



unitec®
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PRÁCTICA PROFESIONAL

SISTEMA SCADA NUEVOS HORIZONTES BUSINESS CENTER.

INGENIEROS CONSULTORES Y CONSTRUCTORES ELECTROMECÁNICOS (ICCE)

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21341042 JORGE ARMANDO CHINCHILLA SANTOS

ASESOR: ING. ORLANDO AGUILUZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

MARZO 2019

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	2
2.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
2.2	DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO.....	3
2.3	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	3
2.4	OBJETIVOS.....	3
III.	MARCO TEÓRICO.....	5
3.1	SISTEMA DIGITAL.....	5
3.1.1	SISTEMA BINARIO	5
3.1.2	CONTROL DIGITAL.....	6
3.2	CONTROLADOR PID	6
3.3	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	7
3.3.1	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	8
3.3.1.1	GRAFCET.....	9
3.4	SCADA.....	9
3.4.1	BMS.....	11
3.5	SENSORES.....	12
3.5.1	TIPOS DE SENSORES.....	12
3.5.1.1	SENSORES DE FLUJO	13
3.6	MEDIDORES DE ENERGÍA.....	14
3.7	MECÁNICA DE FLUIDOS	15
3.7.1	PRESIÓN	16
3.8	MOTOR ELÉCTRICO.....	16
3.8.1	MOTOR DE INDUCCIÓN	17
3.8.2	MOTORES TRIFÁSICOS	19
3.8.3	VOLTAJE INDUCIDO	20
IV.	METODOLOGÍA	22
4.1	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	22
4.1.1	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	22
4.1.2	VARIABLES DEPENDIENTES	22
4.2	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	22
4.2.1	TÉCNICAS.....	22
4.2.2	INSTRUMENTOS APLICADOS.....	23
4.3	FUENTES DE INFORMACIÓN	25

4.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	26
V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	27
5.1 LECTURA DE PLANOS	27
5.2 SUPERVISIÓN DE CONTRATISTAS	28
5.3 PROGRAMACIÓN DE I/O A DISPOSITIVOS	29
5.4 PROGRAMACIÓN DE MEDIDORES DE ENERGÍA	30
5.5 INTERFAZ GRÁFICA SCADA.....	31
5.6 PERFILES MODBUS	32
5.7 ASOCIACIÓN DE VARIABLES	33
5.8 PUESTAS EN MARCHA	34
VI. CONCLUSIONES.....	35
VII. RECOMENDACIONES	36
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	37
IX. ANEXOS.....	41

Ilustración 1 Logo ICCE	2
Ilustración 2. Forma de onda señal digital	5
Ilustración 3 Controlador Lógico Programable	8
Ilustración 4 Sistema SCADA	11
Ilustración 5 Sensor de flujo	14
Ilustración 6 Medidor de energía	15
Ilustración 7 Motor de inducción	17
Ilustración 8 Conexión estrella delta	19
Ilustración 9 Multímetro	23
Ilustración 10 Calibrador de procesos	24
Ilustración 11 Manómetro	25
Ilustración 12 Personal contratista	28
Ilustración 13 Sensor de humo	29
Ilustración 14 Medidores de energía	30
Ilustración 15 Proceso de diseño parte gráfica	31
Ilustración 16 Perfiles Modbus	32
Ilustración 17 Asociación de variables	33
Ilustración 18 Damper en ducto de ventilación	41
Ilustración 19 Gabinete de motores	42
Ilustración 20 Ductos HVAC	42
Ilustración 21 Panel de incendio	43
Ilustración 22 Medidores de energía	43

Ecuación 1 Control proporcional	7
Ecuación 2 Control Integral	7
Ecuación 3 Control derivativo	7
Ecuación 4 Ecuación Caudal	13
Ecuación 5 Ecuación general presión	16
Ecuación 6 Velocidad de rotación	20

Tabla 1 Sistema de unidades	21
Tabla 2 Cronograma de actividades	26

I. INTRODUCCIÓN

En el presente informe de práctica profesional se detallan las diversas actividades desarrolladas en la empresa Ingenieros Consultores y Constructores Electromecánicos (ICCE) en la cual se me asignó diversas tareas en diferentes áreas a fin a la ingeniería mecatrónica tanto tareas técnicas como de diseño que combinándolas obtendré conocimientos que serán de mucha utilidad a largo plazo ejerciendo la profesión de ingeniería.

La ingeniería mecatrónica reúne diferentes disciplinas importantes para mejorar los procesos o hacerlos más eficientes, buscando soluciones combinando la ingeniería de control, electrónica y programación. En el presente proyecto se brinda una solución y a la vez una herramienta que será de mucha utilidad al centro de negocios Nuevos Horizontes con la implementación de un sistema SCADA completo para HVAC, control contra incendio y control de monóxido de carbono (CO).

Con el sistema SCADA se busca un control preciso y total de todo el edificio esto para poder detectar fallas a tiempo, monitorización en tiempo real de diferentes variables de los diversos clientes que lo habitan, lo que viene a ser una solución para el uso óptimo del recurso energético, la edificación es totalmente de vidrio por lo cual requerirá consumir bastante energía eléctrica.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA



Ilustración 1 Logo ICCE

Fuente: («ICCE | Servicios Electromecánicos», s. f.)

ICCE es una empresa que ofrece servicios de consultoría y de ingeniería electromecánica integrando diferentes soluciones como ser consultoría, diseño, construcción y gestión de proyectos en distintas áreas como ser sectores energéticos, comerciales, industriales y gubernamentales en toda Centroamérica.

Sus departamentos abarcan y ejecutan proyectos en sistemas eléctricos de alta, media y baja tensión, sistemas mecánicos, plomería, obra civil construcción, telecomunicaciones, automatización y control.

En ICCE se aplican normas internacionales, tecnología de punta y estructuras organizacionales para llevar a cabo con éxito los diferentes proyectos, esta empresa está certificada por ISO 9001 2008 con implementación de norma 21500 en gestión de proyecto y además utilizar metodología PMI.

Misión

Ser la empresa líder en proveer servicios y productos de ingeniería electromecánica, que satisfagan las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

Visión

Suministrar servicios y productos electromecánicos en el mercado nacional y extranjero, de acuerdo a las necesidades del cliente, con recurso humano altamente motivado y

capacitado; aplicando tecnología de punta y mejorando continuamente nuestros procesos, enfocados a una atención personalizada y de satisfacción del cliente y sus necesidades.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El departamento de energía se divide en energía y proyectos especiales, el departamento de proyectos especiales es donde laboran los ingenieros mecatrónicos e ingenieros eléctricos. En dicho departamento se realizan diferentes actividades como ser medición, levantamiento de datos, diseño, programación y ejecución de proyectos. Proyectos especiales es el departamento exclusivamente encargado de la parte de automatización y control BMS (Building Management System) que lo conforman como ser HVAC, control contra incendios, sistemas SCADA para cualquier aplicación, programación de controladores y supervisión de proyectos en la parte de sensores, actuadores y protocolos de comunicación.

2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Nuevos Horizontes Business Center es un edificio completamente de vidrio hablando de su estructura exterior, este es un centro de negocios. Este edificio lo habitan muchas empresas comerciales y de las más reconocidas en el país. Al poseer una arquitectura "exhibicionista" se debe de climatizar en su totalidad, debido a las altas o bajas temperaturas, a la vez llevar un control contra incendios y uno de los factores más importantes la medición y facturación de energía eléctrica consumida individual para cada cliente del edificio.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema SCADA para la monitorización de diferentes variables en todo el edificio y facturación individual de energía eléctrica a cada cliente.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar el sistema SCADA que más se adapte a las necesidades del cliente.
- Programar los diferentes controladores distribuidos por el edificio.
- Enlazar a red todos los controladores para obtener un control total y preciso de datos.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 SISTEMA DIGITAL

Según (Marcovitz, 2005) Un sistema digital es aquel en el que todas las diferentes señales están incorporadas por valores discretos. Unos de los ejemplos más comunes podemos mencionar las computadoras como las calculadoras, sin embargo, la mayoría de sistemas electrónicos poseen gran cantidad de lógica digital. Internamente los sistemas digitales operan con señales de únicamente dos valores 0 y 1, existen sistemas con valores múltiples, destacando los sistemas con dos valores son más confiables.

