



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

“PRÁCTICA PROFESIONAL EN EES”

ENERGY AND ENGINEERING SOLUTIONS S DE RL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21451021 JOSÉ DANILO RODRIGUEZ CRUZ

ASESOR:

ING. ALBERTO CARRASCO

CAMPUS SAN PEDRO SULA;

JUNIO, 2019

AUTORIZACIÓN

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer uso de este espacio para agradecer a Dios por cada una de sus bendiciones, y por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia, especialmente a mis padres, por haber sido ejemplo de trabajo y honradez por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo incondicional durante todo este tiempo.

A todas las personas que me han apoyado de manera desinteresada y que han hecho que este trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas en la empresa que desempeñe mi práctica profesional.

Y por último pero no menos importante, agradecerle a Vivian, ella pues, siendo la mayor motivación en mi vida, fue el aliento perfecto para poder alcanzar esta muy merecida victoria en la vida, el poder haber culminado esta tesis con éxito. Te agradezco por tantas ayudas y tantos aportes para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

RESUMEN EJECUTIVO

El control de la temperatura es esencial en las industrias de alimentos, ya que los procesos alimentarios, ya que incluyen prácticas de almacenamiento, congelación, entre otras, las cuales requieren ajustes en la temperatura de los productos como una manera de mantener su calidad y evitar la descomposición de los orgánicos.

Por esta razón ProgCarne envió el requerimiento de este proyecto a la empresa EES (Energy and Engineering Solutions). Para todo este proceso se necesita inevitablemente una mejora como esta, para evitar en lo menos posible fallos ocasionados por una elevada temperatura en el cuarto frío.

El tiempo de respuesta a estas situaciones es de suma importancia, para garantizar las menores pérdidas posibles para la empresa. La monitorización debe ser constante y a tiempo real, incluso si es fuera de horas laborales.

El proyecto consistirá en desarrollar un sistema automatizado para el control y monitorización de un cuarto frío, mediante una interfaz donde se visualice la temperatura a tiempo real y donde se configure un rango de temperatura para la activación de una alarma que comunicará la alerta a operadores vía llamada telefónica, y que lleve un registro en base de datos de la temperatura en todo momento.

Así mismo otro de los objetivos del sistema es llevar un histórico de las temperaturas durante el día y generar reportes del mismo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA	2
	2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
	2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD.....	3
	2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO	3
	2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
	2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
III.	MARCO TEÓRICO	4
	3.1 CUARTOS FRÍOS	4
	3.1.1 La refrigeración de un cuarto frío.....	5
	3.1.2 Errores.....	6
	3.2 SENSORES DE TEMPERATURA.....	7
	3.2.1 Tipos de sensores de temperatura.....	7
	3.2.2 PT100.....	10
	3.3 IGNITION	10
	3.3.1 ARQUITECTURA	11
	3.3.2 COMPONENTES PRINCIPALES.....	13
	3.3.2.1 Gateway Control Utility (GCU).....	13
	3.3.2.2 Diseñador.....	13
	3.3.2.3 Cliente	14
	3.3.3 Módulos.....	15
	3.4 SCADAS	16
	3.4.1 COMPONENTES GENERALES DE UN SCADA	17
	3.4.2 Sistemas de Comunicación.....	19
	3.4.3 BENEFICIOS DEL SISTEMA SCADA	21
	3.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	21
	3.5.1 Funciones básicas de un PLC	22
	3.5.2 Partes de un PLC.....	23
	3.5.3 Simatic S7-1200	26
IV.	DESARROLLO	31

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO	31
4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	40
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES	42
6.1 PARA LA UNIVERSIDAD	42
6.2 PARA LA EMPRESA.....	42
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. CUARTO FRÍO	6
ILUSTRACIÓN 2. SENSOR DE TEMPERATURA TERMOPAR	8
ILUSTRACIÓN 3. EJEMPLOS DE RTD`S	8
ILUSTRACIÓN 4. TERMISTORES	9
ILUSTRACIÓN 5.PT100 DE TRES HILOS.	10
ILUSTRACIÓN 6. CAPAS DE IGNITION	12
ILUSTRACIÓN 7. ARQUITECTURA EN IGNITION	13
ILUSTRACIÓN 8. DISEÑADOR DE IGNITION	14
ILUSTRACIÓN 9. PANTALLA DE CLIENTES EN IGNITION EN MODO FULL SCREEN	15
ILUSTRACIÓN 10. MÓDULOS EN IGNITION	15
ILUSTRACIÓN 11.SCADA EN IGNITION	17
ILUSTRACIÓN 12.FUNCIONAMIENTO UN SCADA	19
ILUSTRACIÓN 13.TOPOLOGÍAS BÁSICAS DEL SCADA	20
ILUSTRACIÓN 14.CICLO DE TRABAJO DE UN PLC	25
ILUSTRACIÓN 15.ONDAS DE SEÑALES DE ENTRADAS	26
ILUSTRACIÓN 16.PLC SIMATIC S7-1200	27
ILUSTRACIÓN 17. TERMOCUPLA TIPO J DE DOS HILOS	31
ILUSTRACIÓN 18. DISEÑO DE PANTALLAS EN IGNITION	32
ILUSTRACIÓN 19.PANTALLA DE CUARTO FRIO 1	33
ILUSTRACIÓN 20. BLOQUE MODBUS SERVER	33
ILUSTRACIÓN 22. CONFIGURACIÓN PARA EL BLOQUE MODBUS	34
ILUSTRACIÓN 21. NORMALIZACIÓN Y ESCALADO	34
ILUSTRACIÓN 23. CONEXIÓN VALIDA CON BASE DE DATOS MYSQL	35
ILUSTRACIÓN 24.INSTALACIÓN DE TERMOCUPLA Y SU RESPECTIVO CONVERTIDOR	35
ILUSTRACIÓN 25. GABINETE O PANEL DE CONTROL	36
ILUSTRACIÓN 26. INSTALACIÓN DE CAJA CANTEX-TERMOCUPLA	37
ILUSTRACIÓN 27. INSTALACIÓN DE GABINETE DE CONTROL	38
ILUSTRACIÓN 28.VISTA AMPLIADA DE LA INSTALACIÓN DEL GABINETE DE CONTROL	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TIPOS DE BLOQUES DE PROGRAMACIÓN.....	28
TABLA 2. CONTACTOS Y BOBINAS	29
TABLA 3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	40

GLOSARIO

- **Monitorización:** Ser consciente del estado de un sistema, para observar una situación de cambios que se pueda producir con el tiempo, para lo que se precisa un monitor o dispositivo de medición de algún tipo.
- **Cuarto Frío:** Es el lugar determinado para la manipulación de productos frescos y productos no elaborados.
- **Plataforma:** Es un sistema que sirve como base para hacer funcionar determinados módulos de hardware o de software con los que es compatible.
- **Feedback:** Capacidad de un emisor para recoger reacciones de los receptores y modificar su mensaje, de acuerdo con lo recogido.
- **Modular:** Que está formado por módulos.
- **Escalabilidad:** Es un término usado en tecnología para referirse a la propiedad de aumentar la capacidad de trabajo o de tamaño de un sistema sin comprometer el funcionamiento y calidad normales del mismo.
- **Diseño:** Actividad creativa que tiene por fin proyectar objetos que sean útiles y estéticos.
- **Variación:** Cambio o alteración que hace que algo o alguien sea diferente, en algún aspecto, de lo que antes era.
- **Climatizar:** Dar las condiciones convenientes de temperatura, presión y humedad a un espacio cerrado.
- **Ratio:** Relación cuantificada entre dos magnitudes que refleja su proporción.
- **Automatización:** Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

I. INTRODUCCIÓN

La Industria de procesamiento de la carne es un tipo de industria alimenticia encargada de producir, procesar y distribuir la carne de animales a los centros de consumo, que suelen ser grandes mercados, almacenes o tiendas de ciudades. La producción queda bajo la responsabilidad de la ganadería siendo el sacrificio de las reses el primer pasó de la cadena de producción de la industria de la carne.

Es uno de los sectores que más ventas genera, esto significa que se consume masivamente en el mundo. En la manipulación de los alimentos una de las claves fundamentales además de la higiene, es el control de las temperaturas durante sus procesos industriales.

"Los alimentos deben ser conservados fríos con un control de temperatura óptimo, así como para establecer las mejores temperaturas de cocción y así poder ser controladas, este control es fundamental para poder reducir o evitar el riesgo de proliferación de bacterias nocivas para la salud."(Estampaciones JOM, 2018, para. 3)

El proyecto por realizar con la colaboración de la empresa es el control y monitorización de un cuarto frio en Procesadora Guangolola de Carnes S.A. Asi se logrará monitorizar a toda hora del día la temperatura actual del cuarto frio, y por las noches si la temperatura se eleva por encima de un rango de temperatura, se activará una alarma que comunicará vía llamada telefónica a los jefes de mantenimiento de la empresa para tomar sus respectivas acciones.

