total	18,25	Amperaje total con seguridad del 2%	22

Esta tabla permite conocer el amperaje total que irá relacionado al voltaje de operación.

5.1.4 Costos

Para el proceso de selección se tuvieron en cuenta varias marcas, buscando lo que mejor se ajustara a la función que se desea desempeñar, y que además de esto cumpla con el requisito de ser asequible y de bajo costo. A continuación, se muestra

una tabla de los costos de los productos que más se ajustaron a las especificaciones anteriormente mencionadas.

Tabla 6. Tabla de Costos

Productos	Marca	Precio	Cantidad	TOTAL (pesos colombianos)	
Convertor de rs232 a USN	TRENDnet	\$ 52.000,00	1	\$ 52.000,00	Libre
Contactor 110V	wusley	\$ 25.000,00	3	\$ 75.000,00	Libre
Disyuntor guardamotor (4A - 6,3A)	CHiNT	\$ 190.000,00	1	\$ 190.000,00	Libre
Disyuntor guardamotor (2,5A - 4A)	CHiNT	\$ 190.000,00	1	\$ 190.000,00	Libre
Disyuntor guardamotor (2,5A - 4A)	Telemecanique	\$ 320.000,00	1	\$ 320.000,00	Libre
Fuente 24V DC a 5A	OMROM	\$ 440.445,00	1	\$ 440.445,00	Libre
Riel Din	70 cm	\$ 10.000,00	2	\$ 20.000,00	Electricos
PLC - FP0-C10RS	Panasonic	\$ 274.514,00	1	\$ 274.514,00	Walter ebay
Módulo FP0-E8RS	Panasonic	\$ 196.299,00	1	\$ 196.299,00	ebay
Módulo FP0-A21	Panasonic	\$ 218.477,00	1	\$ 218.477,00	ebay
Terminales		\$ 300,00	112	\$ 33.600,00	ElectroFerro
Conector Nema L15-20P	Hubbel	\$ 100.990,00	1	\$ 100.990,00	Libre
Paro de emergencia	EBCHQ	\$ 20.000,00	1	\$ 20.000,00	Libre
Relé de estado sólido	Crouzet	\$ 26,13	3	\$ 78,40	Libre

luz piloto	venus	\$	5	\$	Eléctricos
		8.000,00		40.000,00	Walter
bornera normal	CHiNT	\$	30	\$	Mercado
4mm		2.000,00		60.000,00	Libre
bornera de tierra	CHiNT	\$	5	\$	Mercado
4mm		6.500,00		32.500,00	Libre
Breaker riel 2x25	EBCHQ	\$	1	\$	JM s.a.s
		14.600,00		14.600,00	
Breaker riel 3x32	EBCHQ	\$	1	\$	JM s.a.s
		21.000,00		21.000,00	
Cofre	Autoria	\$	1	\$	Autoria
		131.000,0		131.000,0	
		0		0	
MT. CABLE	Procables	\$	6	\$	EMCOELE
ENCAUCHETAD		6.722,68		40.336,08	C
O 4X10					
		\$	2	\$	JM s.a.s
Canaleta		36.000,00		72.000,00	
Cable 4x18	CENTElsa	\$	22	\$	Eléctricos
encauchetado		3.200		70.400,00	Walter
Cable 3x18	CENTElsa	\$	11	\$	Eléctricos
encauchetado		2.500		27.500,00	Walter
Cable 2x18	CENTElsa	\$	44	\$	Eléctricos
encauchetado		1.900		83.500,00	Walter
Cable 3x16	CENTElsa	\$	11	\$	Eléctricos
encauchetado		3.500		38.500,00	Walter

Esta tabla permite conocer las cantidades requeridas para el montaje, así como el costo individual y total de cada uno de estos

5.1.5 Criterios de selección en los componentes

Para la selección de componentes se tienen en cuenta factores como lo son la parte económica, la disponibilidad del producto, y su compatibilidad con la función a desempeñar dentro del proceso.

5.1.5.1 Breaker 220v

De acuerdo con los valores de corriente necesarios en el tablero de control, es indispensable que el breaker totalizador (encargado de cortar todo el suministro de energía en caso de emergencia) sea capaz de soportar todo el amperaje que va a

circular, con un total de 22A circulando por tres hilos, en base a este valor se escoge uno que cumpla con los requerimientos necesarios, siendo el valor comercial de 32A el que cumple con la función que se requiere, además de contar con la protección para las tres fases.

En base a lo anteriormente mencionado se opta por escoger el breaker tripolar de marca EBCHQ disponible en la tienda JM s.a.s, para una corriente de 32A y una capacidad de ruptura de 6KA.

5.1.5.2 Breaker 110v

Este componente ha de soportar un amperaje mayor a 14.92A, y permitir una conexión de dos hilos.

De acuerdo con las especificaciones necesarias se decide escoger el breaker bipolar de marca EBCHQ disponible en la tienda JM s.a.s, capaz de soportar 25A, se decide este valor contemplando futuras conexiones al panel, con capacidad de ruptura de 6 KA.

5.1.5.3 Disyuntor guardamotor

Este ha de soportar la corriente nominal del motor, que según el caso se requiera, siendo 2.9 A la corriente nominal para las bombas de 220v y 5.8 A la corriente nominal en la bomba de vacío, la cual funciona a 110v, aparte de esto han de permitir la conexión de tres hilos y dos hilos respectivamente.

Según lo requerido se decide escoger el disyuntor guardamotor marca CHiNT, y Telemecanique (a pesar de sobrepasar los costos, ya se disponía de este) disponible en mercado libre Colombia con regulación de 2.5A a 4A (valores comerciales) para las bombas que funcionan a 220v, y un disyuntor guardamotor marca CHiNT

disponible en mercado libre Colombia con regulación de 4A a 6.3A (valores comerciales) y un voltaje de funcionamiento de 110v.

5.1.5.4 Contactor

Para este componente se tuvo en cuenta la cantidad de hilos que requieren ser controlados, así como el voltaje de accionamiento que corresponde al voltaje que se va a manejar a la parte de control, siendo este 110v por cuestiones de facilidad en las conexiones y el amperaje que soporta circulando por él mismo.

El contactor marca Wusley para tres polos, con contacto normalmente abierto, capacidad para motores en AC de funcionamiento de 3A a 9A, y un accionamiento de 110v, disponible en mercado libre Colombia, es capaz de cumplir con las especificaciones necesarias.

5.1.5.5 Fuente

La fuente ha de ser capaz de convertir 110v en AC a 24v en DC, además de esto permitir suministrar un amperaje superior a los 2A de forma constante sin caídas de tensión y con posibilidad de montaje en riel Din. De acuerdo con lo anterior se decide escoger la fuente de marca Omron, disponible en mercado libre Colombia, la cual dispone de regulación de voltaje de 100v – 240v en entrada a 24v DC a su salida, con una capacidad de corriente igual a 5A (valor superior al requerido, contemplando un futuro cambio de PLC en el tablero de control, así como el accionamiento de los relés).

5.1.5.6 Relé

El accionamiento de los relés va a ser de forma constante, y el entorno es algo húmedo, además de esto su conmutación vendrá dada por una salida de voltaje de 24v en DC.

El relé de estado sólido Cruzet es el que brinda mayor fiabilidad en accionamiento, eliminando la posibilidad de un error por conmutación en partes mecánicas, además de esto dispone de un rango de accionamiento 3.2v a 32v en DC y alta resistencia a corrosión.

5.1.5.7 Controlador lógico programable

El controlador lógico programable ha de ser capaz de manejar diez variables, de las cuales cuatro son variables de entrada, correspondientes a los sensores de nivel, tres son variables de salida, correspondientes a los accionamientos de las válvulas, tres son memorias internas, variables análogas de entrada y salida, también ha de tener compatibilidad con programas de supervisión y control, como lo puede ser Intouch.

Un controlador lógico programable que cumple con lo anterior es el PLC NAIS FP0-C10RS, junto con los módulos de expansión FP0-E8RS y FP0-A21.

A futuro puede implementarse el PLC S7-300, el cual permite control de tipo difuso y cumple que las especificaciones anteriormente mencionadas.

5.1.5.8 Cable

Al momento de escoger el cable se tiene en cuenta la corriente nominal que circulará a través de este, así como la cantidad de conductores requeridos para la transmisión de las fases y la tierra correspondiente a cada componente, como lo son el 4x10 AWG para alimentación principal, capaz de soportar una ampacidad según NEC de 40 A, 1x16 AWG de 105°C para cableado de tablero, capaz de soportar una ampacidad según NEC de 17 A, 4 x 18 AWG para alimentación de motores a 220 y capacidad de corriente de 14 A, 3 x 18 AWG para alimentación de bomba de vacío

con capacidad de 14 A y 2x18 AWG para conexión de sensores de nivel con capacidad de 13 A según NEC.

5.1.5.9 Material del cofre

Este ha de poder soportar un ambiente húmedo, así como impedir que entre agua al mismo, es por esto que a pesar de trabajar material sensible a la corrosión, como lo es el hierro, se le aplica pintura resistente a la corrosión mediante pintura electrostática o pintura en polvo, y para la protección contra salpicaduras de agua, se piensa en un diseño el cuál no permita el paso de esta, el cual incluye una tira de goma en la tapa para una mejor protección, además esto se pensó en aplicar una altura la cual permita mantener la base separada del sueño, con el fin de reducir el área que estará en contacto directo con este, reduciendo el efecto de la corrosión sobre la base del mismo.

6 Capítulo 3

6.1 Diseño y construcción del cofre

6.1.1 Diseño del cofre

Para el diseño del cofre se usó el programa SolidWorks, con la finalidad de poder dimensionar el tamaño de este sin llegar a cometer errores en la construcción pudiendo llegar a ocasionar pérdidas de material y aumentar costos, además de esto se realiza una evaluación de la norma que rige la construcción de esta, que en este caso es la Norma RETIE. A continuación, se muestran imágenes del proceso de diseño. (RETIE Anexo N° 3, Artículo 9, 2/4/2007)

Inicialmente se procedió a pasar cada uno de los componentes a CAD, con sus medidas reales, con la finalidad que poder realizar un ensamble lo más realista posible.

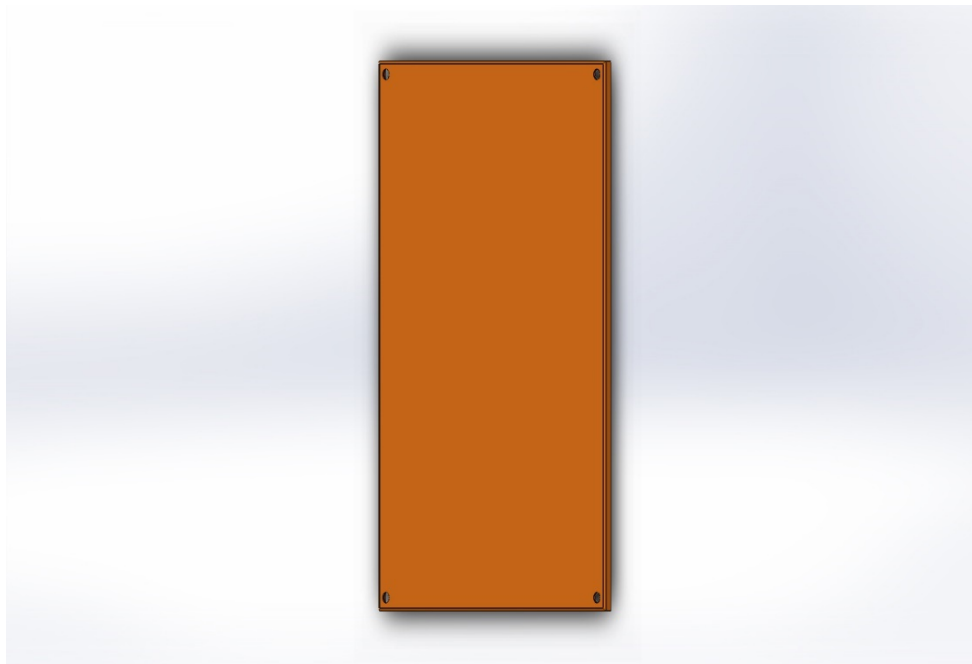


Figura 17. Lámina base

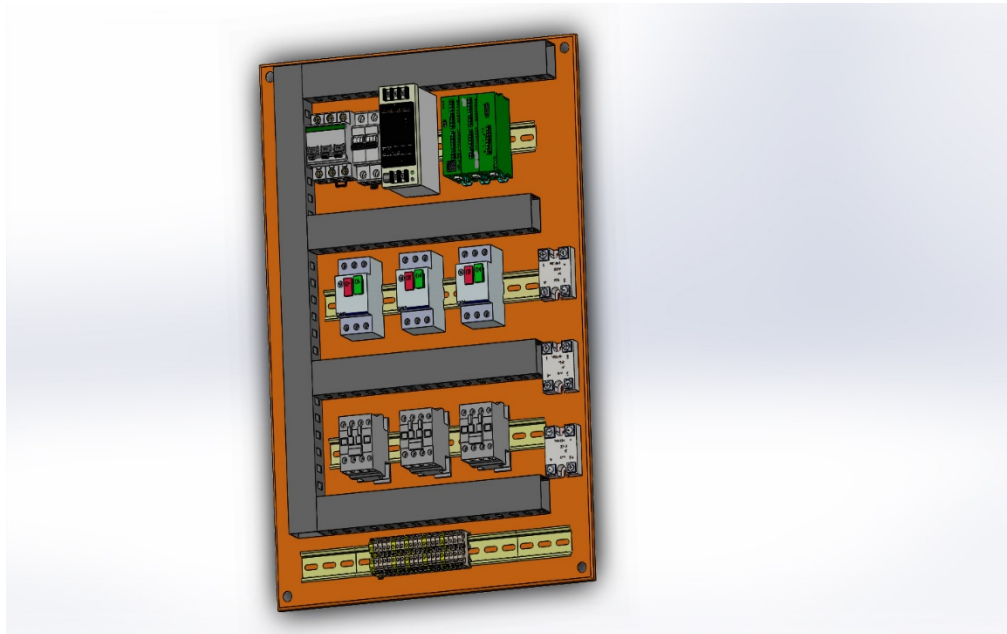


Figura 18. Base para realizar el montaje

Ya con las medidas reales en el CAD, se diseñó el armazón del cofre, con sus respectivos dobleces, para impedir la entrada de partículas y agua, en la figura 12 se puede ver el resultado.

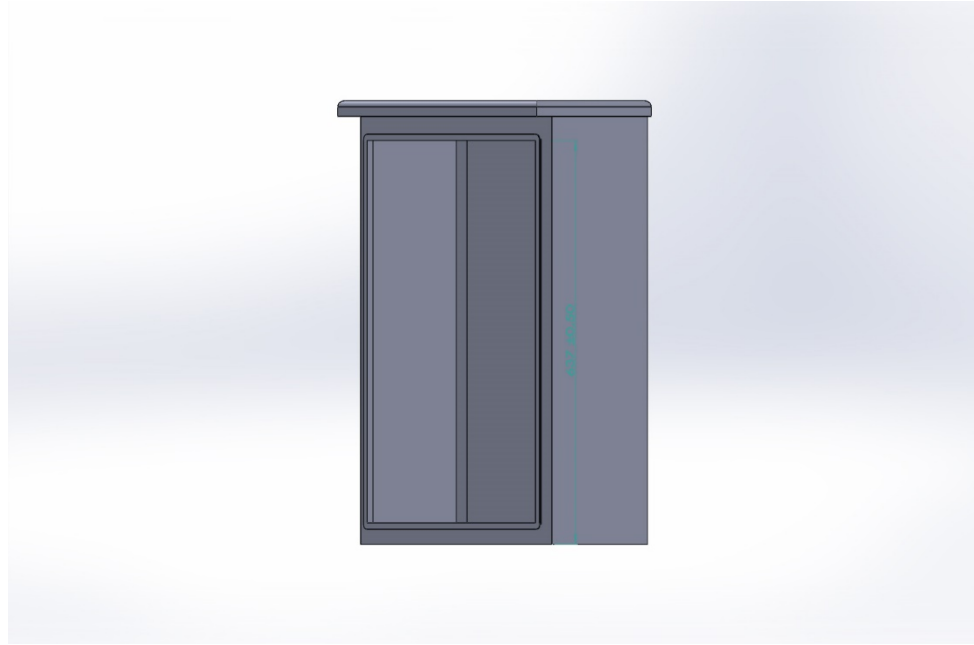


Figura 19. Estructura del cofre

Ya con la base y con la estructura diseñadas, se realizó el ensamble de estas, con el objetivo de poder detallar cómo será el resultado final al momento de su construcción, se puede ver el resultado en las figuras 14, 15 y 16.