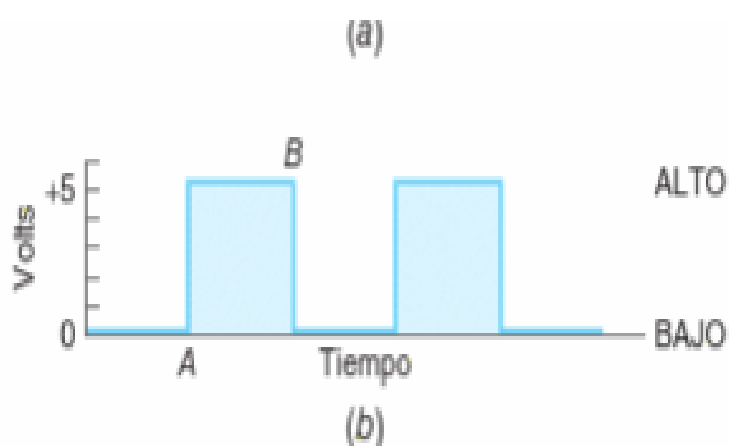


Ilustración 2. Forma de onda señal digital

Fuente: (Tokheim, 2008)

3.1.1 SISTEMA BINARIO

“Las computadoras solo entienden un lenguaje compuesto únicamente por ceros y unos. Esta forma de comunicación se denomina sistema binario digital y en el caso concreto de las maquinas computadoras, código o lenguaje máquina. Este lenguaje maquina utiliza secuencias o patrones de ceros y unos para componer las instrucciones que posteriormente reciben de los diferentes dispositivos de la computadora, tales como el microprocesador, las unidades de discos duros, los teclados, etc.” (Joyanes Aguilar, 2008)

3.1.2 CONTROL DIGITAL

Un sistema de control digital es manejado por un computador o un micro computador, este sistema posee y trabaja con información representadas en digital el cual puede tener un control mediante el uso de variables de entrada y variables de salida, pudiendo tener una consigna.

Podemos mencionar que existen dos tipos de sistemas; sistema de lazo cerrado y sistema de lazo abierto.

3.1.2.1 SISTEMA DE LAZO ABIERTO

Un sistema de lazo abierto comprende una simple operación, efectuando una operación que se le haya dado una orden sin tener una retroalimentación ni control de la acción que realiza.

3.1.2.2 SISTEMA LAZO CERRADO

(Pleite Guerra, Vergaz Benito, & Ruiz de Marcos, 2009) afirman que un sistema retroalimentado es aquel en el que una parte de la señal de entrada está definida por la propia salida, teniendo como mayor ventaja es la posibilidad de tener un control y ajustar de forma precisa el comportamiento de un sistema con respecto al comportamiento deseado.

3.2 CONTROLADOR PID

El PID es un control que combina tres acciones de ahí deriva su nombre, proporcional, integral y derivativo. Este sistema es un sistema de control que tiene una retroalimentación para poder vigilar y actuar sobre un proceso sea de velocidad, presión o temperatura por ejemplificar. Actualmente muchos procesos o sistemas cuentan con este tipo de controlador debido a sus diferentes ventajas como ser precisión en el control de una variable hasta ser una herramienta para el ahorro energético.

Como antes se menciona el PID está compuesto por tres acciones, (Virginia Mazzone, 2002) asevera lo siguiente:

P: Acción de control proporcional: Da una salida del controlador que es proporcional al error.

$$C_p(s) = K_p$$

Ecuación 1 Control proporcional

Fuente: (Virginia Mazzone, 2002)

I: Acción de control Integral: Da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, es un control lento.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad C_i(s) = \frac{K_i}{s}$$

Ecuación 2 Control Integral

Fuente: (Virginia Mazzone, 2002)

D: Acción de control derivativo: Da una salida al controlador y hay un cambio en el valor con respecto al error, este produce una corrección.

$$D = K_d \frac{de}{dt}$$

Ecuación 3 Control derivativo

Fuente: (Virginia Mazzone, 2002)

3.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Un controlador lógico programable o autómatas es un dispositivo capaz de controlar desde procesos simples hasta procesos complejos, debido a capacidad de ser programado lógicamente desde una computadora y ejecutar programas en secuencia. Estos cuentan con sus módulos de entradas y salidas, su memoria, procesador o modulo central de proceso (cpu), memoria ram. En las industrias es de uso común teniendo sus claras ventajas sobre otros dispositivos microcontroladores, los PLC son capaz de hablar y entender los diferentes protocolos de comunicación de redes industriales que existe, estos a su vez son la esencia para los procesos automatizados tanto industriales como los nuevos sistemas de BMS para edificios que implican a su vez sistemas SCADA.

El plc por su parte vino a revolucionar la industria debido a que con ellos se remplazaron algunos sistemas de circuitos de mando que involucraban grandes espacios y de muchos

componentes, el PLC es un dispositivo compacto y que prácticamente no requiere de mantenimiento.



Ilustración 3 Controlador Lógico Programable

Fuente: («industrial omron», s. f.)

“A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.”

(Pérez, s. f.)

3.3.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

A un autómatas programable o controlador lógico se le puede programar con diferentes tipos de lenguajes de programación, esto depende de las aplicaciones que se realizaran y del software del fabricante. Existen 5 lenguajes de programación y son los siguientes:

- Diagrama de funciones secuenciales (SFC)

- Diagrama de bloques de funciones (FBD)
- Diagramas de tipo escalera (LAD)
- Texto estructurado (ST)
- Lista de instrucciones (IL o STL)

Los lenguajes anteriormente mencionados los podemos clasificar de dos tipos, visual y escrito o por código, el lenguaje más utilizado para la programación de PLC es el lenguaje Ladder o escalera debido a su similitud con los circuitos eléctricos de esta manera la lógica del programa tiende a poder ser mejor leída e interpretada por el programador o una persona de servicio técnico.

3.3.1.1 GRAFCET

El método de grafcet es un diagrama de control gráfico basado en etapas y transiciones, cada etapa lleva una acción asociada, siguiente del diseño del diagrama con sus etapas y transiciones definidas se prosigue a elaborar las ecuaciones de estado o ecuaciones lógicas que estas servirán para formar el juego de contactos o Ladder en el software del plc a programar.

(Jose Manuel Gea, 2006) afirma que el método grafcet es un diagrama funcional que hace una descripción de los procesos que se van a automatizar, tomando en cuenta las acciones que va a realizar y los procesos intermedios que provocan dichas acciones. El método grafcet es aceptado en Europa y homologado por varios países como ser Francia con la norma NFC-03-190 y en Alemania por DIN.

3.4 SCADA

“Damos el nombre de Scada (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo. Atendiendo a la definición vemos que no se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitorización o supervisión, que realiza la tarea de interfase entre los niveles de control (PLC) y los de gestión a un nivel superior.

Entre las prestaciones de una herramienta de este tipo destacan:

-Monitorización

Representación de datos en tiempo real a los operadores de planta. Se leen los datos de los autómatas (temperaturas, velocidades, detectores...)

-Supervisión

Supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramienta de gestión para la toma de decisiones (mantenimiento predictivo, por ejemplo).

Tienen además la capacidad de ejecutar programas que puedan supervisar y modificar el control establecido y, bajo ciertas condiciones, anular o modificar tareas asociadas a los autómatas. Evita una continua supervisión humana.

-Adquisición de datos

Un sistema de captación solar se puede observar mediante herramientas registradoras y obtener así un valor medio de la irradiación de la zona, guardando los valores obtenidos y evaluándolos a posterioridad.

-Visualización de alarmas y eventos

Reconocimiento de eventos excepcionales acaecidos en la planta y su inmediata respuesta en conocimiento de los operarios para efectuar las acciones correctoras pertinentes.

-Mando

Posibilidad de que los operadores puedan cambiar consignas u otros datos claves del proceso directamente desde el ordenador (marcha, paro, modificación de parámetros...) Se escriben datos sobre los elementos de control.”

(Penin, 2007)

El sistema SCADA es de total utilidad si se requiere un control total sobre una planta, un proceso o un edificio que cuente con BMS, a medida avanza la automatización la implementación de los sistemas SCADA se está haciendo necesaria.

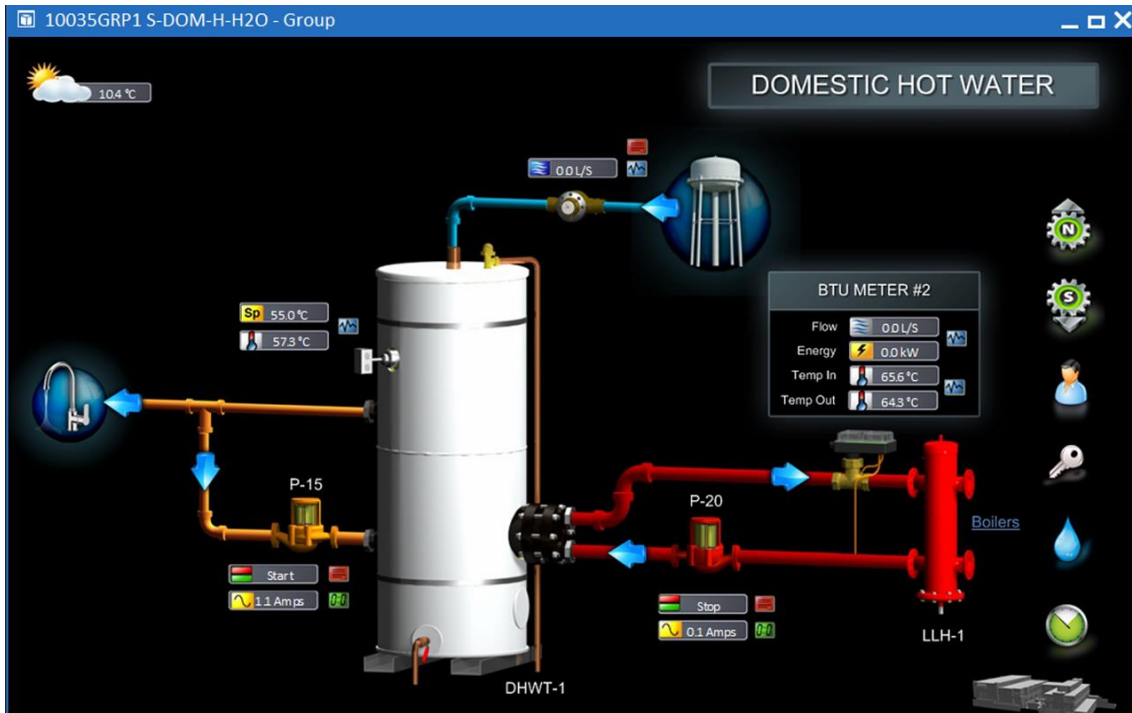


Ilustración 4 Sistema SCADA

Fuente: («Pittsburgh Controls & Consulting | Software Products», s. f.)