Este proyecto nace de la necesidad que tiene la empresa por monitorizar la temperatura del cuarto frio, principalmente en la noche donde la mayor parte del personal se encuentra ausente en la planta, para evitar la pérdida de producto.

Con la ayuda de los conocimientos adquiridos en los campos de diseño eléctrico y electrónico y mecánico, procesos industriales y automatización, se realizará un estudio general del lugar a implementarse el proyecto, para asi asegurar el perfecto desarrollo del mismo y la satisfacción de nuestro cliente.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El desarrollo del proyecto se llevo a cabo en Energy and Engineering Solutions S de RL, esta empresa provee el servicio de diseño y ejecución de soluciones con automatización, tecnología inteligente y equipo industrial. EES desarrolla proyectos en su mayoría sobre adquisición de datos en tiempo real, sistemas de visión, SCADAS, sistemas de medición de energía y paneles de control.

Es una empresa que no les brinda limitaciones a sus clientes en cuanto a marcas, si se tienen requerimientos la empresa trata de brindarlos pues esta es una de sus bases de éxito. No trabajan con una marca específica de PLCs, pantallas, variadores, contactores, breakers, sensores etc.

El presente proyecto fue el requerimiento de la empresa llamada Procesadora Guangolola de Carnes (ProgCarne) la cual es una empresa de la agroindustria dedicada a la elaboración y comercialización de productos cárnicos de alta calidad, específicamente cortes de carne de cerdo.

Procesadora Guangolola de Carnes está certificada bajo normas y regulaciones de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, por medio de la División de Inocuidad de Alimentos (DIA) y ah sido reconocida con premios como el de la Revista Estrategia y Negocios (E&N), como una de las Lovemarks 2019, insignia que se le da a las empresas que lideran no solo el mercado, sino el corazón de los centroamericanos.

La principal expansión del producto se da en las zonas de Olancho, El Paraíso y Choluteca donde se atienden a los principales supermercados. Los planes de la empresa son seguir proveyendo a sus distribuidores y clientes de los mejores cortes de carne, chorizos y embutidos más nuevas propuestas de productos prácticos y versátiles para el consumidor moderno que se esperan lanzar en este año.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

La estructura laboral de Energy and Engineering Solutions S. de R.L. se divide en dos partes, área comercial y el área de ingeniería técnica, a lo largo de toda mi práctica profesional fui designado al área técnica. La cual propiamente está conformada por 3 personas aparte de mi persona, el ingeniero que desempeña el puesto de Gerente General, el ingeniero que desempeña el puesto de Jefe de Proyectos y un Técnico Especialista. Incluyendo a mi persona, somos los encargados en gestionar, controlar y desarrollar los proyectos de la empresa, así como de brindar el apoyo necesario al área comercial en información técnica de cualquier índole.

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del departamento de ingeniería de técnica está designada a llevar a cabo todos los proyectos de control y automatización incluyendo la realización de levantamientos de los mismos. Los ingenieros de esta área se encargan de la parte de programación en un tiempo estipulado para la entrega de diseño y montaje de los mismos, incluyendo elaboración de los diferentes paneles que solicitan las empresas y cliente de EES, el departamento siempre está a la vanguardia de la tecnología y se les capacita especializándose en los diversos sistemas de producción industrial.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el mejor sensor de temperatura para esta aplicación.
- Diseñar y elaborar las pantallas para la visualización de temperatura.
- Desarrollar el sistema de alarma vía llamada telefónica.
- Desarrollar el panel de control de todo el sistema.

III. MARCO TEÓRICO

Nuestra salud depende en gran medida de los alimentos que consumimos. Comer alimentos contaminados puede causar enfermedades que nos obligarían a tomar algún medicamento. ProgCarne necesita asegurar que todo el ciclo de vida de almacenamiento y distribución de sus productos cárnicos se mantenga a la temperatura correcta.

Se nos fue comunicado que se producen muchas alzas de temperatura en sus cuarto frio , por distintas razones, donde el área de mantenimiento de la empresa debe actuar lo antes posible, específicamente en la noche donde nadie esta monitoreando el termómetro han existido muchos incidentes que han dado por resultado la perdida de hasta 450 cerdos y sus respectivos productos. Además el día siguiente de estos incidentes nocturnos deben solucionar el problema y han existido jornadas, donde estas soluciones consumen medio día de trabajo.

3.1 CUARTOS FRÍOS

Un cuarto frío o cámara frigorífica es un almacén en el que genera artificialmente una temperatura específica. Generalmente está diseñado para el almacenamiento de productos en un ambiente por debajo de la temperatura exterior. Los productos más comunes que necesitan refrigeración incluyen frutas, verduras, mariscos, carne, flores.

Los primeros cuartos fríos fueron llamadas neveros. Éste era un pozo excavado en la tierra con muros de contención, de pequeñas o grandes dimensiones, con aberturas donde se introducía nieve y se extraía hielo. La finalidad era conservar el hielo aunque la nieve se derritiera.

Los cuartos fríos forman parte de uno de los principales eslabones de la cadena alimentaria. Cualquier producto perecedero entra a formar parte de este paso antes de ser comercializado ya que se trata de alimentos que necesitan, de forma ininterrumpida, la acción del frío, desde la poscosecha o el sacrificio, hasta el consumo o su uso en la industria. De ahí la importancia de contar con unas instalaciones adecuadas de almacenamiento, tanto en las zonas de producción

como en las industrias procesadoras de alimentos, entre las cuales se encuentran los mataderos avícolas, porcinos y bovinos.

Sin importar qué productos contengan, estos cuartos son muy útiles para:

- Recepción de mercancía: Las normas sanitarias exigen que negocios como almacenes y restaurantes cuenten con una temperatura adecuada para recibir sus materias primas, que posteriormente serán colocadas en distintos puntos. Un buen sistema de refrigeración es crucial para estos casos.
- Almacenaje y manipulación de productos: Esto permite un incremento en la producción y comercialización, alargando la vida útil y facilitando la transformación de productos.
- Exhibición de productos: En estos casos, es muy común el uso de puertas Walk in o Reach in, que permiten al consumidor final acceder fácilmente a los productos, y al mismo tiempo tener un punto de venta mucho más atractivo.

3.1.1 LA REFRIGERACIÓN DE UN CUARTO FRIO

La refrigeración ralentiza los procesos químicos y biológicos en alimentos y controla el deterioro y la pérdida de calidad. A través del almacenamiento, la vida de alimentos perecederos frescos como carnes, pescado, frutas y vegetales puede ser extendido varios días por enfriamiento, y varias semanas o meses por congelación. (Solis, 2018)

Alguien que conoce de cuartos fríos debe saber que:

- Las frutas y los vegetales continúan respirando y generan calor durante el almacenamiento
- La mayoría debe congelarse en un rango de temperaturas, en lugar de una sola temperatura.
- La calidad de alimentos congelados se ve muy afectado por la tasa de congelación.

- La velocidad de refrigerado el aire afecta la tasa de pérdida de humedad en los productos.



Ilustración 1. Cuarto Frío

Fuente: Industrias Everest

3.1.2 ERRORES

Aunque se trata de una herramienta tan estratégica para los objetivos comerciales, es común que son las malas prácticas en el diseño y construcción de cuartos fríos. Entre otros errores importantes, nos hemos encontrado con:

- El uso de material no aislante para las paredes y techos de los cuartos. Materiales como tabiques, o paneles sin poliuretano.
- Cuartos sin las dimensiones adecuadas, que entorpecen la maniobra y almacenaje de productos.
- Cuartos con un sistema de refrigeración erróneo para el producto que se quiere conservar.

- Cuartos sin un adecuado sistema de acceso, en cuyo caso la fluctuación de la temperatura es muy poco controlable.

3.2 SENSORES DE TEMPERATURA

Un sensor de temperatura es un sistema que detecta variaciones en la temperatura y las transforma en una señal eléctrica que llega hasta un sistema electrónico. Esta señal conlleva determinados cambios en ese sistema electrónico para la regulación de la temperatura.(SRC, 2018)

También se le conoce como sonda de temperatura, este sensor se compone principalmente de tres partes. Primeramente, cuenta con un elemento sensor, además, se compone de una vaina de material conductor en su interior y un cable que conecta al sistema electrónico en cuestión.

3.2.1 TIPOS DE SENSORES DE TEMPERATURA

Dependiendo de su funcionamiento y de la manera en la que transforman la señal, existen distintos tipos de sensores de temperatura. Estos sensores se dividen en tres categorías: termopares, termistores y RTD.

- Los termopares consisten esencialmente en dos tiras o alambres hechos de metales diferentes y unidos en un extremo. Los cambios en la temperatura en esa junta inducen un cambio en la fuerza electromotriz (FEM) entre los otros extremos. A medida que la temperatura sube, esta FEM de salida del termopar aumenta, aunque no necesariamente en forma lineal.



Ilustración 2. Sensor de temperatura termopar

Fuente: Global Sources

- Los dispositivos termométricos de resistencia (RTD) aprovechan el hecho de que la resistencia eléctrica de un material cambia al cambiar su temperatura. Este sensor está compuesto de elementos metálicos totalmente conductores.