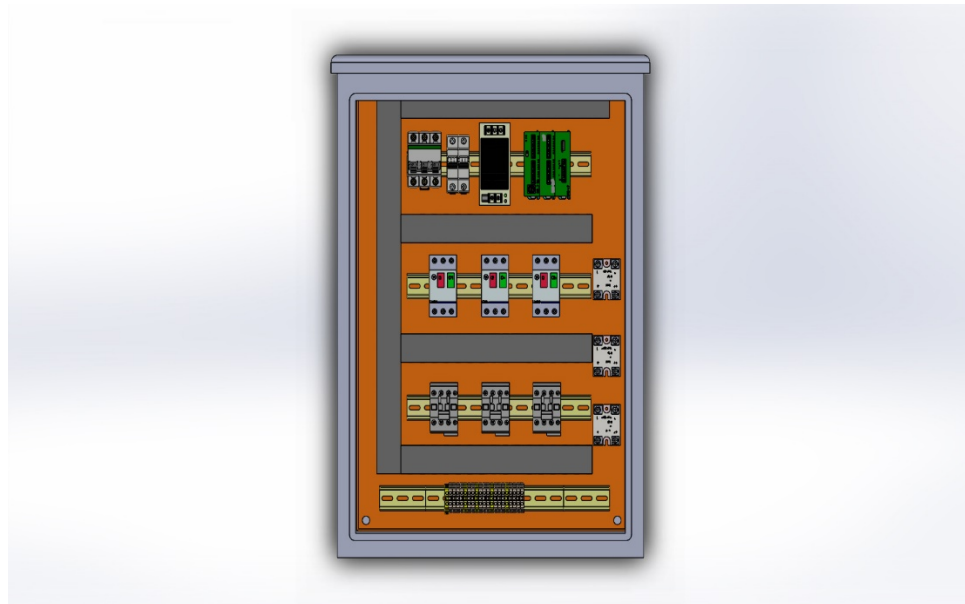


Figura 20. Cofre armado sin puerta vista frontal

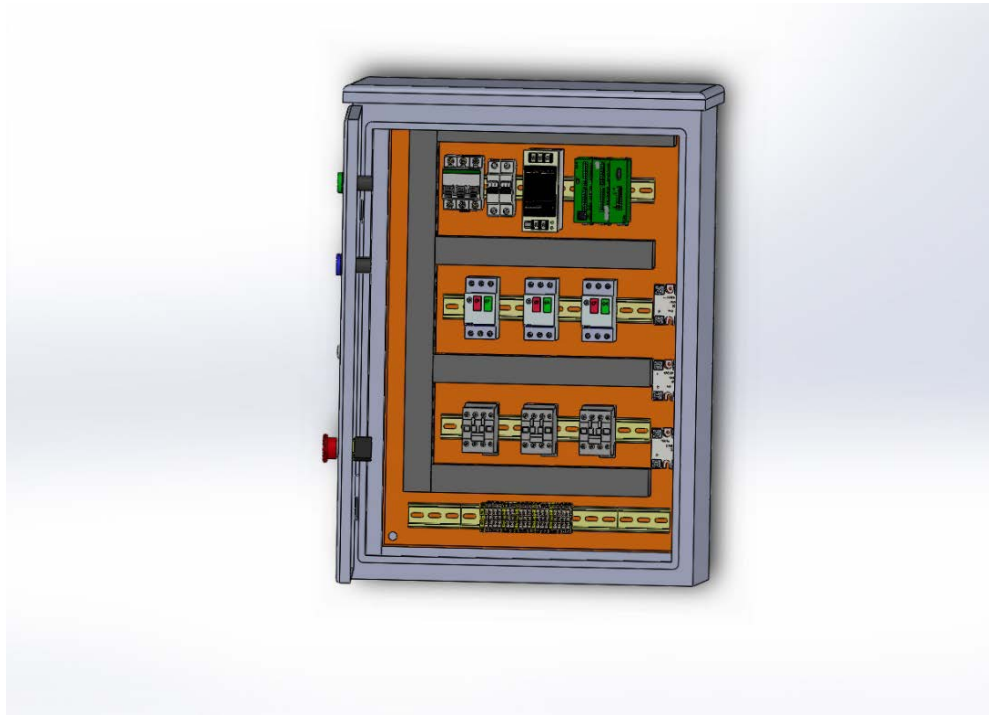


Figura 21. Cofre terminado vista frontal

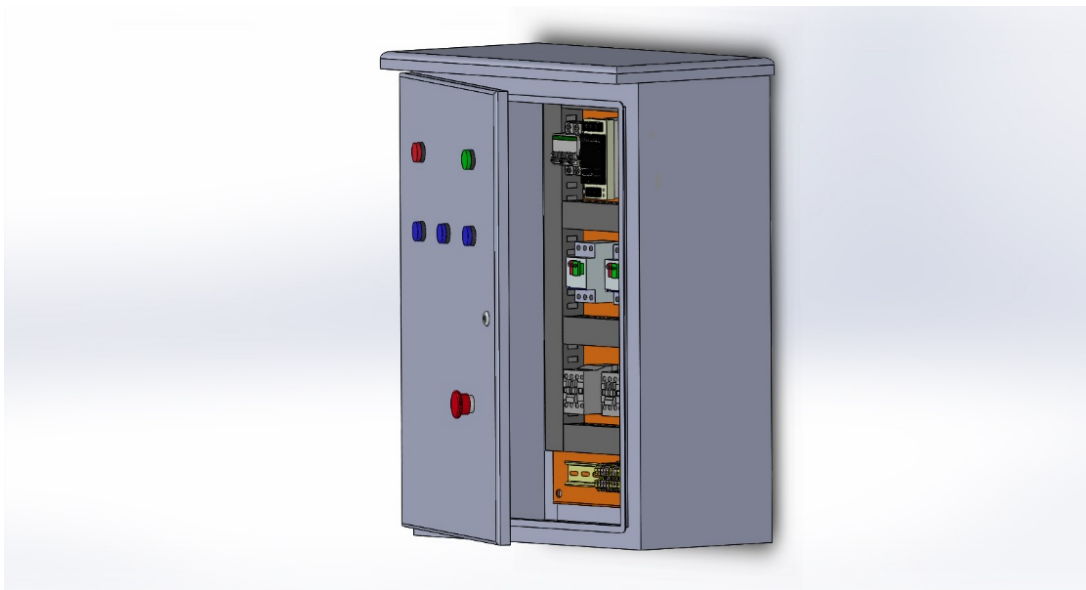


Figura 22. Cofre terminado en vista lateral

6.1.2 Diseño del cableado en el cofre

Para este proceso se usó el programa Cadesimu, el cual permite realizar planos eléctricos para su posterior simulación, de esta manera se pueden ver posibles fallos en las conexiones, en la figura 17 se puede visualizar el circuito, en donde se contempla cada parte física instalada en él cofre, como lo son el breaker general encargado de controlar la corriente total que se manejará y otro encargado del control de la corriente que llega a la etapa de control, la simulación de los sensores de nivel instalados en la planta se puede ver reflejada en el circuito además de: las luces piloto encargadas de indicar accionamiento de cada una de las bombas, el estado de encendido y paro de emergencia (este último depende de un botón de paro), los relés de estado sólido que enlazan la etapa de control con la etapa de potencia, una fuente de alimentación la cuál suministra corriente directa al PLC y los sensores, ya que se comportan como señales de entrada al PLC, tres disyuntores y tres contactores con accionamiento a 110v.

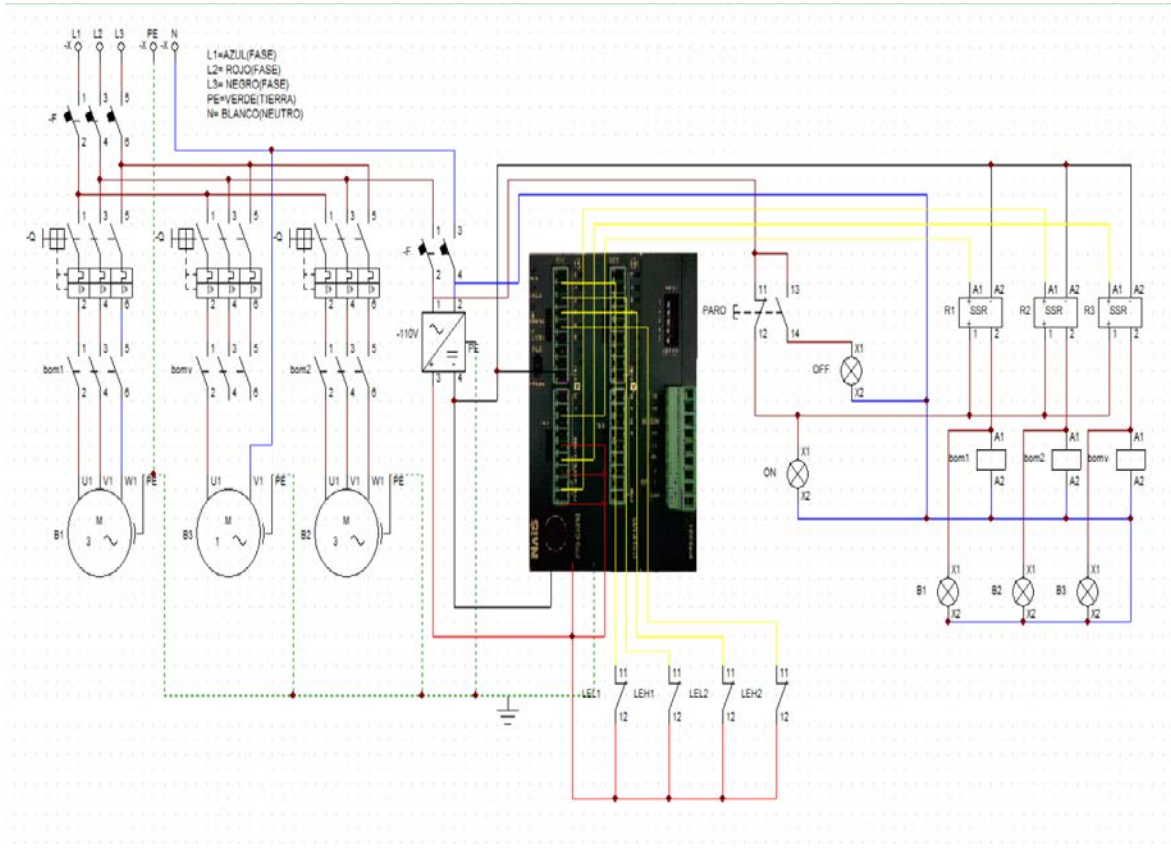


Figura 23. Circuito del cofre

La disposición de los colores del cableado se eligió teniendo en cuenta que el color café es empleado para fases, el color azul para el neutro y el verde la línea discontinua para el polo a tierra en corriente alterna, los colores rojo y negro suelen representar los polos positivo y negativo respectivamente, el color amarillo se usó para el cableado lógico que controlará el sistema (este maneja un voltaje de 5V en corriente continua).

Además de la simulación del circuito en este programa, también se realizó una simulación del funcionamiento que tendría el programa escrito en Ladder con respecto al funcionamiento requerido para la planta, en la figura 18 se puede ver cómo se simuló este, omitiendo algunos elementos de seguridad como lo serían los

breakers y disyuntores, ya que reiterando lo anterior sólo se desea estudiar el comportamiento del programa (se simularon los sensores como accionamientos normalmente cerrados).

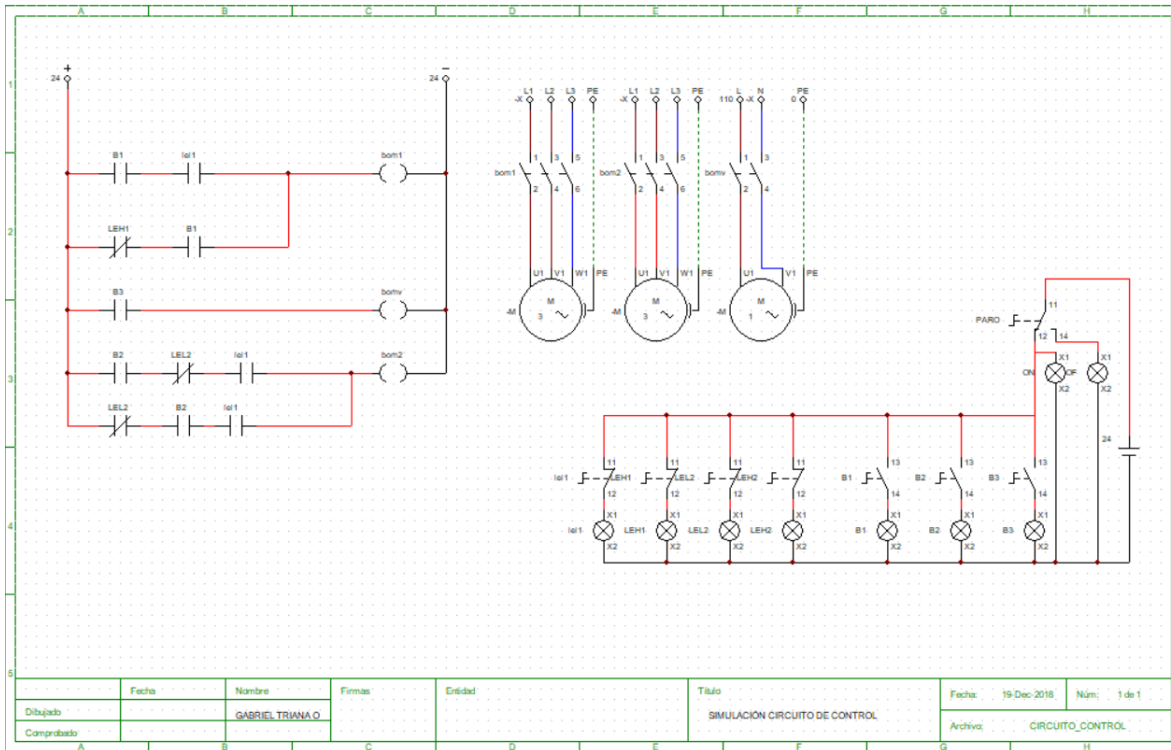


Figura 24. Simulación del programa en Ladder

6.1.3 Proceso de construcción.

El proceso de construcción se inició con la lámina base en donde se realizó el montaje, con la finalidad de poder montar los componentes en esta, pudiendo confirmar que las medidas que se tomaron para la creación de esta coinciden con las reales.