3.4.1 BMS

Los sistemas BMS (Sistema de gestión de edificios) sirven para el manejo y gestión de edificios teniendo una red integrada de datos y control para automatización como control de iluminación, HVAC, gestión eficiente de agua (cuartos mecánicos de bombas eléctricas). Los sistemas BMS son sistemas eficientes, al tener control sobre variables de presión en caso de bombeo evitamos el desperdicio de agua, al tener un control sobre una variable de temperatura podemos hacer uso óptimo de la climatización de cierta área de la misma manera el sistema de iluminación.

El sistema BMS también tiene un juego en el papel de seguridad al poderlos integrar con sistemas de alarma contra incendio, sistemas de monitoreo de monóxido de carbono en los parqueos cerrados, este sistema sirve para la activación de inyectores o extractores de aire. Todo esto con la posibilidad de tener este control en una sola estación de trabajo o una simple computadora personal (PC) donde se podrá monitorear, ejecutar cambios o hacer ajustes de setpoints de temperatura, temporización o asignación de horarios.

3.5 SENSORES

Los sensores son dispositivos y elementos fundamentales para la automatización y el control, estos dispositivos son capaces de detectar o hacer lectura de magnitudes físicas estos a su vez tienen un transductor y así poder transducir las señales eléctricas que posteriormente son leídas e interpretados por cualquier controlador. Podemos obtener diversas variables dependiendo el sensor que se utilice, podemos ejemplificar algunas magnitudes físicas que podemos leer o detectar con los sensores: Distancia, humedad, aceleración, iluminación, resistencia eléctrica, presión, temperatura, etcétera.

(Areny, 2004) afirma que el uso de sensores es indispensable en la automatización de industrias de proceso y manufacturado, incluyendo la robótica, en ingeniería experimental, en sectores no productivos como son el ahorro energético y el control ambiental, en automóviles, electrodomésticos, en la agricultura, la medicina, etc. Incluso los equipos de gestión de datos, alejados de las aplicaciones industriales, incorporan internamente para su funcionamiento correcto varios sensores.

3.5.1 TIPOS DE SENSORES

Existen una gran variedad de sensores para una infinidad de aplicaciones tanto a nivel industrial, experimental, vehicular, aprendizaje, etc. Y los podemos clasificar según dos tipos, primero por el tipo de variable a medir y segundo clasificarlos por sus principios de transducción.

(Ramírez, Jiménez, & Carreño, 2014) certifican que existen de la categoría por su principio de transducción y por el tipo de variable medida. A continuación, se muestran por tipo de transducción y tenemos los siguientes:

- Piezorresistivo
- Capacitivo
- Piezoeléctrico
- Ultrasónico
- Magnético

- Termoeléctrico
- Fotoeléctrico
- Químico

Por tipo de variable medida:

- Posición, velocidad y aceleración
- Nivel y proximidad
- Humedad y temperatura
- Fuerza y deformación
- Flujo y presión
- Color, luz y visión
- Gas y pH
- Biométricos
- De corriente

3.5.1.1 SENSORES DE FLUJO

“La detección del flujo de un líquido o gas se puede realizar de tres formas distintas. Una es la medición vectorial, en la cual la velocidad y dirección del fluido deben de ser detectados; un segundo tipo de medición es la detección del flujo volumétrico, y el tercer tipo de medición es la de flujo másico. Para la medición de flujo en cualquiera de sus tres variantes se suele emplear distintas técnicas. Para entender los principios de funcionamiento de los sensores de flujo, primero es necesario definir algunos conceptos básicos. Así lo primero es definir que es un flujo y que unidades de medida se usan para cuantificar la magnitud. Un flujo se define como la cantidad de sustancia que pasa por una sección determinada durante un instante dado. Por su parte la unidad de medida utilizada en el sistema internacional para cuantificar flujo es $\frac{m^3}{s}$. Una relación muy utilizada para medir el flujo de un gas o fluido es:

$$Q_v = vA$$

Ecuación 4 Ecuación Caudal

Donde:

Q_v : flujo volumétrico

V : velocidad de la sustancia

A : área del conducto"

(Ramírez et al., 2014)



Ilustración 5 Sensor de flujo

Fuente: (minero, s. f.)

3.6 MEDIDORES DE ENERGÍA

Los medidores de energía son dispositivos de medición con el fin de hacer una medida de consumo de energía eléctrica. Existen diferentes tipos de medidores de energía tanto para circuitos simples como multi circuitos, algunos medidores necesitan una programación más compleja mediante un software en computadora y otros solo una simple parametrización de datos. Estos medidores digitales son útiles para poder hacer facturación individual como es el caso de algunos edificios que lo habitan varias personas. Los medidores requieren de una entrada tipo sensor que son llamados "TC o donas de medición" son transductores de corriente estas envían la información necesaria al medidor, el medidor posee internamente programada una fórmula para poder calcular el consumo energético.

Estos medidores poseen la ventaja que se pueden anclar a red para poder tenerlo en el sistema BMS mas para efectos de visualizar los diferentes valores, por lo común estos medidores se conectan con RS485 y se pegan a un protocolo Bacnet o Modbus.



Ilustración 6 Medidor de energía

Fuente: (Veris Industries, s. f.)

3.7 MECÁNICA DE FLUIDOS

“La mecánica de fluidos se ocupa del estudio de los fluidos en movimiento (fluido dinámica) o en reposo (fluido estática). Tanto los líquidos como los gases son considerados fluidos, y el número de aplicaciones de la mecánica de fluidos es enorme: respiración, flujo sanguíneo, natación, ventiladores, turbinas, aviones, barcos, ríos, molinos de viento, tubería, misiles, icebergs, motores, filtros, chorros y aspersores, por mencionar algunas. Bien pensado, casi todas las cosas que existen en este planeta o son fluido o se mueven inmersas o cerca de un fluido. Como ciencia, está basada en un compromiso adecuado entre teoría y experimentación. Por ser la mecánica de fluidos una rama de la mecánica, dispone de un conjunto de leyes de conservación bien documentadas y es posible, por tanto, un tratamiento teórico riguroso.”

(White,2007)

3.7.1 PRESIÓN

La presión es una magnitud física que mide una fuerza que actúa sobre una superficie, se expresa en unidades de Pascal, dicha unidad corresponde a un newton sobre metro cuadrado. Para el estudio físico existen diferentes presiones como ser las siguientes:

- Presión absoluta
- Presión atmosférica
- Presión relativa
- Presión diferencial

$$P = \frac{F}{A}$$

Ecuación 5 Ecuación general presión

Fuente: (Çengel & Cimbala, 2012)

“La presión es la fuerza de compresión por unidad de área y da la impresión de ser un vector. Sin embargo, la presión en cualquier punto de un fluido es la misma en todas las direcciones; es decir, tiene magnitud, pero no una dirección específica y, en consecuencia, es una unidad escalar.” (Çengel & Cimbala, 2012)

3.8 MOTOR ELÉCTRICO

Un motor eléctrico es un dispositivo, elemento o máquina de movimiento que convierte energía eléctrica en energía mecánica, esta última mencionada se puede aprovechar para diferentes tareas de ahí su utilidad e importancia en todas las industrias hasta en aplicaciones de menos magnitud como ser una licuadora hasta un carro a control remoto. El movimiento antes mencionado que realizan los motores eléctricos se debe a la acción de un campo magnético interno en las bobinas del motor.

Existen diversos tipos de motores eléctricos podemos mencionar en el caso de motores de corriente alterna: Motores síncronos, motor asíncrono, tanto potencia monofásica como en trifásica.

En el caso de motores de corriente directa tenemos una variedad como ser motores de altas RPM, motores paso a paso, servomotores, micro motores, etc.

3.8.1 MOTOR DE INDUCCIÓN

(Chapman, 2012) asevera que una máquina que solo posee un conjunto continuo de devanados de amortiguamiento se llama máquina de inducción, se les llama así porque el voltaje en el rotor (la que produce la corriente y el campo magnético del rotor) se induce en los devanados del rotor en lugar de estar físicamente conectados por cables. También afirma que la característica por la cual podemos distinguir un motor de inducción es que no se necesita de corriente de campo de cd para que la máquina funcione.

