

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO REMOTO DE FALLAS Y ALERTAS TEMPRANAS EN EL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO DE LA COMPAÑÍA DE GALLETAS NOEL S.A.S.

Javier Alcides Londoño Agudelo

Ingeniería electromecánica

Carlos Alberto Acevedo Álvarez, I.M.

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Electromecánica

16 de mayo de 2017

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

RESUMEN

El aire comprimido es una fuente de energía que se puede transformar en energía mecánica, para dar movimientos rotacionales y lineales. La generación de aire se logra a través de los compresores que a su vez necesitan de otros equipos, tales como la torre de enfriamiento y el secador de masa térmica. La torre es quizás la más importante para el buen funcionamiento del compresor, sin esta el equipo entra en falla debido a la alta temperatura, producto del proceso de compresión. Todo lo anterior es importante para producir aire de alta calidad con una mayor eficiencia. La implementación del monitoreo remoto de fallas y alertas tempranas en el sistema de aire comprimido de la compañía de galletas Noel S.A.S., es una solución para prevenir fallas en la generación de aire comprimido, actuando como un soporte técnico y tecnológico, que sin desplazar la mano de obra se convierte en una herramienta para intervenir de manera eficaz y así evitar los paros de producción de galletas.

Al diseñar e implementar un sistema para el control y monitoreo de las torres de enfriamiento para el sistema de aire comprimido de la compañía de galletas Noel S.A.S, identificar las variables a monitorear, nos permite saber qué tipo de elementos se necesitan para automatizar las torres de enfriamiento, el tipo de PLC y los programas para controlar, de forma remota, facilitar el trabajo de los operarios, prevenir los paros de producción de galletas y aumentar la competitividad del negocio, utilizando aire comprimido de alta calidad, se aporta a la calidad de los productos que en la compañía de galletas Noel S.A.S se procesan.

Palabras clave: Aire comprimido, torre de enfriamiento, automatizar, PLC, compresor, forma remota.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ABSTRACT

Compressed air is an energy source that can be transformed into mechanical energy, to provide rotational and linear movement. The generation of air is accomplished through compressors which in turn require other equipment, such as cooling tower and thermal mass dryers. The tower is perhaps the most important for the proper functioning of the compressor, without this equipment is faulted due to high temperature, due to the compression process. All this is important in order to produce high quality air with greater efficiency. The implementation of remote fault monitoring and early warning in the compressed air system biscuit company Noel SAS, is a solution to prevent failures in the generation of compressed air, acting as a technical and technological support, which without reaching Work becomes a tool to intervene effectively and avoid production stoppages cookies.

In designing and implementing a system for control and monitoring of cooling towers for air system biscuit company Noel SAS, identify variables to monitor, it lets us know what kind of elements are needed to automate towers cooling, and the type of PLC and software programs to monitor, remotely, to facilitate the work of operators, prevent the biscuit production stoppages and increase the competitiveness of the business, using high-quality compressed air, is supplied to quality of products in the company of Noel SAS cookies are processed.

Keywords: Compressed air, cooling tower, automate, PLC, compressor, remotely.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

AGRADECIMIENTOS

Al todo poderoso, por darnos la fuerza para trabajar y al mismo tiempo estudiar y en aquellos momentos en que las cosas se ponían difíciles, y así poder sacar adelante la carrera.

A mi esposa por apoyarme y brindarme su comprensión por todo el tiempo que no le dedicaba mientras realizaba la formación académica.

Al ingeniero y docente Msc. CARLOS ALBERTO ACEVEDO por su apoyo incondicional, y su acompañamiento metodológico y sistemático en el desarrollo de las asignaturas y trabajo de grado.

A la Compañía de Galletas S.A.S por poner a mi disposición parte de la infraestructura y algunos equipos, para realizar el trabajo de grado, lo cual representará la culminación de la formación académica ingenieril.

Al Instituto Tecnológico Metropolitano por entregar conocimiento a través de sus docentes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

GLOSARIO

Caja de paso: Se utiliza para hacer empalmes eléctricos y derivar señales.

Compresor: Es un dispositivo capaz de convertir energía eléctrica en energía de movimiento.

Cronograma: Es un calendario de trabajo o de actividades a realizar.

PLC: Controlador lógico programable.

Potencia Eléctrica: La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio.

Puesta en marcha: Momento en el cuál se da servicio a un sistema instalado para conocer su estado.

Red eléctrica: es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar energía eléctrica desde los proveedores hasta los consumidores.

Scada: Es el acrónimo de supervisory control and data acquisition y está basado en software instalados en computadores que permiten supervisar y controlar a distancia una instalación o proceso.

Suiche de flujo: Es un elemento eléctrico que se activa al paso de algún flujo líquido.

Termo pozo: Dispositivo de acople utilizado para alojar una termocupla para sensar temperatura.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2 ANTECEDENTES	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo general	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 ALCANCES.....	13
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Automatización	15
2.1.1 Composición	15
2.1.2 Clasificación de sistemas de control según el tipo de señal	15
2.2 Comunicación	16
2.3 Diseño eléctrico.....	16
2.3.1 Conceptos de dibujo técnico.....	17
2.3.2 Conceptos de electricidad, lógica cableada y programada.....	17
2.4 Producción y tratamiento del aire comprimido	20
3. METODOLOGÍA.....	23
3.1 Identificación y evaluación de variables	23
3.2 Diseño sistema de monitoreo	25
3.3 Instalación de equipos	26
3.4 Programación de PLC	31
3.5 Programación de Wincc Flexible 2008	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1 Diagramas eléctricos.....	39
4.2 Manual de funcionamiento.....	53

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4.2.1	Pasos para poner en funcionamiento el sistema:	53
4.2.2	Cómo funciona el control de nivel en las torres:	54
4.2.3	Cómo funciona el sensor de presión de aire:.....	55
4.2.4	Cómo funcionan las señales de los compresores:.....	55
4.2.5	Funcionamiento de los ventiladores de la sala compresores:	56
4.3	Discusión de los resultados.	57
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	61
6.	INCONVENIENTES DURANTE EL PROCESO.	62
	REFERENCIAS	63
	ANEXO 1.....	64
	ANEXO 2.....	65

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Lista de Figuras

Figura 1. Proceso productivo de una panadería	20
Figura 2. Torre de enfriamiento evaporativa	22
Figura 3. Diagrama Torre de enfriamiento.....	22
Figura 4. Diseño de sistema de monitoreo de alarmas	25
Figura 5. Tablero donde se instaló el controlador	26
Figura 6. Distribución de elementos en tablero.....	27
Figura 7. PLC utilizado para el control.	27
Figura 8. Instalación de acoples.	28
Figura 9. Sistema de enfriamiento compresor 4 con elementos.	29
Figura 10. Toma de señal de presión general.	29
Figura 11. Cajas de control de nivel en torre	30
Figura 12. Válvula eléctrica en torre.....	31
Figura 13. Imagen principal del programa de compresores	32
Figura 14. Imagen de las variables del programa de compresores.....	33
Figura 15. Imagen del bloque de alarmas del programa de compresores.....	33
Figura 16. Imagen bloque compresor 5 del programa de compresores.....	34
Figura 17. Screen para la torre 1	35
Figura 18. Screen curva de la presión de aire	36
Figura 19. Screen de curvas de temperaturas compresores.....	36
Figura 20. Screen alarmas del sistema	37
Figura 21. Screen de tiempos de trabajo de equipos.....	38
Figura 22. Plano, hoja 1.	39
Figura 23. Plano, hoja 2.	40
Figura 24. Plano, hoja 3.	41
Figura 25. Plano, hoja 4.	42
Figura 26. Plano, hoja 5.	43
Figura 27. Plano, hoja 6.	44
Figura 28. Plano, hoja 7.	45
Figura 29. Plano, hoja 8.	46
Figura 30. Plano, hoja 9.	47
Figura 31. Plano, hoja 10	48
Figura 32. Plano, hoja 11	49
Figura 33. Plano, hoja 12	50

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Figura 34. Plano, hoja 13	51
Figura 35. Plano, hoja 14	52
Figura 36. Plano, hoja 15	53
Figura 37. Lista de averías año 2011/2012.....	58
Figura 38. Lista de averías año 2013/2016.....	59
Figura 39. Tendencia de tiempos de paros de los años 2011 al 2016.	60

Lista de Tablas

Tabla 1. Cuadro de pre alarmas	46
Tabla 2. Cuadro de alarmas	46
Tabla 3. Tiempos de paros por falta de aire comprimido año	60
Tabla 4. Listado de equipos utilizados en el proyecto.....	61
Tabla 5. Listado de señales, direcciones y conexión en borneras	62

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

1. INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos industriales es una práctica muy común en nuestro medio y cuyo objetivo principal es el de aumentar la eficiencia de las máquinas en las que se aplica este proceso. Para las empresas manufactureras y en general para toda la industria es de suma importancia que sus sistemas ya sean de tipo mecánico o manual sean intervenidos para tener el control y la disponibilidad, al mismo tiempo que la competitividad exige conceptos vanguardistas para hacer parte de la globalización, a la que las compañías deben ingresar para aumentar sus producciones, generar empleos, darse a conocer y masificar los productos. En el caso de la compañía de galletas Noel SAS, cuyas metas de producción para el año 2020 son del 300%, que hacen necesario garantizar que todos sus sistemas y procesos estén disponibles y seguros.

Por todo lo anterior y debido a que el aire comprimido es un elemento necesario en la mayoría de los procesos de producción de la compañía, se toma la decisión de implementar un sistema de monitoreo remoto de fallas y alarmas tempranas en el sistema de aire comprimido de compañía de galletas Noel SAS. Con este sistema se pretende garantizar la producción constante de aire, con mínimas interrupciones, optimizando los recursos actuales logrando así que la cadena productiva sea constante durante las 24 horas al día y los siete días de la semana, para lograr el objetivo de la empresa en cuanto a las metas de producción. El sistema se implementó con un computador para el seguimiento y gestión de las alarmas que en el cuarto de generación de aire comprimido se den, para lograr la comunicación remota se realizará con la red Ethernet de la empresa, red que se encuentra disponible en los puntos necesarios y con la ayuda del software Wincc Flexible 2008.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El aire comprimido es una fuente de energía que se puede transformar en energía mecánica, para dar movimientos de rotación y lineales. La generación de aire se logra a través de los compresores, tomando aire a presión atmosférica y llevándolo a la presión manométrica deseada, generalmente 100 psig, este a su vez debe ser limpio y seco, para lograr esto se utilizan filtros y deshumectadores respectivamente. La industria de alimentos exige estándares de calidad del aire muy alto para evitar la contaminación de los productos.

Para la industria alimenticia es de vital importancia el uso de aire comprimido en casi todos sus procesos, a tal punto que si no se cuenta con el suministro continuo de este fluido la producción colapsaría, debido a que aproximadamente el 80% de la maquinaria en Noel utiliza este tipo de energía. En procesos como el transporte neumático de harina de trigo, el mezclado, el horneado de galletas, el enfriamiento, soplado en labores de aseo y principalmente el empaque, requieren grandes cantidades de aire comprimido. Elementos tales como: Cilindros neumáticos, válvulas neumáticas, entre otros, son combinados en un sinnúmero de aplicaciones para la industria, lo que hace necesario el uso de aire a presión.

Actualmente la producción de la compañía de galletas Noel presenta frecuentemente paros en su producción, ocasionados por la caída de presión en la red de aire comprimido debido a la elevada temperatura del agua en las torres de enfriamiento, las cuales enfrían las etapas de compresión de los compresores encargados de suministrar aire a la red. Estas torres cuentan con sistemas mecánicos de llenado de agua, los cuales son susceptibles a fallas que generan poca confiabilidad en el funcionamiento, y no tienen sensores para monitorear con exactitud la temperatura del agua. Adicionalmente, no hay un operario permanente en el sitio, lo que da lugar a que los sistemas entren en falla y estos solo sean detectados cuando se pare la producción.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Por todo lo anterior, es importante diseñar e implementar un sistema que permita controlar y monitorear el funcionamiento de las torres de enfriamiento para los compresores de suministro de aire de la compañía de galletas Noel S.A.S, con el fin de disminuir al máximo los paros de producción ocasionados por las fallas de estos equipos.

1.2 ANTECEDENTES

La calidad en la elaboración de los productos alimenticios depende de la alta confiabilidad en todos los mecanismos, materias primas y demás componentes que intervienen en el proceso. Uno de esos aspectos es la red de aire comprimido. El suministro continuo y confiable de aire comprimido en la red es de suma importancia para el buen funcionamiento de las máquinas y en general de todo el proceso de fabricación de las galletas en la empresa Noel S.A.S Además, no se cuenta con operarios en la sala de compresores para atender cualquier percance que se presente, lo que hace necesario la automatización del sistema para que opere de forma autónoma.

Debido a lo anterior cuando se asegura que las torres de enfriamiento de los compresores funcionan correctamente, se garantiza que estos últimos trabajen de forma óptima, logrando así que la cadena de generación de aire comprimido sea continua, evitando que se generen paros de producción por las caídas de presión. Cualidades como la confiabilidad, la disponibilidad de la red de aire comprimido, así como la seguridad en el funcionamiento de las torres de enfriamiento para los compresores, traerán consigo beneficios económicos al poder producir galletas de forma continua y el mejoramiento de la calidad en la producción de las mismas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo en las torres de enfriamiento para el sistema de aire comprimido de la compañía de galletas Noel S.A.S.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar y evaluar las variables que componen el sistema de enfriamiento de los compresores.
- Diseñar un sistema para monitorear las diferentes variables que integran el sistema de enfriamiento de los compresores.
- Implementar el sistema de monitoreo para medir y controlar las variables relacionadas con las torres de enfriamiento.
- Validar el sistema y compararlo con los procesos anteriores de control y justificar los resultados obtenidos.

1.4 ALCANCES

El proyecto se hizo en 4 etapas:

- En la primera parte se identificaron las variables a monitorear y conocer el funcionamiento del sistema, consultar la información técnica, los manuales y las posibles reformas implementadas, para poder compararlo con el trabajo a realizar.
- Para la segunda parte se instalaron sistemas electromecánicos, PLC y demás equipos como: Sensores de flujo, sensores de temperatura, electroválvulas, etc. En las torres de enfriamiento que permitan la automatización, elaborar un programa con ayuda del software TIA Portal de Siemens, para automatizar las torres de enfriamiento, conservando su funcionamiento básico (enfriar agua).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- La tercera parte consistió en llevar a través de la red de datos de la compañía toda la información posible para ser visualizada desde un computador ubicado cerca del personal operativo con un sistema de alarma temprana para advertir a los operarios sobre problemas en el área de compresores y desarrollar una interfase visual (mímico de fallas) para que los técnicos puedan interactuar con el sistema, con ayuda del software de Siemens Wincc.
- La cuarta etapa donde se compararon los resultados obtenidos con el funcionamiento del sistema anterior, garantizando el correcto funcionamiento y estabilidad del mismo. Entregar los informes de los resultados y diagramas eléctricos de los montajes, la documentación y programar a futuro la implementación de envíos automáticos de alarmas por medio de correos electrónicos a Smartphones con el software smartclient de Siemens.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Automatización

Un sistema de control manipula indirectamente los valores de un sistema controlado. Su objetivo es gobernar un conjunto de elementos sin que el operador intervenga directamente, este solo interviene los valores de referencia y el sistema de control se encarga de transmitirlos al sistema controlado a través de los accionamientos de su salida. Generalmente utiliza pequeñas magnitudes de baja potencia, llamadas señales y gobierna accionamientos que son los que realmente modulan la potencia entregada al sistema controlado (Betancur, 1995).

2.1.1 Composición

- **Valor de referencia:** Valor ideal que se pretende obtener a la salida del sistema controlado. En un sistema más complejo, la salida es sensada y comparada con el valor de referencia a fin de determinar la diferencia de ambas para reducir el valor de salida.
- **Controlador:** Regula presiones, temperatura, niveles y caudales, así como todas las funciones asociadas de temporización, cadencia, conteo y lógica.
- **Sistema controlado:** Es la combinación de componentes (sensores y medición) que interactúan para lograr un determinado objetivo. En este caso el sistema es el objeto a controlar.

2.1.2 Clasificación de sistemas de control según el tipo de señal

- **Sistemas de control analógicos:** Manipulan señales de tipo continuo (0 a 10 V y de 4 a 20ma), estas señales son proporcionales a las magnitudes físicas (presión, temperatura, nivel, velocidad, etc.) del elemento controlado.
- **Sistemas de control digital:** Se utilizan señales binarias (1 y 0).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

2.2 Comunicación

- **Bus de campo:** Dentro de la terminología actual de control de procesos, existe el término “bus de campo.” Su nombre deriva de la expresión inglesa “*fieldbus*.” Este tipo de comunicación estándar es digital bidireccional y es usada para interconectar dispositivos inteligentes tales como controladores, actuadores, transductores, etc. localizados en el campo o en cuartos de control.
- **Redes Ethernet:** (También conocido como estándar IEEE 802.3) Es un estándar de transmisión de datos para una red local que se basa en el siguiente principio, todos los equipos están conectados en la misma línea de transmisión y la comunicación se lleva a cabo por medio de la utilización del protocolo denominado CSMA/CD (*Carrier sense multiple acces with collision detec*) que significa que es un protocolo de acceso múltiple que monitorea la portadora: Detección de portadora y detección de colisiones. Con este protocolo cualquier equipo está autorizado a transmitir a través de la línea en cualquier momento y sin ninguna prioridad entre ellos. Esta comunicación se hace de una manera sencilla: Cada equipo verifica que no haya ninguna comunicación en la línea antes de transmitir y si dos equipos transmiten simultáneamente se produce una colisión, esto hace que ambos equipos cancelen la transmisión y esperen un determinado tiempo para comenzar con su transmisión (Flower, 1989).