Figura 25. Ensamble y construcción de la lámina base

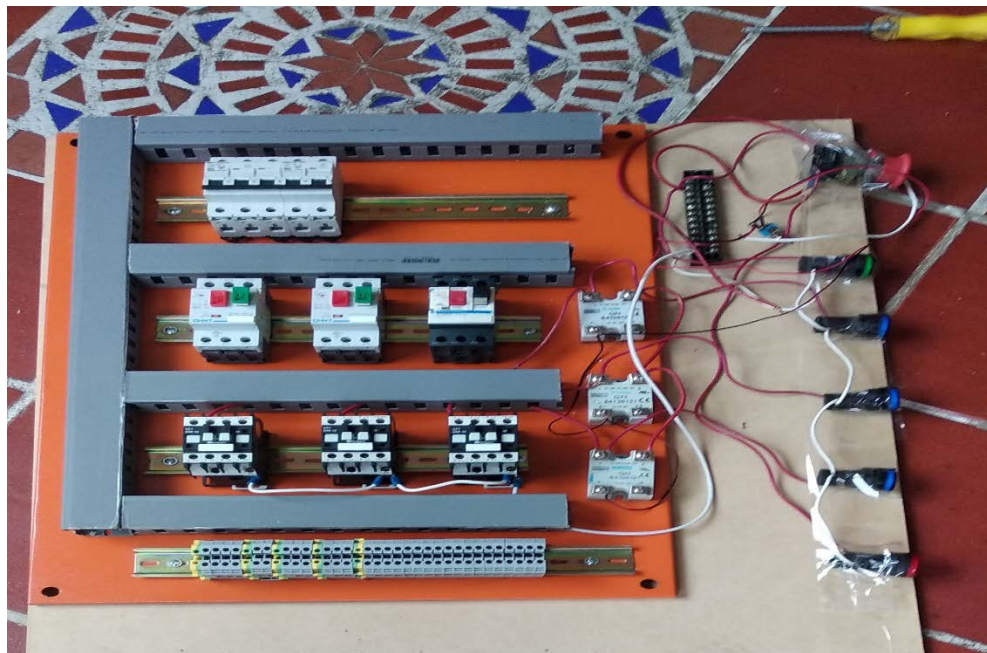


Figura 26. Ensamble de la lámina base terminado

Ya finalizado el proceso de ensamble y construcción de la lámina base, se prosigue con la fabricación de la estructura del cofre, como se puede apreciar en la figura 19.



Figura 27. Proceso de fabricación de la estructura del cofre

Durante el proceso de fabricación quedan partículas de metal en la estructura, la cuales pueden ocasionar posibles fallas en el correcto funcionamiento de la planta, es por esto por lo que se realiza un proceso de remoción de estas, y un posterior ensamble de todas las partes.



Figura 28. Remoción de esquirlas



Figura 29. Ensamble

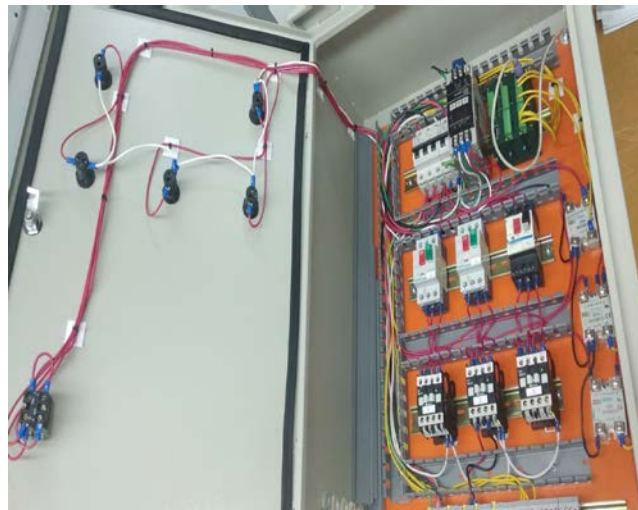


Figura 30. Montaje de circuito final



Figura 31. Ensamble finalizado

7 Capítulo 4

7.1 Diseño del sistema SCADA

7.1.1 Narrativa de control

Inicialmente se mide la temperatura ambiente al que va a estar expuesto el proceso, con el sensor de temperatura encargado de censar la temperatura ambiente, la cual suele ser la misma a la que estará expuesto el producto en el tanque de alimento (T1). Una vez obtenido este dato se procede a configurar el medidor de flujo (M1), este permitirá medir la cantidad de producto que estará ingresando a la planta, cabe aclarar que todo el producto que será medido pasará por un proceso de precalentado por medio del precalentador (L1). Cuando el alimento pasa por el precalentador (el cual está dotado de cuatro sensores de temperatura, dos sensores de nivel, uno para alto y otro para bajo, y dos medidores análogos de presión), se puede visualizar la temperatura a la que ingresa el alimento ya precalentado, gracias al sensor de temperatura situado a la entrada de alimento del primer evaporador (E1), también hay en éste dos sensores de temperatura con los que se mide la temperatura de salida del evaporador (E1) y la misma de este, el último sensor de temperatura instalado, es el encargado de censar la temperatura a la que sale el producto del primer efecto al segundo efecto. Los sensores de nivel instalados ayudan al control del producto que se encontrará en el primer evaporador (E1), de tal manera que al momento de censar un nivel bajo (LEL) se accionará la primera bomba (B1) hasta que el sensor de nivel alto se accione (LEH).

El vacuómetro instalado en la parte superior del primer evaporador tiene la función de medir la presión o vacío al que está sometido el producto en su interior, mientras que el manómetro situado en la entrada de vapor de este es el encargado de medir presión del vapor que llega desde la caldera.

En el segundo evaporador también se encuentran instalados cuatro sensores de temperatura, dos de nivel y dos sensores análogos de presión, hay un sensor de temperatura encargado de censar la temperatura del alimento de entrada proveniente del primer evaporador gracias al accionamiento de la segunda bomba (B2), otros dos sensores de temperatura con los que se mide la temperatura de salida del evaporador(E2) así como la misma de este, y por último también hay un sensor encargado de medir la temperatura a la que llega el vapor generado por el primer evaporador (E1) Los sensores de nivel instalados ayudan al control del producto que se encontrará en el segundo evaporador (E2), de tal manera que al momento de censar un nivel bajo (LEL) se accionará la segunda bomba (B2), la cual hará circular el producto del primer evaporador(E1) al segundo evaporador(E2) hasta que el sensor de nivel alto se accione (LEH).

El vacuómetro instalado en la parte superior del primer evaporador tiene la función de medir la presión o vacío al que está sometido el producto en su interior, mientras que el manómetro situado en la entrada de vapor de este es el encargado de medir presión del vapor que llega desde el primer evaporador (E1).

Además de los sensores anteriormente mencionados, la planta también cuenta con un sensor de temperatura instalado a la salida del intercambiador de calor, con el

fin te saber la temperatura a la que salen los vapores condensados generados por el proceso.

De ser necesario la planta cuenta con una bomba de vacío, encargada de disminuir el rango de temperatura de ebullición del producto, esta está conectada con los tanques T2, T3, T4, T5, estando instalado en este último un vacuómetro para medición de presión y vacío en él.

7.1.2 Diseño de interfaz

Para el diseño de la interfaz se usó el programa InTouch, ya que presenta una buena compatibilidad con el PLC NAIS, además de permitir animaciones interactivas, con las que el usuario puede comprender de manera más didáctica el funcionamiento del programa.

A la hora de diseñar la interfaz se tienen en cuenta la norma UNE-EN ISO 9241, la cual permite dar a conocer una serie de ideas que pretenden ayudar a realizar un planteamiento y desarrollo de las interfases gráficas, facilitando el uso del mismo al usuario tratando de evitar posibles errores, mostrando la información de forma clara y concisa, además de esto se procuró la visualización de todos los instrumentos instalados en la planta, con la finalidad de que el usuario pueda tener una experiencia más real con respecto al funcionamiento real de esta, la nomenclatura que se maneja es la misma que en el plano P&ID para así poder hacer un seguimiento del proceso de forma más realista, el usuario con ayuda de un equipo de trabajo deberá accionar tanto en la vida real como en el programa las válvulas que cierre o abra, cambiando a color verde de forma intermitente en el momento de estar encendidas, y cambiando el color de la tubería a la que se le permitirá el acceso del fluido, el color depende del

tipo de material que esté pasando, así como en la tubería de la caldera, esto con la finalidad que poder estar alerta de qué válvulas se encuentran abiertas o si la caldera está accionada, permitiendo al usuario estar alerta de lo que ocurre a tiempo real en la planta, evitando de esta forma posibles errores humanos.

Las bombas B1 y B2 se accionarán de forma automática, siempre y cuando estén accionadas una serie de válvulas indispensables para el paso del fluido, siendo las válvulas V1, V3, V4, y V5 en el caso de B1 y V29, V12v V13 y V14 para B2, en el caso de B3, se dispondrá de un interruptor en la interfaz para su accionamiento, pero este no se accionará si no hay ninguna válvula de la línea de vacío abierta (V9, V24, V21, V16), esto es pensado en que no siempre se usa la línea de vacío.

En la interfaz se dividieron en tres cuadros de color blanco en los cuales se encuentra toda la información de los equipos que van directamente relacionados con la línea de vacío, el primer y segundo efecto, además de incluir en cada uno de estos la información sobre el estado de funcionamiento en algunas de las válvulas (como es el caso de los recuadros rojos). Dentro de los recuadros color azul, están contenidos los accionamientos de las válvulas y sensores que permiten el accionamiento de las bombas B1, B2, B3 y el accionamiento de las válvulas asociadas a la entrada de vapor del proceso. (Sanz. J. A (1996))

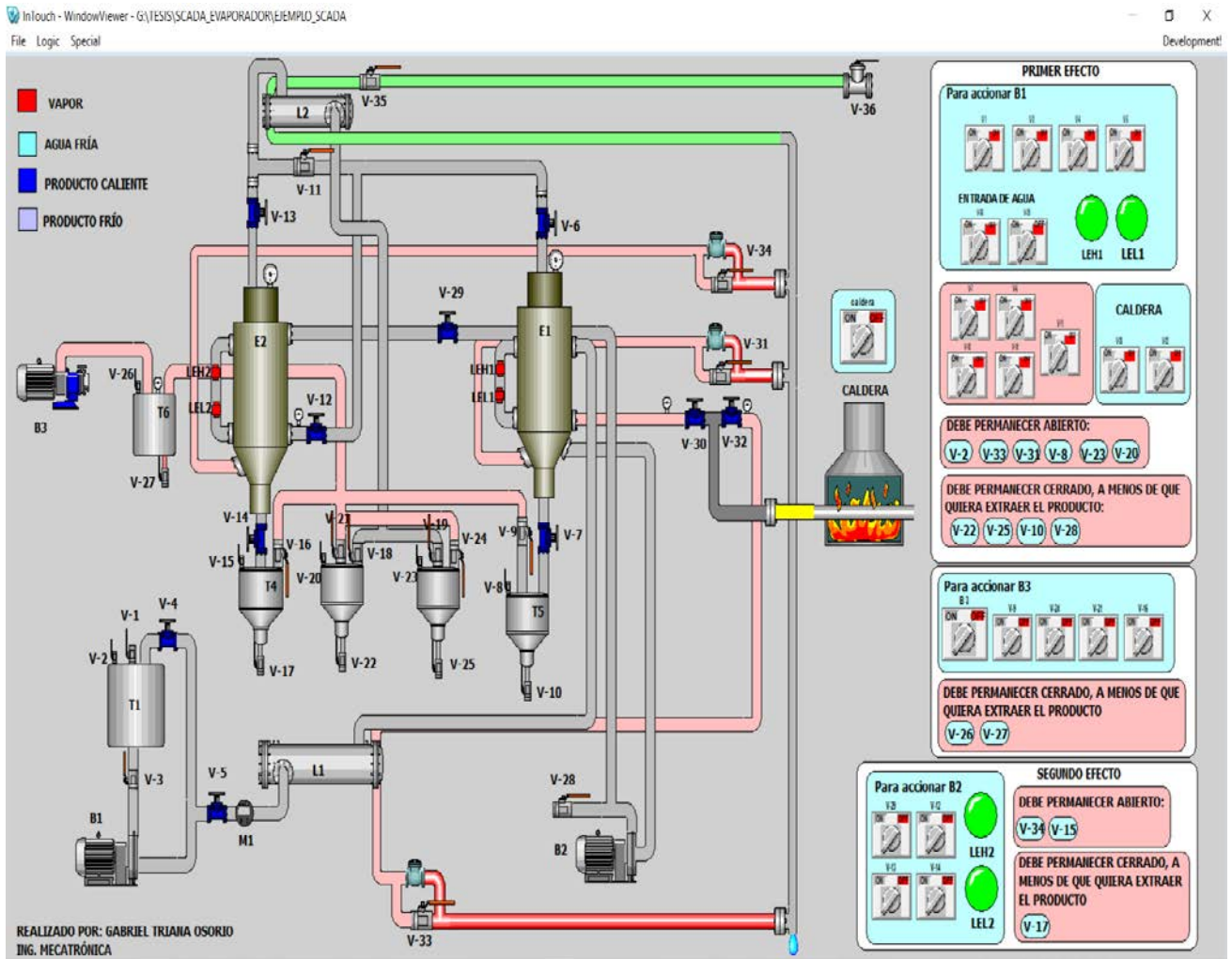


Figura 32. Interfaz

7.1.3 Programación de la interfaz

En la figura 23 y 24 puede apreciarse la programación con la que se realizó la simulación del comportamiento en la planta, además de los requisitos para el encendido de las bombas.