Ilustración 3. Ejemplos de RTD's

Fuente:(SRC, 2018)

- Los termistores también aprovechan la resistencia eléctrica para determinar la temperatura, estos se basan en el cambio de resistencia en un semiconductor de cerámica; la resistencia cae en forma no lineal con el aumento en la temperatura.



Ilustración 4. Termistores

Fuente: Alibaba

3.2.2 PT100

Dentro de todas las variantes y tipos de sensores de temperatura, ¿cuál de ellos podría considerarse el mejor? Todo dependerá de las necesidades de medición y el ambiente a controlar, hay un nombre que salta siempre como primera opción: pt100.

El pt100 es un sensor de temperatura de tipo RTD, con un amplio rango de temperaturas, situadas entre los -200°C y los 850°C . Su nombre hace referencia a los 100 ohm que muestra a los 0°C . Su resistencia aumenta a medida que aumenta la temperatura y su precisión dependerá del modelo que se monte (Din-B, Din-A , 1/3Din o 1/10Din).



Ilustración 5.PT100 de tres hilos.

Fuente: pisxsys.net

3.3 IGNITION

Ignition es una plataforma de desarrollo usada para la creación de interfaces hombre máquina (HMI), sistema de ejecución de manufactura (MES), control supervisorio y adquisición de datos

(SCADA). Permite la creación de configuraciones basada en el sistema y las necesidades del usuario mediante la tecnología web, base de datos y OPC-UA.

Ignition es un servidor de aplicaciones industriales modulares, cuenta con un entorno web para sus configuraciones, permite la instalación, gestión, diseño y lanzamiento de clientes, por medio de un navegador web.

Ignition fue fabricada por Inductive Automation, con sede en Folsom, California. Inductive Automation fue fundada en 2003 por Steve Hechtman, un integrador de sistemas con más de 25 años de experiencia que se sintió frustrado por soluciones de software limitadas y onerosas que le impidieron satisfacer plenamente las necesidades de sus clientes.(Desmart, 2018)

Ignition nació de su visión de capacitar a nuestros clientes para convertir rápidamente grandes ideas en realidad mediante la eliminación de todos los obstáculos tecnológicos y económicos.

El software Ignition es la primera plataforma de aplicaciones industriales verdaderamente universal para conectar todos sus datos y diseñar e implementar aplicaciones industriales en toda la empresa, sin límites. (Desmart, 2018)

Los módulos SCADA de Ignition proporcionan características tales como: control de estado en tiempo real, alarma, informes, adquisición de datos, scripting, programación, MES y soporte móvil.("Ignition SCADA," 2018, para. 1)

3.3.1 ARQUITECTURA

La arquitectura de Ignition es multicapa y consta de las siguientes capas:

- Sistema Operativo, proporciona recursos básicos computacionales como el sistema de archivos y el acceso a la red.
- Máquina Virtual Java, permite que Ignition se ejecute en cualquier sistema operativo.

- Plataforma Web, permite acceder, desplegar y gestionar todos los módulos de Ignition en la web.
- Módulo HMI/SCADA, proporciona los módulos que permiten el acceso en tiempo real, datos a recopilar, tendencias y control.
- Sistema de Ejecución de Manufactura (MES), integra seguimiento, rastreo y otros módulos.

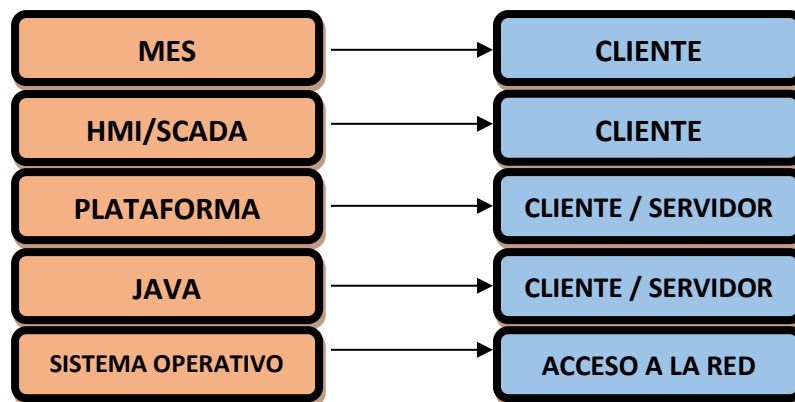


Ilustración 6. Capas de Ignition

Fuente:(Zambrano, 2017, p. 13)

La arquitectura estándar basada en un servidor central es la más utilizada, ya que proporciona un sistema escalable y gestionable de forma centralizada, con conexiones ilimitadas a PLC, bases de datos y clientes.



Ilustración 7. Arquitectura en IGNITION

Fuente:(Zambrano, 2017, p. 13)

3.3.2 COMPONENTES PRINCIPALES

Ignition tiene tres partes principales que son:

- Gateway Control Utility (GCU)
- Diseñador
- Cliente

3.3.2.1 Gateway Control Utility (GCU)

Aplicación local que proporciona información sobre el Gateway, permite detener y reiniciar el servidor, y establecer los puertos utilizados entre el Gateway y el cliente.

3.3.2.2 Diseñador

Aplicación web que permite configurar y construir proyectos. El diseñador es lanzado desde el Gateway.

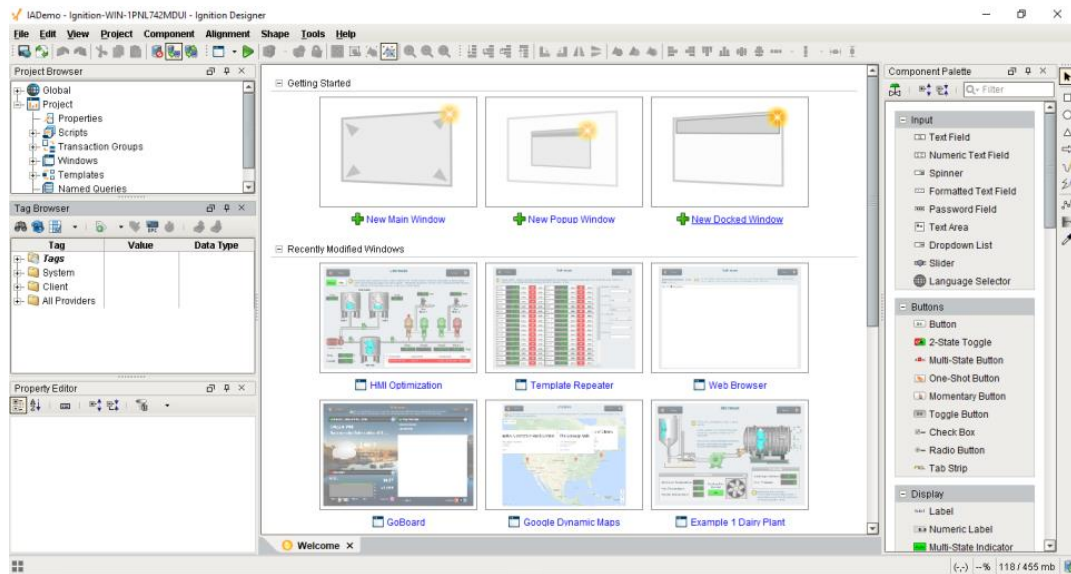


Ilustración 8. Diseñador de Ignition

Fuente: Propia

3.3.2.3 CLIENTE

Es ejecutado desde el Gateway y es la visualización del proyecto sin necesidad de instalar Ignition.

Existen 3 modos para ejecutar los clientes:

- Standard: el cliente se ejecuta como una aplicación completa e independiente. Después de ser lanzado se puede ejecutar desde el escritorio sin necesidad de un navegador.
- Full Screen: es similar al modo standard pero es usado para paneles y pantallas táctiles.

· Applet: es utilizado para integrar proyectos de visión en sitios web existentes, su aplicación es para dispositivos pequeños como teléfonos celulares.

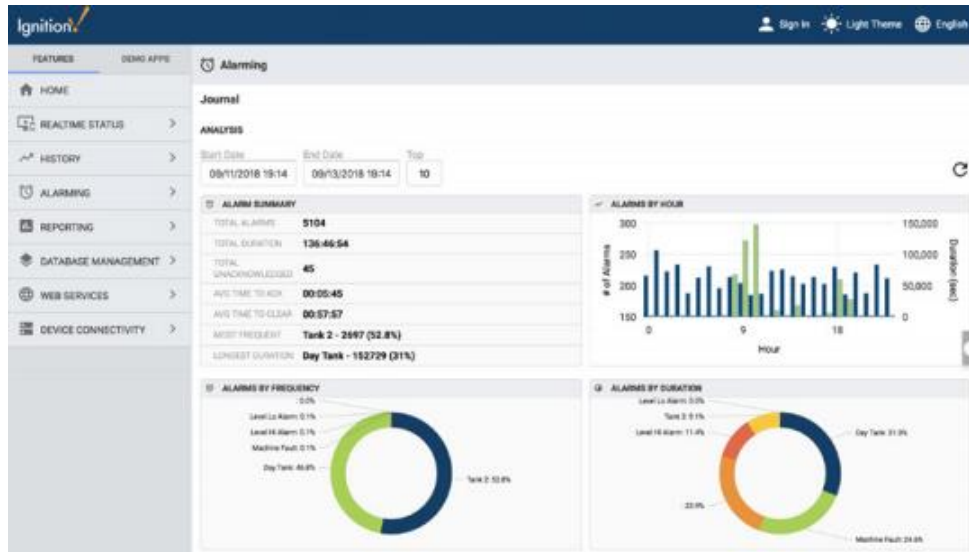


Ilustración 9. Pantalla de clientes en Ignition en modo full screen

Fuente:(Inductive Automation, n.d.)