2.3 Diseño eléctrico

Conceptos de diseño de planos eléctricos con norma:

- **Los esquemas eléctricos:** Son la representación gráfica de un circuito eléctrico, en la que se indican las relaciones mutuas que existen entre los diferentes elementos, así como los sistemas que los interconectan. Para su representación se usan una serie de símbolos gráficos, trazos, marcas e índices, cuya finalidad es poder representar en forma simple y clara, los elementos que se emplean en el montaje de los circuitos eléctricos (Flower, 1989).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- **Símbolos:** Representan los aparatos y elementos (interruptores, relés, contactores, interruptores, bobinas, etc.) que se emplean en una instalación.
- **Trazos:** Líneas que indican conductores eléctricos y/o ductos que interconectan los diferentes elementos que se emplean en una instalación eléctrica.
- **Marcas e índices:** Son las letras y números que se emplean para identificar plenamente un símbolo).
- **Los planos eléctricos:** Son el nombre que se le da a los esquemas eléctricos realizados sobre un plano arquitectónico, en este debe figurar la cantidad, tipo y distribución de todos los componentes usados en la instalación, un plano debe ser elaborado de una manera simple de tal forma que cualquier técnico electricista lo pueda interpretar (Flower, 1989).

2.3.1 Conceptos de dibujo técnico

Para el dibujo técnico existen una gran variedad de softwares con los cuales se pueden elaborar planos y esquemas eléctricos como: SEE TECHNICAL, AUTOCAD, DRAGON, COCODRILO, etc. De los cuales no ahondaremos en detalles pues es el usuario quien decide cual utilizar según su necesidad.

2.3.2 Conceptos de electricidad, lógica cableada y programada

- **Corriente eléctrica:** Es el paso de electrones a través de un conductor, la corriente es transmisión de energía por tanto esta se desplaza a una velocidad de 300.000 km/s y debe existir necesariamente un circuito que permita el flujo constante de electrones, existen dos tipos de corriente a saber: La corriente alterna que es aquella que varía, a intervalos periódicos, tanto en magnitud como en sentido o dirección y la corriente directa que no presenta variación ni en magnitud ni en sentido. La unidad de la corriente es el amperio (Flower, 1989).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- **Tensión o voltaje:** Es la diferencia de potencial existente entre dos cargas su unidad es el voltio que es la diferencia de potencial que causa el paso de un coulombio para producir un joule de trabajo, en otras palabras, el voltio es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un circuito, por el cual circula una corriente de un amperio, cuando la potencia desarrollada entre estos dos puntos es de vatio (Flower, 1989).
- **Resistencia:** Es la oposición o dificultad que ofrece un conductor al paso de la corriente, su unidad es el ohmio (Flower, 1989).
- **La lógica cableada:** Consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados, utilizando para ello contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, válvulas óleo-hidráulicas y neumáticas, así como demás elementos según las necesidades demandadas por el cliente. Los circuitos cableados incluyen funciones de mando y control, de señalización, de protección y de potencia. Sin olvidar la correspondiente protección de la instalación mediante sus correspondientes elementos de protección, magnetotérmicos, guarda motores, variadores de frecuencia, fuentes de potencia y diferenciales. Cualquier cambio en la programación de la instalación, pasará por modificar el cableado y los elementos de forma que cumplan las nuevas funciones de mando, protección y potencia. Los automatismos de lógica cableada se suelen emplear en instalaciones pequeñas y en lugares críticos donde la seguridad de personas y máquinas no puede depender de la lógica programada. Aunque hay que señalar que hoy se ha avanzado mucho en este terreno de la seguridad y existen detectores y autómatas programables especialmente diseñados para controlar la seguridad de las personas (Ribas, 2010).
- **Lógica programada:** Es lo contrario de la lógica cableada, en esta se sustituyen los elementos utilizados en los circuitos de mando (contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, etc.) por PLC's, Autómatas Programables o Relés programables. Esto nos permite realizar cambios en las operaciones de mando, mediante el cambio de la programación, y por

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ello no tener que modificar el cableado. Aunque los fundamentos de la programación de la lógica programada son similares, cada fabricante utiliza una nomenclatura y un software específico para ello. Según la norma IEC, nos podremos encontrar con los lenguajes KOP (conocido como lenguaje de contactos), FUP (conocido como lenguaje de puertas lógicas) y AWL (conocido como lenguaje en modo texto). La finalidad de los automatismos es sustituir la intervención de las personas en procesos que se pueden realizar de una forma autónoma mediante la utilización de mecanismos movidos por una fuente de energía exterior, de forma que éstos puedan realizar ciclos completos de operaciones de forma controlada de acuerdo a lo programado (Ribas, 2010).

- **Armado de controles:** En el armado de sistemas de control no solo se necesita el conocimiento de normas, sino también la experiencia en esta actividad, para poder definir espacios de trabajo, los gabinetes o armarios donde se arman dichos controles, para que estos no queden saturados y con difícil acceso o por el contrario que el espacio entre elementos sea muy grande, la estética que dice mucho del trabajo que se realiza, todo esto se aprende con el tiempo.
- **Montaje de equipos eléctricos:** Para el montaje de equipos es fundamental conocer su funcionamiento, a qué nivel de tensión trabaja, en que zonas se puede montar, etc. Todas las características técnicas que el fabricante incluye en sus manuales y catálogos y todo esto se debe hacer para alargar la vida útil de los mismos.
- **Cableado de periféricos:** Para el cableado de periféricos hay que tener en cuenta varios aspectos como: El tipo de elemento, nivel de tensión, cuantas líneas son para control y línea de puesta a tierra, si el cable irá por tubería o expuesto.
- **Instructivos y procedimiento:** Estos instructivos se elaboran después de poner en servicio el equipo para que los usuarios sepan cómo operarlo y para que el técnico de mantenimiento sepa cómo encontrar un daño.
- **Cálculos y ajustes del sistema:** Estos cálculos y ajustes son para darle al equipo una mayor precisión en su trabajo y poder aumentar su eficiencia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Proceso productivo:** En un proceso productivo (ver figura 1) el uso de aire comprimido es indispensable. Elementos como válvulas, cilindros neumáticos, etc. Dependen de aire a presión y a lo largo de toda la cadena productiva las máquinas y demás equipos cuentan con este tipo de sistemas, por esto es de vital importancia el suministro continuo y de buena calidad del aire comprimido.

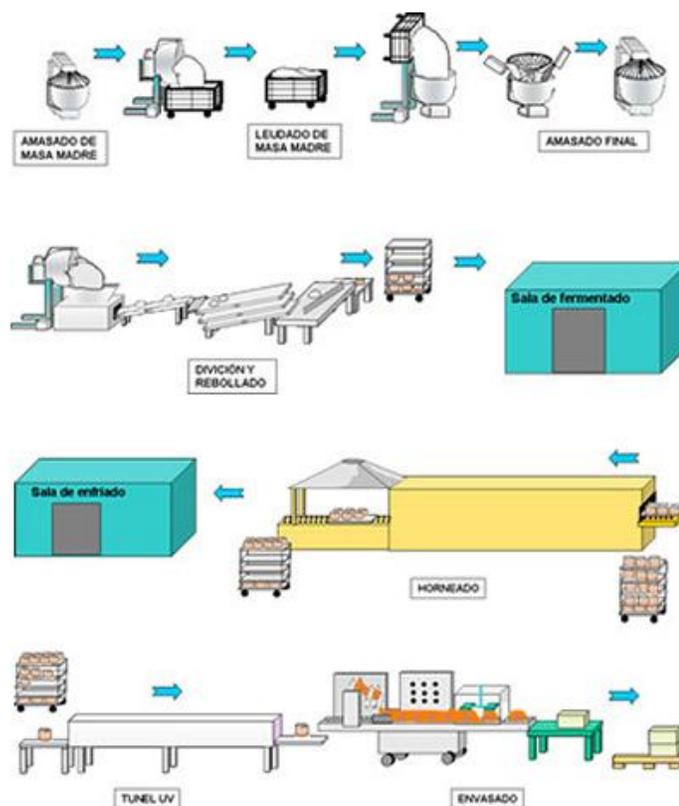


Fig. 1. Proceso productivo de una panadería. Fuente: www.arcor.com.ar

2.4 Producción y tratamiento del aire comprimido

El componente principal para la producción de aire es sin lugar a dudas, el compresor. Este elemento se encarga de captar el aire atmosférico de su entorno, elevar la presión del mismo y, después, alimentar el depósito y la canalización principal, que conduce hacia los diferentes usos. El aire tal como sale del compresor, es prácticamente inutilizable, ya que lleva en suspensión partículas como agua, polvo, etc. Además de su elevada temperatura

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

como consecuencia de la compresión, esto conlleva al uso de equipos adicionales para darle el tratamiento adecuado para volverlo aire a presión limpio. Equipos como el secador de masa térmica, el filtro de partículas, son necesarios para lograr este objetivo.

Existen varios tipos de compresores pero el que ocupa este tema es el compresor centrífugo por etapas. En particular el compresor centrífugo es utilizado en la industria alimenticia por producir aire comprimido libre de aceite, esto se logra al separar las etapas de compresión del sistema de enfriamiento que a su vez se hace en dos procesos por separado, el primero que tiene que ver con el enfriamiento del sistema de transmisión mecánica y es por aceite y el segundo que se hace con agua que proviene del sistema cerrado de una torre de enfriamiento, este se encarga de enfriar las etapas de compresión del equipo a través de un sistema intercambiador de calor tipo tubular, que es irrigado por un flujo constante de agua con un tratamiento químico especial.

La torre de enfriamiento o enfriador evaporativo para agua (ver Fig. 2), son equipos diseñados y calculados para remover de una manera eficiente y económica el calor producido en procesos industriales, para este caso la producción de aire comprimido. El sistema cuenta con un circuito cerrado de agua y uno abierto (ver Fig. 3), el primero circula por medio de una bomba de recirculación intercambiando calor con el compresor y el segundo enfría al primero intercambiando calor con la atmósfera por medio de unos aspersores que pulverizan el agua, creando una lluvia permanente. Esta lluvia es atacada por un flujo constante de aire movido por un ventilador en contra corriente, generando un delta de temperatura considerable (entre 26°C y 40°C, dato tomado del fabricante Ingersollrand). El sistema posee un tanque de agua el cual debe permanecer con un nivel apropiado, debido a que en el proceso de aspersion se pierde agua que se evapora, y esta debe ser ajustada. El control de nivel se hace por medio de una válvula tipo flotador mecánico o por control de nivel eléctrico que lee permanentemente el nivel y ajusta su nivel a través de una válvula eléctrica.



Fig. 2. Torre de enfriamiento evaporativa. Fuente: Autor

Diagrama torre de enfriamiento

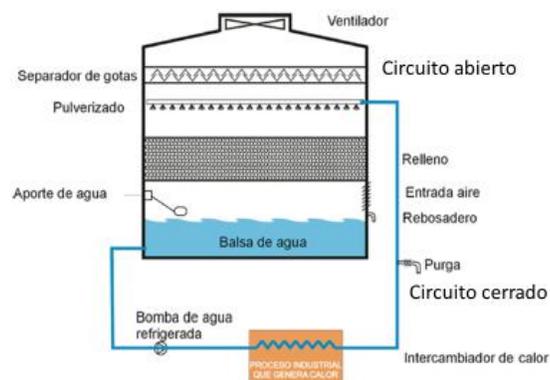


Fig. 3. Diagrama torre enfriamiento. Fuente: www.tucciclimate.com

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

3. METODOLOGÍA

Para la metodología, lo primero que se hizo fue: Hacer la propuesta del trabajo a los jefes de las áreas eléctrica y mecánica del centro de servicios 2, ésta área es la directamente encargada del suministro de aire comprimido de la Compañía de Galletas, el manejo de la sala de compresores y su mantenimiento. Se indicó el alcance, los costos, los beneficios, los inconvenientes, el tiempo que tardaría y quién lo ejecutaría. Luego de aprobada la propuesta se procede a la consecución de los equipos y con la información previamente recolectada de todo lo necesario para elaborar el proyecto.

Se procedió a elaborar programa de PLC, el programa en WINCC FLEXIBLE 2008 y los planos eléctricos.

3.1 Identificación y evaluación de variables

Lo que se buscó con esta actividad es determinar las variables que componen el sistema y cuáles de estas se monitorearon.

En el sistema intervienen las siguientes variables:

- Presión del aire comprimido:** Esta variable en operación normal de la planta, se debe mantener en un rango de 80 psig como presión mínima y 100 psig como presión máxima para evitar paros de producción por baja presión y daños en los equipos por alta presión. Los compresores están “seteados” a 100 psig, pero debido a las pérdidas estos nunca alcanzan el valor establecido, su presión normal de trabajo es de 95 psig, con estos valores se hace la programación del PLC, estos rangos son para Compañía de Galletas.
- Humedad relativa del aire comprimido:** Esta variable es importante para la calidad del aire, debe ser lo más seco posible para nuestro proceso con rangos entre el 15 y el 20%, debido a que es un proceso alimenticio. Para lograr un aire seco se tienen instalados unos secadores de aire a la salida de cada compresor con el objetivo de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

retirar la mayor cantidad de agua que se genera en el proceso de compresión. Dicha variable no será monitoreada debido a que cuando hay un aumento en la humedad (mayor de 20%) el equipo envía una señal de aviso al compresor y si pasado 5 minutos no se estabiliza esta señal, el compresor se va a falla y es esta falla la que enviamos al monitor.

- Temperatura del agua de los compresores:** Los compresores son refrigerados en sus etapas de compresión por agua que recircula a través de unas torres de enfriamiento que hacen su proceso de intercambio de calor. El rango de operación normal es de 26°C la mínima y la temperatura máxima es de 40°C (Ingersollrand, 1995) como vemos es un rango muy estrecho lo que deja muy poco margen de error, esto aplica para compresores centrífugos Ingersollrand. Para esta variable se instalaron sensores de temperatura en las tuberías de salida de cada compresor, 4 en total. Con estos rangos se “escalizaron” dichas señales en el programa de PLC para su monitoreo constante, cuando la temperatura sobrepasa los 30°C, se toma como pre alarma y cuando pasa de 33°C, se emite la alarma.
- Flujo del agua hacia los compresores:** Para esta variable solo se verifica que el agua esté circulando cuando el compresor está en funcionamiento y así evitar que se vaya a falla por alta temperatura en las camisas de este. Se instalaron suiches on-off en la tubería da salida de cada compresor, en total se instalaron 4, están programados en el PLC para que cuando el compresor esté funcionando y el suiche no esté activado indica que la bomba de la torre de enfriamiento está apagada o en mal estado y envía una señal de alarma al sistema.
- Nivel de agua de las torres de enfriamiento:** Para este caso se tiene como referencia los niveles establecidos por el fabricante (ingersollrand, 1995), dicho nivel es el que mantiene una tasa de transferencia de calor entre el circuito cerrado y este que es el abierto, haciendo pasar agua de este tanque en forma de lluvia a través de un serpentín por donde pasa el agua que viene desde el compresor. Estas cuentan con un sistema de llenado mecánico, por flotador. Se instalan unos sensores de nivel y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

unas electroválvulas, se programa en el PLC para que el nivel se mantenga de forma automática en el recomendado por el fabricante. El sistema mecánico se deja en forma de by pas.

3.2 Diseño sistema de monitoreo

Los equipos a intervenir se encuentran localizados en una sala llamada sala de compresores, allí se encuentra todo el sistema de generación de aire comprimido, esto es una ventaja para llegar con el cableado a cada uno de los subsistemas por su corta distancia con respecto al tablero donde se instalará el PLC (ver Fig. 3), esto reduce los costos de montaje, se necesitará menos tubería y cableado. Lo único que demandará un tramo largo de cableado será la baliza de tres colores y el botón de “reset” ubicados en el centro de servicios 2, a una distancia de 100m aproximadamente.

Las señales y equipos que se utilizarán se describen en un listado que previamente se había hecho, donde se involucran las mismos (ver Tablas.4 y 5).