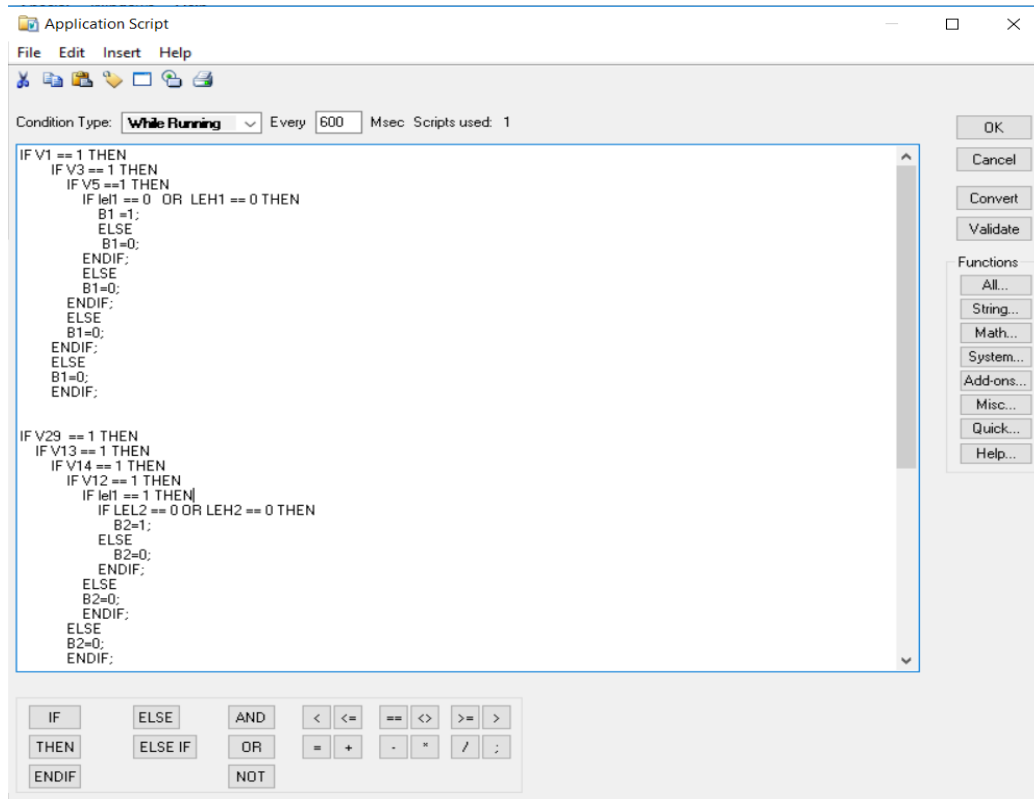


Figura 33. Primera parte de la programación en la interfaz

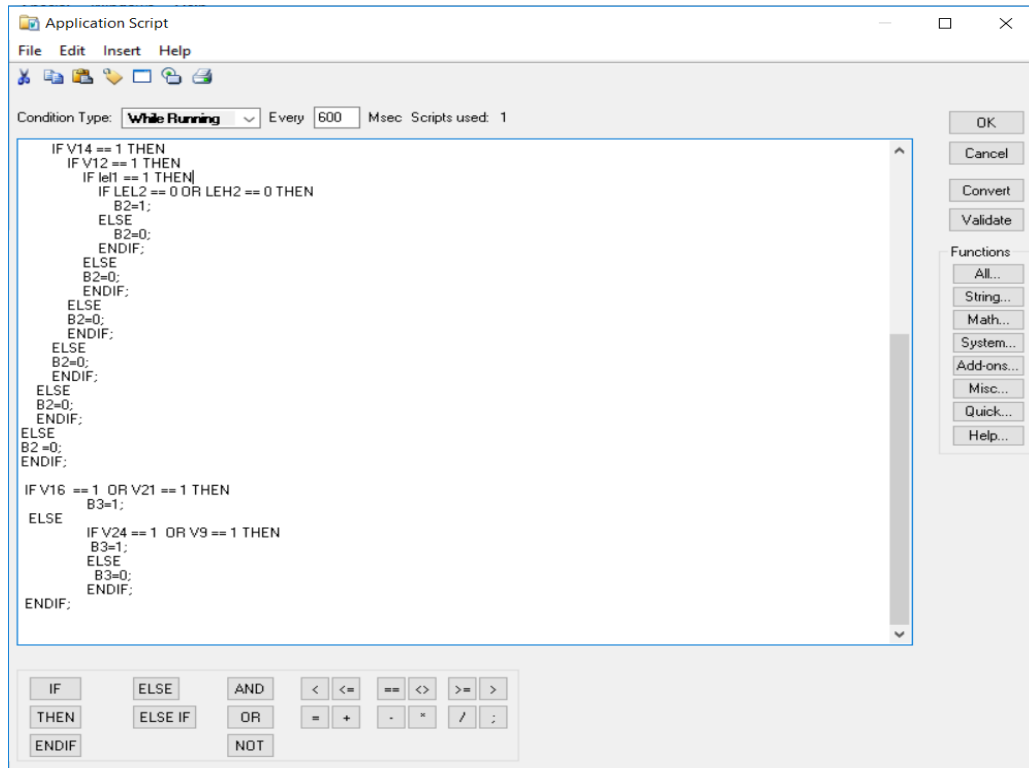


Figura 34. Segunda parte de la programación en la interfaz

7.1.4 Programación del PLC

La programación del PLC se realizó en el programa FPWINPro 7 el cual esta pasado en el estandar internacional IEC61131-3, el cuál es el que ofrece la compañía Panasonic, el lenguaje que se decide usar es el de Ladder, por cuestiones de preferencia personal, en la figura 25 pueden verse las variables empleadas en el programa.

Clase	Identificador	Dirección FP	Dirección IEC	Tipo	Inicial
VAR_GLOB...	B1	R1	%MX0.0.1	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	bom1	Y1	%QX0.1	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	bomv	Y2	%QX0.2	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	B3	R2	%MX0.0.2	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	lel1	X1	%IX0.1	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	LEH1	X2	%IX0.2	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	LEL2	X3	%IX0.3	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	LEH2	X4	%IX0.4	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	B2	R3	%MX0.0.3	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...	bom2	Y3	%QX0.3	BOOL	FALSE
VAR_GLOB...					

Figura 35. Variables usadas en el PLC

Para realizar la programación en Ladder, se tuvo en cuenta que ingresan tres accionamientos desde el programa en InTouch, es por esto que se decide declararlos en la memoria de relés internos,(se contempla para el diseño que el estado de los sensores de nivel es normalmente abierto cuando no están activos), es por este motivo que se opta por declarar el sensor de nivel bajo en el evaporador 1 como contacto negado ya que al momento de superar el mismo, generará una señal de circuito cerrado, abriendo el circuito que controla la bomba 2 y evitando de esta forma que opere en vacío. La bomba uno (B1) se accionará cuando se den las condiciones en el programa realizado en InTouch con la variable B1(esta variable contempla el valor de estado en el sensor de nivel bajo LEL1 y que el sensor de nivel alto del efecto uno (LEH1) se encuentre inactivo), además de una verificación en el programa de Ladder en donde se contempla el funcionamiento de los sensores, y por ello inicialmente para el accionamiento de la bomba 1(bom1) sólo se necesita de la variable B1, y al

momento de accionarse el sensor de nivel alto en el evaporador (LEH1) desactivará la bomba 1(bom1) encargada de llenar el evaporador uno (E1).

La bomba de vacío se accionará cuando la variable B3 esté activa (Esta variable es enviada desde Intouch y tiene en cuenta que alguna o todas las válvulas de la línea de vacío se encuentren abiertas, evitando de esta forma errores en el correcto funcionamiento de la planta se accione).

La bomba que alimenta al evaporador dos (E2) se accionará cuando la variable B2(variable enviada desde InTouch, que contempla el accionamiento de válvulas indispensables para su correcto funcionamiento, así como el estado del nivel en el evaporador uno) esté activa y el sensor de nivel bajo(LEL2) esté enviando señal, accionando así la bomba dos (B2), además de una verificación de seguridad mediante la cual se evalúa que haya producto en el evaporador 1(E1), la otra opción para que esta se accione, es que el sensor de nivel bajo en el evaporador uno (LEL1) no esté enviando señal, el sensor de nivel alto del evaporador 2 (LEH2) se encuentre enviando señal, y la variable B2 (variable enviada desde InTouch) se encuentre activa.

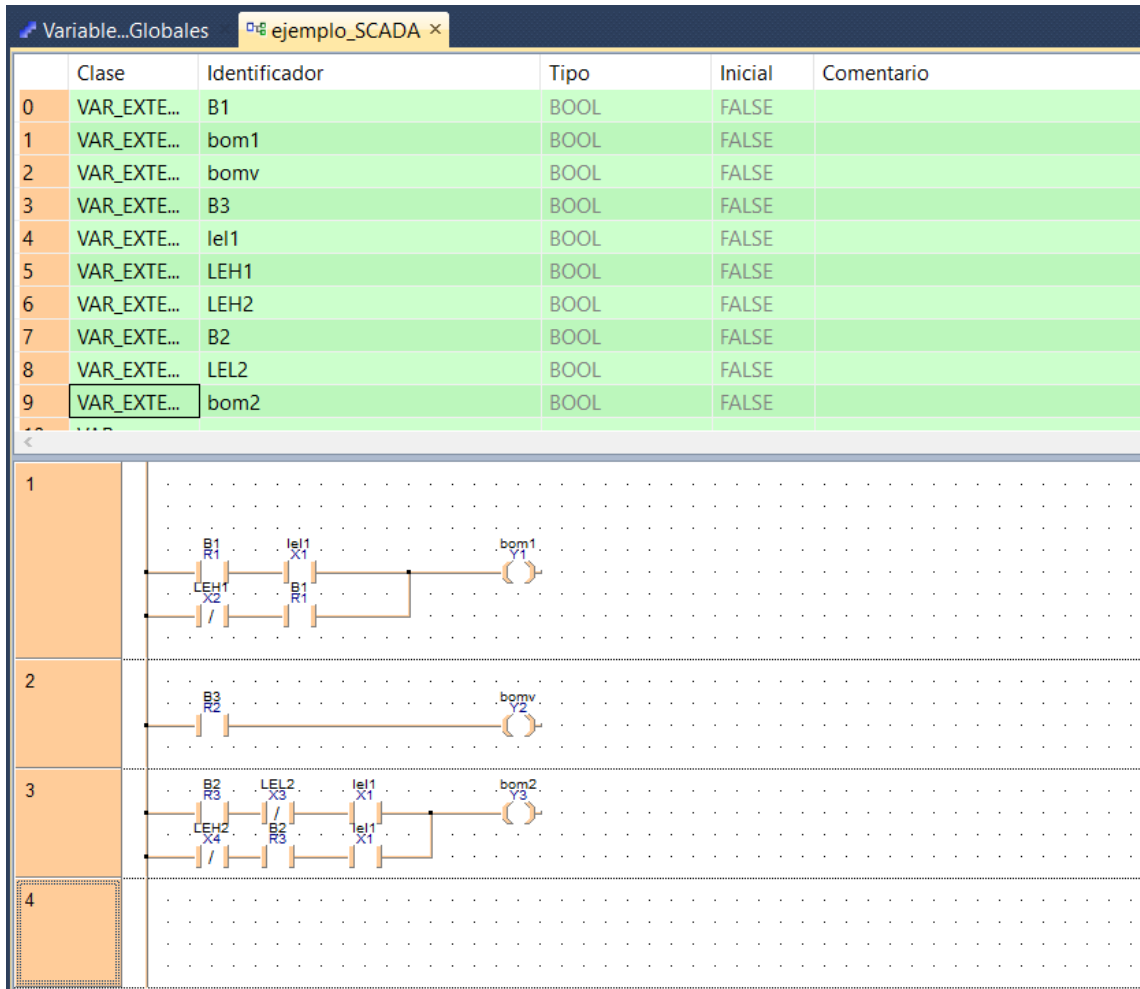


Figura 36. Programa en Ladder

7.1.5 Programación del OPC

Para la creación del OPC se utilizó el programa KEPServerEX 6.0, el cual permitió la conexión entre InTouch y el PLC NAIS, permitiendo hacer una supervisión a tiempo real del proceso en la planta, en la figura 27 puede observarse el entorno de programación, así como las variables usadas, las cuales tienen los mismos nombres y configuraciones que en los programas FPWinPro 7 e InTouch 10.1, por cuestiones de compatibilidad, ya que de ser nombradas diferentes serán interpretadas

como variables distintas, impidiendo así el correcto flujo de información entre programas.

The screenshot shows the 'KEPServerEX 6 Configuration' window. On the left, a tree view shows the project structure: Project > Connectivity > EVAPORADOR > NAIS > Aliases. The main area displays a table of configured OPC tags.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate
B1	R1	Boolean	100
B2	R3	Boolean	100
B3	R2	Boolean	100
bom1	Y1	Boolean	100
bom2	Y3	Boolean	100
bomv	Y2	Boolean	100
LEH1	X2	Boolean	100
LEH2	X4	Boolean	100
lel1	X1	Boolean	100
LEL2	X3	Boolean	100

Figura 37. Configuración del OPC

8 Capítulo 5

8.1 Pruebas e instalación

Para iniciar con el proceso de instalación se inició verificando el estado de las conexiones que ya había, con la finalidad de que el proyecto no entre en conflicto con lo ya instalado. La revisión se realizó en el mismo orden en que entra la energía a la planta, siendo de esta forma la conexión a alimentación lo primero en ser revisado.

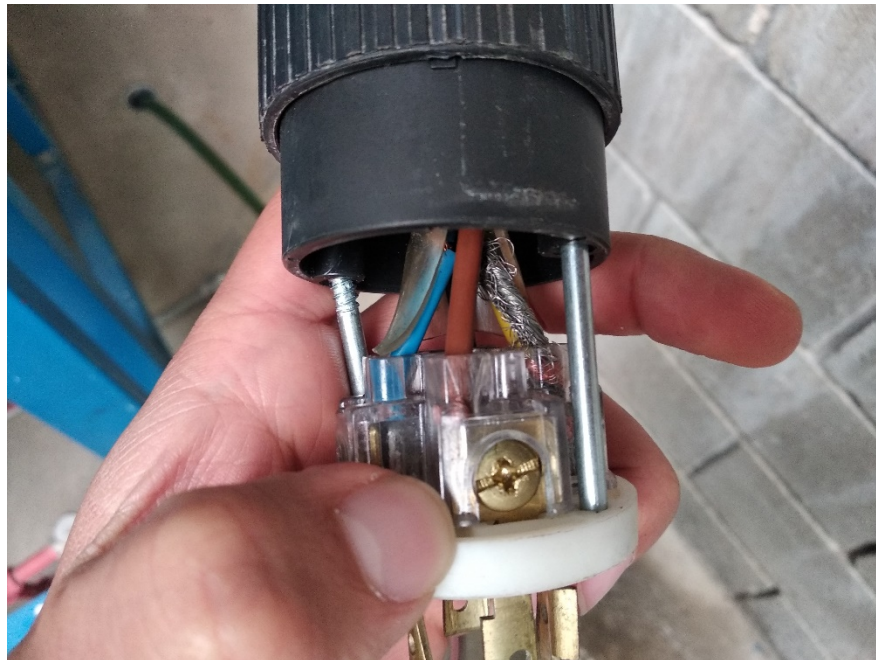


Figura 38. Conector Nema L15-20

En la figura 38 se puede ver la conexión de tres fases con los colores café, azul, y negro además del cable a tierra de color amarillo y verde. Ya sabiendo el código de colores que sigue el cableado, se prosiguió a revisar las conexiones internas del armario de control principal, en donde se pudo determinar el esquema que se ve en la figura 39, en donde se muestra la conexión que hay de los contactores a los respectivos motores.