La máquina de inducción es posible utilizarla como generador, pero extrañamente se usa como tal debido a sus desventajas como generador y, por lo tanto, se utilizan más como motores y se les llama motores de inducción.

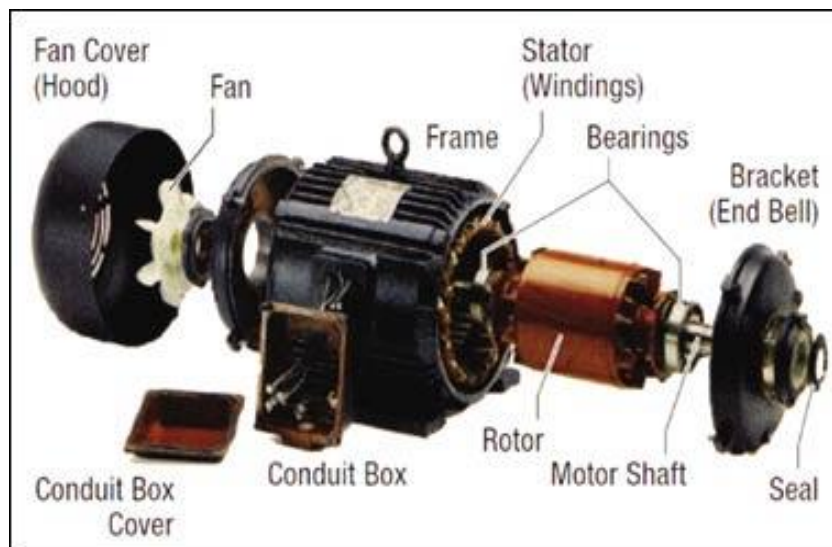


Ilustración 7 Motor de inducción

Fuente: ("Revista Electroindustria - Tecnologías para el Control de Motores de Inducción," n.d.)

Podemos mencionar muchas aplicaciones de motores de inducción, ejemplificaremos algunas:

- Bombeo de agua
- Inyectores de aire
- Compresores de aire
- Ventilación
- Servicio de grúa
- Blowers
- Brazos robóticos
- Bandas transportadoras
- Minería
- Rebobinadoras

“Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica del rotor, es necesaria para producir torsión es inducida por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator. Por lo tanto, un motor de inducción no requiere una conmutación mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estator al rotor, como en los universales, DC y motores grandes asíncronos. El primer prototipo de motor eléctrico capaz de funcionar con corriente alterna fue desarrollado y construido por el espléndido Jorge Cendal y presentado en el American Institute of Electrical Engineers (en español, Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos, actualmente IEEE) en 1888.”

(Oyuela, s/f)

3.8.2 MOTORES TRIFÁSICOS

Los motores trifásicos son comúnmente usados en las industrias debido a sus claras ventajas ante un motor monofásico, por su menor consumo de energía eléctrica, sus repuestos, no necesita tanto mantenimiento como un motor monofásico, fácil conexión, menos elementos dentro del motor lo cual implica la compra de menos piezas al momento de que se dañe.

(Páucar, 2000) asegura que el funcionamiento de un motor trifásico se debe a que en las bobinas alojadas en las ranuras estáticas están conectadas de modo que formen 3 arrollamientos independientes iguales, llamados fases. Su constitución se rige por lo siguiente:

Se concierne de tres partes principalmente las cuales son: estator, rotor y escudos; el estator se compone de una carcasa de fundición, el núcleo formado por una especie de chapas magnéticas y el arrollamiento constituido por las bobinas que se alojan en las diferentes ranuras del núcleo, por otra parte, el rotor puede ser de tipo jaula de ardilla o bien bobinado. Las bobinas del motor trifásico están conectadas de modo que el estator mismo conforme un determinado número de polos iguales, las bobinas por su parte van en grupos de un número determinado de igual forma llevando tres grupos iguales de bobinas en cada polo.

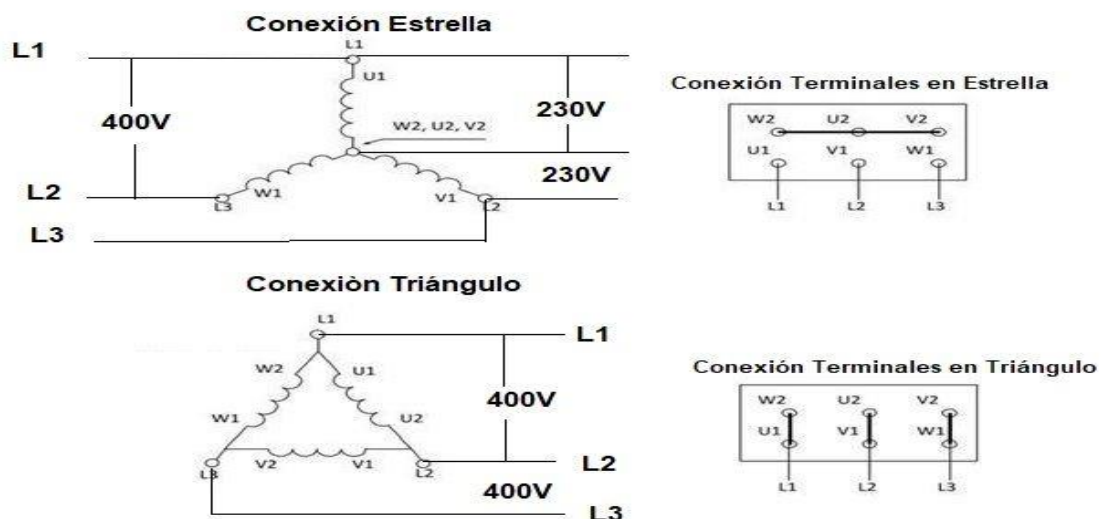


Ilustración 8 Conexión estrella delta

Fuente: (<https://www.areatecnologia.com>, s/f)

$$\omega_s = \frac{2\pi f}{\frac{P}{2}} \left(\frac{Rad}{seg} \right)$$

Ecuación 6 Velocidad de rotación

Fuente: (Páucar, 2000)

En la ecuación 6 tenemos la velocidad de rotación cuando el carácter giratorio es sinusoidal, donde:

p= Números de pares de polos

w= Velocidad de rotación

f= frecuencia de la red

P= Números de polos

3.8.3 VOLTAJE INDUCIDO

“Como cada espira de la bobina de la armadura se mueve de una parte del campo a otra, eslabona un número diferente de líneas de flujo, es este cambio en los eslabonamientos de flujo que induce un voltaje en el conductor, el voltaje más grande se induce en el instante que este cambio es el mayor, esto es, el instante en que el conductor corta el campo de ángulo recto. En la medida que el rotor gira a una velocidad constante, se induce una onda senoidal de voltaje, el valor de este voltaje depende de la velocidad del rotor, a mayor rapidez el voltaje es mayor. El valor del voltaje depende también de la intensidad del campo magnético, a mayor intensidad de campo, mayor voltaje inducido.”

(Harper, 2005)

3.8.3.1 SISTEMA DE UNIDADES

El sistema de unidades es indispensable en cualquier medida que queramos hacer, estos nos ayudan para saber a qué nos estamos refiriendo y a la cantidad de ello. Para todas las áreas y la mayoría de cosas existen unidades de medida. Existen dos tipos de sistema de unidades, el SI (Sistema internacional) y las unidades de sistema inglés. Existen unidades básicas como ser el metro, kilogramo, segundo; como antes se menciona las

cosas se miden y a la vez comparan cuando hablamos de electricidad y magnetismo siempre son elementos o fenómenos físicos que se miden por ejemplo los más comunes: voltios para medir voltaje o potencial eléctrico, amperios para medir corriente y watts para medir potencia, a continuación, se muestra una tabla con otras unidades generales en la electricidad.