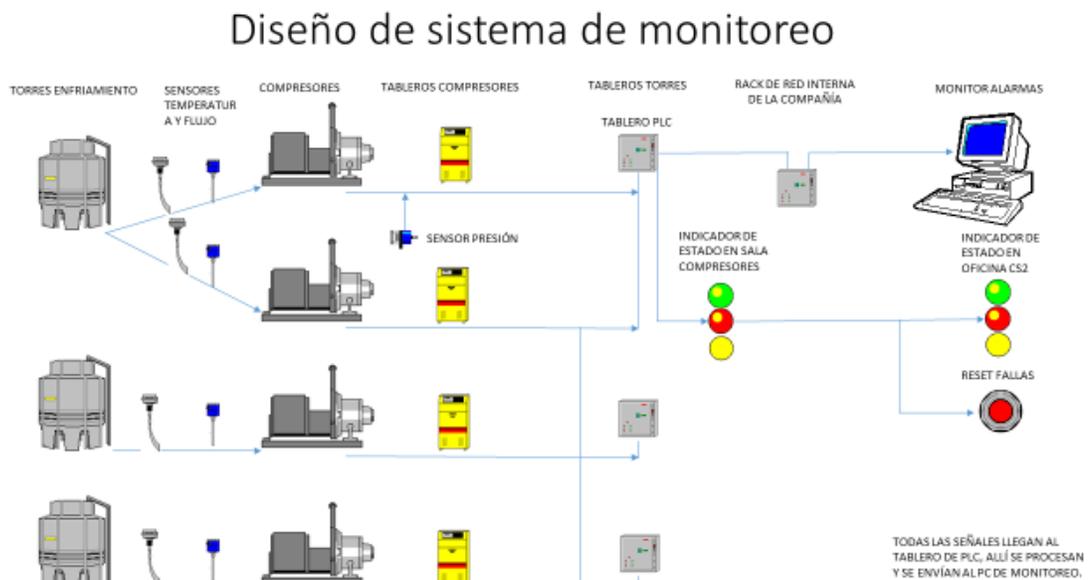


Fig. 4. Diseño de sistema de monitoreo de alarmas. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

3.3 Instalación de equipos

Se hace inspección del sitio para identificar los puntos donde se instalarán los equipos tanto de control como de toma de señales de presión, temperatura y flujo; se opta por instalar el controlador PLC Siemens S7-1200 en el tablero de control de la torre número 1, debido a que este cuenta con suficiente espacio en su interior y la idea es no incurrir en gastos innecesarios y solo es necesario mover algunos equipos en su interior e instalar canastilla nueva.



Fig. 5. Tablero donde se instaló el controlador. Fuente: Autor

- Se instala el controlador SIEMENS S7-1200, separación con canastillas ranuradas para darle estética al tablero, montaje de rieles simétricos tipo omega para la instalación de borneras de entradas y salidas, relés tipo bornera, cableado de señales.



Fig. 6. Distribución de elementos en tablero. Fuente: Autor

- El plc utilizado es un SIEMENS S7-1200 y consta de una fuente de 120/240 AC/24 Vdc, CPU 1214C de 14 entradas digitales a 24 Vdc, 10 salidas por relé y 2 entradas análogas de 0 a 10 Vdc, Módulo mixto de 16 entradas digitales y 16 salidas por relé, módulo de 16 entradas digitales y módulo de 4 entradas análogas de 0 a 10Vdc. Para un total de 46 entradas digitales de 24Vdc, 26 salidas por relé y 6 entradas análogas de 0 a 10 Vdc.



Fig. 7. Plc utilizado para el control. Fuente: Autor

- Instalación de acoples roscados para instalación de termo pozos y suiches de flujo, en acero inoxidable. Estos acoples son montados en las tuberías del circuito cerrado de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

las torres de enfriamiento, la medición de temperatura se hace en la línea de salida del intercambiador del compresor y el suiche de flujo en la línea de entrada.

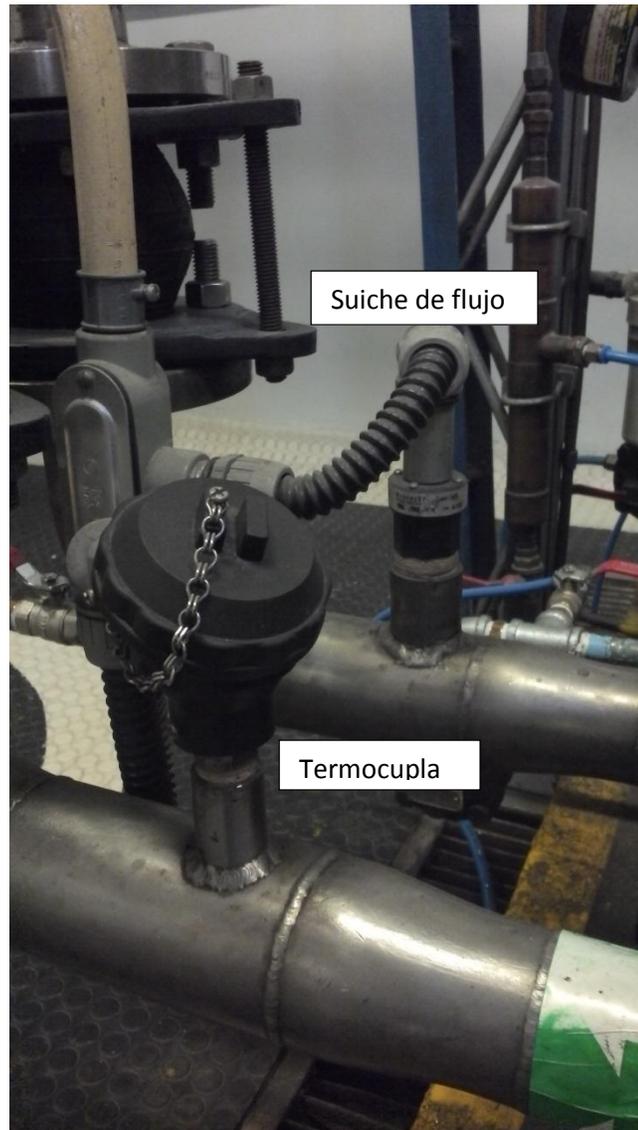


Fig. 8. Instalación de acoples. Fuente: Autor

- Instalación de elementos para la medición de temperatura y suiches de control de flujo en los demás compresores. Estos equipos son instalados en los 4 compresores existentes.



Fig. 9. Sistema de enfriamiento compresor 4 con elementos. Fuente: Autor

- Instalación del transductor de presión para medir la presión de aire del sistema. Montado en la tubería principal de 4 pulgadas, salida de aire a la planta.



Fig. 10. Toma de señal de presión general. Fuente: Autor

En las torres de enfriamiento se instalan sensores de nivel con control del mismo y válvulas eléctricas para estar ajustando el nivel de agua del sistema abierto, maneja nivel máximo y mínimo.



Fig. 11. Cajas de control de nivel en torre. Fuente: Autor

- Válvula eléctrica para hacer ajuste del agua en el tanque de la torre, cuenta con un by pas para hacer el cambio en caso de que la válvula eléctrica falle.



Fig. 12. Válvula eléctrica en torre. Fuente: Autor

3.4 Programación de PLC

- Para elaborar el programa de control, se utilizó un software en la plataforma TIA Portal Versión 10.5 de la empresa SIEMENS. El programa se divide en varios

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

bloques, que para el programa se llaman FC, OB y DB, el OB es el bloque principal de donde se llaman los demás bloques creados, Los FC son para desarrollar el programa con lenguaje ladder (KOP) y los bloques DB son para asignar datos y moverlos dentro del programa.

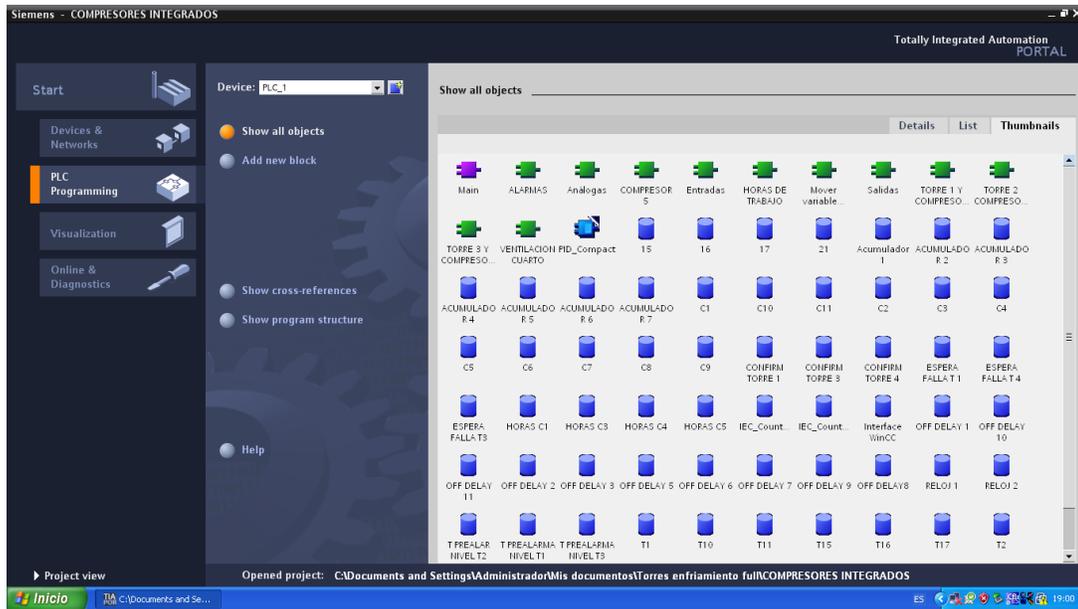


Fig. 13. Imagen principal del programa de compresores. Fuente: Autor

- En esta imagen vemos la definición de las variables con las que se hace el programa, es aquí donde se asignan las direcciones de las entradas y salidas, se nombran con el fin de no repetir nombres ni direcciones debido a que estas son unívocas. Se pueden organizar de forma alfabética para tener un mejor control sobre el uso de dichas variables.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

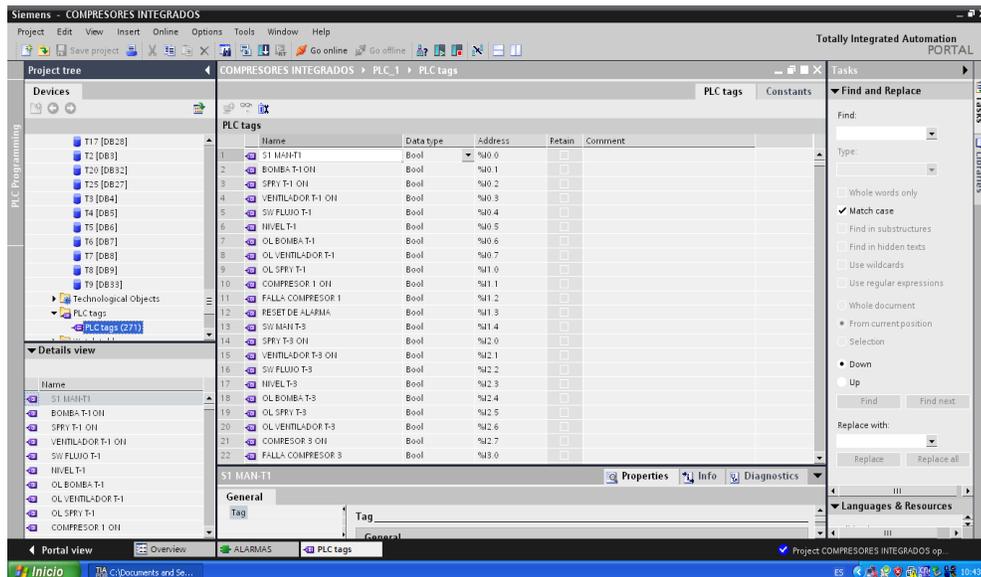


Fig. 14. Imagen de las variables del programa de compresores. Fuente: Autor

- En esta imagen se tiene un segmento de programación que hace parte del bloque de alarmas, se trabaja con un bloque llamado set reset, que permite que cuando una señal de alarma suceda, esta permanezca siempre puesta y que sea necesario pulsar reset para cancelar dicha alarma, con el objetivo que el personal operativo verifique lo que sucedió realmente en el sistema.

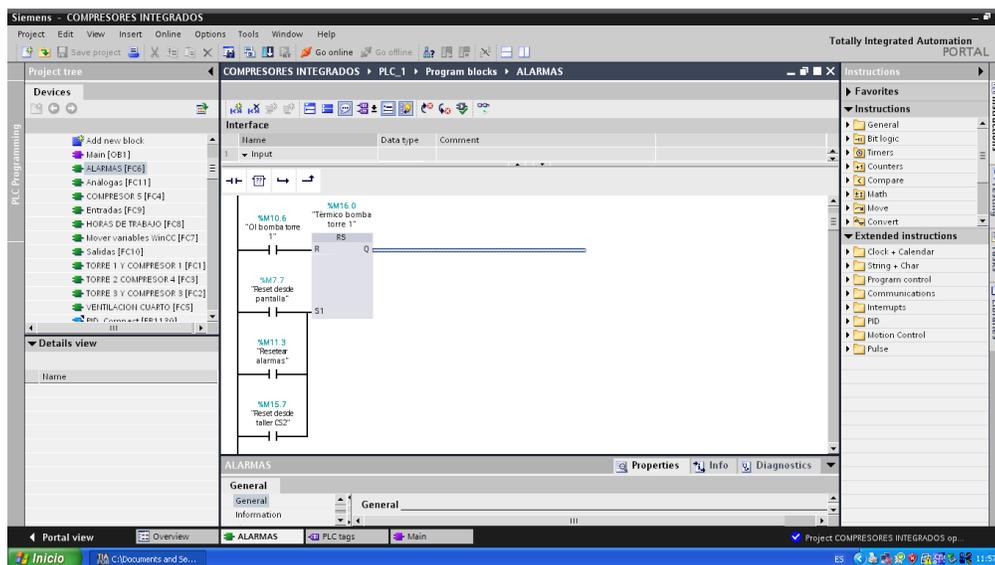


Fig. 15. Imagen del bloque de alarmas del programa de compresores. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- En esta imagen se tiene un segmento de programación del bloque que corresponde al compresor 5, se puede ver la forma como se escala la señal de temperatura del agua que entra al compresor y sale con una temperatura más alta debido al intercambio hecho al interior de las camisas en las etapas de compresión. Esto ayuda a determinar si la torre de enfriamiento está haciendo bien su trabajo de enfriar dicha agua dentro de su circuito cerrado. Con la información que arroja este bloque el programa activa la alarma por alta temperatura en el agua de dicho compresor.

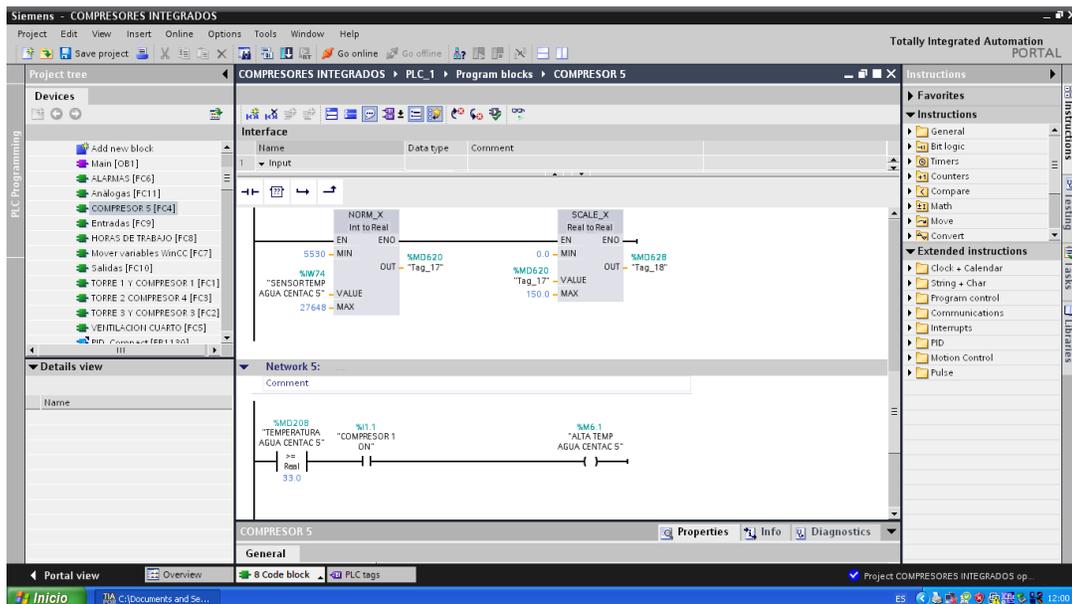


Fig. 16. Imagen bloque compresor 5 del programa de compresores. Fuente: Autor

3.5 Programación de Wincc Flexible 2008

- Para la programación con el software Wincc Flexible 2008, se dividió en varios screens o pantallazos tomando como base que la planta cuenta con 4 compresores y solo 3 torres de enfriamiento para la generación de aire comprimido. El primer screen, que será el que abre cuando se dé inicio al run time. Esta pantalla cuenta

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

con: Título del screen, barra de alarmas, botones para navegar en los demás screens, un mímico del sistema de refrigeración del compresor 1 y 5, cuadros de visualización de estado del sistema, cuadros de visualización de la presión de aire del sistema y de la temperatura del agua del sistema cerrado de refrigeración, se visualiza el nivel de agua de la torre en el sistema abierto. En este screen se integra una torre para dos compresores, nunca trabajan los dos compresores simultáneamente, pues la torre no sería capaz con la carga térmica de ambos compresores. Como este screen y muy similares se hacen los de las torres 3 y 4 con sus respectivos compresores.