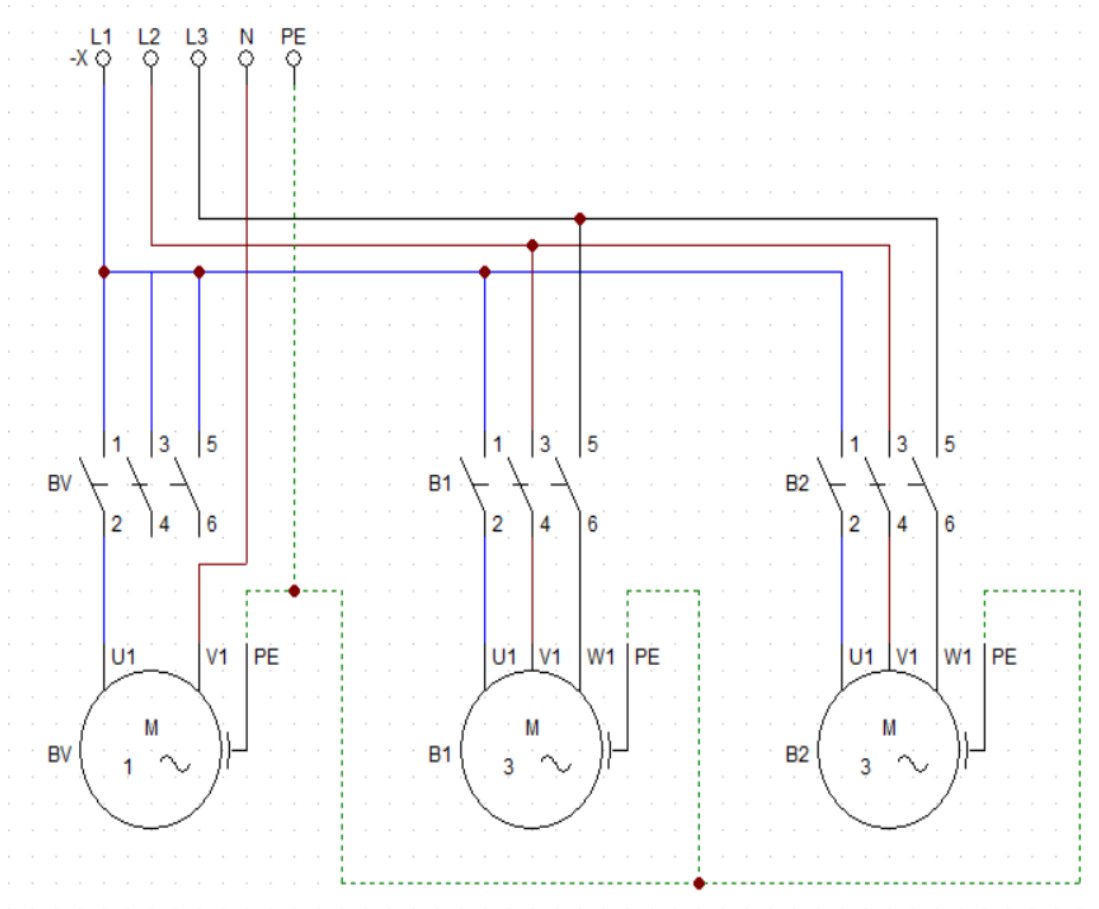


Figura 39. Conexión de los contactores a los motores

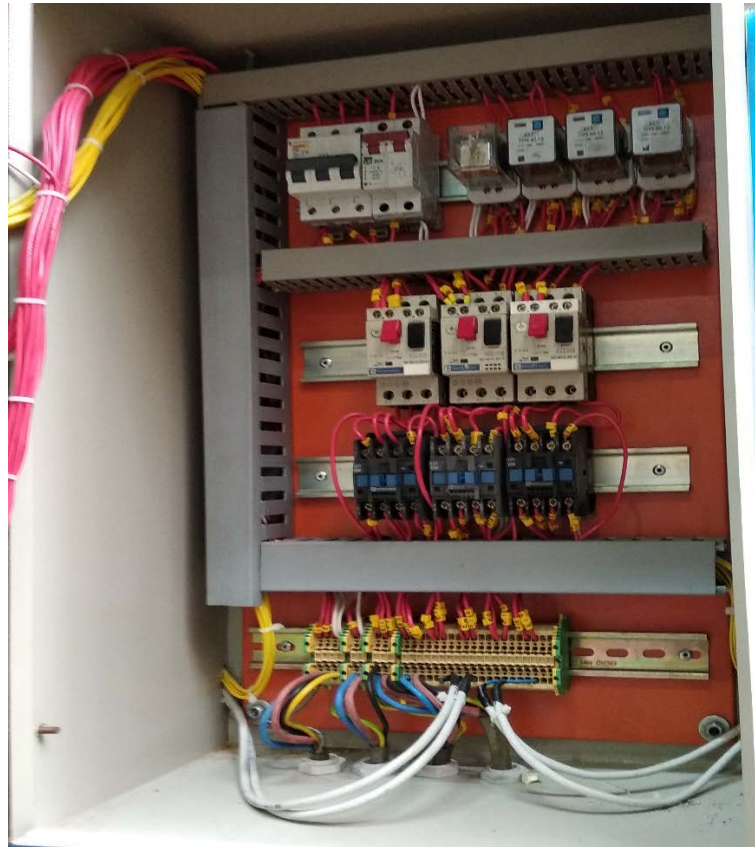


Figura 40. Armario de control principal

Ya sabiendo la codificación de los cables que se dirigen hacia los motores, se realizó una inspección visual de la caja de conexiones del motor, con la finalidad de ver el tipo de conexión empleada en los mismos, en la figura 41 y 42 se pueden ver las cajas de los motores que funcionan a 220V, mientras que en la figura 43 se encuentra el conector de la bomba de vacío.

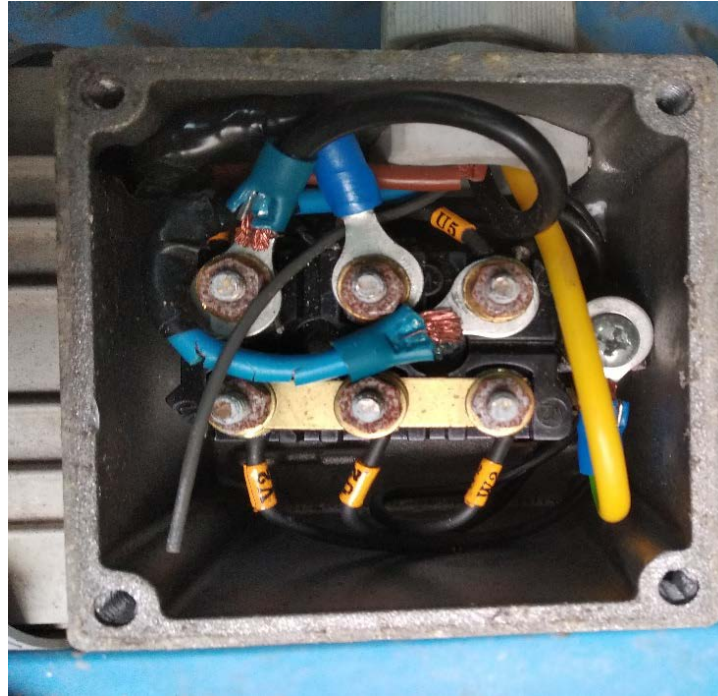


Figura 41. Caja de conexiones en Bomba 1

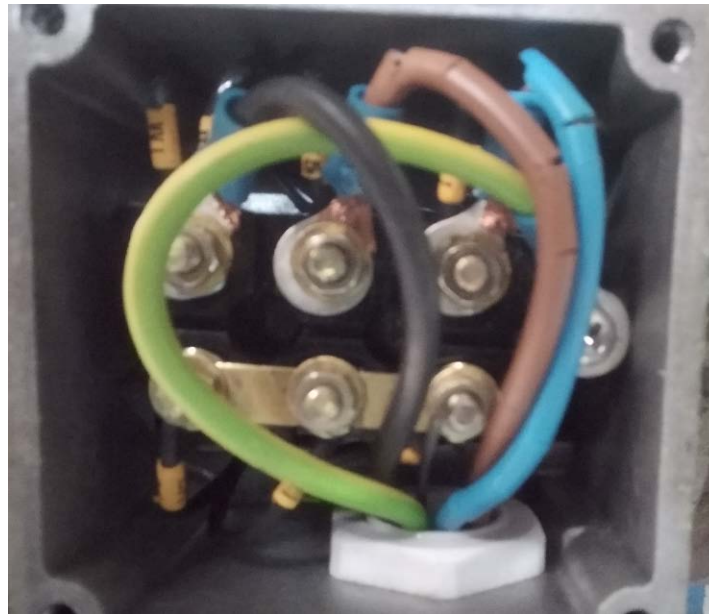


Figura 42. Caja de conexiones en Bomba 2



Figura 43. Conector en bomba de vacío.

Con la finalidad de poder conectar los sensores de nivel a ambos armarios de control sin que el funcionamiento de uno afecte al otro, se pensó en la instalación de unos conectores especiales que permitieran trabajar de tal manera que pudiese ser conectado con sistema u otro.



Figura 44. Conexión, sensores de nivel

Se realizaron las conexiones desde el armario hasta los motores, conservando la configuración ya instalada, de tal manera que se eviten los conflictos en funcionamiento, lo cual se puede ver en la figura 45 y 46.



Figura 45. Conexión armario principal



Figura 46. Conexión, armario secundario

Por último, se realizó la verificación del funcionamiento del proyecto, verificando el encendido y paro de emergencia, además de observar el funcionamiento de los motores de acuerdo con el proceso que se realizó en el momento.

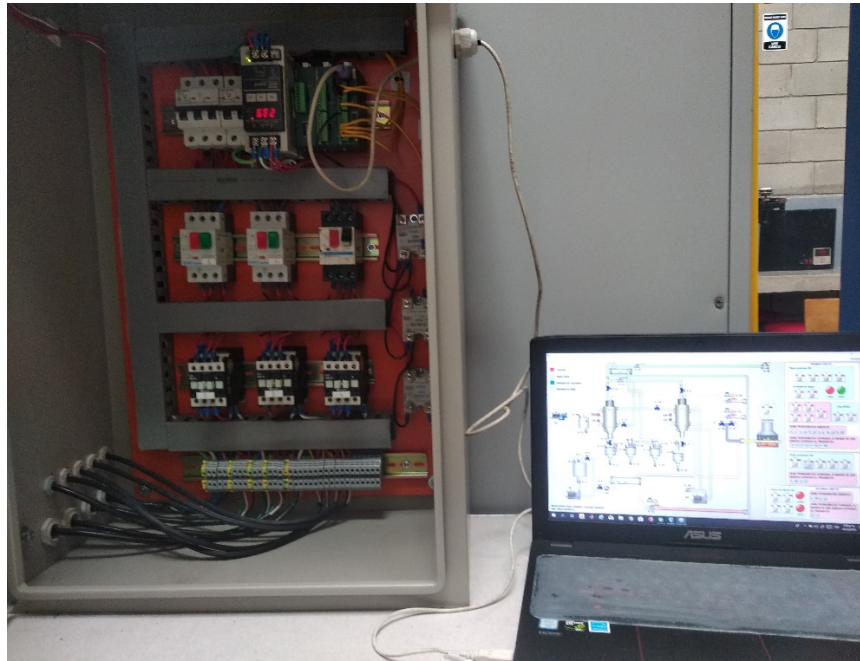


Figura 47. Verificación del breaker general



Figura 48. Encendido del proyecto

Ya verificado el funcionamiento del encendido y comunicación, se continuó con la revisión del botón de paro y el accionamiento de las bombas desde el PC.



Figura 49. Verificación, paro de emergencia

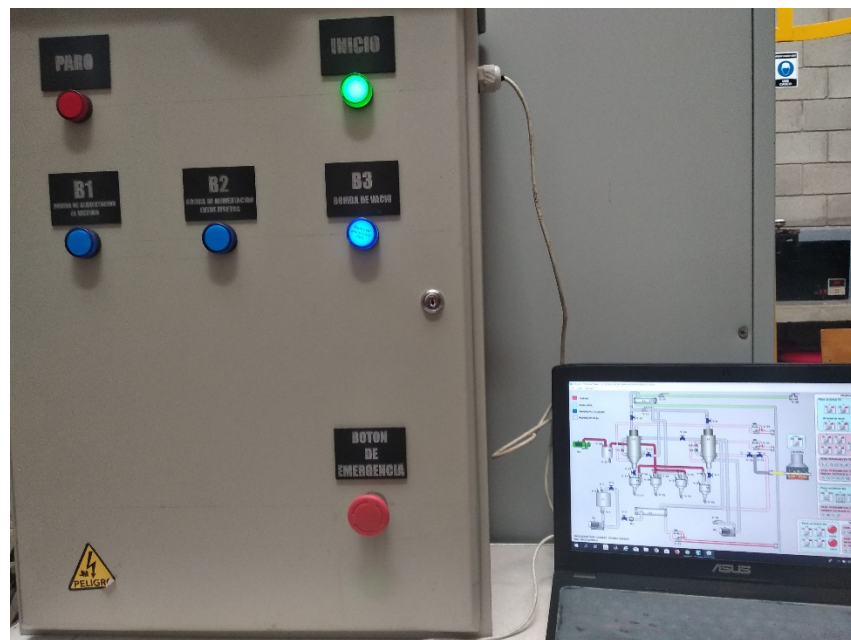


Figura 50. Primera verificación, encendido de la bomba tres (B3)

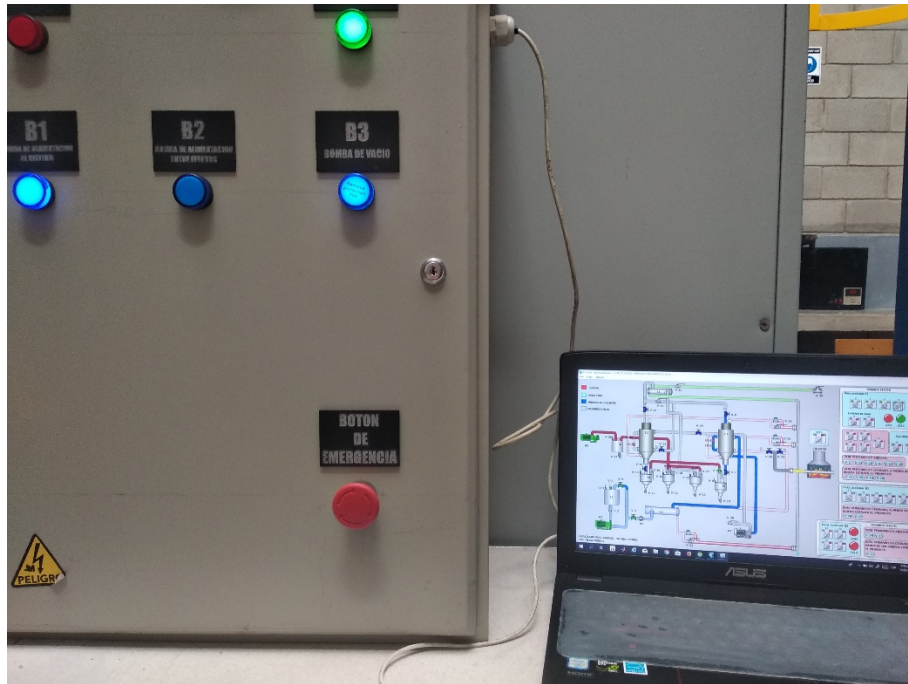


Figura 51. Segunda verificación, encendido de las bombas uno y tres (B1, B3)

Con la revisión del funcionamiento del proyecto, se comprueba que funciona correctamente.

Conclusiones

- ✓ Se logró implementar el sistema SCADA a la planta piloto Evaporador doble efecto, mejorando la visualización del comportamiento en los componentes de esta.
- ✓ La caracterización de la instrumentación en los lazos de evaporación permitió dar a conocer mejoras que se le podrían hacer a la planta para un mejor funcionamiento, como lo sería el cambio de las válvulas 30 y 32 por servo válvulas, ayudando a un mejor control de la entrada de vapor a la planta y reduciendo posibles accidentes, ya que actualmente son de accionamiento manual.
- ✓ Con la revisión del material de los elementos que compone la planta, se evidenció un deterioro en algunos componentes del actual armario de control, así como una serie de válvulas que no cumplen con la normativa para procesos de alimento.
- ✓ Es indispensable la protección de los motores, para ello es necesario usar unos disyuntores guardamotor, los cuales generaran una mayor probabilidad de vida útil en estos.
- ✓ En el PLC NAIS se usaron siete entradas, siendo tres de estas enviadas desde el programa InTouch, y las otras cuatro desde los sensores de nivel, además de tres salidas para el accionamiento de las tres bombas.
- ✓ Los módulos de expansión análogo y digital permiten al usuario mayor posibilidad de variables a controlar, así como la posibilidad de implementar un algoritmo de control PID.
- ✓ En ocasiones las salidas del PLC no cuentan con la suficiente corriente que necesita el elemento a conectar, ocasionando un mal funcionamiento de este, es por ello por lo que

el PLC ha de funcionar suministrando la menor cantidad de corriente posible, permitiendo al elemento conectado tomar la corriente necesaria de la red principal.

- ✓ Una interfaz que permita al usuario visualizar cada componente que se ve involucrado en el proceso, le permite estar más alerta de los posibles fallos que se están presentando, además de permitir reducir los tiempos de reacción ante un accidente.
- ✓ La HMI ha de tener una programación que trate de evitar al máximo malas ejecuciones en el mismo, ya que esto puede desencadenar un mal funcionamiento del proceso.
- ✓ Los colores de activación ligado a un equipo han de ser acorde a los estándares manejados para una interfaz, con la finalidad de facilitar la comprensión del funcionamiento de la HMI.
- ✓ Se observó un funcionamiento acorde a lo esperado, al momento de validar el sistema SCADA, logrando satisfacer los estándares planteados inicialmente.

Recomendaciones

- ✓ Es necesario realizar un mantenimiento correctivo a la planta, ya que, al momento de realizar la inspección del cableado, se pudo evidenciar un notable deterioro en el material de aislamiento en los cables que conectan los motores, además del conector en la boba de vacío.
- ✓ Tratar de disminuir la humedad dentro del armario de control principal, pues este ha atacado el plástico de los contactores.
- ✓ Revisar las conexiones del armario de control, puesto que algunas presentan una dudosa conexión, pudiendo ocasionar un mal contacto y sobrecalentamiento en uniones.
- ✓ Reemplazar las válvulas que controla la entrada de vapor a la planta por servo válvulas, ya que mediante estas se puede realizar un control PID que optimice el funcionamiento de esta.