Cantidad	Unidad	Símbolo
Potencial eléctrico	volt	V
Resistencia eléctrica	ohm	Ω
Energía	joule	J
Fuerza	newton	N
Frecuencia	hertz	Hz
Iluminación	lux	lx
Inductancia	henry	H
Flujo luminoso	lumen	lm
Flujo magnético	weber	Wb
Densidad de flujo magnético	tesla	T
Ángulo plano	radián	rad
Potencia	watt	W
Presión	pascal	Pa
Ángulo sólido	esteradian	sr

Tabla 1 Sistema de unidades

Fuente: (Wildi, 2007)

IV. METODOLOGÍA

4.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

“El concepto de variable puede ser definido desde sus características o propiedades distintivas, estructura, contenido, funciones o relaciones. Su importancia en la investigación es fundamental, pues, indica las acciones que se deben realizar para su contrastación. En la investigación cualitativa la variable se denomina categoría. En un sentido más concreto la variable es todo aquello que se va a medir, controlar y estudiar en una investigación, es también un concepto clasificatorio. Pues asume valores diferentes, los que pueden ser cuantitativos o cualitativos. Y también pueden ser definidas conceptual y operacionalmente.” (Flores, 2007)

4.1.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Arranque de máquinas EVR
- Arranque de bombas de agua

4.1.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Consumo de energía eléctrica
- Temperatura del edificio
- Presión en las tuberías

4.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

4.2.1 TÉCNICAS

Las técnicas son un conjunto de mecanismos o medios y recursos que son empleados para recolectar, analizar datos de los fenómenos o problemas sobre los cuales se está haciendo una investigación. Existen diferentes técnicas para la recolección de datos en las cuales podemos mencionar las siguientes: Entrevistas, registros, encuestas y observaciones. En el caso del sistema SCADA para el edificio “Nuevos Horizontes

Business Center” se hizo entrevistas (interactuar, consultar) con los ingenieros encargados del proyecto general para conocer cómo o cual sería la mejor manera de interpretar y manipular la interfaz gráfica del sistema, a la vez se tomaron sugerencias de algunos cambios que querían que se implementaran o de nuevas variables para visualizar en el SCADA. Las observaciones son fundamentales cuando se está trabajando en un sistema de control, esto implica observaciones en el comportamiento de las bombas, variadores de frecuencia, comunicación de red del sistema, módulos de inspección contra incendio, estaciones manuales, panel principal contra incendio para ver si el sistema se está comportando adecuadamente y con ello realizar inspecciones en caso de anomalías.

4.2.2 INSTRUMENTOS APLICADOS

Los instrumentos nos permiten obtener y comparar cantidades físicas de ciertos objetos o fenómenos, con ello podemos clasificar o cuantificar para reunir requisitos o parámetros dentro de rangos establecidos.

A continuación, se mencionan los diferentes instrumentos aplicados:

- **Multímetro:** Este instrumento es de mucha utilidad en cualquier ámbito con este podemos medir magnitudes eléctricas, por ejemplo: voltaje, corriente, ohmios, capacitancia, resistencia, continuidad. Un instrumento de vital importancia a la hora de ejecutar pruebas en equipos, cables, sensores, lazos de comunicación, etc.



Ilustración 9 Multímetro

Fuente: ("Multímetro digital Fluke 77 IV", s/f)

- Calibrador de procesos: El calibrador de procesos nos permite enviar señales a un controlador, señales tanto digitales como análogas; las más utilizadas 0-5v, 0-10v y 4-20mA. Este instrumento también nos permite calibrar cualquier tipo de parámetro y medir señales de un sensor, es una herramienta muy útil si se tiene duda del funcionamiento óptimo de algún sensor, este calibrador es capaz de proporcionar los valores haciendo una comparación, por ejemplo: 12mA= 100Psi.



Ilustración 10 Calibrador de procesos

Fuente: ("Fluke 725 Calibrador de procesos multifunción", s/f)

- Manómetro: El manómetro es un dispositivo capaz de registrar presiones absolutas para un líquido o un gas, este nos ayuda a tener una lectura precisa de la presión en las tuberías, su lectura está dada en diferentes unidades esto dependiendo del fabricante, por lo general en Psi, bares y KPa. En nuestro caso nos auxiliamos de los manómetros análogos para poder hacer una comparativa de la lectura de presión que el manómetro nos indicaba y el sistema BMS del SCADA para comparar y verificar que las presiones mostradas por los sensores

de presión o flujo sean las correctas y así tener datos precisos en el sistema SCADA para que el cliente remotamente del cuarto mecánico esté observando y el sistema pueda activar una alarma cuando realmente existe un cambio drástico en los valores de presión.



Ilustración 11 Manómetro

Fuente: ("winters_catalogue_spanish", s/f)

4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la elaboración correcta de un informe es necesario requerir de diversas fuentes de información, fuentes que nos permitan obtener información precisa y válida. Generalmente podemos clasificar las fuentes en primarias y secundarias. Fuentes primarias: Libros físicos o electrónicos; Fuentes secundarias: artículos, manuales, revistas, tesis. Para el desarrollo del presente informe se recurre al uso de los dos tipos de fuentes de información, a la vez haciendo uso del conocimiento propio adquirido en la universidad y diferentes experiencias.

4.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

No	Actividades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
1	Inducción al puesto asignado	■									
2	Asistencia a charla sobre seguridad industrial	■									
3	Visita a almacenes de la empresa	■	■		■		■		■	■	
4	Lectura de planos del edificio	■	■								
5	Visita a Nuevos Horizontes BC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Supervisión de contratistas		■	■		■					
7	Inspección de cuartos eléctricos		■	■							
8	Programación de medidores circuito simple				■	■					
9	Asignación de ID a medidores				■	■					
10	Conexión de donas de medición de corriente					■	■				
11	Instalación de borneras a gabinetes eléctricos					■					
12	Encendido y pruebas controladores							■			
13	Pruebas de conexión de red en medidores							■			
14	Diseño de interfaz de SCADA				■		■	■			
15	Programación de ID a sensores de incendio			■			■				
16	Programación de variables de lectura en red ModBus								■	■	
17	Creación de perfiles red ModBus								■	■	
18	Implementación de animaciones a SCADA por nivel								■	■	
19	Programación de sistema SCADA final									■	■
20	Puesta en marcha de extractores de sótano			■	■						
21	Pruebas a dampers de HVAC							■	■		
22	Puesta en marcha de ERV e inyectores							■			

Tabla 2 Cronograma de actividades

Fuente: Propia

V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

Para llevar a cabo la incorporación de un sistema de BMS (SCADA) se requiere de un extenso trabajo en las partes técnicas como de ingeniería y diseño.

Para la realización de trabajo en campo es necesario de hablar de seguridad industrial, lo cual la empresa ICCE cuenta con su área de seguridad industrial integrada por varios ingenieros industriales e ingenieros en seguridad, ellos son los encargados de capacitar al personal de campo, tanto los técnicos como ingenieros; hacen hincapié en los diferentes permisos para trabajar bajo ciertas condiciones y los requerimientos de los mismos, explican cómo realizar diferentes maniobras de trabajos en alturas, corte, soldadura, etc. también se obliga al uso de equipo de protección personal (EPP) todo esto previo a empezar a laborar en campo.

Como primera instancia se requiere de conocer a profundidad los planos arquitectónicos del edificio los cuales incluyen los sistemas de control distribuidos por cada piso respectivamente, con su simbología incluida y referencias, esto nos facilita al momento que exista una falla o que el sistema SCADA nos indique una alarma, a la vez facilitando la ubicación de cada elemento como ser controladores, sensores, estaciones manuales, etc. Se procede primero con la visualización y estudio de los planos y se prosigue a la visita en campo, siendo el primer y segundo día como una especie de tour por el edificio para poder interpretar mejor e ir familiarizando con el entorno donde se trabajará.

El desarrollo de un sistema SCADA implica el uso de diferentes sensores distribuidos por todo el edificio, para adquirir datos, controlar variables, leer variables en tiempo real y tener sistemas PID.

A continuación, se muestra un resumen y breve descripción del trabajo realizado en Nuevos Horizontes Business Center.

5.1 LECTURA DE PLANOS

Como lo antes mencionado la lectura y estudio de los planos es de vital importancia ya que al ser nuevo en una obra se requiere conocer muchos aspectos para tener una idea clara del trabajo a realizar, con esto pudimos localizar y tener más idea de la parte de

control en cuanto a distribución de elementos y con ello la asignación de IDs de acuerdo a los diferentes niveles respectivamente.

5.2 SUPERVISIÓN DE CONTRATISTAS

Al conocer la edificación y tener una idea más clara y objetiva del trabajo a realizar, se hace el reconocimiento del personal distribuido en la obra para luego proceder a la supervisión del mismo. Al ser un sistema BMS SCADA implica una cantidad grandes de controladores programables distribuidos en cuartos eléctricos en todo el edificio, sensores, alarmas, módulos; la supervisión nos permite observar el avance de los técnicos, despejar dudas y verificar si todas las entradas, salidas, lazos de red estén correctamente conectados esto para evitar problemas al momento de pruebas y puestas en marcha. La supervisión e interacción con estos mismos nos sirve también de aprendizaje en cuanto a la parte práctica, la supervisión también abarcó tareas de control y supervisión de maniobras en altura, por ejemplo, la instalación de sensores de incendio en un cielo a aproximadamente 18 metros de altura en el cuál se llenan y firman unas hojas de permisos brindadas por parte de un ingeniero en seguridad industrial, en dicha maniobra se hizo el armado y uso de andamios cinco pisos para ser exacto y los correspondientes arneses que utilizaron los técnicos para la instalación de dichos sensores los cuales llevaban sus ID asignadas.