3.3.3 MÓDULOS

Los módulos son aplicaciones que forman la plataforma de Ignition, son similares a las aplicaciones para teléfonos inteligentes. Se pueden elegir en función de los requerimientos del sistema.

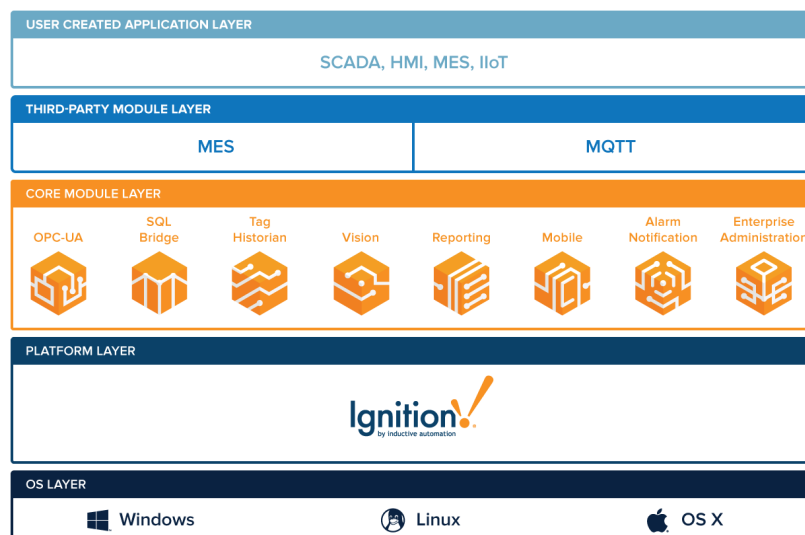


Ilustración 10. Módulos en Ignition

Fuente:(Inductive Automation, n.d.)

3.4 SCADAS

Los Sistemas Scada (Control Supervisorio y Adquisición de Datos) son tecnologías que permiten la entrada a datos remotos o de difícil acceso de un proceso, mediante la utilización de herramientas de comunicación se logra el control de los mismos. Un principal componente es el software de monitorización o supervisión, cuya misión es habilitar la ejecución de tareas de control supervisorio, además de proporcionar la interface entre el nivel de control (PLC) y el nivel de gestión a nivel superior.

Los sistemas SCADA van desde simples a grandes y complejos. La mayoría utiliza software HMI (interfaz hombre-máquina) que permite a los usuarios interactuar y controlar las máquinas y dispositivos conectados al SCADA, como válvulas, bombas, motores y mucho más.

El software SCADA recibe su información de RTU (unidades terminales remotas) o PLC (controladores lógicos programables) que reciben a su vez información de sensores o valores ingresados manualmente. A partir de aquí, los datos se pueden usar para monitorear, recopilar y analizarlos, lo que puede reducir tiempo y mejorar la eficiencia.

Los modernos sistemas SCADA permiten el acceso a datos de planta en tiempo real desde cualquier lugar del mundo. Este acceso en tiempo real a la información hace posible que los usuarios finales tomen decisiones basadas en datos sobre cómo mejorar sus procesos.(Desmart, 2018)

Entre las principales funciones y utilidades del Scada están:

- Monitorización, encargada de la representación de datos en tiempo real.
- Supervisión, ejecución de programas que puedan supervisar, modificar el control establecido y tareas automáticas, pudiendo eventualmente tomar a cargo temporalmente la función del operador humano, evitando una continúa supervisión humana.
- Visualización de alarmas y eventos, detección de situaciones que provoquen fallas en la planta para efectuar acciones correctivas inmediatas.

- Mando, posibilidad de que los operadores puedan cambiar datos claves del proceso desde el ordenador y escribir los mismos en los elementos de control.
- Grabación de acciones o recetas, con una sola pulsación se puede programar las diferentes líneas de producción dentro de las zonas y poner en marcha un conjunto de elementos.
- Seguridad de los datos, es necesario restringir a un nivel de usuario el envío y la recepción de datos.
- Seguridad en los accesos, restricción de zonas limitadas a usuarios autorizados.
- Programación numérica, permite realizar cálculos aritméticos sobre la CPU del ordenador.

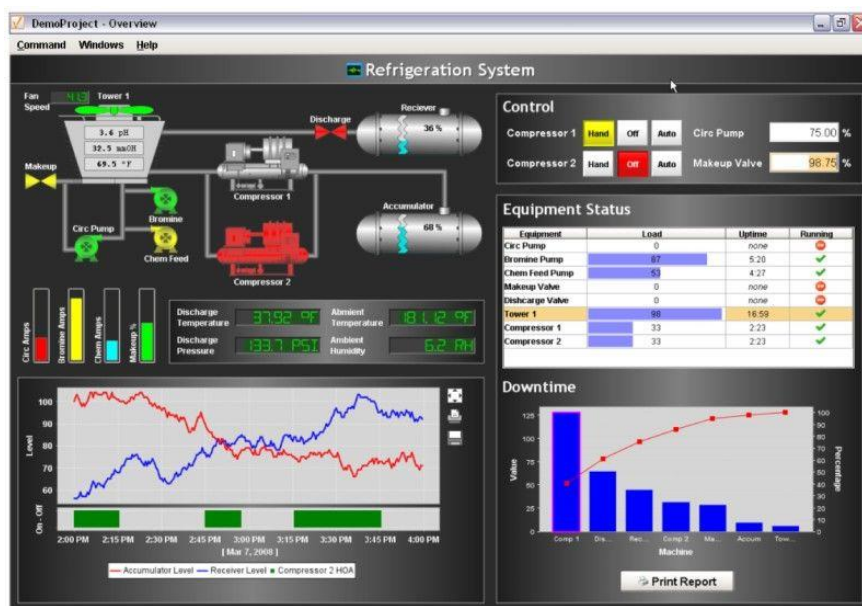


Ilustración 11. SCADA en Ignition

Fuente:(Autex, n.d.)

3.4.1 COMPONENTES GENERALES DE UN SCADA

Los elementos básicos que constituyen un sistema SCADA son:

- Interfaz Hombre-Maquina

Su función es la representación en forma simple del sistema a controlar, ofrece funciones para monitoreo y control de las operaciones de un proceso remotamente. Mediante esta herramienta computacional el operador entra en contacto con la aplicación.

- Unidad Maestra (MTU)

Se ubica en un centro de control, es un componente de hardware y software, orientado a la ejecución de tareas específicas del sistema SCADA. Algunas tareas específicas, están basadas en estándares y protocolos abiertos que permitan intercambiar información en tiempo real entre el centro de control y las estaciones remotas. Una MTU es la encargada de:

- Gestionar las comunicaciones entre aplicaciones y componentes del sistema SCADA.
- Recopilar los datos de todas las estaciones remotas (RTU).
- Mando remoto.
- Envío de información.
- Comunicación con los operadores.
- Análisis de datos.
- Visualización de datos.
- Impresión.
- Seguridad.

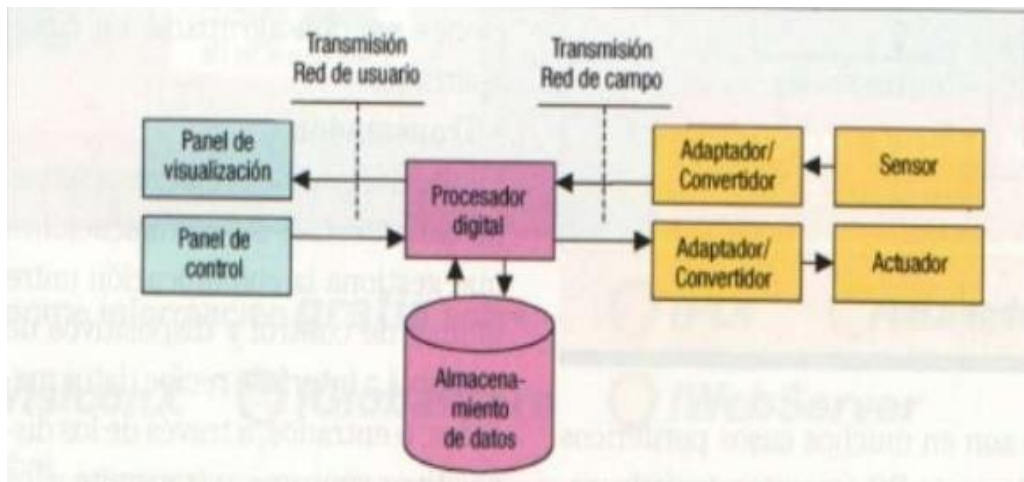
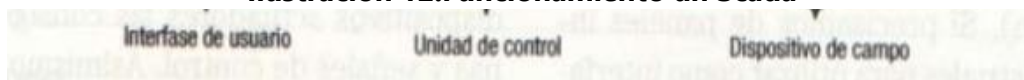


Ilustración 12. Funcionamiento un Scada



Fuente:

(Mendoza, n.d.)