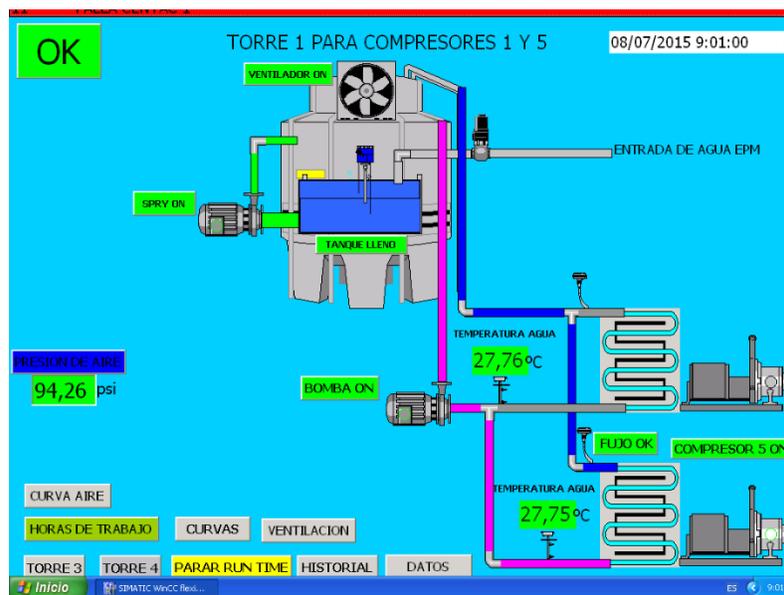


Fig. 17 Screen para la torre 1. Fuente: Autor

- Se hizo un screen para visualizar la curva de aire en tiempo real, con el fin de hacer seguimiento a la presión de aire, con escala de 40 a 100 psi, la presión de trabajo es de 95 psi en promedio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Fig. 18. Screen curva de la presión de aire. Fuente: Autor

- Se elaboró un screen para las curvas de temperatura del agua que viene de la torre a los intercambiadores de cada uno de los compresores.

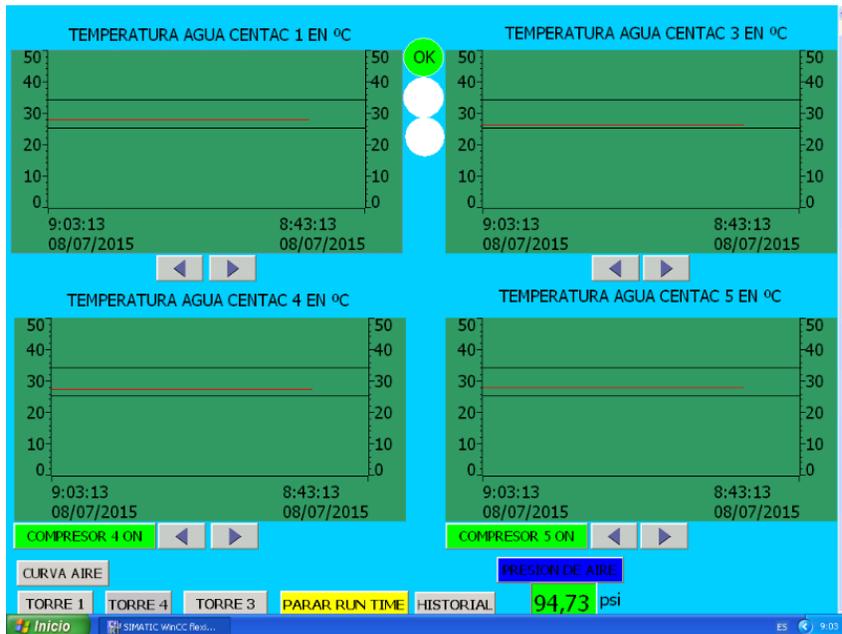


Fig. 19. Screen de curvas de temperaturas compresores. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Hay un screen para las alarmas donde se acumulan las alarmas que se emiten en el sistema de generación de aire comprimido, se pueden reconocer y borrar. Adicionalmente hay un screen de histórico donde quedan grabadas todas alarmas que se generen y tiene una capacidad de 5000 registros, este no se borra, solo que cuando se llena, elimina el primer dato en haber ingresado.



ID	Time	Date	Status	Description	Code
11	11:19:09	03/07/2015	ES	FALLA CENTAC 1	S7-1200
13	5:50:48	28/06/2015	ES	FALLA CENTAC 4	S7-1200
12	5:50:32	28/06/2015	ES	FALLA CENTAC 3	S7-1200
2	20:06:43	27/06/2015	ES	PRESION DE AIRE DEL SISTEMA	S7-1200
14	19:34:46	27/06/2015	ES	FALLA CENTAC 5	S7-1200

TORRE 1 TORRE 3 TORRE 4 CURVAS PARAR RUN TIME

Inicio SIMATIC WinCC Flex... ES 9:05

Fig. 20. Screen alarmas del sistema. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Adicionalmente se elaboró un screen para sumar las horas de operación de cada equipo con el objetivo de programar los mantenimientos preventivos para éstos basados en sus fichas técnicas y en tiempos de servicio.

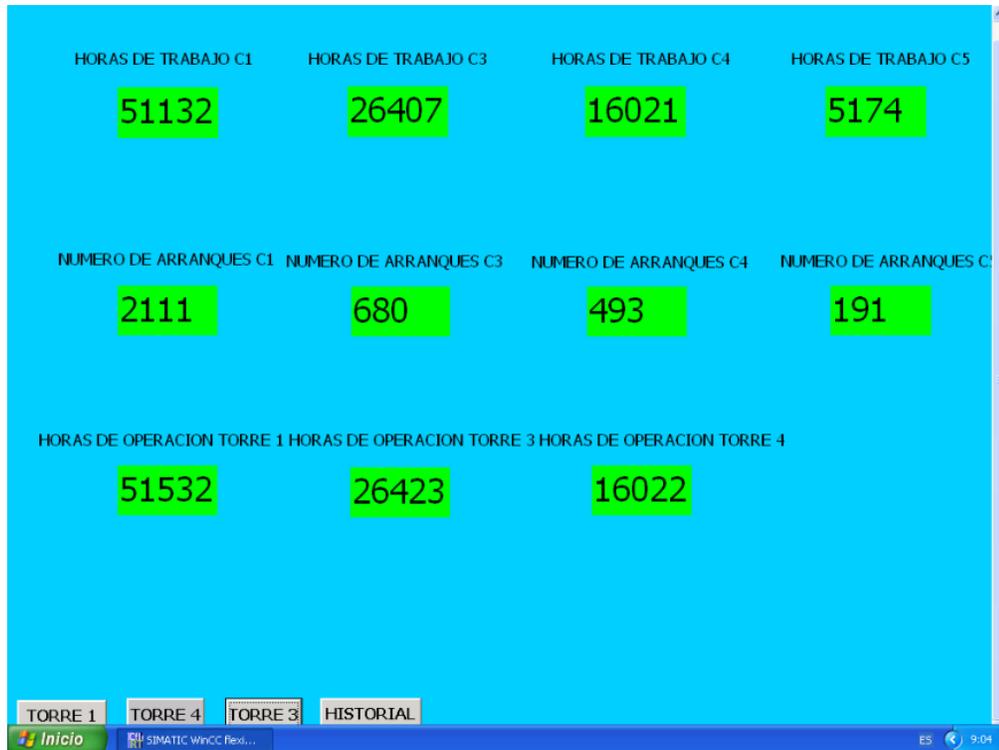


Fig. 21. Screen de tiempos de trabajo de equipos. Fuente: Autor

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagramas eléctricos.

Los planos se elaboraron con el software Autocad 2007, disponible en la compañía.

En la hoja 1 se detalla la distribución de tensión de control 220 Vac para las cajas de control de nivel de agua ubicada en las torres de enfriamiento, 3 en total.

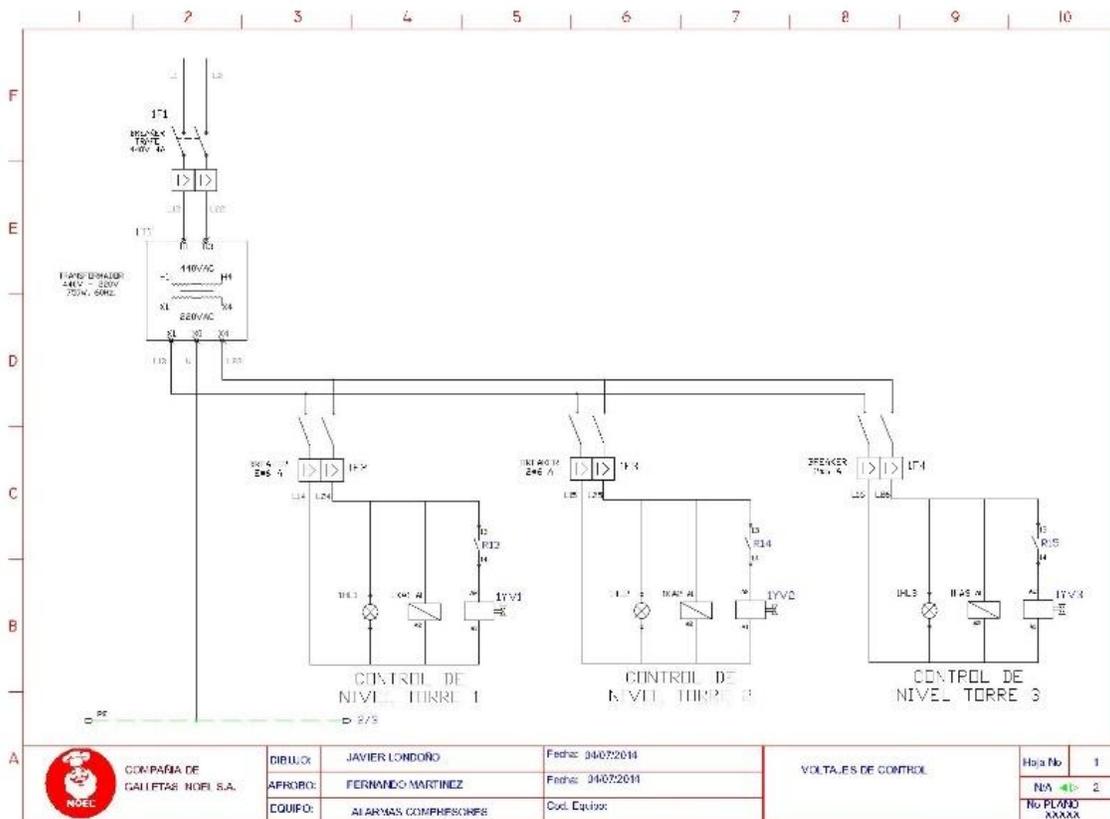


Fig. 22. Plano, hoja 1. Fuente: Autor

En la hoja 2 se detalla la distribución de tensión de 24vdc, la alimentación de la fuente 120vac/24vdc, utilizado en los módulos del PLC y en las diferentes señales de control.

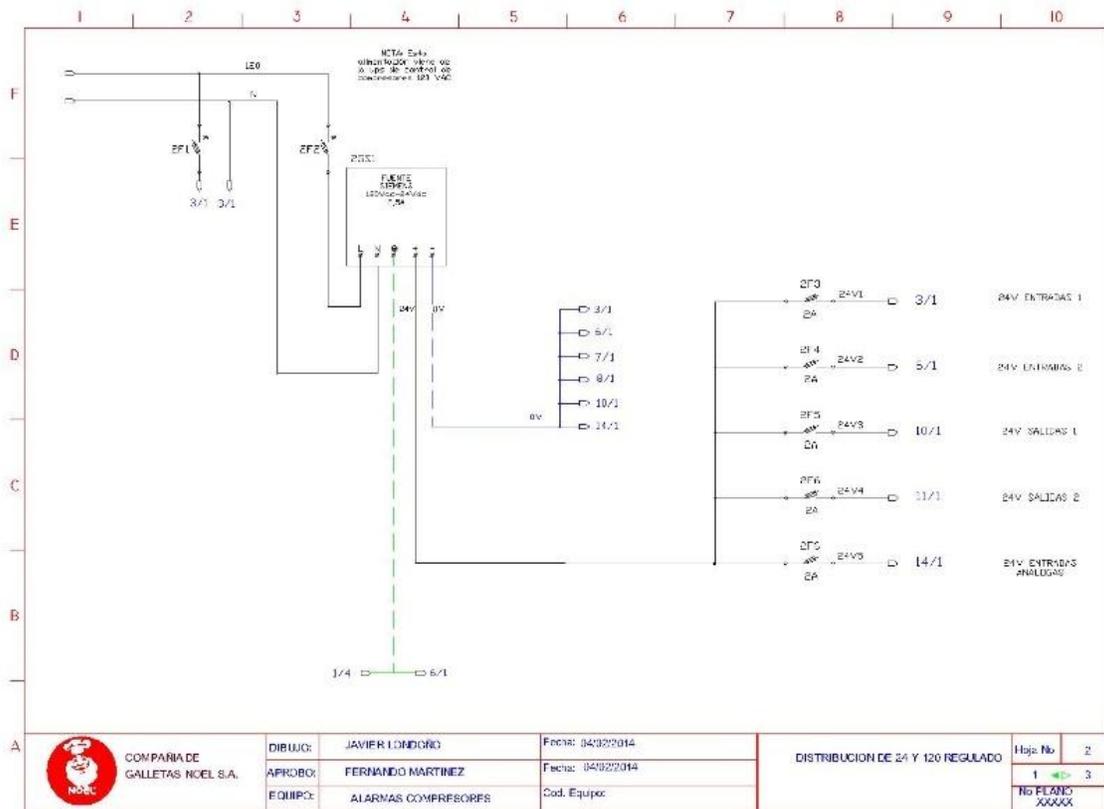


Fig. 23. Plano, hoja 2. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 3 se detalla el conexionado de la CPU del PLC y sus primeras entradas.

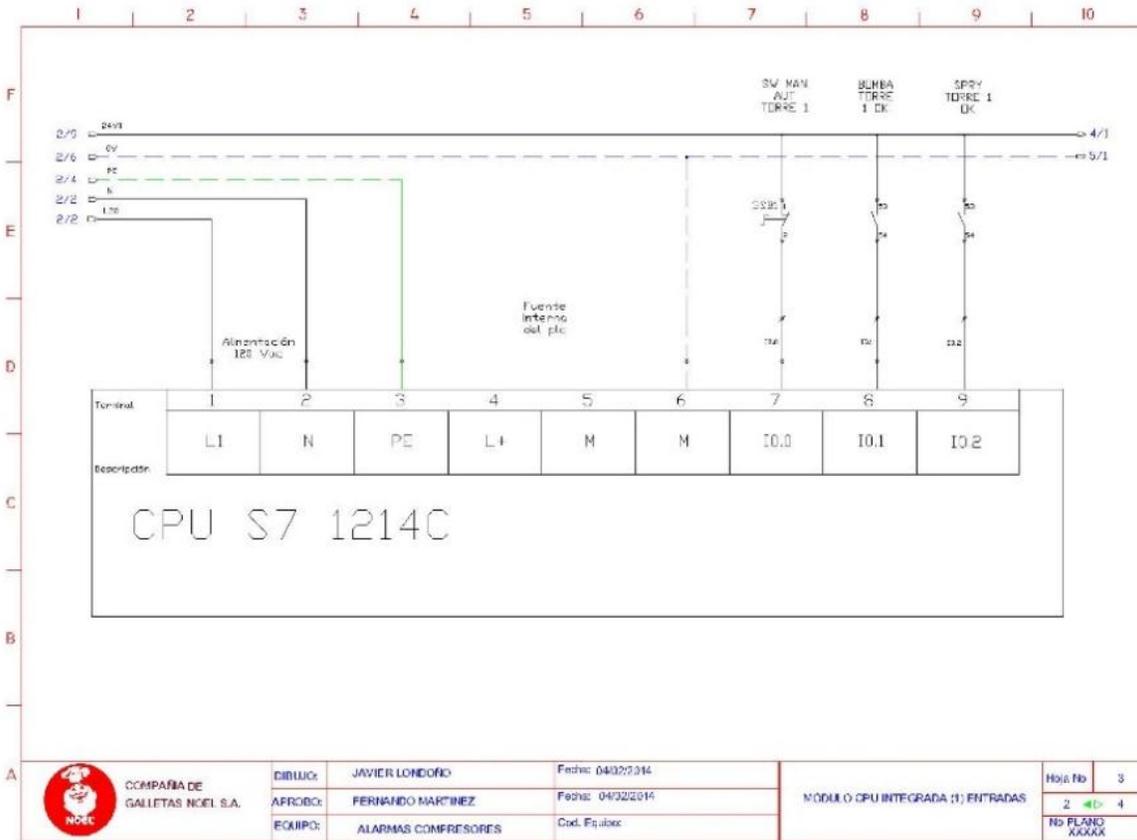


Fig. 24. Plano, hoja 3. Fuente: Autor

En la hoja 4 se detalla el conexionado de varias entradas y se especifica el nombre de cada una.