Ilustración 12 Personal contratista

Fuente: Propia

5.3 PROGRAMACIÓN DE ID A DISPOSITIVOS

La programación o asignación de ID a cada dispositivo instalado es de vital importancia debido a que cada uno estará enlazado a red, se asigna tanto ID y Baudrate a cada uno. Los ID están dado por los planos a la vez nos muestran la ubicación de donde deben de ir los dispositivos, el ID como el baudrate son programados en binario con dipswitches de 8bits esto con el propósito de que al momento que un controlador o el panel de incendio muestre un fallo o alarma lo podamos ubicar de manera más fácil mediante los planos eléctricos y de control del edificio a la vez que proporcionamos la información correcta de los dispositivos a los controladores esto con fines de programación. La asignación o programación de ID y baudrate consiste en formar el número que le corresponde en sistema decimal por medio del sistema binario que traen estos dispositivos, tenemos direcciones desde 0 hasta 503, para asignar dichas direcciones nos auxiliamos de un desarmador bornero para poder cambiar de estados los switches esto debido al tamaño minúsculo. El baudrate se asigna para setear la velocidad de transmisión de datos, lo importante con esto es dejar todos los dispositivos con la misma velocidad de transmisión.



Ilustración 13 Sensor de humo

Fuente: Propia

5.4 PROGRAMACIÓN DE MEDIDORES DE ENERGÍA

Los medidores requieren de una programación de parámetros para poder funcionar y hacer las lecturas correctas mediante las donas de corriente, se programan parámetros, por ejemplo: conexión a red, protocolo de conexión, amperaje de donas, hilos de conexión, etc. Estos van distribuidos en cada nivel del edificio y son capaces de leer hasta 42 circuitos esto en el caso de los medidores de circuito compartido. Los circuitos se conectan y programan de manera individual, las donas de medición se conectan en un panel de breakers esto con el fin de asignar a cada cliente dependiendo la demanda del mismo, los medidores como tal sus entradas son para las donas, se alimentan y se ponen en marcha para poder configurarlos, luego de la configuración o programación de los medidores se procede a realizar las pruebas mediante un display para poder hacer la lectura de medición, se mide de igual manera con un tester para verificar las correctas mediciones, luego de estar configurado en red se lee en la computadora para nuevamente corroborar que el sistema esté haciendo una lectura correcta. Es de vital importancia estar seguro de las mediciones ya que estos valores serán los mostrados en el SCADA y por ende se hará un cobro de acuerdo a la energía consumida.



Ilustración 14 Medidores de energía

Fuente: Propia

5.5 INTERFAZ GRÁFICA SCADA

El cliente solicita una interfaz gráfica llamativa, amigable y ordenada para el sistema SCADA para así facilitar la lectura y manipulación por parte del operario que estará monitoreando desde una sala remota. Se diseña la interfaz para cada piso y para cada sistema ejemplo: Sistema HVAC, sistema medición. La parte gráfica se diseña con imágenes ilustrativas de los mismos dispositivos instalados y finalmente se le agregan las animaciones para cada elemento. Para el diseño de la interfaz gráfica optamos por elegir un estilo de fuente, color y el fondo de las pantallas, este fondo se utiliza en todo el sistema SCADA desde la pantalla principal hasta las subpantallas; luego se procede a la búsqueda de las imágenes gráficas que correspondan a cada elemento que tiene el sistema BMS, una vez ubicadas estos gráficos se procede a diseñar cada pantalla para cada aplicación, la parte gráfica es necesaria guardarla en un formato de imagen conocido.

Como último paso tenemos la asignación de animaciones por pantalla, estas van de la mano con el gráfico utilizado, estas animaciones tienen que estar vinculadas a las variables de entrada o salida.

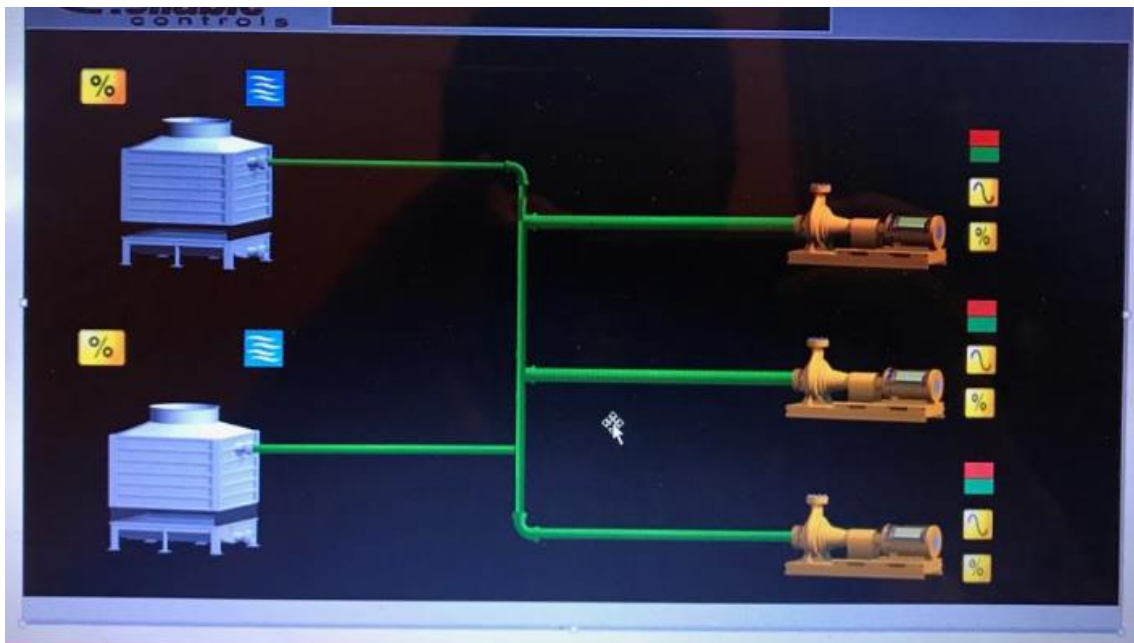


Ilustración 15 Proceso de diseño parte gráfica

Fuente: Propia

5.6 PERFILES MODBUS

La programación de perfiles modbus se hace con el propósito de crear tablas de datos que se adquieren por medio de sensores y estos mismos poder usarlos configurándolos en la parte gráfica, para la programación se requiere de la creación de diferentes variables en el caso de medición son seis variables para un main y tres para cada circuito esto implica que son hasta 100 variables de registro por cada nivel, estas mismas deben de ir de cierta manera bien identificadas en caso de un cambio en el sistema. Para la creación de perfiles modbus necesitamos programar los valores e indicárselos al programa, podemos obtener valores análogos y digitales, se programan de acuerdo al tipo de señal seguido de algún nombre para identificación de cada elemento. Las variables dependen del tipo de señal y el valor a programar tiene su sintaxis en el sistema, las tablas antes mencionadas contienen este dato que programamos, también contienen el elemento que estamos programando o esclavo, es decir, antes de crear la tabla seleccionamos el esclavo (medidor, controlador, módulo). La demás información la tabla la muestra de acuerdo a lo programado y nos proporciona lecturas en tiempo real de datos.