3.4.2 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Las acciones de comunicación en el SCADA son realizadas por equipos informáticos con funciones específicas como:

- Estaciones de Trabajo, equipos computacionales de alto rendimiento especializados en gráfico, diseño o ingeniería, que facilita el acceso a servidores y periféricos de la red.
- Servidores de Datos, permiten la organización de datos mediante tablas relacionadas.
- Almacenar Datos, que es el archivo de datos.
- Almacenar Archivos, almacena los resultados de los análisis de los datos recogidos.
- Administración, permite la gestión y el almacenamiento de datos del sistema SCADA.
- Comunicaciones, permite el intercambio de datos en tiempo real con estaciones remotas.

El SCADA permite el intercambio de información entre la estación maestra y las unidades terminales remotas. No existe un estándar para la estructura de los mensajes, por esto los equipos

utilizados para los sistemas SCADA hacen usos de diferentes protocolos de comunicación. Su función principal es proporcionar al operador la posibilidad de comunicarse con cualquier punto de la planta en tiempo real.

Las diferentes combinaciones de los elementos que se comunican generan las siguientes topologías determinadas:

- Punto a Punto: relación maestro-esclavo, mediante una línea de comunicación un solo elemento remoto se conecta al sistema de control.
- Multipunto dedicado: mediante uniones directas y permanentes un solo sistema de control se conecta a algunas estaciones remotas. La encargada de gestionar todo el tráfico generado de los elementos es la unidad central.
- Multipunto Compartido Estrella: maestro- esclavo, la interacción de datos se realiza por turnos, ya que se utiliza un solo punto de comunicaciones, esto es posible gracias a que las estaciones remotas tiene identificadores únicos.
- Multipunto Compartido en Bus: tipo cliente-servidor, el acceso es establecido por ordene, la estación remota se conectan una o varias unidades.
- Multipunto Compartido en Anillo: proporciona dos caminos para la información, lo que la hace más robusta ya que en caso de fallo de un nodo el tráfico no se interrumpe.

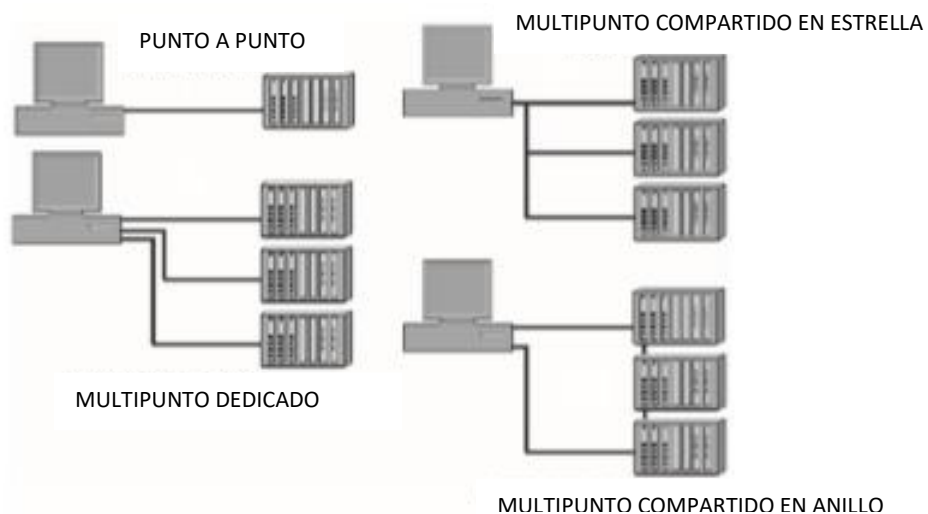


Ilustración 13. Topologías Básicas del SCADA

Fuente:(Mendoza, n.d.)

3.4.3 BENEFICIOS DEL SISTEMA SCADA

Al implementar un sistema SCADA se obtiene los siguientes beneficios:

- Controlar de manera remota los diferentes elementos de la planta como: encendido y apagado de motores o bombas, apertura o cierre de válvulas, entre otros.
- Integración de todos los componentes e información de la planta.
- Alertar sobre fallos o eventos inusuales en el sistema.
- Mostrar información real y confiable de estados de dispositivos, mediciones, etc.
- Mostrar tendencias de datos de la planta para que puedan ser procesados.
- Permite la integración entre los niveles de campo y gestión.
- Permitir una gestión segura y eficiente de los datos, mediante protocolos de seguridad, limitando el acceso a personas no autorizadas.

3.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC – Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. (M. Moreno, 2013)

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica.

Un Controlador Lógico Programable, en sí es un sistema de control que se basa en una computadora. Los PLC son dispositivos electrónicos o computadoras digitales de tipo industrial

que permiten la automatización, especialmente de procesos de la industria, debido a que controlan tiempos de ejecución y regulan secuencias de acciones.

De acuerdo con NEMA un PLC se define como "Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos "(DIEC, n.d.)

El campo de aplicación de los PLC es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias (ej. Automoción, aeroespacial, construcción, etc.), así como de maquinaria. El PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y salida, amplios rangos de temperaturas, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.

(Contreas, 2009) afirma: "El uso de los PLC en los últimos años ha tenido un gran impacto en la industria. Gracias a los PLC se sustituyeron grandes gabinetes de relevadores por un solo dispositivo mejorando la organización de estos, costos y eficiencia".

3.5.1 FUNCIONES BÁSICAS DE UN PLC

Dentro de las funciones que cumple un PLC podemos mencionar:

- La detección: Lectura de la señal de los captadores o sensores distribuidos por el sistema de fabricación.
- El mando: Elabora y envía las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- El dialogo hombre maquina: Mantener un dialogo con los operarios de producción obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.
- La programación: para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómatas el dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómatas controlando la máquina.

- Redes de comunicación: Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómatas a tiempo real.
- Sistemas de supervisión: también los autómatas permiten comunicarse con computadoras provistas de programas de supervisión industrial.
- Control de procesos continuos: Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómatas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada, salidas analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómata.
- Entradas-Salidas distribuidas: Los módulos de entrada-salida pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómata mediante un cable de red.
- Buses de campo: Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus de captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional.

3.5.2 PARTES DE UN PLC

Como los ordenadores, el PLC, va a contar de dos partes fundamentales. El hardware que es la parte física o tangible del ordenador y del autómata. Y el software es el programa o programas que hacen que el ordenador o el autómata hagan un trabajo determinado, es la parte no tangible.

Según Chapman "La velocidad, la confiabilidad y el relativamente bajo costo de las computadoras actuales vuelven muy atractivo el uso de poderosos paquetes de cómputo que utilizan fórmulas de series de tiempo. Algunos paquetes modernos incluyen varias fórmulas de series de tiempo, integradas con una variedad de factores de suavización." (Stephen N., 2006, p. 39)

Dentro de la CPU se dispone de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí introduciremos el programa que va a ejecutar cíclicamente.

- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema).
- Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos.

El CPU o Unidad de Control de Proceso es el corazón del autómata programable. Es la encargada de usuario mediante el programa del sistema. Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo. A esta función se le suele denominar watchdog.
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de estas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Verificación del sistema.

(Villajulca, 2012) afirma: "Los módulos de entrada o salida son las tarjetas electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador programable y los dispositivos de campo del sistema."

El autómata poseerá un ciclo de trabajo, el cual se ejecutará de forma continua como lo muestra la ilustración 13.

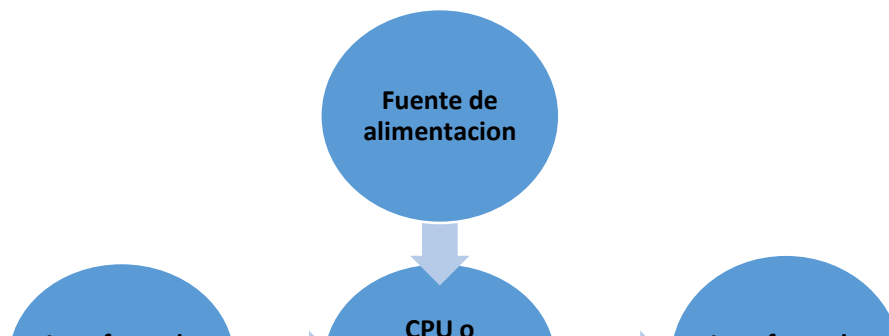


Ilustración 14.Ciclo de trabajo de un PLC

Fuente:(Gonzales, 2009)

Generalmente vamos a disponer de dos tipos de Entradas y Salidas:

- Digital
- Analógica

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan en nivel de bit dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante, se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU.