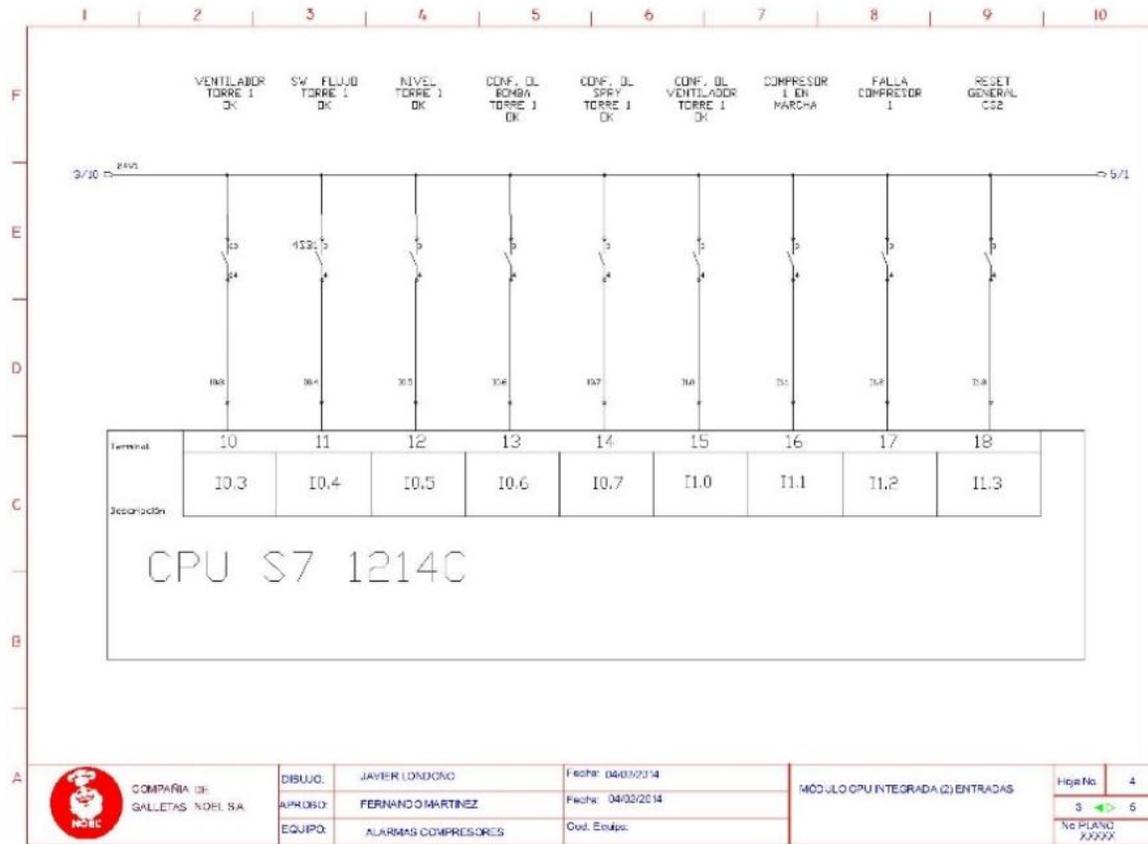


Fig. 25. Plano, hoja 4. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 5 se detalla la conexión de alunas entradas digitales y la entrada análoga de presión.

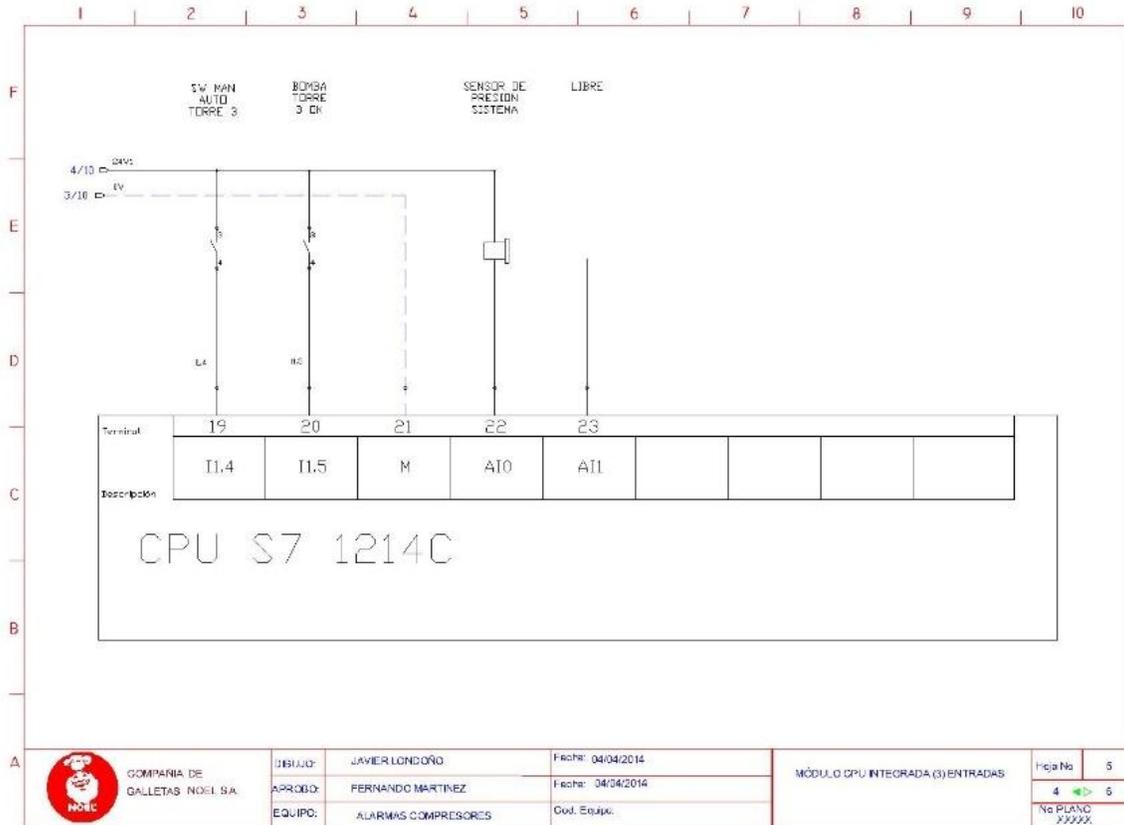


Fig. 26. Plano, hoja 5. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 6 se detalla la conexión de varias entradas en el módulo 1 de 16 entradas.

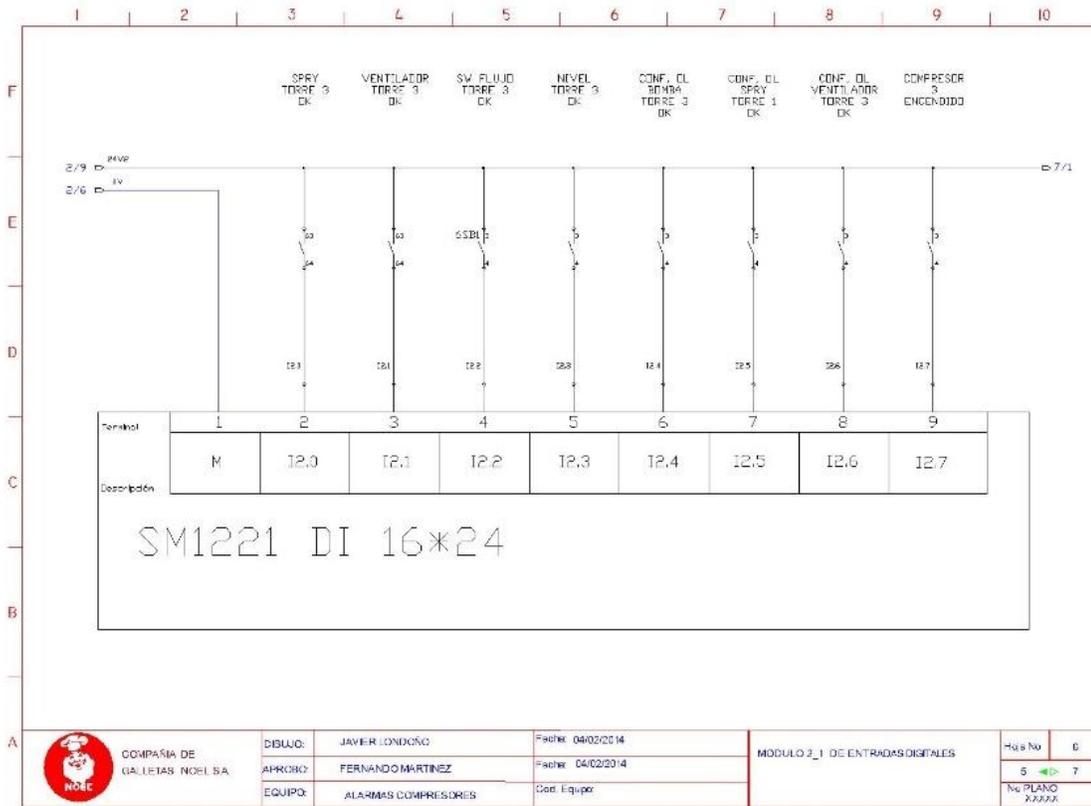


Fig. 27. Plano, hoja 6. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 7 se detalla la conexión de varias entradas en el módulo 1 de 16 entradas.

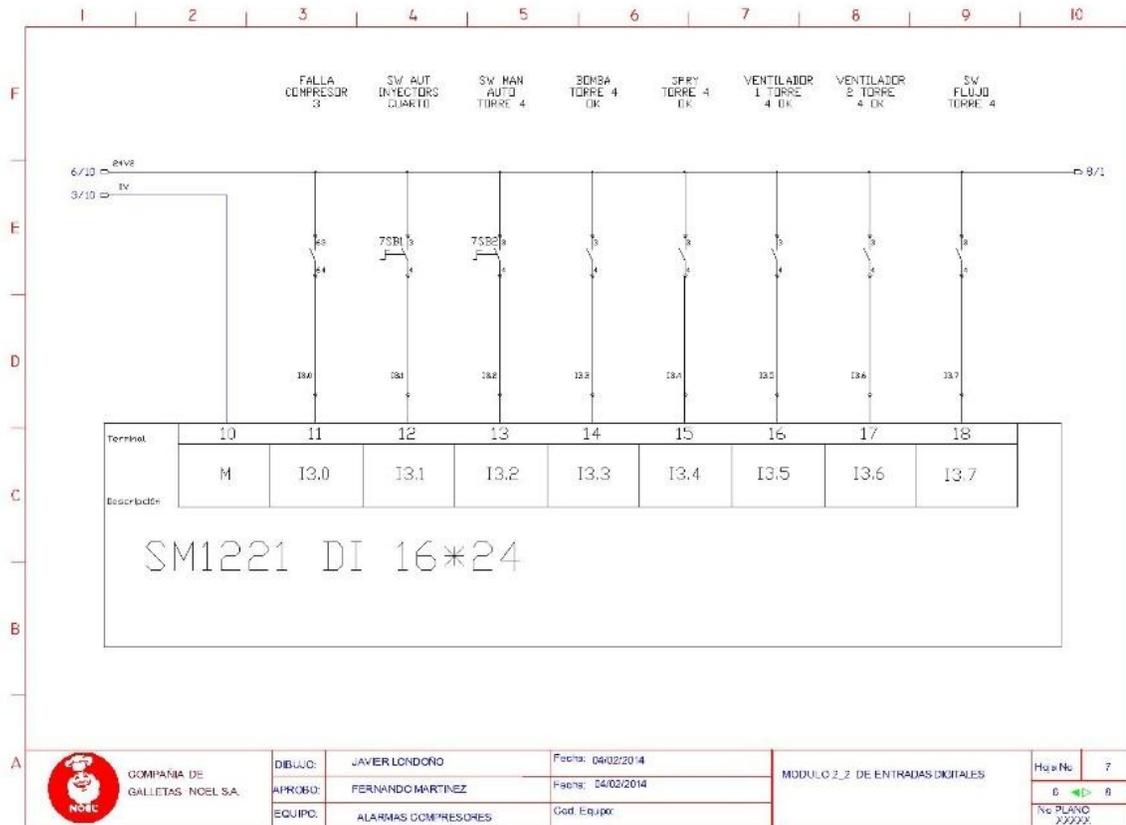


Fig. 28. Plano, hoja 7. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 8 se detalla la conexión de varias entradas en el módulo 2 de 16 entradas.

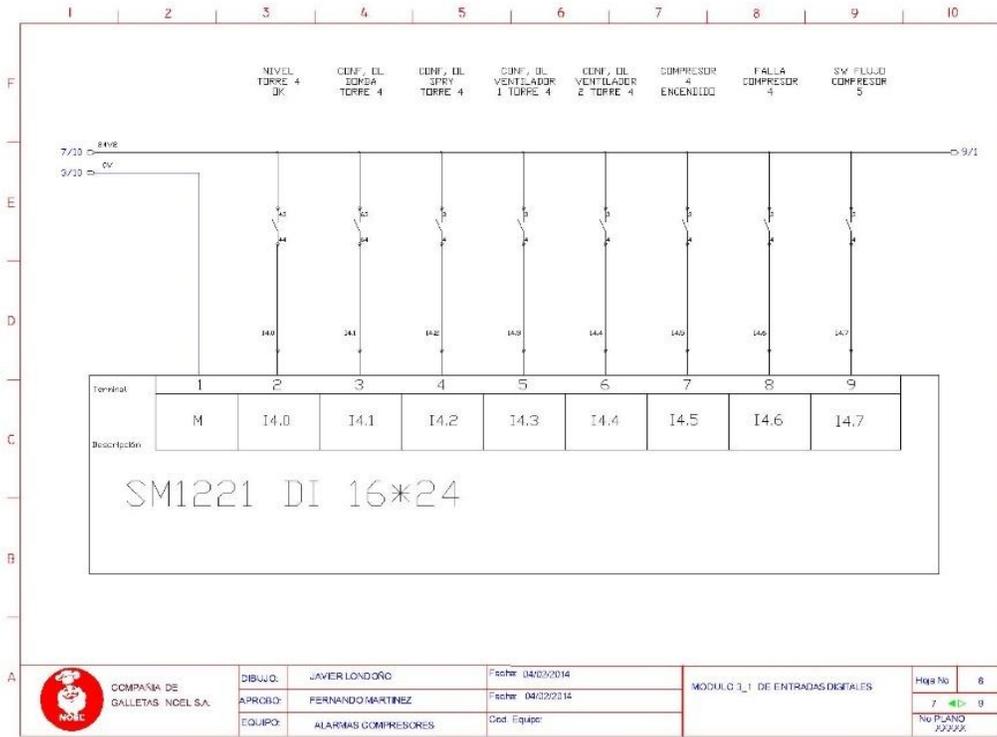


Fig. 29. Plano, hoja 8. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 9 se detalla la conexión de varias entradas en el módulo 2 de 16 entradas.

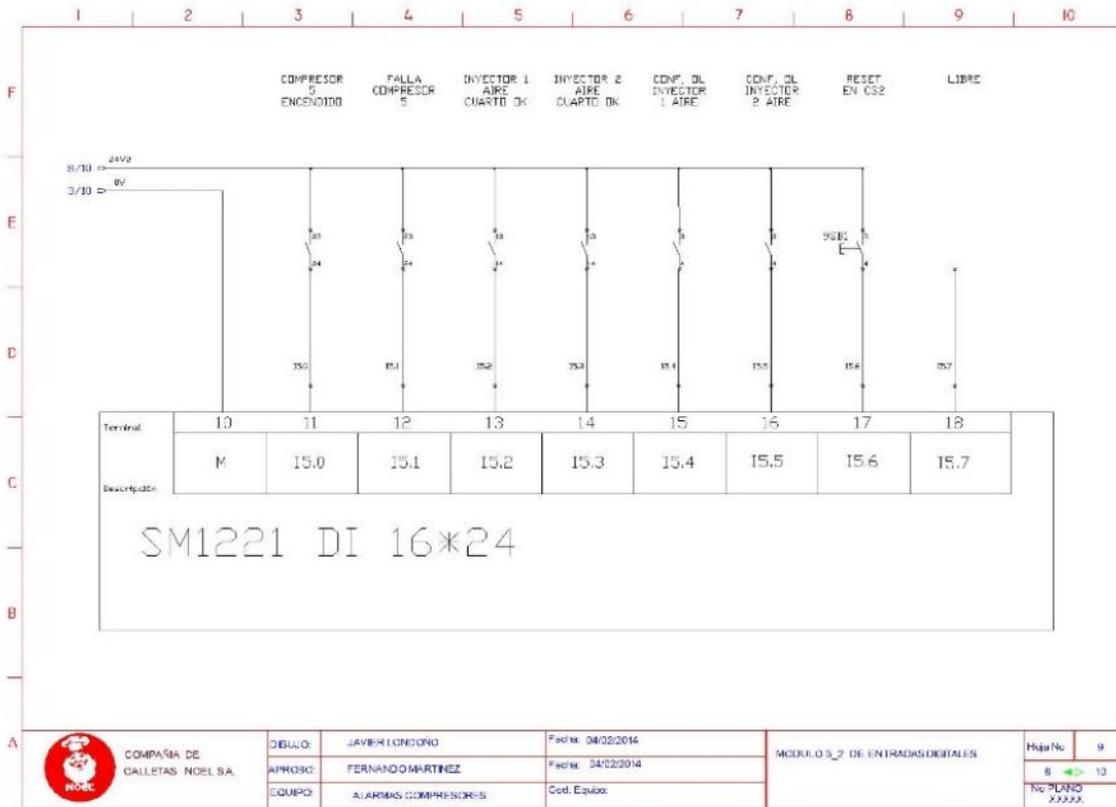


Fig. 30. Plano, hoja 9. Fuente: Autor

En la hoja 10 se detalla la conexión de varias salidas integradas en la CPU, con sus respectivos nombres.