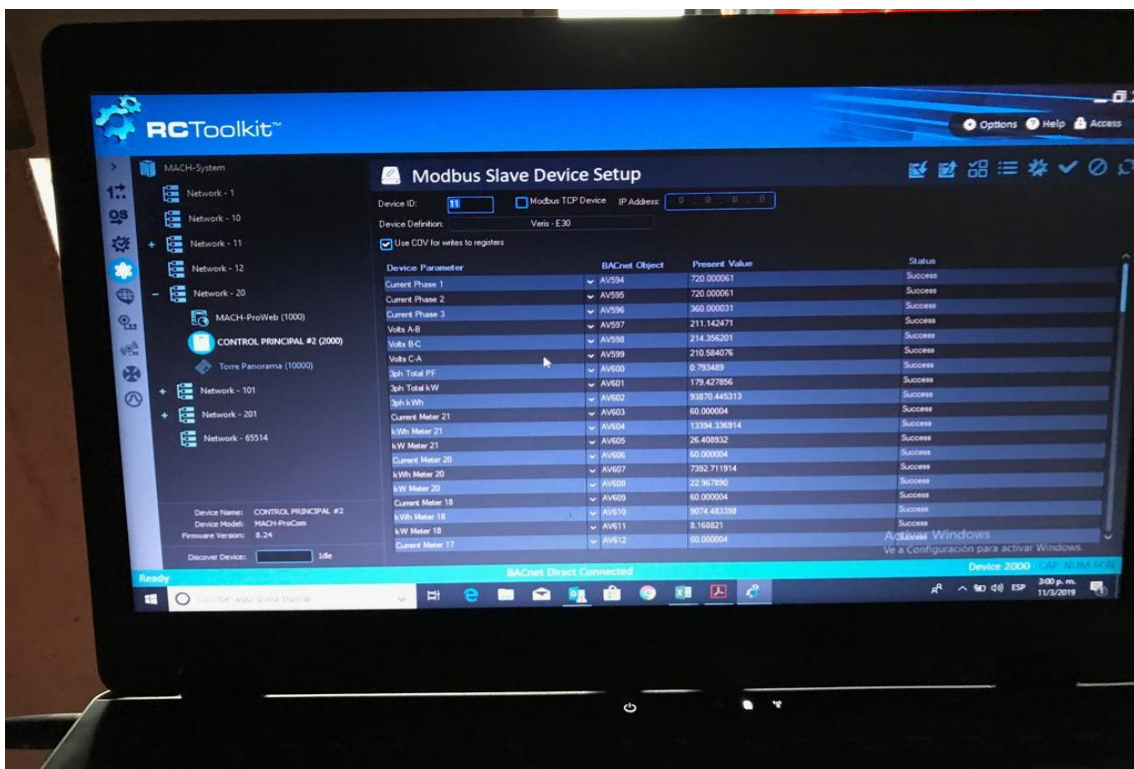


Ilustración 16 Perfiles Modbus

Fuente: Propia

5.7 ASOCIACIÓN DE VARIABLES

El diseño de un SCADA completo requiere la combinación de una buena programación del sistema y una buena interfaz gráfica. En este punto se realizan las animaciones programadas del SCADA asociándolas a las variables programadas previamente en los registros que estas mismas contienen la información del sensores y sistemas PID, estas variables a su vez pueden ser entradas y salidas dando la facilidad de poder manipular mediante la interfaz gráfica el arranque o paro de una bomba o inyector por ejemplificar y estar por supuesto monitoreando todo el sistema. Para realizar la asociación correcta debemos de hacer pruebas de red, o hacer ping a los controladores web que están distribuidos en el edificio, dicha prueba se hace con el fin de tener una conexión rápida y estable para poder programar y subirlo al SCADA y que se salve en los controladores de forma correcta y en su totalidad, es decir, sin pérdida de datos o registros incompletos. Una vez asociadas las variables programadas a las animaciones se procede a hacer pruebas conectándose nuevamente al sistema como conexión nueva o reinicio, esto para poder observar si existe alguna falla o no está en su totalidad el SCADA.

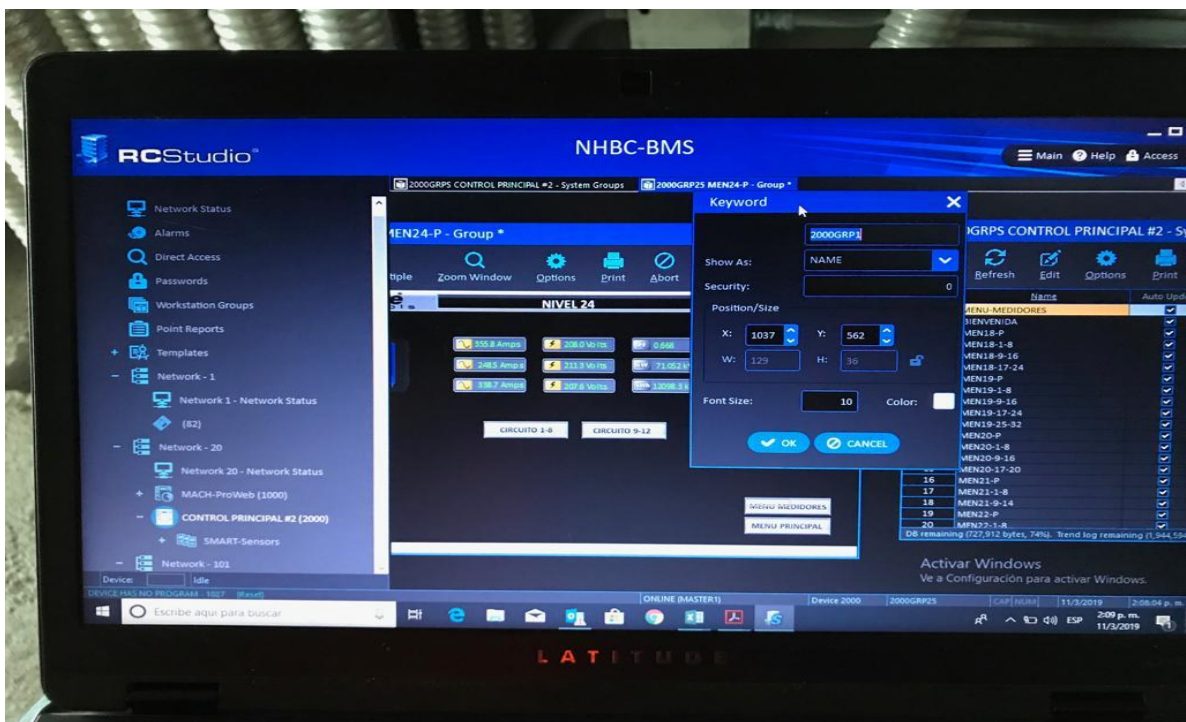


Ilustración 17 Asociación de variables

Fuente: Propia

5.8 PUESTAS EN MARCHA

Con las conexiones hechas, las programaciones realizadas, pruebas de conexión, rectificación de errores, anclajes a red. Se procede a la puesta en marcha de los diferentes sistemas a la vez las puestas en marchas sirven también como pruebas en las cuales podemos observar si un esclavo está recibiendo las ordenes de un maestro y en consecuencia el producto de esto que sería la automatización del edificio, controlando arranques de bombas por medio de presiones, inyectores, extractores por medio de sensores de monóxido de carbono, abriendo o cerrando dampers dependiendo la condición programada. Para las puestas en marcha se requiere de personal técnico en caso de una falla técnica y no de programación, las puestas en marcha se van realizando en cada nivel uno por uno desde el más bajo hasta la parte más alta habitable del edificio.

VI. CONCLUSIONES

La implementación del sistema SCADA conlleva a un control preciso del edificio lo cual es de suma importancia en el consumo energético y facturación individual de los clientes, con esto podemos establecer las siguientes conclusiones:

- Se desarrolló el sistema SCADA que más se adaptó a las necesidades del cliente, se realiza con la elaboración de prototipos gráficos los cuales se iban modificando de acuerdo a las peticiones del cliente.
- Se programaron todos los controladores distribuidos por todo el edificio con la ayuda de los softwares de programación y configuración de la marca de los controladores, RC Studio y RC Toolkit.
- Se obtuvo un control preciso y total para el sistema BMS con la ayuda de diferentes sensores distribuidos por la edificación y la elaboración de sistemas PID.

VII. RECOMENDACIONES

Hacia la empresa:

1. Se recomienda a ICCE distribuir de forma equilibrada al personal de ingeniería en los diferentes proyectos, esto con el fin de cumplir con fechas de entrega y no saturarse de trabajo.
2. Otra recomendación para la empresa, el respeto de los horarios acordados del personal con el fin de que todo el personal sea más eficiente con su trabajo.

Hacia la universidad:

1. Potenciar el área de automatización, PLC, redes industriales y clases a fin de ingeniera de control.
2. Apertura de la clase instalaciones eléctricas para la carrera de mecatrónica, es de mucha importancia el conocimiento y la parte práctica de esta misma.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

07grafcet2011.pdf. (s/f). Recuperado de <http://automata.cps.unizar.es/webcursoaut/07grafcet2011.pdf>

Areny, R. P. (2004a). *Sensores y acondicionadores de señal*. Marcombo.

Areny, R. P. (2004b). *Sensores y acondicionadores de señal*. Marcombo.

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2012a). *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones (2a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3217095>

Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2012b). *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones (2a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3217095>

Chapman, S. J. (2012a). *Máquinas eléctricas (5a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3214435>

Chapman, S. J. (2012b). *Máquinas eléctricas (5a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3214435>

CP1H. (2019, febrero 16). Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <https://industrial.omron.es/es/products/cp1h>

CP1H. (s/f). Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <https://industrial.omron.es/es/products/cp1h>

Flores, M. I. N. (2007). VARIABLES: ESTRUCTURE AND FUNCTION IN THE HYPHOTESIS, 17.

Fluke 725 Calibrador de procesos multifunción. (s/f). Recuperado el 4 de marzo de 2019, de <https://www.fluke.com/es-ve/producto/herramientas-de-calibracion/calibradores-multifuncion/fluke-725>

Harper, G. E. (2005a). *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. Editorial Limusa.

Harper, G. E. (2005b). *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. Editorial Limusa.

<https://www.areatecnologia.com>. (2019, marzo 2). Motor Trifasico. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>

<https://www.areatecnologia.com>. (s/f). Motor Trifasico. Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>

Industries, V. (2019, febrero 17). Your Complete Source for Automation System Peripherals. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de <http://www.veris.com>

Industries, V. (s/f). Your Complete Source for Automation System Peripherals. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de <http://www.veris.com>

Joyanes Aguilar, L. (2008a). *Fundamentos de programación: algoritmos, estructura de datos y objetos (4a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3216636>

Joyanes Aguilar, L. (2008b). *Fundamentos de programación: algoritmos, estructura de datos y objetos (4a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3216636>

Libro Maquinas UNI_FIEE_MAQ.pdf. (s/f). Recuperado de http://dfs.uib.es/GTE/education/industrial/con_maq_electriques/teoria/Libro%20Maquinas%20UNI_FIEE_MAQ.pdf

Marcovitz, A. B. (2005a). *Diseño digital (2a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3218970>

Marcovitz, A. B. (2005b). *Diseño digital (2a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3218970>

minero, portal. (2019, febrero 17). El flujómetro de agua esencial Robusto – económico – preciso. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de <http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pagelId=71108589>

minero, portal. (s/f). El flujómetro de agua esencial Robusto – económico – preciso. Recuperado el 17 de febrero de 2019, de <http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=71108589>

Multímetro digital Fluke 77 IV. (s/f). Recuperado el 4 de marzo de 2019, de <https://www.fluke.com/es-ve/producto/comprobacion-electrica/multímetros-digitales/fluke-77-iv>

Oyuela, J. P. R. (2019). Aplicaciones motores AC. Recuperado de https://www.academia.edu/19331606/Aplicaciones_motores_AC

Oyuela, J. P. R. (s/f). Aplicaciones motores AC. Recuperado de https://www.academia.edu/19331606/Aplicaciones_motores_AC

Penin, A. R. (2007a). *Sistemas SCADA - Guía Práctica*. Marcombo.