Según (Romeral & Ballcells, 2001) , "Los sistemas de control actuales con un cierto grado de complejidad, y en particular los autómatas programables, son casi siempre híbridos, es decir, sistemas que procesan a la vez señales analógicas y digitales."

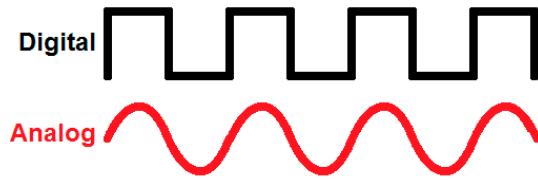


Ilustración 15. Ondas de señales de entradas

Fuente:(Gonzales, 2009)

3.5.3 SIMATIC S7-1200

Es un controlador modular y compacto de SIEMENS, cuenta con, un diseño escalable y flexible para adaptarse exactamente a sus requerimientos de aplicación, admite comunicación industrial para satisfacer sus requerimientos de red y tecnología integrada con diagnóstico para resolver sus tareas de automatización más complejas.

El Simatic S7-1200 cuenta con varios componentes de comunicación como ser:

- Profinet: por medio de un Ethernet Switch CSM 1277 le brinda comunicación con dispositivos de programación, pantallas HMI y otros controladores Simatic.
- Punto a punto

Este controlador cuenta con una memoria de trabajo integrada con una capacidad de 75kbyte y con una memoria de carga de 4 Mbyte.

De acuerdo con (Carillo, 2011) "En el sistema de control a lazo cerrado, el controlador se alimenta de la señal de error de desempeño, la cual representa la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado siempre indica una acción de control realimentado para reducir el error del sistema."



Ilustración 16. PLC Simatic S7-1200

Fuente: (IndiaMART)

3.5.4 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

En una CPU se ejecutan principalmente dos programas diferentes:

- Sistema operativo
- Programa de usuario

El Sistema operativo, que está integrado en las CPUs, organiza todas las funciones y procesos de la CPU que no están ligados a una tarea de control específica. Sus funciones son:

- Gestionar el re arranque completo y el re arranque normal.
- Actualizar la imagen de proceso de las entradas y emitir la imagen de proceso de las salidas.
- Detectar las alarmas y llamar los OBs de tratamiento de alarmas
- Administrar las áreas de memoria

El programa de usuario primero se ha de crear y luego se ha de cargar en la CPU. Contiene todas las funciones requeridas para procesar la tarea específica de automatización. Las tareas del programa de usuario son:

- Definir las condiciones del re arranque completo y del re arranque normal de la CPU.
- Tratar datos del proceso

- Reaccionar a alarmas.
- Tratamiento de perturbaciones en el desarrollo normal del programa.

El software de programación TIA PORTAL permite estructurar el programa de usuario, es decir, subdividirlo en distintas partes. En un programa de usuario TIA PORTAL se pueden utilizar diversos tipos de bloques.

Tabla 1. Tipos de Bloques de Programación

Bloque	Descripción breve de la función	Consulte también
Bloques de organización (OB)	Los OBs definen la estructura del programa de usuario.	"Bloques de organización y estructura del programa"
Bloques de función del sistema (SFBs) y funciones de sistema (SFCs)	Los SFBs y SFCs están integrados en la CPU S7, permitiéndole acceder a importantes funciones del sistema.	"Bloques de función de sistema (SFB) y funciones de sistema (SFC)"
Bloques de función (FB)	Los FBs son bloques con "memoria" que puede programar el mismo usuario.	"Bloques de función (FB)"
Funciones (FC)	Las FCs contienen rutinas de programa para funciones frecuentes.	"Funciones (FC)"
Bloques de datos de instancia (DBs de instancia)	Al llamarse a un FB/SFB, los DBs de instancia se asocian al bloque. Los DBs de instancia se generan automáticamente al efectuarse la compilación.	"Bloques de datos de instancia"
Bloques de datos (DB)	Los DBs son áreas de datos para almacenar los datos de usuario.	"Bloques de datos globales (DB)"




Fuente:(UNED, 2017)

El lenguaje Ladder, diagrama de contactos, o diagrama en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que

todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

(Sanz García, 20015) afirma: "Se trata de un lenguaje formado por un conjunto de bloques lógicos que se interconectan en cascada de forma similar a como se hace en electrónica digital".

Tabla 2.Contactos y bobinas

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa; esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y, usada junto con la bobina RESET, dan una enorme potencia en la programación.

Fuente: (UNED, 2017)

Se entiende entonces por programación estructurada aquella que divide la tarea a programar en subprogramas o modulo, que corresponden a tratamientos parciales, y que son llamados durante el escrutinio desde un programa raíz. (Romeral & Ballcells, 2001)

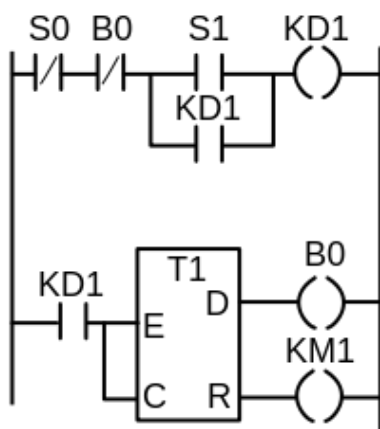


Ilustración 17. Ejemplo sencillo lenguaje de programación escalera

Fuente: (Ing. Jorge Javier Ferrero, 2002)

Según afirma Castro que: "El timer nos permite generar eventos periódicos con intervalos que podemos controlar, es control básico para rutinas de muestreo de datos, es un control que no se puede ver en tiempo de ejecución." (Castro Bazua, n.d., p. 38)

IV. DESARROLLO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

El primer paso, al conocerse que el proyecto estaba aprobado, fue la recopilación de datos e investigación sobre el mejor sensor que podíamos utilizar para la necesidad de este proyecto. Se eligió una termocupla tipo J de dos hilos ya que estas junto con los Pt100 son los sensores de temperatura de uso industrial más comunes, económicos y fáciles de reemplazar que existen.



Ilustración 17. Termocupla tipo J de dos hilos

Fuente: Servotronic

Luego se procedió a realizar las pantallas para visualización de temperaturas y la toma de históricos. Ya que para iniciar con la programación del PLC se procedió a comprar en el exterior del país una tarjeta frontal análoga para el PLC Siemens Simatic 1200.

La pantalla 1 es específicamente para monitoreo de las temperaturas podemos ver la temperatura del cuarto frio 1 en tiempo real medida por las termocupla. Mientras que las temperaturas de los otros cuartos son simuladas.

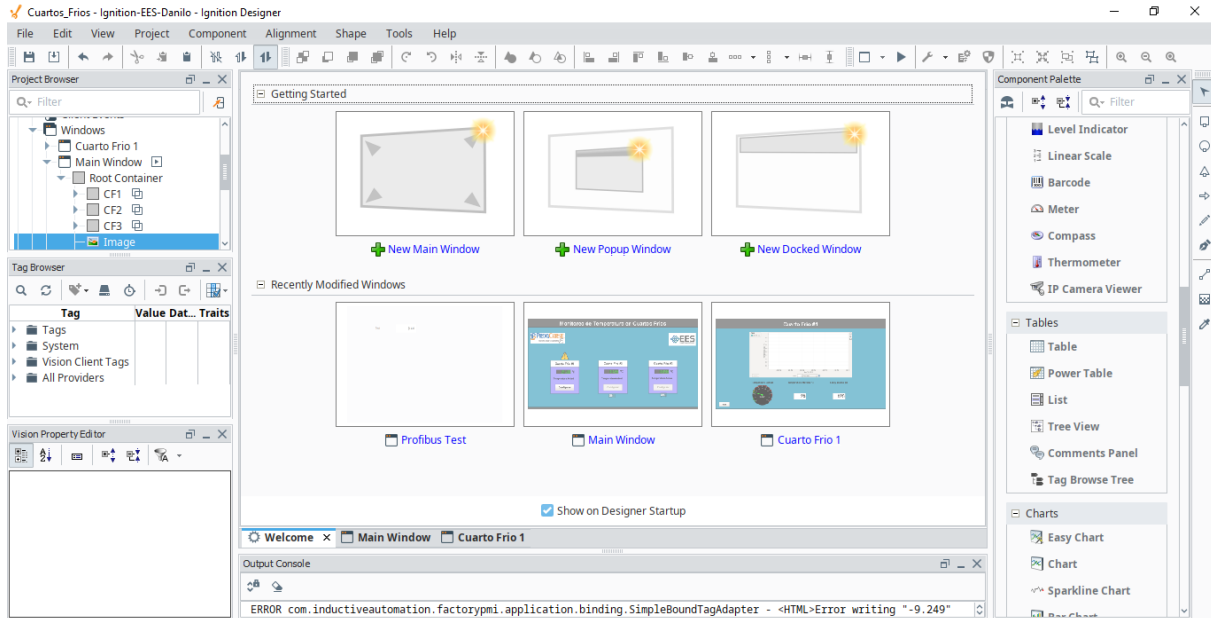


Ilustración 18. Diseño de Pantallas en Ignition

Fuente: Propia

La pantalla de cuarto frio #1 le permitirá al supervisor de mantenimiento setear una temperatura máxima que desea que tolere el sistema y también configurar un delay para que cuando ese tiempo se cumpla el sistema ejecute la llamada de alarma a los números celulares ingresados en el sistema. Mientras puede observar y exportar el histórico de la temperatura real mostrada en el grafico.