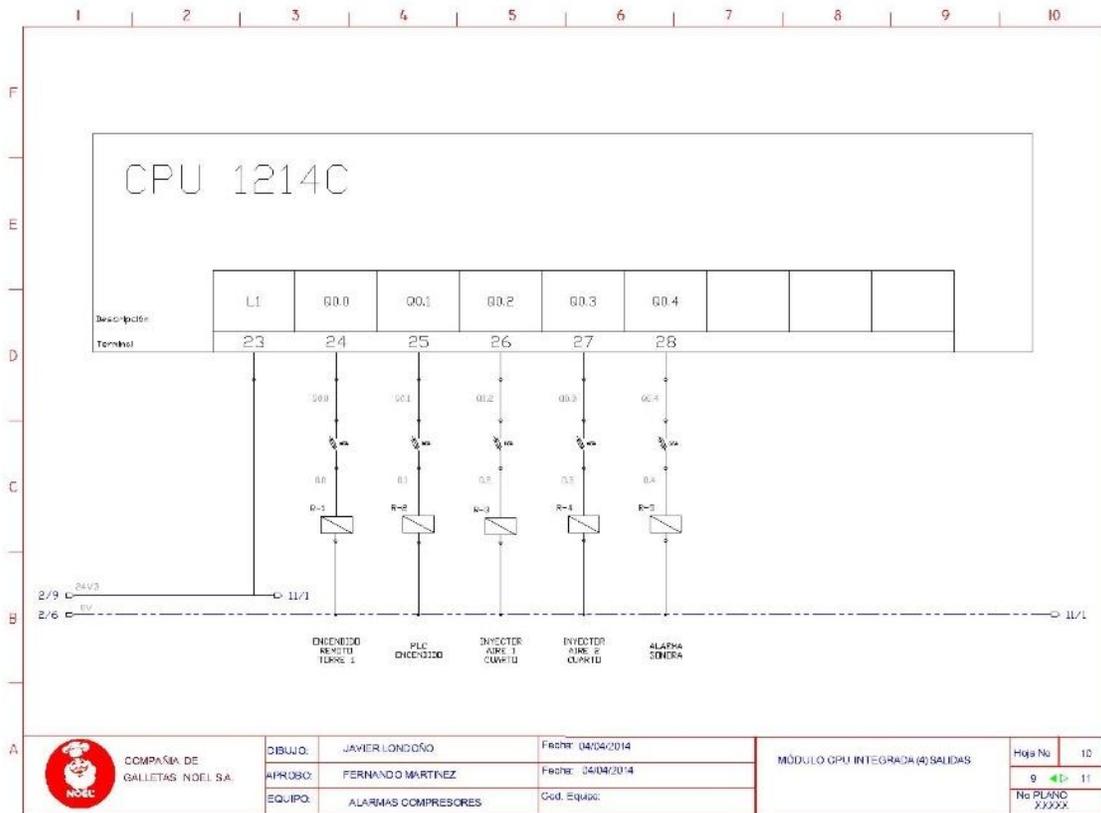


Fig. 31. Plano, hoja 10. Fuente: Autor

En la hoja 11 se detalla la conexión de varias salidas integradas en la CPU, con sus respectivos nombres.

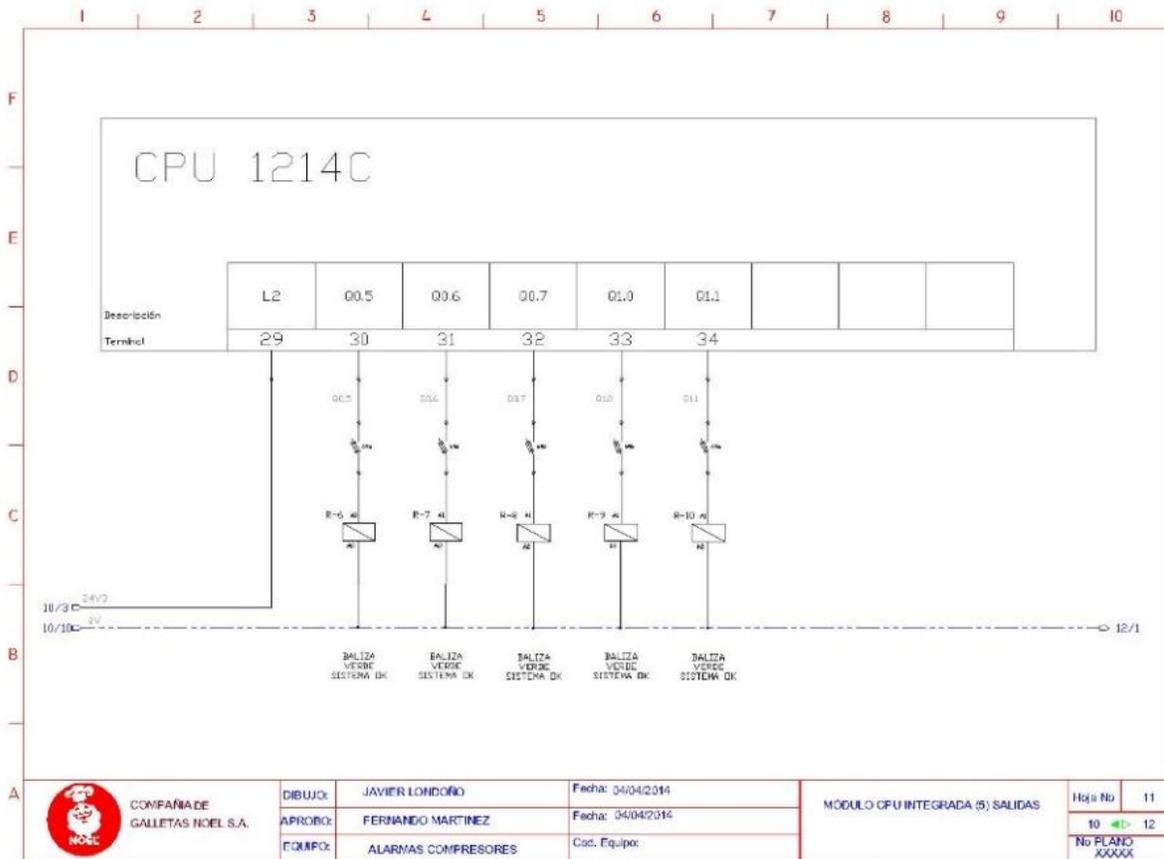


Fig. 32. Plano, hoja 11. Fuente: Autor

En la hoja 12 se detalla la conexión de las primeras 8 salidas del módulo 1 de salidas por relé, con sus respectivos nombres.

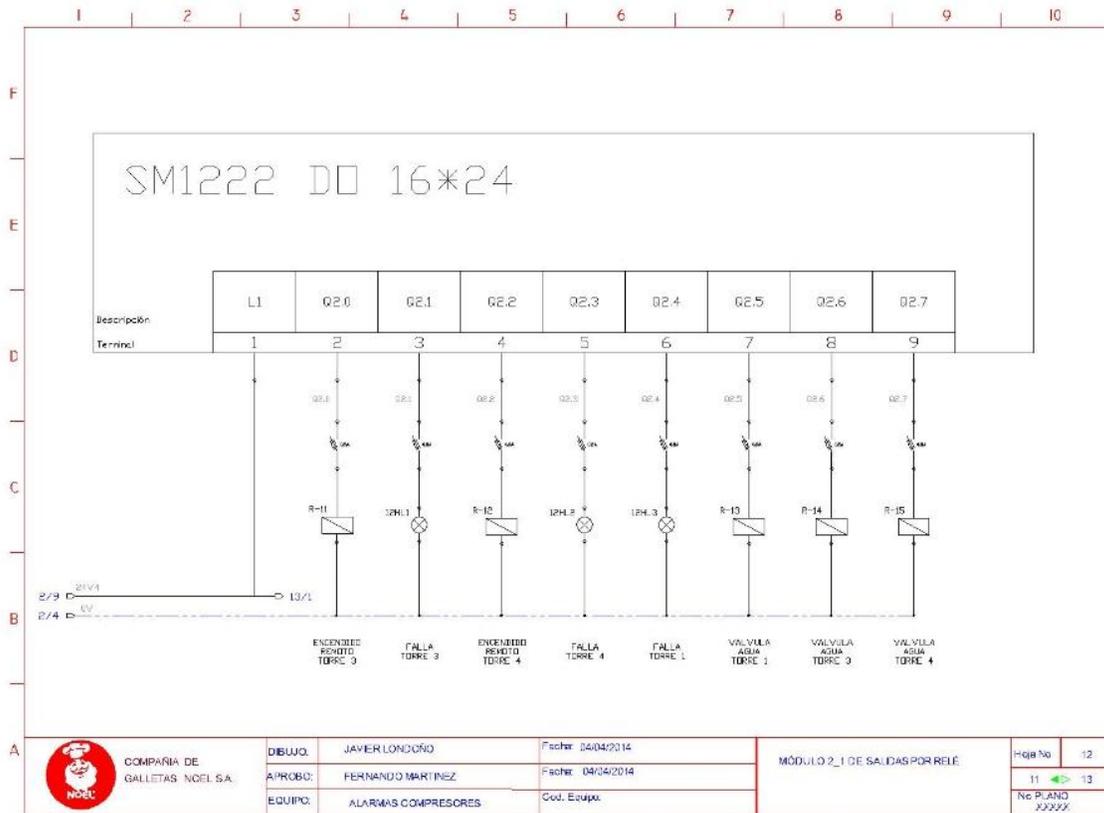


Fig. 33. Plano, hoja 12. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 13 se detalla la conexión de las 8 salidas restantes del módulo 1 de salidas, estas se encuentran libres.

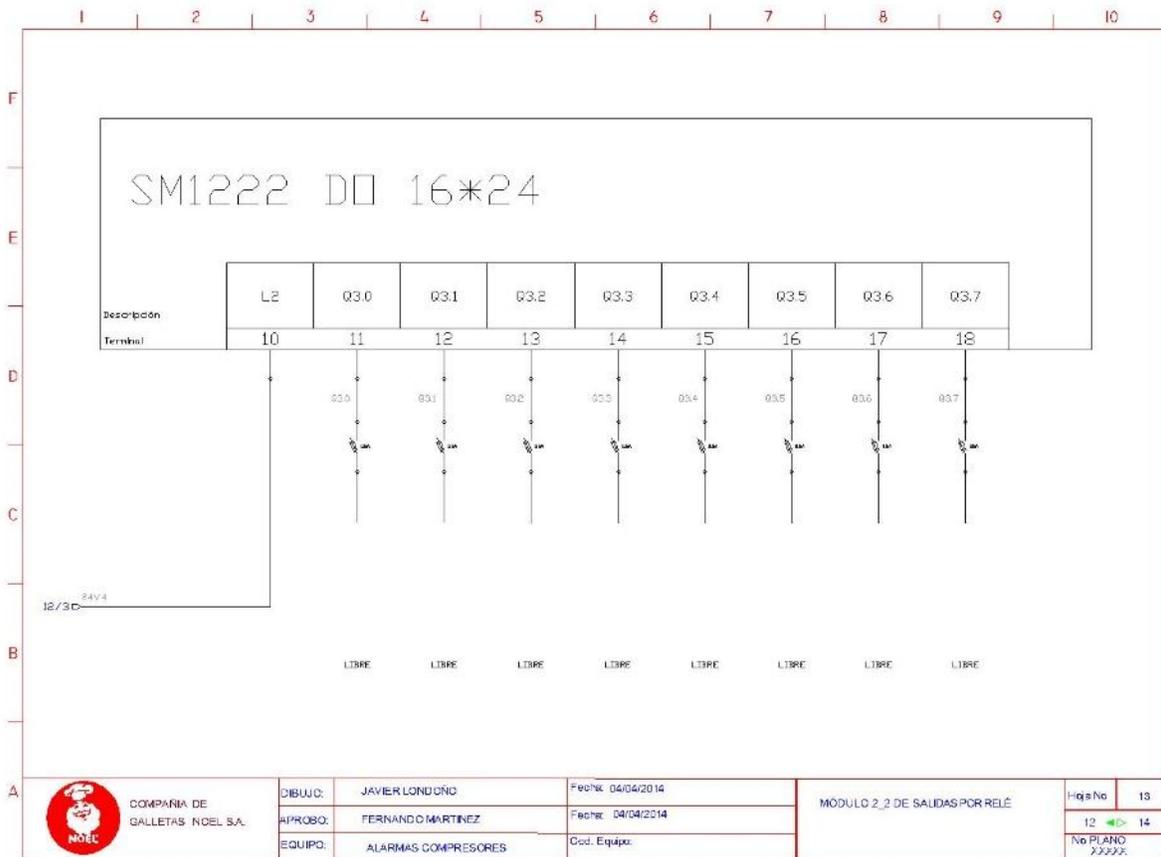


Fig. 34. Plano, hoja 13. Fuente: Autor

En la hoja 14 se detalla la conexión de las entradas análogas del módulo de entradas análogas, con sus respectivos nombres.

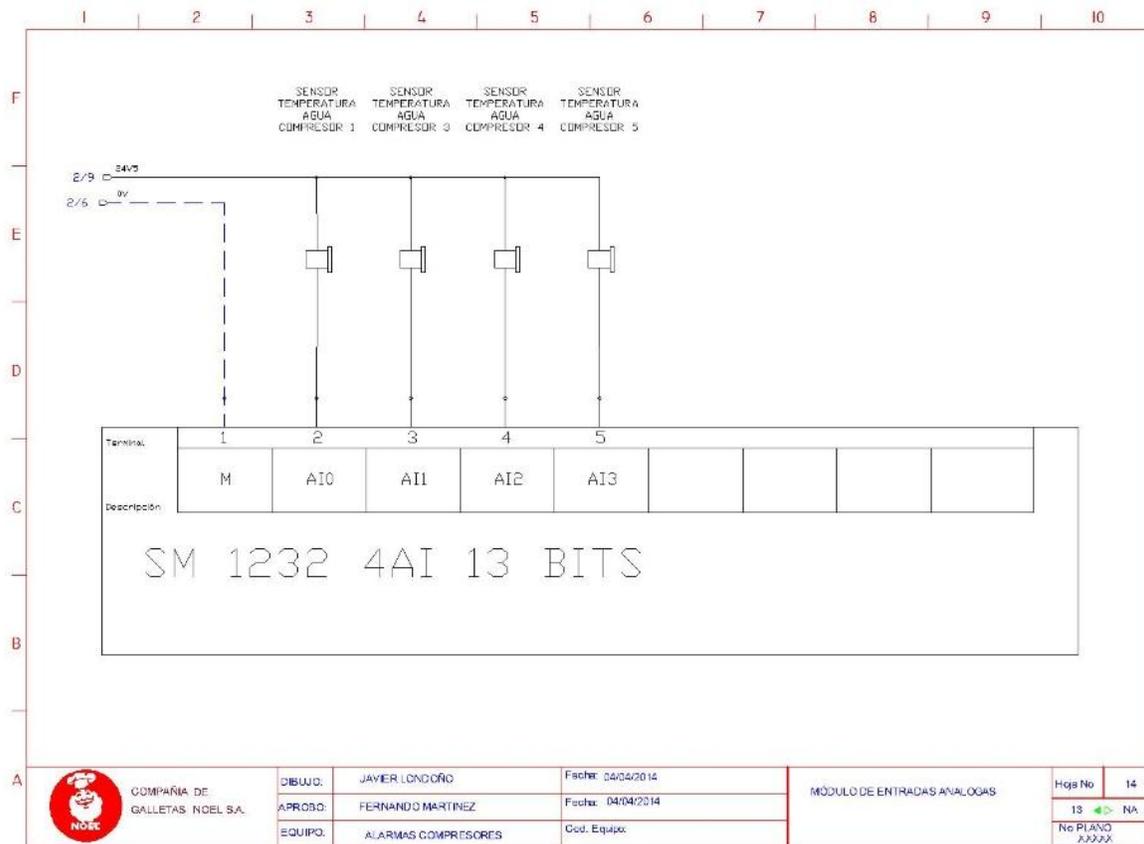


Fig. 35. Plano, hoja 14. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

En la hoja 15 se detalla la topología de la red para la transmisión de los datos.