Figura 52. Válvulas de entrada del vapor

- ✓ Usar PLC S7-300 para control mas profundo, como lo es el control Fuzzy.
- ✓ Reemplazar la tubería del cableado actual por una de EMT, con calibre de una pulgada.

Referencias

- Cardona, J., Hoyos, J., & Zapata, J. (2007). Control de un evaporador de doble efecto por linealización instantánea usando redes neuronales artificiales. *Scientia et Technica Año XIII, No 37*, 97-102.
- Echeverri, O. (2005). Control de los Evaporadores de los Laboratorios de Procesos Productivos de la Universidad Nacional sede Manizales. Manizales.
- Romero, C. (2004). Un avance del estudio de la automatización en el país . *Scientia Et Technica, vol. X, núm. 26*, 67-72.
- Electrónica Unicrom (2016). Historia del PLC, Modicon, Modbus.[Online].
Avaliable:<https://unicrom.com/historia-del-plc-modicon-modbus/>
- Ordoñez, R., & Hernández, C. P. (2012). Modelado de un Sistema de Evaporación de Múltiple Efecto para la Producción de Panela (Azúcar no Centrifugado). *Información Tecnológica Vol. 23 N° 6* , 105-120.
- Pérez, M., Berná, J., & Gil, J. (2004). Modelado análisis y control de un evaporador de doble efecto. *XXV Jornadas de Automática Ciudad Real*, 1-15.
- Tremante, P., & Brea, E. (2014). Una visión de la teoría difusa y los sistemas difusos enfocados al control difuso . *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. IV, núm. 12*, 121-136.
- Rubio, L., Chernikoff, R., Muñoz, E., & Sini, S. (2007). Estudio Experimental para la Predicción del Funcionamiento de Evaporadores. *Información Tecnológica-Vol. 18 N°2*, 83-86.
- Camilla, L. (2006). Automatización industrial. Electro Industria. Edición Julio 2006

- Valiente, A. (2013). Ingeniería de Calor .
- Ortiz I. B. and Iturria. I. M. B. (2015). Alternativas para el Control Multivariable *Ingecuam* vol. 5, núm. X, pp. 21–27.
- Hyde, J., Regué, J., Josep, Cuspinera, A. (1997). *Control Electroneumático y Electrónico*, Barcelona, España: Editorial Marcombo.
- Cerdá, I, M. (Ed.1). (2017). Electricidad y Automatismos Eléctricos. Madrid, España: Paraninfo.
- Pallás, A. (1993). Adquisición y Distribución de Señales, Barcelona, España, Marcombo.
- Irving, L, Kosow. (2006). Control de Máquinas Eléctricas. Barcelona, España, Reverté.
- Moreno, J., García, C., Tárraga, D. (Ed.3). (2010). Instalaciones Eléctricas Interiores. Madrid, España: Paraninfo.
- Gallardo, S., (Ed.1). (2013). Técnicas y Procesos en Instalaciones Domóticas y Automáticas. Madrid, España: Paraninfo
- Martínez, R., (2007). Sistemas Eléctricos y Electrónicos de las Aeronaves. Madrid, España: Paraninfo
- Reliance Foundry. (2017). Acero Inoxidable 304 Versus Acero Inoxidable 316. British Columbia, Canada. Reliance Foundry Co Ltd. Recuperado de <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es#gref>
- Velásquez, M, A. Manual de Prácticas y Guías Pedagógicas para la unidad de Evaporación de Efecto Simple y de doble Efecto Instalada en el salón Q115 de la Escuela de Química de la Universidad Tecnológica de Pereira (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Fill-Rite y Sotera Systems (2018). -820: Fill Rite. Monterey, N. L. México.: Recuperado de <http://fill-rite.com.mx/fillrite.php?id=156>

Serway, Raymond A. Jewett, John W. (Ed 6). (vol 2). (2004). Physics for Scientists and Engineers. Virginia. EE UU: Thomson Brooks/Cole.

Nolla, X. (04/12/2017). Wika: ¿Qué es un cómo funciona un interruptor de flotador? Recuperado de <https://www.bloginstrumentacion.com/productos/caudal/qu-cmo-funciona-interruptor-flotador/>

The chakal web. (1980-2005). Spirax Sarco: Trampas Termodinámicas para Vapor. Recuperado de <http://www.elhinel.com.ar/trampas/trampas.html>

Gurevich, Yuri, y Ortiz, Antonio. (6 de noviembre de 2002). Scielo: Fuerza termoelectromotriz en semiconductores bipolares: nuevo punto de vista. artículo de en la Revista Mexicana de Física, vol. 49, págs. 115-122, 2003.

Instrumatic. (2017). Instrumatic: Termopar tipo K con racor de Fijación 3/8. Recuperado de <https://www.instrumatic.com.co/producto/termopar-tipo-k-con-racor-de-fijacion-3-8>

Valvias. (2007-2013). Valvias: Válvula de bola (Ball valve). Recuperado de <http://www.valvias.com/tipo-valvula-de-bola.php>

Casa Ferretera S.A (2016-2019). Casa Ferretera Toluca S.A de C.V: Valvula Bola. Recuperado de <http://casaferretera.com.mx/producto/valvula-bola/>

Tuvacol S.A. (2010). Tuvacol: Válvulas de Globo. Recuperado de <http://www.tuvacol.com/valvulas/valvulas-de-globo/>

QuimiNet. (01/07/2007). QuimiNet: Usos y aplicaciones de las válvulas de compuerta.

Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-valvulas-de-compuerta-56126.htm>

Válvulas Internacionales. (26/3/2018). Válvulas Internacionales: Válvulas: Conocimientos

básicos sobre sus 5 principales diseños. Recuperado de <http://valvulasinternacionales.com.pe/blog/valvulas-conocimientos-basicos/>

RETIE Anexo N° 3, Artículo 9, 2/4/2007

Sanz. J. A (1996). Las Normas Técnicas ISO 6241 y EN 29241 sobre pantallas de

visualización [PDF file]. MAPFRE SEGURIDAD. N° 62- SEGUNDO TRIMESTRE

1996, 12-13. Recuperado de

[https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1018137)

[grupo.cmd?path=1018137](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1018137)

Anexos



Cables Flexibles




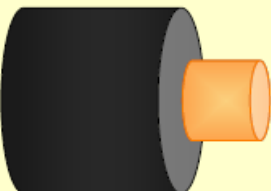
Los cables Flexibles son usados generalmente para conectar equipos y aparatos móviles.

Su característica de flexibilidad les permite soportar movimientos o vibraciones que se presentan en algunas aplicaciones específicas.

Los cables Flexibles CENTELSA son fácilmente maniobrables durante su instalación y operación, además conservan sus propiedades eléctricas y mecánicas, de tal forma que la conducción de energía eléctrica se realice de forma segura y confiable.

POT.2012.01
Una empresa Viakable

DATOS TÉCNICOS	ILUMINACION 105°C Cu 18 AWG (J) 600V	201636																																																																																																																			
CORTE TRANSVERSAL Y DIAGRAMA (3D) a escala																																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">CONDUCTOR / NORMA</th> </tr> <tr> <td>CALIBRE</td> <td>CuSUAVE</td> <td>ASTM B174</td> </tr> <tr> <td>AREA</td> <td>18</td> <td>AWG</td> </tr> <tr> <td>AREA</td> <td>0,82</td> <td>mm²</td> </tr> <tr> <td>CLASE DE CABLEADO</td> <td>J</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FORMACION</td> <td>10</td> <td>Alambres</td> </tr> <tr> <td>RESISTENCIA D.C. a 20°C</td> <td>(Nom) 21,4235</td> <td>ohm/km</td> </tr> <tr> <td>CARGA DE ROTURA</td> <td>(Inf) 18</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <th colspan="3">AISLAMIENTO / NORMA</th> </tr> <tr> <td>ESPESOR</td> <td>PVC</td> <td>UL 758</td> </tr> <tr> <td>(Min.Prom)</td> <td>0,76</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>DIAMETRO</td> <td>2,81</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>RESISTENCIA DE AISLAMIENTO a 15.6°C (Min)</td> <td>334</td> <td>Mohm-cm</td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) / Tensión de Operación (V)</td> <td>105</td> <td>600 V</td> </tr> <tr> <td>TENSION DE PRUEBA</td> <td>3,5 kv AC</td> <td>11 kv DC</td> </tr> </table>	CONDUCTOR / NORMA			CALIBRE	CuSUAVE	ASTM B174	AREA	18	AWG	AREA	0,82	mm ²	CLASE DE CABLEADO	J		FORMACION	10	Alambres	RESISTENCIA D.C. a 20°C	(Nom) 21,4235	ohm/km	CARGA DE ROTURA	(Inf) 18	kg	AISLAMIENTO / NORMA			ESPESOR	PVC	UL 758	(Min.Prom)	0,76	mm	DIAMETRO	2,81	mm	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO a 15.6°C (Min)	334	Mohm-cm	Temperatura (°C) / Tensión de Operación (V)	105	600 V	TENSION DE PRUEBA	3,5 kv AC	11 kv DC																																																																								
CONDUCTOR / NORMA																																																																																																																					
CALIBRE	CuSUAVE	ASTM B174																																																																																																																			
AREA	18	AWG																																																																																																																			
AREA	0,82	mm ²																																																																																																																			
CLASE DE CABLEADO	J																																																																																																																				
FORMACION	10	Alambres																																																																																																																			
RESISTENCIA D.C. a 20°C	(Nom) 21,4235	ohm/km																																																																																																																			
CARGA DE ROTURA	(Inf) 18	kg																																																																																																																			
AISLAMIENTO / NORMA																																																																																																																					
ESPESOR	PVC	UL 758																																																																																																																			
(Min.Prom)	0,76	mm																																																																																																																			
DIAMETRO	2,81	mm																																																																																																																			
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO a 15.6°C (Min)	334	Mohm-cm																																																																																																																			
Temperatura (°C) / Tensión de Operación (V)	105	600 V																																																																																																																			
TENSION DE PRUEBA	3,5 kv AC	11 kv DC																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="5">IDENTIFICACIÓN Otro</th> </tr> <tr> <th>Fase</th> <th>Color Base</th> <th>Color Trazo</th> <th>Impresión Tinta</th> <th>Ribetes</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Negro</td> <td></td> <td>No</td> <td>-</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>			IDENTIFICACIÓN Otro					Fase	Color Base	Color Trazo	Impresión Tinta	Ribetes	1	Negro		No	-																																																																																																				
IDENTIFICACIÓN Otro																																																																																																																					
Fase	Color Base	Color Trazo	Impresión Tinta	Ribetes																																																																																																																	
1	Negro		No	-																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">DATOS GENERALES</th> </tr> <tr> <td>DIAMETRO</td> <td>(Nom) 2,81</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>PESO TOTAL APROXIMADO</td> <td>14,37</td> <td>kg/km</td> </tr> <tr> <td>AMPACIDAD (segun NEC)</td> <td>8 A*</td> <td>13 A**</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><small>*and 109°C, Temp:30°C **Hasta 3 cond. transportando corriente.***Un solo conductor al aire.</small></td> </tr> <tr> <td>TENSION HALADO (Max. tracción sobre conductores de fase)</td> <td></td> <td>6 kg</td> </tr> <tr> <td>RADIO DE CURVATURA</td> <td>(Min) 11,24</td> <td>mm</td> </tr> </table>			DATOS GENERALES			DIAMETRO	(Nom) 2,81	mm	PESO TOTAL APROXIMADO	14,37	kg/km	AMPACIDAD (segun NEC)	8 A*	13 A**	<small>*and 109°C, Temp:30°C **Hasta 3 cond. transportando corriente.***Un solo conductor al aire.</small>			TENSION HALADO (Max. tracción sobre conductores de fase)		6 kg	RADIO DE CURVATURA	(Min) 11,24	mm																																																																																														
DATOS GENERALES																																																																																																																					
DIAMETRO	(Nom) 2,81	mm																																																																																																																			
PESO TOTAL APROXIMADO	14,37	kg/km																																																																																																																			
AMPACIDAD (segun NEC)	8 A*	13 A**																																																																																																																			
<small>*and 109°C, Temp:30°C **Hasta 3 cond. transportando corriente.***Un solo conductor al aire.</small>																																																																																																																					
TENSION HALADO (Max. tracción sobre conductores de fase)		6 kg																																																																																																																			
RADIO DE CURVATURA	(Min) 11,24	mm																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">MARCACIÓN</th> </tr> <tr> <td>Impresión en Tinta</td> <td>CENTELSA C ILUMINACION Cu 105°C 18 AWG 800V AWM PVC</td> </tr> <tr> <td>Notas</td> <td>Máxima separación entre leyendas 1 metro</td> </tr> </table>			MARCACIÓN		Impresión en Tinta	CENTELSA C ILUMINACION Cu 105°C 18 AWG 800V AWM PVC	Notas	Máxima separación entre leyendas 1 metro																																																																																																													
MARCACIÓN																																																																																																																					
Impresión en Tinta	CENTELSA C ILUMINACION Cu 105°C 18 AWG 800V AWM PVC																																																																																																																				
Notas	Máxima separación entre leyendas 1 metro																																																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">EMPAQUE EN ROLLO</th> </tr> <tr> <td>Rollo</td> <td>P.Bruto (kg)</td> <td>Diámetro (mm)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td>100</td> <td>Ancho (mm)</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>Diám. Int. (mm)</td> <td></td> </tr> </table>			EMPAQUE EN ROLLO				Rollo	P.Bruto (kg)	Diámetro (mm)		Longitud (m)	100	Ancho (mm)			1	Diám. Int. (mm)																																																																																																				
EMPAQUE EN ROLLO																																																																																																																					
Rollo	P.Bruto (kg)	Diámetro (mm)																																																																																																																			
Longitud (m)	100	Ancho (mm)																																																																																																																			
	1	Diám. Int. (mm)																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">NORMAS / PRUEBAS</th> </tr> <tr> <td>NORMAS</td> <td>ASTM B 174, UL 758,</td> </tr> <tr> <td>PRUEBAS DE RUTINA</td> <td>Dimensiones: Diámetros, espesores, Resistencia DC Resistencia de Aislamiento, Tensión Aplicada</td> </tr> <tr> <td>PRUEBAS TIPO</td> <td>Mecánicas y Térmicas al aislamiento y la chaqueta</td> </tr> <tr> <td>PR. ESPECIALES</td> <td>Se realizarán pruebas especiales bajo acuerdo mutuo</td> </tr> </table>			NORMAS / PRUEBAS		NORMAS	ASTM B 174, UL 758,	PRUEBAS DE RUTINA	Dimensiones: Diámetros, espesores, Resistencia DC Resistencia de Aislamiento, Tensión Aplicada	PRUEBAS TIPO	Mecánicas y Térmicas al aislamiento y la chaqueta	PR. ESPECIALES	Se realizarán pruebas especiales bajo acuerdo mutuo																																																																																																									
NORMAS / PRUEBAS																																																																																																																					
NORMAS	ASTM B 174, UL 758,																																																																																																																				
PRUEBAS DE RUTINA	Dimensiones: Diámetros, espesores, Resistencia DC Resistencia de Aislamiento, Tensión Aplicada																																																																																																																				
PRUEBAS TIPO	Mecánicas y Térmicas al aislamiento y la chaqueta																																																																																																																				
PR. ESPECIALES	Se realizarán pruebas especiales bajo acuerdo mutuo																																																																																																																				
<p>Los valores aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de manufactura y/o de normas.</p>																																																																																																																					
<p>Aprobado Por: _____</p>																																																																																																																					