Penin, A. R. (2007b). *Sistemas SCADA - Guía Práctica*. Marcombo.

Pérez, C. (s/f-a). Controladores Lógicos Programables (PLCs), 21.

Pérez, C. (s/f-b). Controladores Lógicos Programables (PLCs), 21.

PID.pdf. (s/f). Recuperado de <http://www.eng.newcastle.edu.au/~jhb519/teaching/caut1/Apuntes/PID.pdf>

Pittsburgh Controls & Consulting | Software Products. (2019, febrero 16). Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <http://www.pittsburghcontrols.com/software.php>

Pittsburgh Controls & Consulting | Software Products. (s/f). Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <http://www.pittsburghcontrols.com/software.php>

Pleite Guerra, J., Vergaz Benito, R., & Ruiz de Marcos, J. M. (2009a). *Electrónica analógica para ingenieros*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill España. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3195174>

Pleite Guerra, J., Vergaz Benito, R., & Ruiz de Marcos, J. M. (2009b). *Electrónica analógica para ingenieros*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill España. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3195174>

Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., & Carreño, J. M. (2014a). *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria.

Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., & Carreño, J. M. (2014b). *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria.

Revista Electroindustria - Tecnologías para el Control de Motores de Inducción. (2019, marzo 2). Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1411>

Revista Electroindustria - Tecnologías para el Control de Motores de Inducción. (s/f). Recuperado el 2 de marzo de 2019, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1411>

Tokheim, R. L. (2008a). *Electrónica digital: principios y aplicaciones (7a. ed.)*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill España. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3195989>

Tokheim, R. L. (2008b). *Electrónica digital: principios y aplicaciones (7a. ed.)*. Madrid, SPAIN: McGraw-Hill España. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3195989>

Webmaster. (2019, febrero 16). Mundo de los Automatas y sus accesorios. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>

Webmaster. (s/f). Mundo de los Automatas y sus accesorios. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>

White, F. M. (2007a). *Mecánica de fluidos*. Madrid: McGraw-Hill.

White, F. M. (2007b). *Mecánica de fluidos*. Madrid: McGraw-Hill.

Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Pearson Educación.

winters_catalogue_spanish.pdf. (s/f). Recuperado de http://winters.com/PDF/winters_catalogue_spanish.pdf

IX. ANEXOS



Ilustración 18 Damper en ducto de ventilación

Fuente: Propia

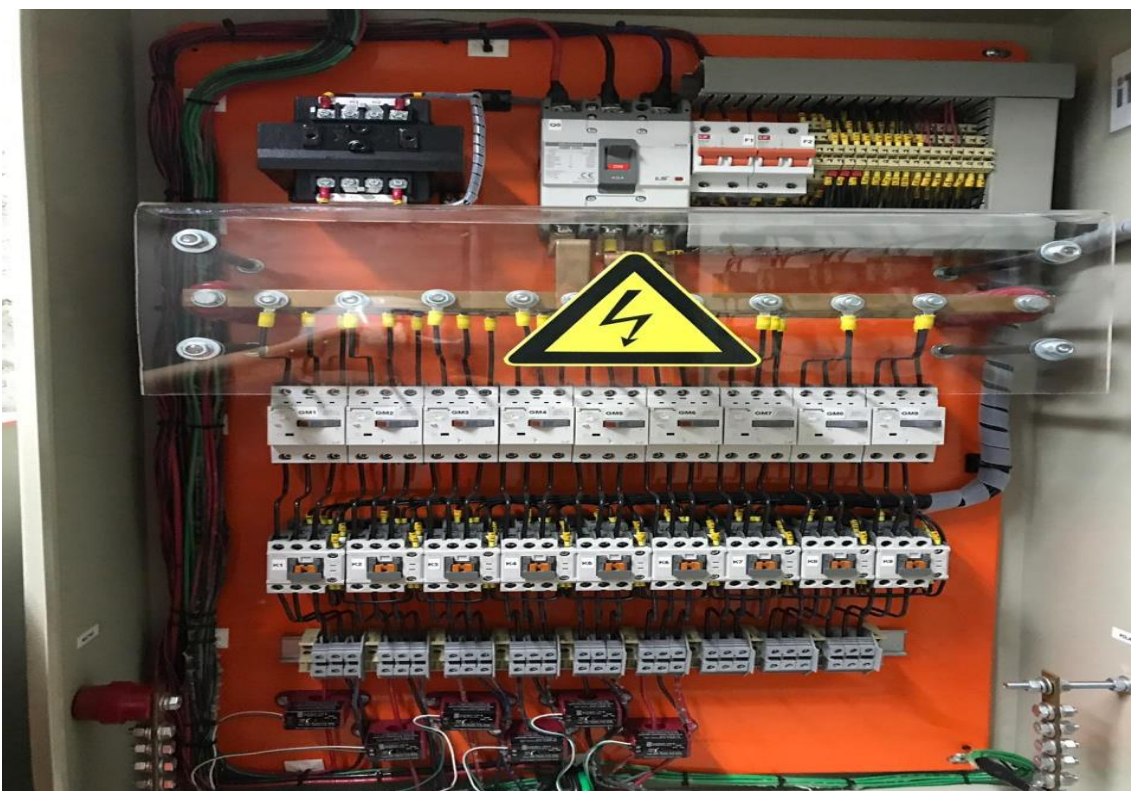


Ilustración 19 Gabinete de motores

Fuente: Propia



Ilustración 20 Ductos HVAC

Fuente: Propia



Ilustración 21 Panel de incendio

Fuente: Propia

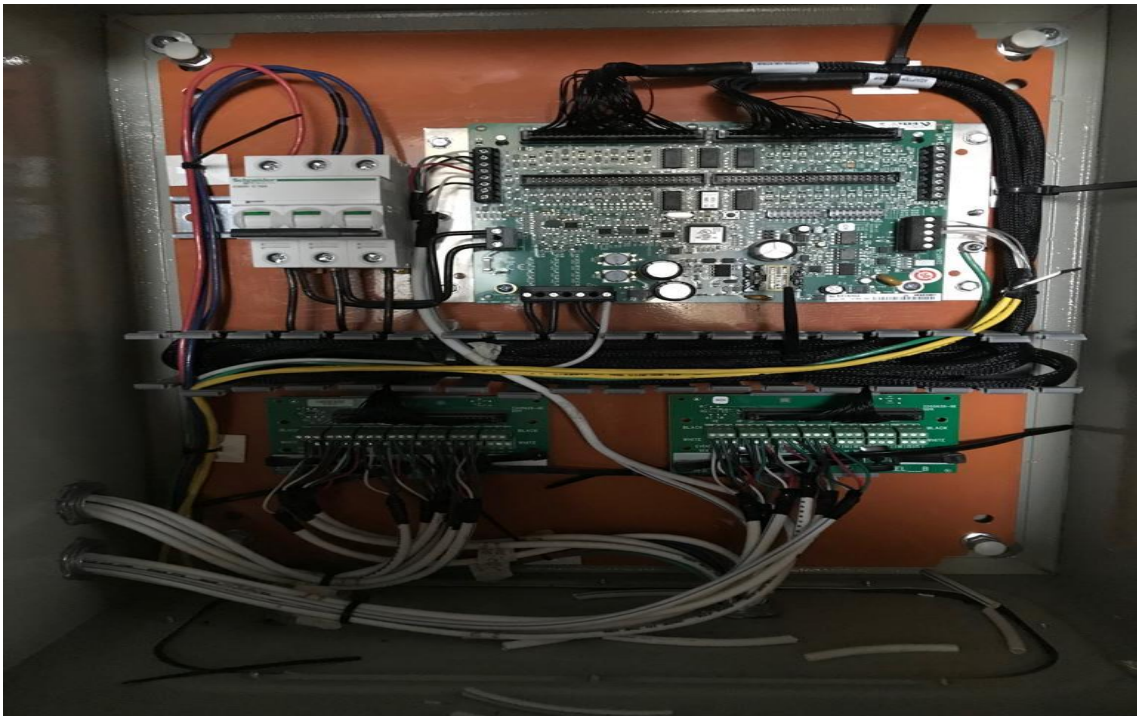


Ilustración 22 Medidores de energía

Fuente: Propia