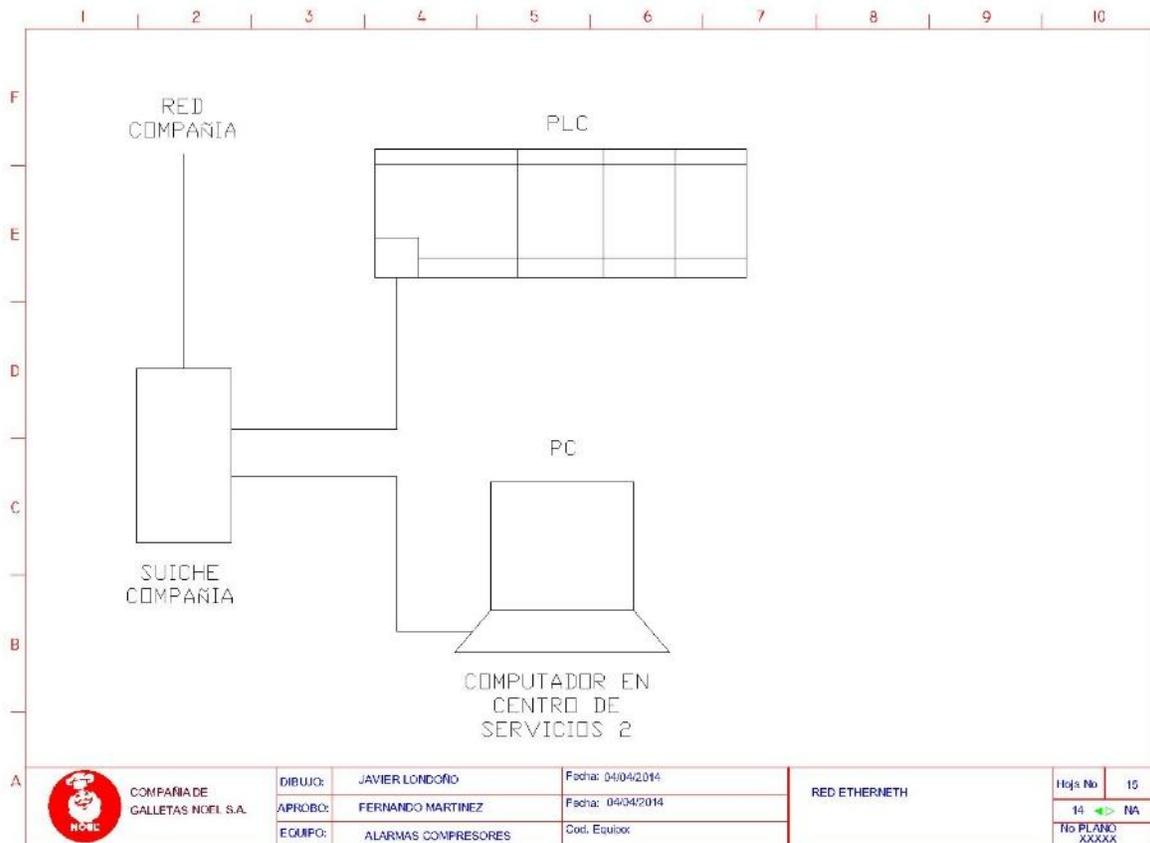


Fig. 36. Plano, hoja 15. Fuente: Autor

4.2 Manual de funcionamiento.

4.2.1 Pasos para poner en funcionamiento el sistema:

1. Verificar que el tablero de potencia de la torre 1 se encuentre energizado.
2. Verificar el interruptor de tensión de alimentación de PLC, ubicado en el tablero de UPS compresores esté energizado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

3. Verificar que el piloto de PLC OK se encuentre encendido.
4. Verificar que las 3 cajas de control de nivel de las torres, ubicadas en cada torre (terrazza), se encuentren energizadas.
5. Mantener el Pc de monitoreo ubicado en la oficina de SGM, energizado y trabajando.
6. En el escritorio se encuentra un ícono (Wincc Run time, Torres de enfriamiento) hacer clic en este, para abrir el Run time.

4.2.2 Cómo funciona el control de nivel en las torres:

El compresor Centac necesita de agua fresca para enfriar las etapas de compresión y el sistema de lubricación, las torres proveen de esta agua al compresor para su óptimo funcionamiento. La torre posee dos sistemas de agua: El circuito abierto enfría el agua que viene de intercambiar calor con el compresor (circuito cerrado), el primero tiene un tanque que debe permanecer con buen nivel, para que haya suficiente intercambio de temperatura, en este se instaló un control de nivel que hace que el tanque permanezca lleno, consta de un Sensor de nivel que determina el estado del tanque, este Sensor controla $\frac{1}{4}$ del volumen total de la torre. Nos dice a través del programa si la torre tiene $\frac{3}{4}$ partes del volumen o está lleno (mínimo o máximo nivel), si está en mínimo el programa da la orden a un solenoide instalado en la red de EPM para que el nivel llegue hasta el máximo y se apague la válvula. Si el nivel por algún motivo no se repone, el sistema mostrará una pre alarma que le indica al operario que hay un problema y debe desplazarse al sitio para verificar, si pasados 3 minutos no se repone la pre alarma, el sistema activará la alarma por falla de nivel.

En el circuito cerrado hay instalado un suiche de flujo para confirmar que la bomba de recirculación esté operando y un sensor de temperatura a la salida del compresor para monitorearla. La temperatura de salida de cada compresor es En promedio de 28°C, si la temperatura excede los 30°C, el sistema activará la pre alarma y a los 33°C activará la alarma

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

por alta temperatura agua del respectivo compresor. Si el compresor está trabajando y el suiche de flujo no detecta flujo, el sistema activará la alarma por no confirmación de flujo.

Si por alguna razón se dispara algún guarda motor de cualquier motor asociado a la torre, el sistema activará la alarma por disparo en guarda motor.

4.2.3 Cómo funciona el sensor de presión de aire:

La red principal de aire cuenta con un sensor de presión que nos muestra la presión del sistema, si la presión está por encima de 85 PSI (libras de presión por pulgada cuadrada) el sistema indica presión OK, si la presión cae por debajo de 85 PSI, el sistema activará la pre alarma de baja presión y si la presión cae por debajo de 80 PSI el sistema activará la alarma por caída grave de presión.

4.2.4 Cómo funcionan las señales de los compresores:

Desde los compresores hay unas señales que van al PLC, indicando si el compresor está en servicio o presenta falla. Si está en servicio en el mímico aparecerá compresor ON, si por el contrario se encuentra en falla aparecerá falla de compresor. Se activará la pre alarma, si el compresor estaba parado y se dio la falla, pero si el compresor se encontraba trabajando se activará la alarma, compresor con falla.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4.2.5 Funcionamiento de los ventiladores de la sala compresores:

Existen 2 ventiladores al interior de la sala para “refrescar el sitio”, estos se energizan por medio del sistema automáticamente, la condición es que debe haber por lo menos un compresor trabajando, de lo contrario estarán apagados.

Nota: El ventilador # 2 solo se energiza cuando el compresor 4 está trabajando, tiene un suiche de 3 posiciones en el tablero de control y potencia de la torre 1 y debe permanecer en la posición automático, se pone en posición off si el ambiente está muy húmedo y si se requiere se puede energizar manualmente (posición manual).

Tabla 1. Cuadro de pre alarmas (Fuente: Autor).

COLOR DE LA SEÑAL	PROBLEMA	CAUSA
AMARILLA Y SONORA INTERMITENTE	No se completa el nivel de agua de las torres (3 torres)	Falla del control de nivel, válvulas cerradas, no hay agua de EPM, drenaje abierto, torre con fuga.
	Caída de presión entre 82y 85 PSI.	Alto consumo en planta, fugas de aire grandes, sensor descalibrado.
	Compresor con falla, pero estando parado (4 compresores)	Falla en alguna variable del compresor.
	Guarda motor de ventilador del recinto disparado.	Sobrecarga en el motor, corto circuito.
	Temperatura del agua de las torres entre 30°C y 33°C	Bajo nivel de agua en la torre, aire en el circuito cerrado.
	Error en transmisor de temperatura agua de compresores.	Saturación del transmisor, sensor descalibrado, no hay tensión de alimentación.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 2. Cuadro de alarmas (Fuente: Autor).

COLOR DE LA SEÑAL	PROBLEMA	CAUSA
ROJA Y SONORA CONTINUA	No se completa el nivel de agua de las torres pasados 3 minutos. Falla de nivel	Falla del control de nivel, válvulas cerradas, no hay agua de EPM, drenaje abierto, torre con fuga.
	Caída de presión por debajo de 80 PSI Caída de presión	Alto consumo en planta, fugas de aire grandes, sensor descalibrado, compresor fallado.
	Guarda motor de motores de las torres disparados.	Sobre carga de los motores, obstrucciones en las tuberías, térmicos mal seteados, corto circuitos.
	Alta temperatura del agua de los compresores (por encima de 33°C)	Bajo nivel de agua en la torre, aire en el circuito cerrado, compresor con sobrecalentamiento.

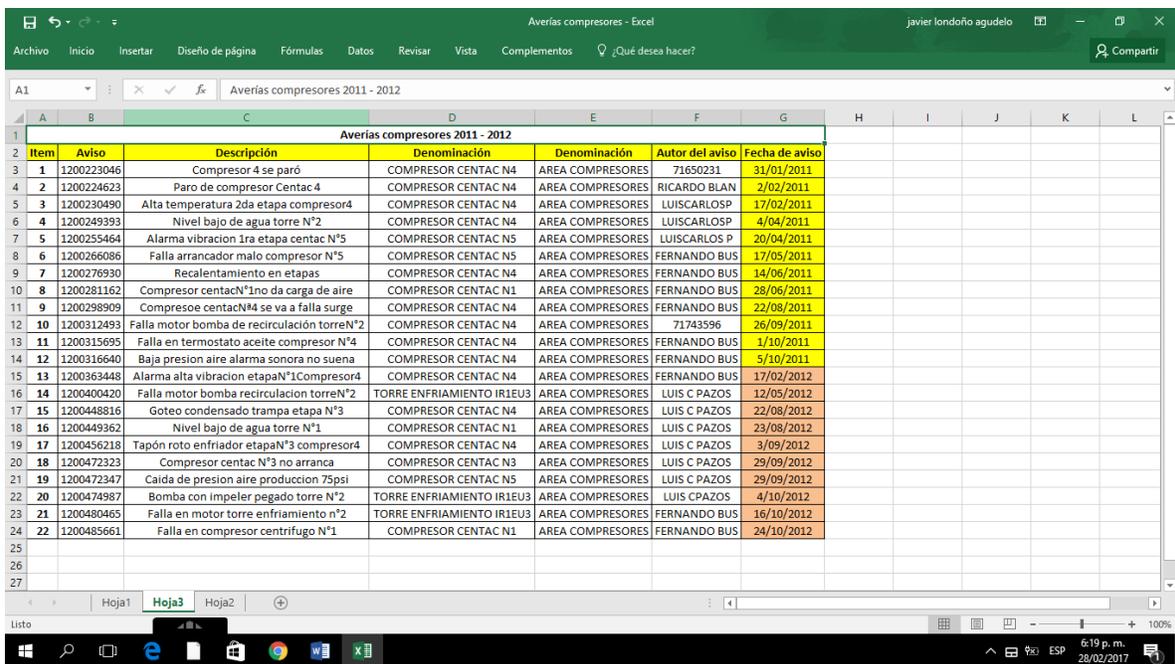
4.3 Discusión de los resultados

En el sistema anterior se tenía una alarma sonora, ubicada en el centro de servicios 2, que trabajaba con un presóstato, cuando la presión de aire caía por debajo de 80 psi sonaba hasta que el personal autorizado la reseteara y se dirigiera hacia el cuarto de compresores por motivo de algún problema, ya fuera por la parada de un compresor debido a alguna falla o una sobrecarga de estos, no se tenía la certeza de que había pasado. A partir de la implementación se puede consultar en el monitor de alertas tempranas y en el color de la baliza ubicada cerca de la oficina de coordinadores del centro de servicios 2, encargados de operar y mantener el sistema de aire comprimido.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Los datos que a continuación se suministran son proporcionados por la plataforma de información de la compañía, donde se llevan los registros de paros de producción, en estos registros se llevan: Las causas de los paros, tiempos de los paros y fechas de los mismos.

Para poder tener un punto de partida se tienen datos desde el año 2011 y 2012, años en los cuales no se había implementado el sistema de monitoreo.

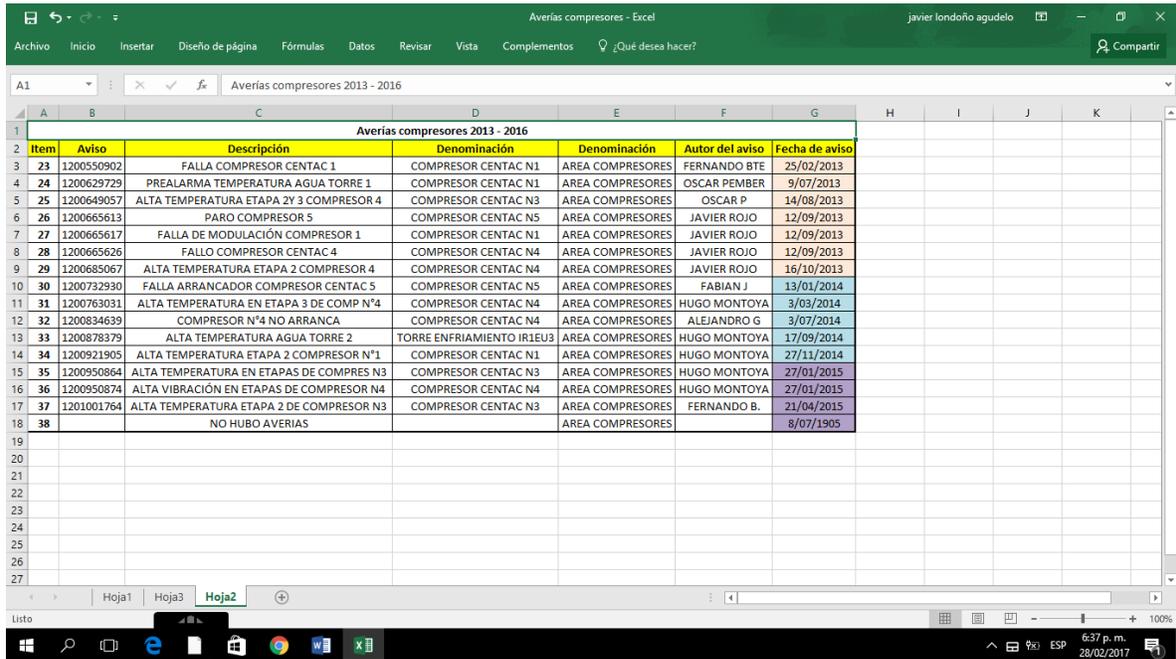


Item	Aviso	Descripción	Denominación	Denominación	Autor del aviso	Fecha de aviso
1	1200223046	Compresor 4 se paró	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	71650231	31/01/2011
2	1200224623	Paro de compresor Centac.4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	RICARDO BLAN	2/02/2011
3	1200230490	Alta temperatura 2da etapa compresor4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	LUISCARLOSP	17/02/2011
4	1200249393	Nivel bajo de agua torre N°2	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	LUISCARLOSP	4/04/2011
5	1200255464	Alarma vibracion 1ra etapa centac N°5	COMPRESOR CENTAC N5	AREA COMPRESORES	LUISCARLOS P	20/04/2011
6	1200266086	Falla arrancador malo compresor N°5	COMPRESOR CENTAC N5	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	17/05/2011
7	1200276930	Recalentamiento en etapas	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	14/06/2011
8	1200281162	Compresor centacN°1no da carga de aire	COMPRESOR CENTAC N1	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	28/06/2011
9	1200298909	Compresoe centacN4 se va a falla surge	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	22/08/2011
10	1200312493	Falla motor bomba de recirculación torreN°2	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	71743596	26/09/2011
11	1200315695	Falla en termostato aceite compresor N°4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	1/10/2011
12	1200316640	Baja presion aire alarma sonora no suena	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	5/10/2011
13	1200363448	Alarma alta vibracion etapaN°1Compresor4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	17/02/2012
14	1200400420	Falla motor bomba recirculación torreN°2	TORRE ENFRIAMIENTO IR1EU3	AREA COMPRESORES	LUIS C PAZOS	12/05/2012
15	1200448816	Goteo condensado trampa etapa N°3	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	LUIS C PAZOS	22/08/2012
16	1200449362	Nivel bajo de agua torre N°1	COMPRESOR CENTAC N1	AREA COMPRESORES	LUIS C PAZOS	23/08/2012
17	1200456218	Tapón roto enfriador etapaN°3 compresor4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	LUIS C PAZOS	3/09/2012
18	1200472323	Compresor centac N°3 no arranca	COMPRESOR CENTAC N3	AREA COMPRESORES	LUIS C PAZOS	29/09/2012
19	1200472347	Caida de presion aire produccion 75psi	COMPRESOR CENTAC N5	AREA COMPRESORES	LUIS C PAZOS	29/09/2012
20	1200474987	Bomba con impeler pegado torre N°2	TORRE ENFRIAMIENTO IR1EU3	AREA COMPRESORES	LUIS CPAZOS	4/10/2012
21	1200480465	Falla en motor torre enfriamiento n°2	TORRE ENFRIAMIENTO IR1EU3	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	16/10/2012
22	1200485661	Falla en compresor centrifugo N°1	COMPRESOR CENTAC N1	AREA COMPRESORES	FERNANDO BUS	24/10/2012

Fig. 36. Lista de averías año 2011/2012. Fuente: Autor

En la figura anterior tenemos las averías en el suministro de aire comprimido de los años 2011 y 2012 que ocasionaron paros de producción parciales en la planta Noel, debido a la caída de presión por debajo de los 80 psi. En el año 2011 se reportaron por parte del sistema de pérdidas de producción Noel, un total de 742 minutos de paro y para el año 2012 un total de 687 minutos de paro.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