		POT.2012.01																																																																																																																																																							
		CENTELSA <small>Una empresa Vialkable</small>																																																																																																																																																							
DATOS TÉCNICOS		ILUMINACION 105°C Cu 16 AWG (J) 600V																																																																																																																																																							
		201638																																																																																																																																																							
CORTE TRANSVERSAL Y DIAGRAMA (3D) a escala																																																																																																																																																									
																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONDUCTOR / NORMA</th> <th>Cu50/AVE</th> <th>ASTM B174</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CALIBRE</td> <td></td> <td>16</td> <td>AWG</td> </tr> <tr> <td>AREA</td> <td></td> <td>1,31</td> <td>mm²</td> </tr> <tr> <td>CLASE DE CABLEADO</td> <td></td> <td>J</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FORMACION</td> <td></td> <td>16</td> <td>Alambres</td> </tr> <tr> <td>RESISTENCIA D.C. a 20°C</td> <td>(Nom)</td> <td>13,4520</td> <td>ohm/km</td> </tr> <tr> <td>CARGA DE ROTURA</td> <td>(Inf)</td> <td>29</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table>		CONDUCTOR / NORMA		Cu50/AVE	ASTM B174	CALIBRE		16	AWG	AREA		1,31	mm ²	CLASE DE CABLEADO		J		FORMACION		16	Alambres	RESISTENCIA D.C. a 20°C	(Nom)	13,4520	ohm/km	CARGA DE ROTURA	(Inf)	29	kg	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">AISLAMIENTO / NORMA</th> <th>PVC</th> <th>UL 758</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ESPESOR</td> <td>(Min.Prom)</td> <td>0,76</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>DIÁMETRO</td> <td></td> <td>3,14</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>RESISTENCIA DE AISLAMIENTO a 15.6°C (Min)</td> <td></td> <td>282</td> <td>Mohm-km</td> </tr> <tr> <td>Temperatura (°C) / Tensión de Operación (V)</td> <td></td> <td>105</td> <td>600 V</td> </tr> <tr> <td>TENSIÓN DE PRUEBA</td> <td></td> <td>3.5 kV AC</td> <td>11 kV DC</td> </tr> </tbody> </table>		AISLAMIENTO / NORMA		PVC	UL 758	ESPESOR	(Min.Prom)	0,76	mm	DIÁMETRO		3,14	mm	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO a 15.6°C (Min)		282	Mohm-km	Temperatura (°C) / Tensión de Operación (V)		105	600 V	TENSIÓN DE PRUEBA		3.5 kV AC	11 kV DC																																																																																																		
CONDUCTOR / NORMA		Cu50/AVE	ASTM B174																																																																																																																																																						
CALIBRE		16	AWG																																																																																																																																																						
AREA		1,31	mm ²																																																																																																																																																						
CLASE DE CABLEADO		J																																																																																																																																																							
FORMACION		16	Alambres																																																																																																																																																						
RESISTENCIA D.C. a 20°C	(Nom)	13,4520	ohm/km																																																																																																																																																						
CARGA DE ROTURA	(Inf)	29	kg																																																																																																																																																						
AISLAMIENTO / NORMA		PVC	UL 758																																																																																																																																																						
ESPESOR	(Min.Prom)	0,76	mm																																																																																																																																																						
DIÁMETRO		3,14	mm																																																																																																																																																						
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO a 15.6°C (Min)		282	Mohm-km																																																																																																																																																						
Temperatura (°C) / Tensión de Operación (V)		105	600 V																																																																																																																																																						
TENSIÓN DE PRUEBA		3.5 kV AC	11 kV DC																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">NORMAS / PRUEBAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NORMAS</td> <td colspan="3">ASTM B174, UL 758,</td> </tr> <tr> <td>PRUEBAS DE RUTINA</td> <td colspan="3">Dimensiones: Diámetros, espesores, Resistencia DC Resistencia de Aislamiento, Tensión Aplicada</td> </tr> <tr> <td>PRUEBAS TIPO</td> <td colspan="3">Mecánicas y Térmicas al aislamiento y la chaqueta</td> </tr> <tr> <td>PR. ESPECIALES</td> <td colspan="3">Se realizarán pruebas especiales bajo acuerdo mutuo</td> </tr> </tbody> </table>		NORMAS / PRUEBAS				NORMAS	ASTM B174, UL 758,			PRUEBAS DE RUTINA	Dimensiones: Diámetros, espesores, Resistencia DC Resistencia de Aislamiento, Tensión Aplicada			PRUEBAS TIPO	Mecánicas y Térmicas al aislamiento y la chaqueta			PR. ESPECIALES	Se realizarán pruebas especiales bajo acuerdo mutuo			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">IDENTIFICACIÓN Otro</th> </tr> <tr> <th>Fase</th> <th>Color Base</th> <th>Color Trazo</th> <th>Impresión Tinta</th> <th>Ribetes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Negro</td> <td></td> <td>No</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		IDENTIFICACIÓN Otro					Fase	Color Base	Color Trazo	Impresión Tinta	Ribetes	1	Negro		No	-																																																																																																																			
NORMAS / PRUEBAS																																																																																																																																																									
NORMAS	ASTM B174, UL 758,																																																																																																																																																								
PRUEBAS DE RUTINA	Dimensiones: Diámetros, espesores, Resistencia DC Resistencia de Aislamiento, Tensión Aplicada																																																																																																																																																								
PRUEBAS TIPO	Mecánicas y Térmicas al aislamiento y la chaqueta																																																																																																																																																								
PR. ESPECIALES	Se realizarán pruebas especiales bajo acuerdo mutuo																																																																																																																																																								
IDENTIFICACIÓN Otro																																																																																																																																																									
Fase	Color Base	Color Trazo	Impresión Tinta	Ribetes																																																																																																																																																					
1	Negro		No	-																																																																																																																																																					
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">DATOS GENERALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIÁMETRO</td> <td>(Nom)</td> <td>3,14</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>PESO TOTAL APROXIMADO</td> <td></td> <td>19,93</td> <td>kg/km</td> </tr> <tr> <td>AMPACIDAD (Segun NEC)</td> <td></td> <td>13 A*</td> <td>17 A**</td> </tr> <tr> <td colspan="4"><small>*Toad 105°C, Tamb: 30°C. **hasta 3 cond. transportando corriente. ***Un solo conductor al aire.</small></td> </tr> <tr> <td>TENSIÓN HALADO (Max. tracción sobre conductores de fase)</td> <td></td> <td></td> <td>9 kg</td> </tr> <tr> <td>RADIO DE CURVATURA</td> <td>(Min)</td> <td>12,56</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table>		DATOS GENERALES				DIÁMETRO	(Nom)	3,14	mm	PESO TOTAL APROXIMADO		19,93	kg/km	AMPACIDAD (Segun NEC)		13 A*	17 A**	<small>*Toad 105°C, Tamb: 30°C. **hasta 3 cond. transportando corriente. ***Un solo conductor al aire.</small>				TENSIÓN HALADO (Max. tracción sobre conductores de fase)			9 kg	RADIO DE CURVATURA	(Min)	12,56	mm																																																																																																																										
DATOS GENERALES																																																																																																																																																									
DIÁMETRO	(Nom)	3,14	mm																																																																																																																																																						
PESO TOTAL APROXIMADO		19,93	kg/km																																																																																																																																																						
AMPACIDAD (Segun NEC)		13 A*	17 A**																																																																																																																																																						
<small>*Toad 105°C, Tamb: 30°C. **hasta 3 cond. transportando corriente. ***Un solo conductor al aire.</small>																																																																																																																																																									
TENSIÓN HALADO (Max. tracción sobre conductores de fase)			9 kg																																																																																																																																																						
RADIO DE CURVATURA	(Min)	12,56	mm																																																																																																																																																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MARCACIÓN</th> <th colspan="2">Impresión en Tinta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">CENTELSA C ILUMINACION Cu 105°C 16 AWG 600V AWM PVC</td> </tr> <tr> <td>Notas</td> <td colspan="3">Máxima separación entre leyendas 1 metro</td> </tr> </tbody> </table>		MARCACIÓN		Impresión en Tinta		CENTELSA C ILUMINACION Cu 105°C 16 AWG 600V AWM PVC				Notas	Máxima separación entre leyendas 1 metro																																																																																																																																												
MARCACIÓN		Impresión en Tinta																																																																																																																																																							
CENTELSA C ILUMINACION Cu 105°C 16 AWG 600V AWM PVC																																																																																																																																																									
Notas	Máxima separación entre leyendas 1 metro																																																																																																																																																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">EMPAQUE EN ROLLO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rollo</td> <td>P.Bruto (kg)</td> <td>Diámetro (mm)</td> <td>Ancho (mm)</td> </tr> <tr> <td>Longitud (m)</td> <td>100</td> <td>2</td> <td>Diám. Int. (mm)</td> </tr> </tbody> </table>		EMPAQUE EN ROLLO				Rollo	P.Bruto (kg)	Diámetro (mm)	Ancho (mm)	Longitud (m)	100	2	Diám. Int. (mm)																																																																																																																																										
EMPAQUE EN ROLLO																																																																																																																																																									
Rollo	P.Bruto (kg)	Diámetro (mm)	Ancho (mm)																																																																																																																																																						
Longitud (m)	100	2	Diám. Int. (mm)																																																																																																																																																						
		<table border="1"> <tr> <td colspan="4">Aprobado Por: _____</td> </tr> </table>		Aprobado Por: _____																																																																																																																																																					
Aprobado Por: _____																																																																																																																																																									

Los valores aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de manufactura y/o de normas.

CABLECOL
CONDUCTIVIDAD HUMANA

LISTA DE PRECIOS No. **12**
Vigencia 01 de Febrero de 2018

RETIE UL CIDCE
CIDET

CONDUMEX M.R.
EXCELENCIA • INNOVACIÓN • GARANTÍA • CALIDAD



DESCRIPCIÓN			CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)**	PRECIO UNITARIO (\$/M)
C.8	AWG	CU DESNUDO	98	\$ 2.727
C.6	AWG	CU DESNUDO	124	\$ 4.407
C.4	AWG	CU DESNUDO	155	\$ 6.785
C.2	AWG	CU DESNUDO	209	\$ 10.620
C.1/0	AWG	CU DESNUDO	282	\$ 17.076
C.2/0	AWG	CU DESNUDO	329	\$ 21.578
C.4/0	AWG	CU DESNUDO	444	\$ 33.812

NOTAS

** Capacidad de corriente para conductores desnudos a temperatura ambiente de 40°C y temperatura del conductor 80°C, velocidad del viento 0.61 m/s. NEC 2011 Tabla 310-15 (B)(21)

CABLES DE COBRE (CU) MULTICONDUCTOR FLEXIBLE 90°C 600V TC

DESCRIPCIÓN						CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)**	PRECIO UNITARIO (\$/M)
2X18	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	14	\$ 1.314
3X18	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	14	\$ 1.786
4X18	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	14	\$ 2.272
2X16	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	18	\$ 1.786
3X16	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	18	\$ 2.324
4X16	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	18	\$ 2.842
2X14	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	25	\$ 2.839
3X14	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	25	\$ 3.491
4X14	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	25	\$ 4.193
2X12	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	30	\$ 3.859
3X12	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	30	\$ 4.926
4X12	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	30	\$ 6.059
2X10	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	40	\$ 5.204
3X10	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	40	\$ 6.916
4X10	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	40	\$ 8.466
2X8	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	55	\$ 8.358
3X8	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	55	\$ 10.857
4X8	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	55	\$ 14.539
2X6	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	75	\$ 12.386
3X6	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	75	\$ 17.154
4X6	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	75	\$ 22.579
4X4	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	95	\$ 40.849
4X2	AWG	MULTICONDUCTOR FLEXIBLE	600V	90°C	TC	130	\$ 62.913

NOTAS

** Capacidad de corriente a temperatura ambiente de 30°C y temperatura del conductor 90°C, hasta 3 conductores portadores de corriente NTC 2050 Tabla 310-16





Client Connectivity Guide

KEPServerEX[®] with Wonderware[®] InTouch[®]

June 2017
Ref. 1.004

www.kepware.com

1

©2017 PTC, Inc. All Rights Reserved.

CONSUMO DE AMPERAJE DEL MOTOR (A CARGA TOTAL DE 60 Hz)																
Tipo de Inducción TRIFÁSICA de CA – Rotor Cilíndrico Bobinado	Monofásico							Corriente Continua								
	HP	115V	200V	230V	460V	575V	2300V	4160V	HP	115V	230V	HP	120V	240V	HP	240V
1/2	4.0	2.3	2.0	1.0	.8			1/6	4.4	2.2						
3/4	5.6	3.2	2.8	1.4	1.1			1/4	5.8	2.9	1/4	2.9	1.5	15	55	
1	7.2	4.15	3.6	1.8	1.4			1/3	7.2	3.6	1/3	3.6	1.8	20	72	
1 1/2	10.4	6.0	5.2	2.6	2.1			1/2	9.8	4.9	1/2	5.2	2.6	25	89	
2	13.6	7.8	6.8	3.4	2.7			3/4	13.8	6.9	3/4	7.4	3.7	30	106	
3		11.0	9.6	4.8	3.9			1	16.0	8.0	1	9.4	4.7	40	140	
5		17.5	15.2	7.6	6.1			1 1/2	20.0	10.0	1 1/2	13.2	6.6	50	173	
7 1/2	25.0	22.0	11.0	9.0				2	24.0	12.0	2	17.0	8.5	60	206	
10		32.0	28.0	14.0	11.0			3	34.0	17.0	3	25.0	12.5	75	225	
15		48.0	42.0	21.0	17.0			5	56.0	28.0	5	40.0	20.0	100	341	
20		62.0	54.0	27.0	22.0			7 1/2	80.0	40.0	7 1/2	58.0	29.0	125	425	
25		78.0	68.0	34.0	27.0			10	100.0	50.0	10	76.0	38.0	150	506	
30		92.0	80.0	40.0	32.0											
40		120.0	104.0	52.0	41.0											
50		150.0	130.0	65.0	52.0											
60		177.0	154.0	77.0	62.0	16.0	8.9									
75		221.0	192.0	96.0	77.0	20.0	11.0									
100		285.0	248.0	124.0	99.0	26.0	14.4									
125		358.0	312.0	156.0	125.0	31.0	17.0									
150		415.0	360.0	180.0	144.0	37.0	20.5									
200		550.0	480.0	240.0	192.0	49.0	27.0									

Ley de Ohm

$$\text{Ohmios} = \frac{\text{Voltios}}{\text{Amperios}} \quad \text{Amperios} = \frac{\text{Voltios}}{\text{Ohmios}}$$

$$\text{Voltios} = \text{Amperios} \times \text{Ohmios}$$

Fórmulas de la Velocidad

$$\text{RPM Sincronas} = \text{Hertzios} \times 120 \text{ Polos}$$

$$\% \text{ Deslizamiento} = \frac{\text{RPM Sincronas} - \text{RPM a Carga Total}}{\text{RPM Sincronas}} \times 100$$

Fórmulas de la Potencial

$$\text{Vatios} = \text{Amperios} \times \text{Voltios}$$

$$\text{Amperios (No Trifási)} = \frac{\text{Vatios}}{\text{Voltios}}$$

$$\text{HP} = \frac{\text{Voltios} \times \text{Amperios} \times \text{Eficiencia}}{746}$$

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{Vatios}}{\text{Amperios} \times \text{Voltios}}$$

$$\text{Kilovatios Monofásicos} = \frac{\text{Volterios} \times \text{Amperios} \times \text{Factor de Potencia}}{1000}$$

$$\text{Amperios Monofásicos} = \frac{746 \times \text{HP (Caballos de Fuerza)}}{\text{Voltios} \times \text{Eficiencia} \times \text{Factor de Potencia}}$$

$$\text{Kilovatios} = \frac{\text{Volts} \times \text{Amperes} \times \text{Power Factor} \times 1.732}{1000}$$

$$\text{Amperes} = \frac{746 \times \text{HP (Caballos de Fuerza)}}{1.732 \times \text{Voltios} \times \text{Eficiencia} \times \text{Factor de Potencia}}$$

$$\text{Voltio-Amperios} = \text{Voltios} \times \text{Amperios} \times 1.732$$

Las actualizaciones más recientes en www.conductix.us



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Una Universidad incluyente y comprometida con el desarrollo integral

1 de 34

MANUAL DE OPERACIÓN EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL, CIVIL Y QUÍMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750 - www.unipamplona.edu.co

Shimaden, Temperature and Humidity Control Specialists

°C	Series SD16 & KR16
%RH	
SHIMADEN	

SHIMADEN DIGITAL INDICATORS



BASIC FEATURES

- DIN Size 48 x 96 mm**
- ± 0.3% High Accuracy Indication**
- Large 20 mm bright display**
Make reading from long distance and low light location easier
- Multi-inputs & Multi-ranges**
*User selectable Thermocouple, RTD, V, mV and Current inputs
 A 250Ω resistor is required across the input terminal for 4-20mA DC*
- Inverse scaling possible**
*With voltage and current input signals, normal and inverse scaling is possible.
 Additionally, normal and inverse scaling is possible for the analog output signals.*
- Dust and splash proof front panel**
Equivalent to IP66
- Wide range of optional features**
Alarms, analog output signals and communication interface (RS232C or RS485) available
- A six-point selector switch, (the KR16 series), is available for combined use.**



Panasonic®

PROGRAMMABLE CONTROLLER
FP0 Analog I/O Unit
Technical Manual

ARCT1F390E-2

2011.08 | panasonic-electric-works.net/sunx

DQS is member of



*Formando líderes para la
construcción de un nuevo país en paz*

Panasonic
 ideas for life

Programmable Controllers

FPO
 ZERO

Suitable for Installation
 Virtually Anywhere



Actual size:
 W30 × H90 × D60 (mm)
 W1.181 × H3.543 × D2.362 (Inch)



2010.3 | panasonic-electric-works.net/ac

Panasonic Electric Works

Panasonic

Control FPWIN Pro Software Estándar IEC 61131-3. Curso Online

Documento	Guía Teórica Ejercicio 002
Título	Definición de Variables
Versión	1.100

Definición de Variables Globales y Locales

El objetivo de este ejercicio es aclarar uno de los elementos clave del software FPWIN Pro, "El Uso de Variables y su Direccionamiento".