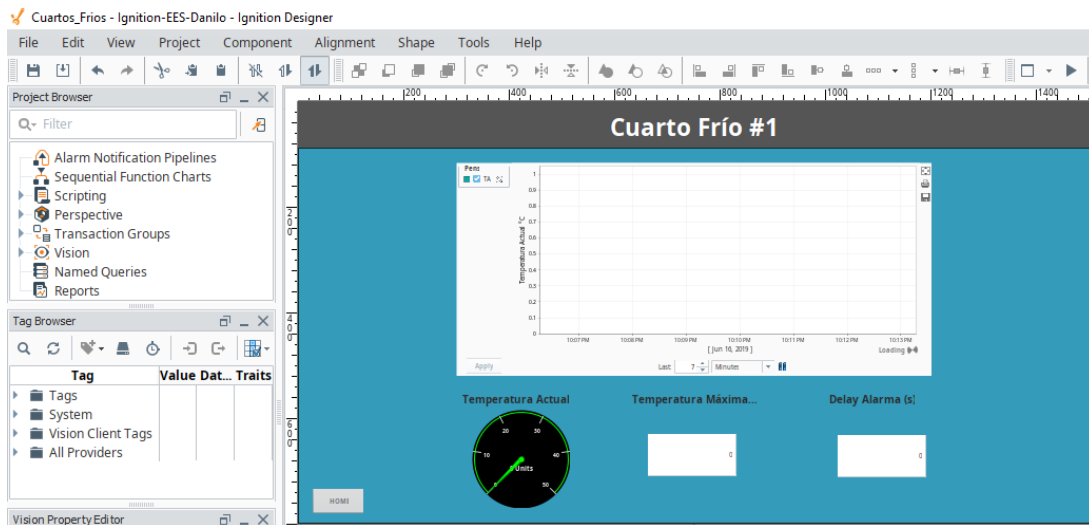


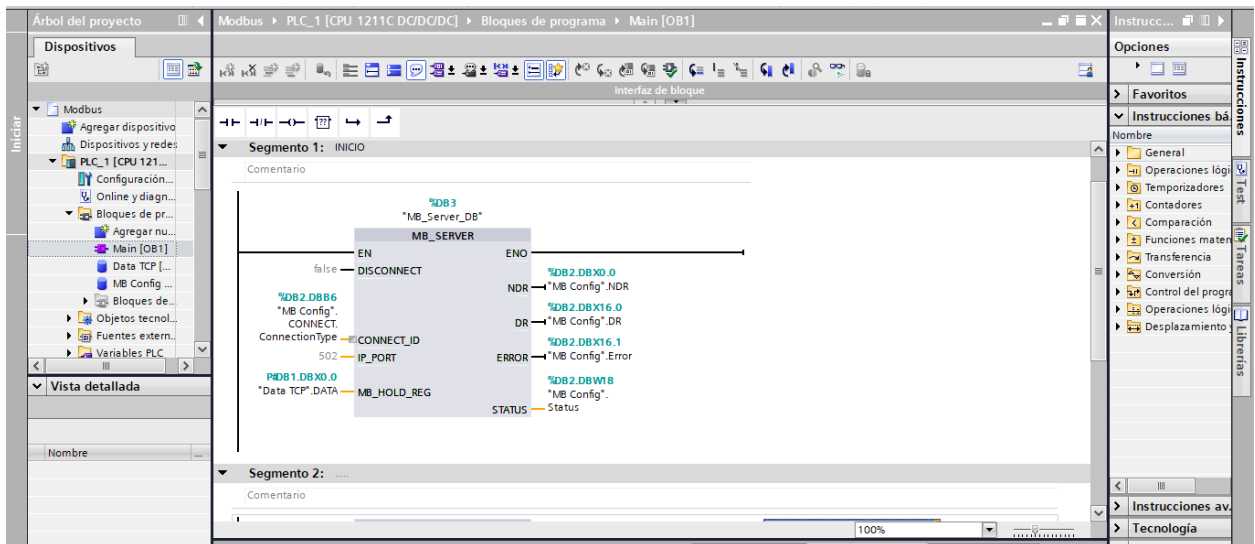
Ilustración 19. Pantalla de Cuarto frio 1

Fuente: Propia

Con respecto a la programación en el PLC, fue corta ya que solo procedíamos a leer el valor en mA de la temperatura de la termocupla, normalizar y escalar ese valor para obtener la temperatura real. Además de colocar un bloque para transmitir por modbus ese dato.

Siemens - C:\Users\Rodríguez\Desktop\EESModbus\ModbusProgcarne\Modbus\Modbus

Ilustración 20. Bloque Modbus server



Fuente: Propia

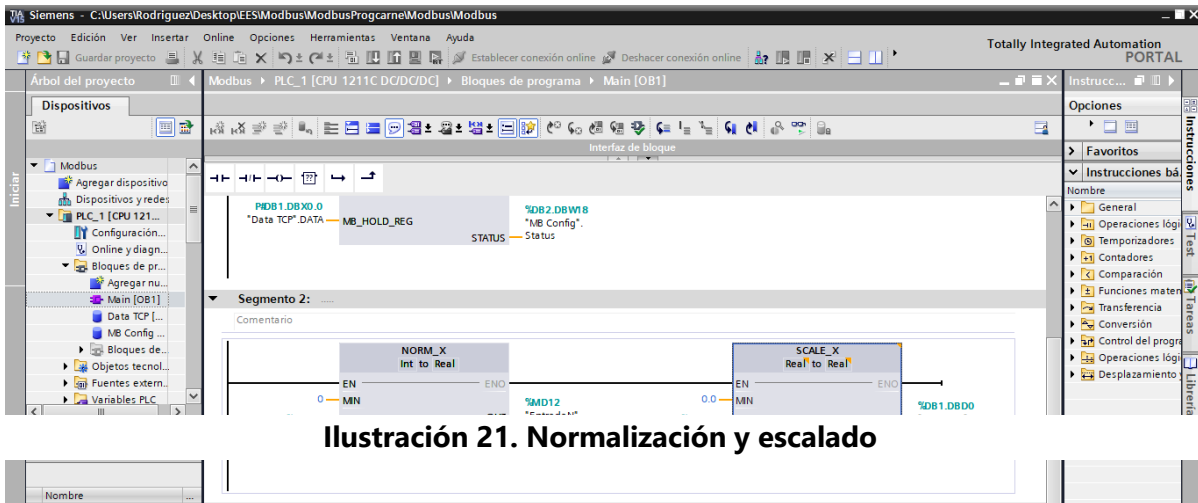


Ilustración 21. Normalización y escalado

Fuente: Propia

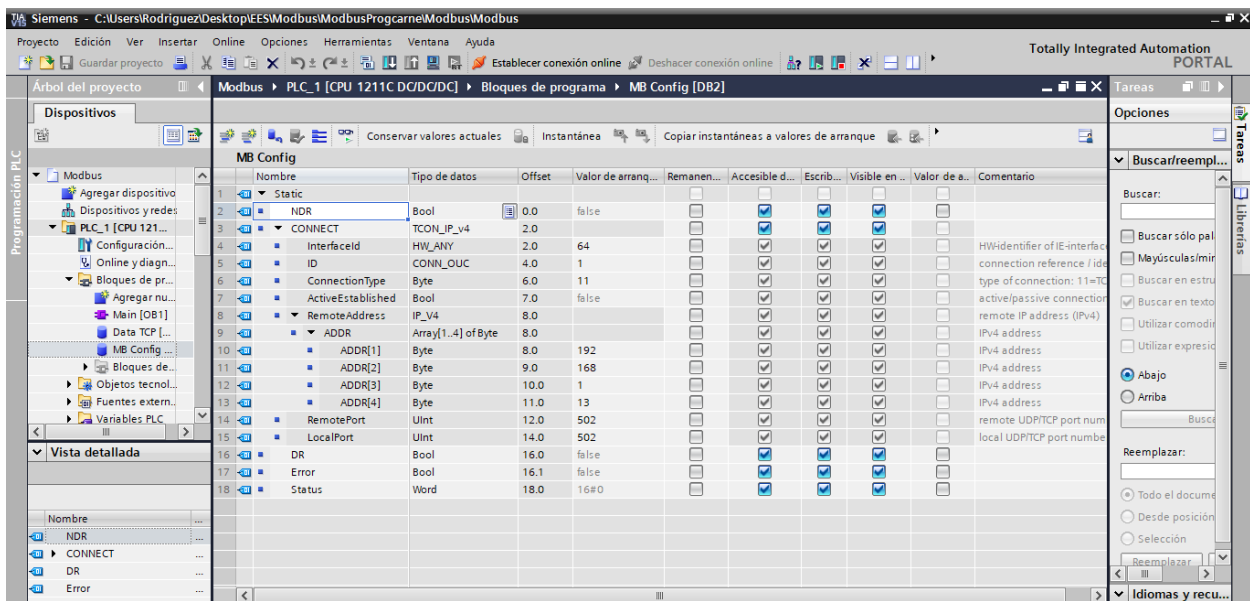


Ilustración 22. Configuración para el bloque modbus

Fuente: Propia

Para finalizar con la parte de software se instaló la base de datos MySQL para almacenar toda la información recopilada por el sistema.