Item	Aviso	Descripción	Denominación	Denominación	Autor del aviso	Fecha de aviso
23	1200550902	FALLA COMPRESOR CENTAC 1	COMPRESOR CENTAC N1	AREA COMPRESORES	FERNANDO BTE	25/02/2013
24	1200629729	PREALARMA TEMPERATURA AGUA TORRE 1	COMPRESOR CENTAC N1	AREA COMPRESORES	OSCAR PEMBER	9/07/2013
25	1200649057	ALTA TEMPERATURA ETAPA 2Y 3 COMPRESOR 4	COMPRESOR CENTAC N3	AREA COMPRESORES	OSCAR P	14/08/2013
26	1200665613	PARO COMPRESOR 5	COMPRESOR CENTAC N5	AREA COMPRESORES	JAVIER ROJO	12/09/2013
27	1200665617	FALLA DE MODULACIÓN COMPRESOR 1	COMPRESOR CENTAC N1	AREA COMPRESORES	JAVIER ROJO	12/09/2013
28	1200665626	FALLO COMPRESOR CENTAC 4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	JAVIER ROJO	12/09/2013
29	1200685067	ALTA TEMPERATURA ETAPA 2 COMPRESOR 4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	JAVIER ROJO	16/10/2013
30	1200732930	FALLA ARRANCADOR COMPRESOR CENTAC 5	COMPRESOR CENTAC N5	AREA COMPRESORES	FABIAN J	13/01/2014
31	1200763031	ALTA TEMPERATURA EN ETAPA 3 DE COMP N°4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	HUGO MONTOYA	3/03/2014
32	1200834639	COMPRESOR N°4 NO ARRANCA	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	ALEJANDRO G	3/07/2014
33	1200878379	ALTA TEMPERATURA AGUA TORRE 2	TORRE ENFRIAMIENTO IR1EU3	AREA COMPRESORES	HUGO MONTOYA	17/09/2014
34	1200921905	ALTA TEMPERATURA ETAPA 2 COMPRESOR N°1	COMPRESOR CENTAC N1	AREA COMPRESORES	HUGO MONTOYA	27/11/2014
35	1200950864	ALTA TEMPERATURA EN ETAPAS DE COMPRES N3	COMPRESOR CENTAC N3	AREA COMPRESORES	HUGO MONTOYA	27/01/2015
36	1200950874	ALTA VIBRACIÓN EN ETAPAS DE COMPRESOR N4	COMPRESOR CENTAC N4	AREA COMPRESORES	HUGO MONTOYA	27/01/2015
37	1201001764	ALTA TEMPERATURA ETAPA 2 DE COMPRESOR N3	COMPRESOR CENTAC N3	AREA COMPRESORES	FERNANDO B.	21/04/2015
38		NO HUBO AVERIAS		AREA COMPRESORES		8/07/1905

Fig. 37. Lista de averías año 2013/2016. Fuente: Autor

En la figura anterior tenemos las averías en el suministro de aire comprimido de los años 2013 al 2016 que ocasionaron paros de producción parciales en la planta Noel, debido a la caída de presión por debajo de los 80 psi. En el año 2013 se reportaron por parte del sistema de pérdidas de producción Noel, un total de 546 minutos de paro, para el año 2014 un total de 445 minutos de paro, para el año 2015 un total de 352 minutos y para el año 2016 no se reportaron paros ocasionados por averías (ver tabla 3).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Tabla 3. Tiempos de paros por falta de aire comprimido año (Fuente: Autor).

AÑO	MINUTOS DE PARO
2011	742
2012	687
2013	546
2014	445
2015	352
2016	0



Fig. 38. Tendencia de tiempos de paros de los años 2011 al 2016. Fuente: Autor

En la gráfica anterior podemos observar la tendencia hacia el 0, lo que significa que el objetivo de evitar los paros de producción con alertas tempranas está logrando su cometido. Cabe anotar que estos tiempos de paro no incluyen los tiempos de paros ocasionados por fallas externas o ajenas al suministro de aire comprimido, como son cortes de energía por Empresas Públicas de Medellín o por cortes de energía internos, estos tiempos no son objeto de nuestro análisis.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- El aire comprimido a presiones entre 90 y 100 psig puede producir explosiones de tuberías y elementos donde está contenido, la energía eléctrica puede ocasionar choque eléctrico o quemaduras y las altas temperaturas producidas por los compresores pueden generar quemaduras al contacto. Todo lo anterior representan peligros físicos y están catalogados como de alto riesgo por el comité de salud ocupacional de la compañía de galletas Noel S.A.S en la matriz de riesgos, por tanto, se deben tener en cuenta todas las medidas de seguridad dadas por la compañía tanto para proteger los equipos como a las personas al momento de hacer las intervenciones necesarias para la instalación de los equipos.
- Las pruebas de funcionamiento se hicieron paulatinamente a medida que se instalaban equipos, debido a que el montaje no se podía hacer todo al momento.
- Debido al alto costo que generan los arranques de compresores cuyos motores son de 250 y 300 Hp, es de suma importancia estar seguros al momento de hacer pruebas, cuál o cuáles compresores se pueden poner a trabajar.
- Estos equipos no se deben instalar a la intemperie, se debe contar con áreas limpias, demarcar el perímetro con pintura amarilla para prevenir a un usuario que circule cerca de uno de estos equipos.
- La cantidad de paros de producción ocasionados por las fallas de las torres de enfriamiento disminuyeron en un 90%.
- La torre 1 de enfriamiento tiene alrededor de 20 años de uso, por lo tanto, se hizo más complejo intervenirla, los componentes como: Tubo de alimentación de agua, el tanque de agua del sistema abierto y la válvula mecánica de llenado estaban muy desgastados por la corrosión.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

6. INCONVENIENTES DURANTE EL PROCESO

- Los trabajos de instalación de sensores de temperatura, suiches de flujo y sensor de presión, solo fue posible hacerlo los fines de semana, esto retrasó todo el trabajo ya que se tardó 6 fines de semana en instalar todos los equipos, debido a que en semana la producción no permitía que intervinieran equipos.
- El enlace de la comunicación vía Ethernet con la red de la compañía, debido a los permisos que debe conceder el área de informática para el tráfico de datos por la red interna, para poder llevar los datos hasta el punto requerido.
- Un error en la instalación de los electrodos de nivel en los tanques de las torres de enfriamiento, lo que significó el reproceso en el montaje. Al principio se instalaron al interior del tanque, pero el oleaje era muy alto y esto hacía difícil la estabilización de señales, luego se hicieron unos ductos rompeolas y se instalaron por fuera del tanque para evitar el alto oleaje y así se logró la estabilización de las señales.
- Al momento de hacer la programación con el software de siemens, no tenía por parte del fabricante un enlace directo entre el TIA Portal y el WINCC FLEXIBLE, por lo que hubo que hacer un enlace virtual de variables para que se pudieran comunicar estos 2 softwares.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

REFERENCIAS

Arcor. (2017). *procesosProd_panDulces01.jpg* Retrieved from <http://www.arcor.com.ar>

Betancur, M. (1995). *Introducción a la Mecatrónica*. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Bogotá, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.

Flower Leiva, L. (1989). *Controles y Automatismos Eléctricos*. Bogotá, Colombia: Panamericana.

Flower Leiva, L. (2004). *Manual de Instalaciones Eléctricas Domiciliarias*. Bogotá, Colombia: Panamericana.

Ingersollrand. (1995). *Instrucción Manual Ace*. USA: Ingersollrand Air Compresors.

Ribas, J. (2010). *Lógica cableada y lógica programada* Retrieved from <http://dissenyproducte.blogspot.com.co>

Tucciclíma. (2017). *Enfriamiento-agua-industrial.jpg* Retrieved from <http://www.tucciclíma.com>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

ANEXO 1.

Tabla 4. Listado de equipos utilizados en el proyecto (Fuente: Autor).

EQUIPO	MARCA	REFERENCIA	CANTIDAD
PLC	Siemens	CPU1214CAC/DC/RLY	1
Módulo de 16in/16 out	Siemens	SM1223 DI16/DO16/RLY	1
Módulo de 16 in	Siemens	SM1221 DI16/24VDC	1
Módulo de 4 in/análogos	Siemens	SM1231 AI4	1
Sensor de temperatura	Dwyer	PT-100/4-20 ma	4
Sensor de presión	Dwyer	628CR	1
Wincc- flexible archivos	Siemens	6AV6618-7ED01-3AB0	1
Licencia Run time	Siemens		1
Suiche Ethernet industrial	Siemens	Scalance CSM377	1
Fuente de 24 vdc	Siemens	PM 1207	1
Suiche de flujo	Dwyer	Modelo V8	4

ANEXO 2.

Tabla 5. Listado de señales, direcciones y conexión en borneras (Fuente: Autor).

Descripción	Dirección	Dirección DB	Tipo	Contacto	Borne Tablero	Borne Equipo
SUICHE MANUAL DE LA TORRE	I0.0	DB20.DBX0.0	Word	NC	X1-1	
BOMBA DE LA TORRE 1 ON	I0.1	DB20.DBX0.1		NO	X1-2	
SPRY DE LA TORRE 1 ON	I0.2	DB20.DBX0.2		NO	X1-3	
VENTILADOR DE LA TORRE 1 ON	I0.3	DB20.DBX0.3		NO	X1-4	
SUICHE DE FLUJO AGUA CENTAC 1	I0.4	DB20.DBX0.4		NO	X1-5	
CONTROL DE NIVEL	I0.5	DB20.DBX0.5		NO	X1-6	
TERMICO BOMBA TORRE 1	I0.6	DB20.DBX0.6		NC	X1-7	
TERMICO SPRY TORRE 1	I0.7	DB20.DBX0.7		NC	X1-8	
TERMICO VENTILADOR TORRE 1	I1.0	DB20.DBX1.0		NC	X1-9	
COMPRESOR 1 ENCENDIDO	I1.1	DB20.DBX1.1		NO	X1-10	43-44 CR1
FALLA COMPRESOR 1	I1.2	DB20.DBX1.2		NO	X1-11	X-15 +24V
RESET ALARMA GRAVE	I1.3	DB20.DBX1.3		NC	X1-12	X-16
SUICHE MANUAL DE LA TORRE 3	I1.4	DB20.DBX1.4		NC	X1-13	
BOMBA DE LA TORRE 2 ON	I1.5	DB20.DBX1.5		NO	X1-14	
SPRY DE LA TORRE 3 ON	I2.0	DB20.DBX2.0		Word	NO	X1-15
VENTILADOR DE LA TORRE 3 ON	I2.1	DB20.DBX2.1	NC		X1-16	
SUICHE DE FLUJO AGUA CENTAC 3	I2.2	DB20.DBX2.2	NO		X1-17	
CONTROL DE NIVEL TORRE 3	I2.3	DB20.DBX2.3	NO		X1-18	
TERMICO BOMBA TORRE 3	I2.4	DB20.DBX2.4	NC		X1-19	
TERMICO SPRY TORRE 3	I2.5	DB20.DBX2.5	NC		X1-20	
TERMICO VENTILADOR TORRE 3	I2.6	DB20.DBX2.6	NC		X1-21	
COMPRESOR 3 ENCENDIDO	I2.7	DB20.DBX2.7	NO		X1-22	
FALLA DEL COMPRESOR 3	I3.0	DB20.DBX3.0	NO		X1-23	
MANUAL AUTOM INYECTOR 1	I3.1	DB20.DBX3.1	NO		X1-24	
SUICHE MANUAL TORRE 2	I3.2	DB20.DBX3.2	NC		X1-25	X1-14
BOMBA TORRE 2 ON	I3.3	DB20.DBX3.3	NC		X1-26	X1-15
SPRY TORRE 2 ON	I3.4	DB20.DBX3.4	NC		X1-27	X1-16
VENTILADOR 1 DE LA TORRE 2 ON	I3.5	DB20.DBX3.5	NC		X1-28	X1-17
VENTILADOR 2 DE LA TORRE 2 ON	I3.6	DB20.DBX3.6	NC		X1-29	X1-18
SUICHE DE FLUJO AGUA CENTAC 4	I3.7	DB20.DBX3.7	NO	X1-30		
CONTROL DE NIVEL TORRE 2	I4.0	DB20.DBX4.0	Word	NO	X1-31	
TERMICO BOMBA TORRE 2	I4.1	DB20.DBX4.1		NC	X1-32	X1-19

TERMICO SPRY TORRE 2	I4.2	DB20.DBX4.2		NC	X1-33	X1-20
TERMICO VENTILADOR 1 TORRE 2	I4.3	DB20.DBX4.3		NC	X1-34	X1-21
TERMICO VENTILADOR 2 TORRE 2	I4.4	DB20.DBX4.4		NC	X1-35	X1-22
COMPRESOR 4 ENCENDIDO	I4.5	DB20.DBX4.5		NO	X1-36	
FALLA COMPRESOR 4	I4.6	DB20.DBX4.6		NO	X1-37	
SUICHE DE FLUJO AGUA CENTAC 5	I4.7	DB20.DBX4.7		NO	X1-38	
COMPRESOR 5 ENCENDIDO	I5.0	DB20.DBX5.0		NO	X1-39	
FALLA DEL COMPRESOR 5	I5.1	DB20.DBX5.1		NO	X1-40	
INYECTOR 1 ON	I5.2	DB20.DBX5.2		NO	X1-41	
INYECTOR 2 ON	I5.3	DB20.DBX5.3		NO	X1-42	
OL INYECTOR 1	I5.4	DB20.DBX5.4		NC	X1-43	
OL INYECTOR 2	I5.5	DB20.DBX5.5		NC	X1-44	
LIBRE	I5.6	DB20.DBX5.6			X1-45	
LIBRE	I5.7	DB20.DBX5.7			X1-46	
ENCENDIDO TORRE 1	Q0.0	DB20.DBX6.0		Relé	R-1	
PILOTO DE PLC OK	Q0.1	DB20.DBX6.1		Relé	R-2	
ENCENDIDO INYECTOR 1	Q0.2	DB20.DBX6.2		Relé	R-3	
ENCENDIDO INYECTOR 2	Q0.3	DB20.DBX6.3		Relé	R-4	
ALARMA SONORA	Q0.4	DB20.DBX6.4	Word	Relé	R-5	
ALARMA ROJA	Q0.5	DB20.DBX6.5		Relé	R-6	
PREALARMA AMARILLA	Q0.6	DB20.DBX6.6		Relé	R-7	
OK VERDE	Q0.7	DB20.DBX6.7		Relé	R-8	
LIBRE	Q1.0	DB20.DBX7.0		Relé	R-9	
LIBRE	Q1.1	DB20.DBX7.1		Relé	R-10	
ENCENDIDO TORRE 3	Q2.0	DB20.DBX8.0			F-4	
FALLA TORRE 3	Q2.1	DB20.DBX8.1			F-5	
ENCENDIDO TORRE 2	Q2.2	DB20.DBX8.2			F-6	
FALLA TORRE 2	Q2.3	DB20.DBX8.3			F-7	
FALLA TORRE 1	Q2.4	DB20.DBX8.4			F-8	
VALVULA DE AGUA TORRE 1	Q2.5	DB20.DBX8.5			F-9	
VALVULA DE AGUA TORRE 4	Q2.6	DB20.DBX8.6			F-10	
VALVULA DE AGUA TORRE 3	Q2.7	DB20.DBX8.7			F-11	
	Q3.0	DB20.DBX9.0	Word		F-12	
	Q3.1	DB20.DBX9.1			F-13	
	Q3.2	DB20.DBX9.2				
	Q3.3	DB20.DBX9.3				
	Q3.4	DB20.DBX9.4				
	Q3.5	DB20.DBX9.5				
	Q3.6	DB20.DBX9.6				
	Q3.7	DB20.DBX9.7				
PRESION DEL SISITEMA	AI 1	DB20.DBD18	Word	0-10 VDC		
LIBRE	AI 2		Word	0-10 VDC		
TEMPERATURA AGUA CENTAC 1	AI 3	DB20.DBD22	Word	4-20 ma		

TEMPERATURA AGUA CENTAC 3	AI 4	DB20.DBD26	Word	4-20 ma		
TEMPERATURA AGUA CENTAC 4	AI 5	DB20.DBD30	Word	4-20 ma		
TEMPERATURA AGUA CENTAC 5	AI 6	DB20.DBD34	Word	4-20 ma		
		NEGATIVO 24 VDC				
NEGATIVO CONTROL TORRE 2					X1-47	
NEGATIVO CONTROL TORRE 3					X1-48	
NEGATIVO SUICHE ETHERNET					X1-49	
					X1-50	
					X1-51	
					X1-52	
					X1-53	
					X1-54	
					X1-55	
					X1-56	
		POSITIVO 24 VDC				
POSITIVO NIVEL DE TORRES					X1-57	
POSITIVO COMPRESOR 1					X1-58	
POSITIVO COMPRESOR 3					X1-59	
POSITIVO COMPRESOR 4					X1-60	
POSITIVO COMPRESOR 5					X1-61	
POSITIVO CONTROL TORRE 2 Y 3					X1-62	
SUICHES DE FLUJO TORRE 1 Y 3					X1-63	
SUICHES DE FLUJO TORRE 4 Y 5					X1-64	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADOS	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

Se entrega Texto final con correcciones para someterlo a 2ª Revisión

Mayo 3/17
FECHA ENTREGA: 4:00 P.M

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____
FECHA ENTREGA: _____

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ____ ACEPTADO ____ ACEPTADO CON MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____