Algunos de los beneficios del uso de variables, en contra del uso del direccionamiento directo de los elementos del PLC, son los siguientes:

- Reduce los errores de programación.
- Las variables permiten dar información al usuario de su significado y uso y forman parte de la documentación del proyecto.
- Fácilmente seleccionables y utilizables a lo largo de la programación. Facilitan de forma importante la legibilidad del proyecto, incluso por personal ajeno a la misma.
- El compilador utiliza las direcciones libres de forma automática y compacta. Por lo tanto, no es necesario el control de las direcciones libres en el PLC.
- Las opciones asociadas al uso de variables como son: Renombrar, Ir a la Declaración, Borrar Variables no Usadas, Abrir Referencias Cruzadas, etc. facilitan en gran medida la depuración de la aplicación.

Variables Globales:

Es importante memorizar los siguientes conceptos

Se define una variable global **exclusivamente** cuando afecta a más de una POU **y/o** es necesario direccionar. En caso contrario se definirá dicha variable como local (cabecera de la POU)

Solamente es necesario direccionar aquellas variables que:

- Pertenezcan a E/S físicas
- Aquellas que se desea monitorizar con una pantalla, Scada, etc...
- Aquellas que requieran de una dirección física para poder ser leídas via RS232C, etc...

Componentes de las variables globales

	Clase	Identificador	Dirección FP	Direcció...	Tipo	Inicial	A...	Comentario
0	VAR_GLOBAL	g_>Entrada0	X0	%IX0.0	BOOL	FALSE	<input checked="" type="checkbox"/>	
1	VAR_GLOBAL	g_>Entrada1	X1	%IX0.1	BOOL	FALSE	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	VAR_GLOBAL	g_>Entrada2	X2	%IX0.2	BOOL	FALSE	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	VAR_GLOBAL	g_>Salida0	Y0	%QX0.0	BOOL	FALSE	<input checked="" type="checkbox"/>	

Clase de la variable

Nombre significativo

Dirección física de la variable

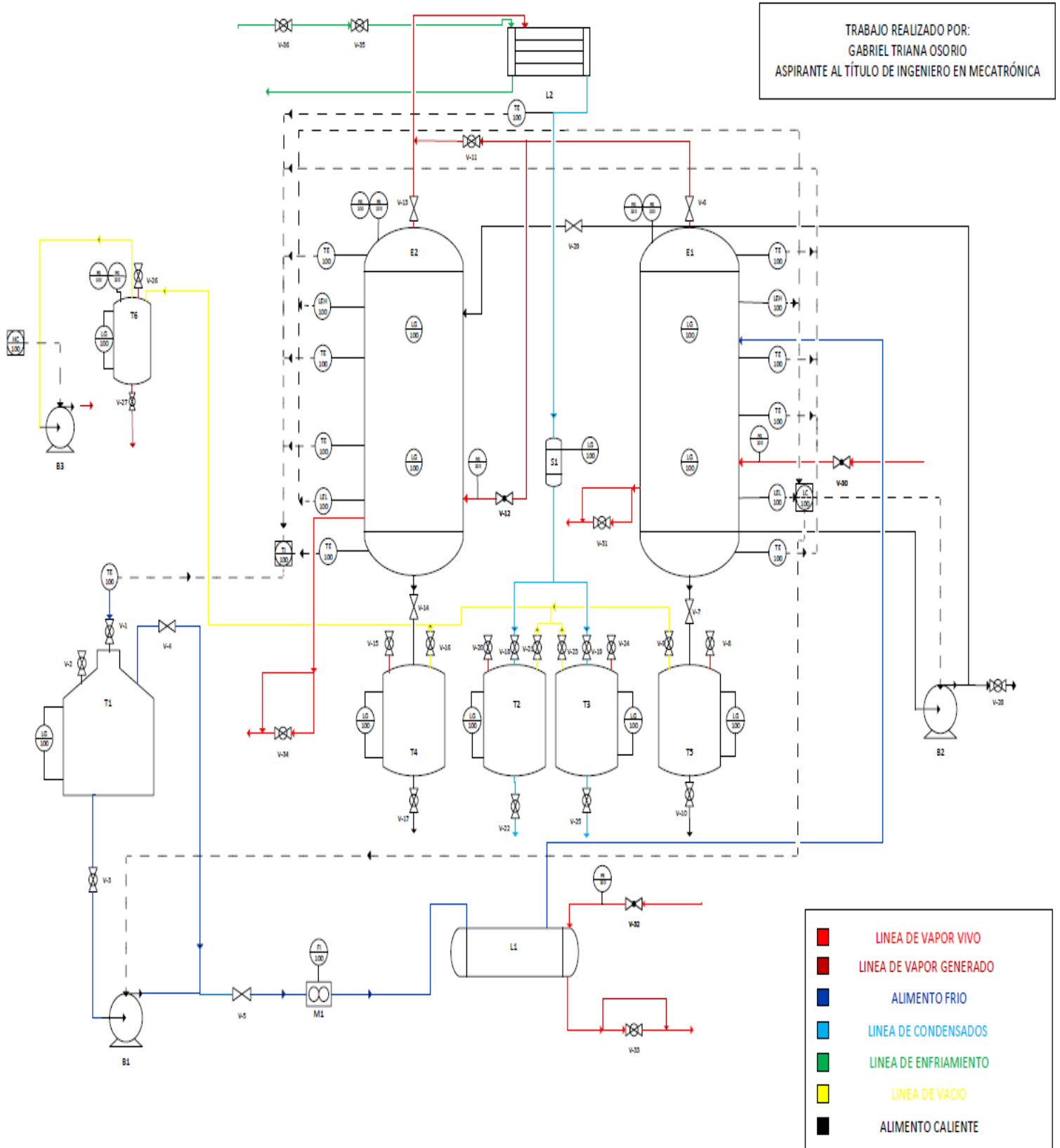
Dirección IEC

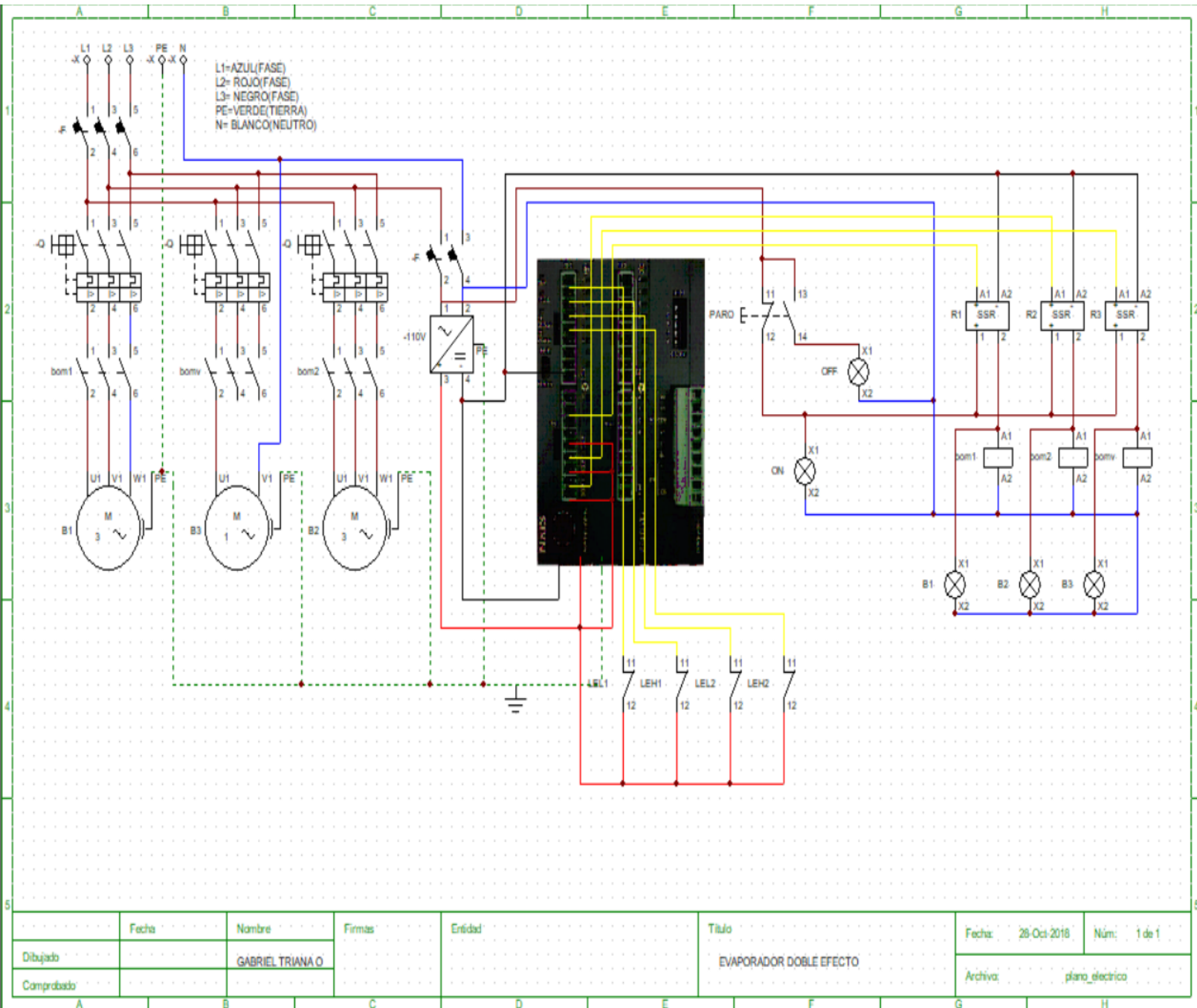
Tipo de la variable

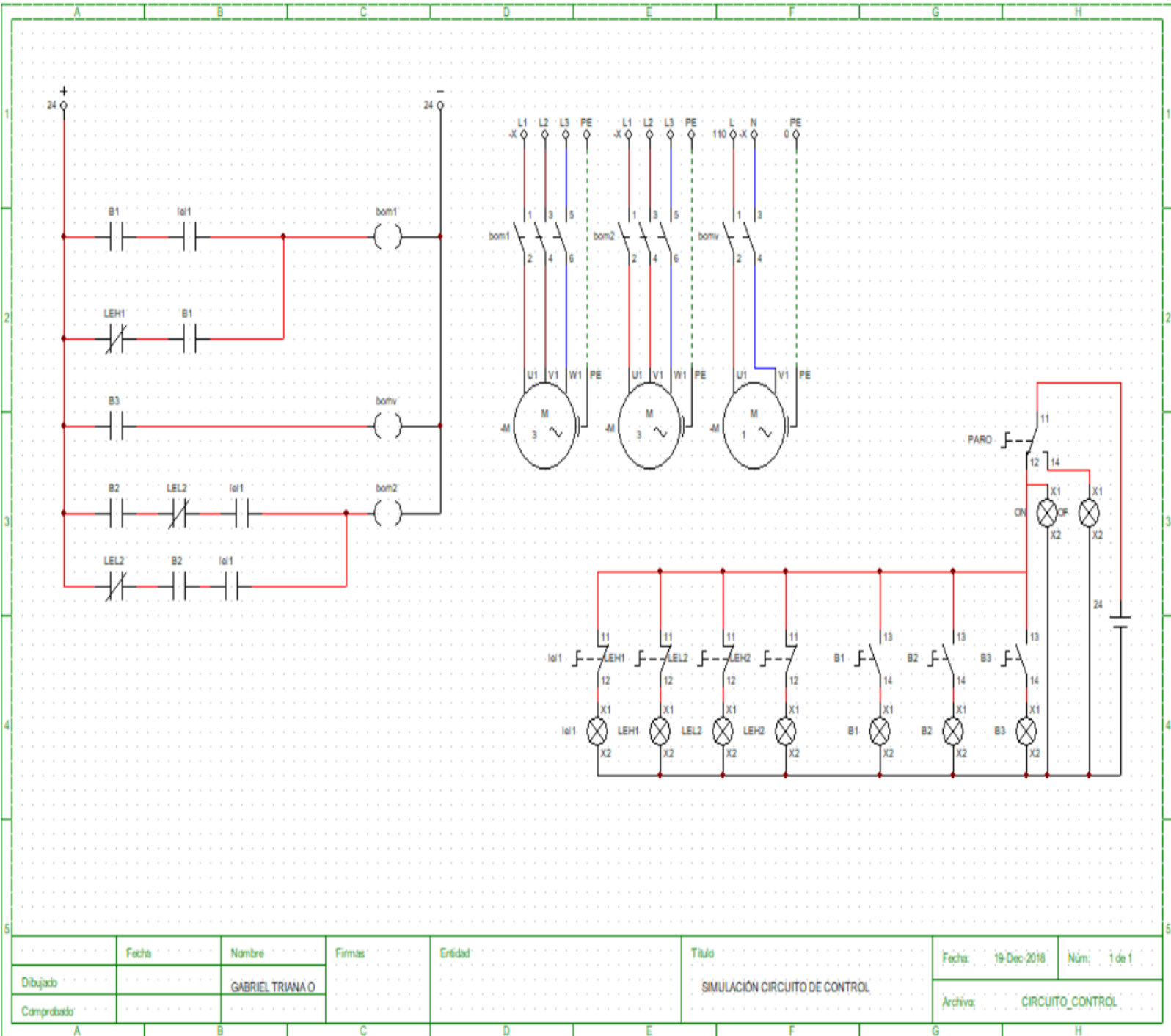
Valor inicial de la variable

Autoexterm

Comentarios







	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	Núm.
Dibujado		GABRIEL TRIANA O			SIMULACION CIRCUITO DE CONTROL	19-Dec-2018	1 de 1
Comprobado						Archivo:	CIRCUITO_CONTROL