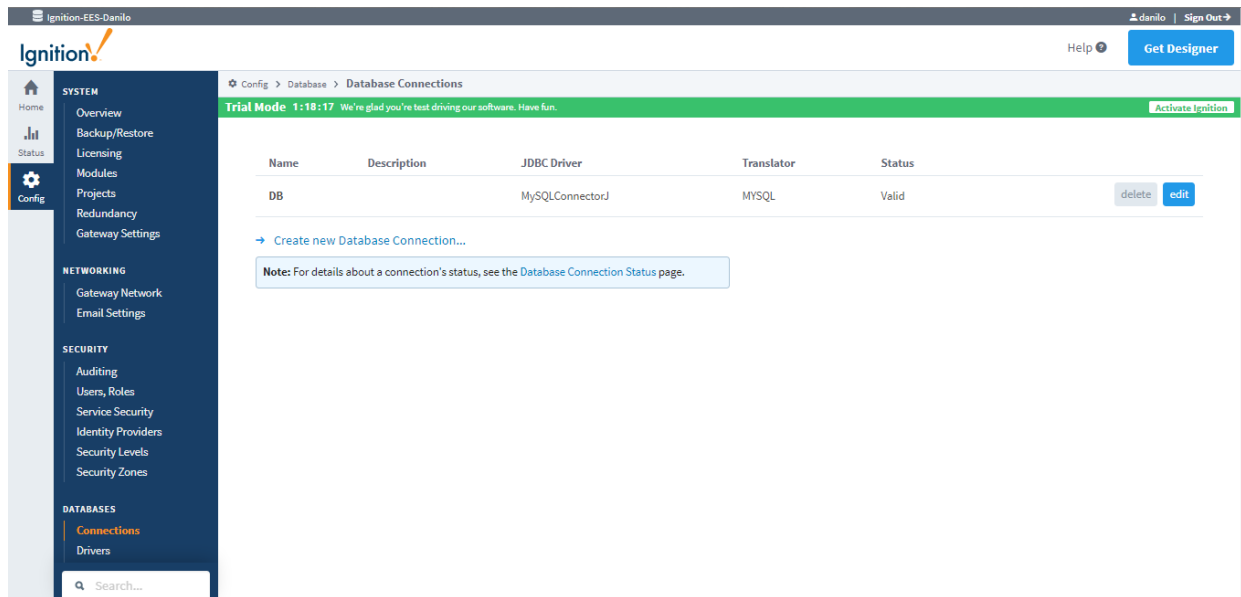


Ilustración 23. Conexión válida con base de datos MySQL

Fuente: Propia

Como actividades finales, se realizó el armado del panel de control del sistema y se procedió a la instalación completa del proyecto y su puesta en marcha.



Fuente: **Ilustración 24. Instalación de Termocupa y su respectivo convertidor**

Propia



Ilustración 25. Gabinete o Panel de Control



Ilustración 26. Instalación de caja Cantex-Termocupla

Fuente: Propia



Ilustración 27. Instalación de gabinete de control

Fuente: Propia



Ilustración 28. Vista ampliada de la instalación del gabinete de control

Fuente: Propia

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 3. Cronograma de Actividades

ACTIVIDAD	SEMANA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Levantamiento del Proyecto										
2. Investigación										
3. Compra de Materiales										
4. Desarrollo de Pantallas										
5. Desarrollo de Software de alarma										
6. Pruebas de pantallas y Software de alarma										
7. Armado de Panel eléctrico de control										
8. Pruebas generales del sistema										
9. Montaje y puesta en marcha										

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el mejor sensor de temperatura para esta aplicación será una termocupla tipo J de dos hilos ya que estas junto con los Pt100 son los sensores de temperatura de uso industrial más comunes, económicos y fáciles de reemplazar que existen.
2. Se diseñaron y elaboraron las pantallas para la visualización de la temperatura real y se colocaron opciones de ingreso para que el supervisor de mantenimiento pueda cambiar ciertas configuraciones si así lo desea.
3. Se desarrolló el sistema de alarma vía llamada telefónica por medio de una programación y comunicación entre Ignition y un perfil SIP de Skype.
4. Se desarrolló el panel o el gabinete de control del sistema y se instaló de forma que no interfiera con la producción de la planta.

VI. RECOMENDACIONES

6.1 PARA LA UNIVERSIDAD

- Añadir al plan de estudio de la carrera Ingeniería en Mecatrónica la clase de seguridad industrial o brindar cursos afines al tema, ya que lo encuentro necesario al momento de desarrollar la práctica profesional.
- Implementar para el plan de estudio de la carrera Ingeniería en Mecatrónica la clase de instalaciones eléctricas en la cual, aparte de lo referente a la clase, se estudie como realizar e interpretar circuitos de mando.

6.2 PARA LA EMPRESA

- Contar en la empresa con más PLC para el óptimo desarrollo de los proyectos y sus respectivas pruebas.
- En vista del crecimiento que está adquiriendo la empresa por el arduo trabajo que desarrolla es necesario contratar más personal técnico.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Autex. (n.d.). Automation. Retrieved from <https://www.autex-open.com/>
- Alí José Carrillo Paz. (2011). *Sistemas Automáticos de Control: Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*. Santa Rita, Edo. Zulia, Venezuela: UNERMB.
- Aquilino Rodríguez Penin. (2011). *Sistemas SCADA (3a)*. Barcelona, España: Marcombo.
- Carillo. (2011). *Acciones de Control*. Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/nunez_e_f/capitulo1.pdf
- Castro Bazua. (n.d.). *C# para automatización electrónica e industrial en español (Vol. 2)*.
- Contreas. (2009). Importancia de los PLC. Retrieved from <http://jesuscon11.blogspot.com/2015/>
- Desmart. (2018). Introducción sobre Ignition. Retrieved from <http://www.desmart.net/detalle/10>
- DIEC. (n.d.). *Controladores Lógicos Programables (PLC)*. Retrieved from http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf
- Estampaciones JOM. (2018). IMPORTANCIA DEL CONTROL DE TEMPERATURA EN PROCESOS INDUSTRIALES.
- Gonzales, O. (2009). *Ciclo de trabajo de un PLC*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/hustlergs/ciclo-de-trabajo-de-un-plc>
- Ignition SCADA. (2018). In *Wikipedia*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Ignition_SCADA
- Inductive Automation. (n.d.). *Ignition Modules*. Retrieved from <https://inductiveautomation.com/ignition/modules>
- Ing. Jorge Javier Ferrero. (2002). CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES. Retrieved from <https://profesormolina1.webcindario.com/tecnologia/plc/plc.htm>
- Jose Carlos Villajulca. (2012). *Estructura de un PLC: MÓDULOS O INTERFACES DE ENTRADA Y SALIDA (E/S)*. Retrieved from <http://instrumentacionycontrol.net/estructura-de-un-plc-modulos-o-interfaces-de-entrada-y-salida-es/>
- Jose Luis Romeral, & Josep Ballcells. (2001). *Automatas programables*.
- Mendoza, G. (n.d.). SCADA. Retrieved from <https://slideplayer.es/slide/4842133/>
- Sanz García. (2015). Lenguajes de programación PLC. Retrieved from <http://industria-4.blogspot.com/2015/06/lenguajes-de-programacion-plc.html>

Solis, L. (2018). ¿Qué es y por qué necesitas un cuarto frío para tus productos? Retrieved from <https://blog.froztec.com/-que-es-y-por-que-necesitas-un-cuarto-frio-para-tus-productos>

SRC. (2018). *Tipos de Sensores de Temperatura*. Retrieved from <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>

Stephen N. (2006). *Planificación y Control de la Producción*.

UNED. (2017). *PLC – SOFTWARE Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN*. Retrieved from http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_2.pdf

Zambrano, M. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE DOSIFICACIÓN PARA LA PLANTA DE BALANCEADO EN EXPALSA GISIS KM 4 ½*. Escuela Politecnica Nacional, Quito.