

Implementación de un sistema de control de calefacción y aire acondicionado para la optimización de energía y eficiencia operativa en Pharmedique Lab en la ciudad de Bogotá

Juan Fernando Méndez Fajardo

asesor

Néstor Javier Rodríguez García

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI
Ingeniería Electrónica

2025

Agradecimientos

Dedico este trabajo y mi título a mi familia, especialmente a mis padres, quienes me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de este maratónico trayecto. Ellos fueron mi pilar en los momentos difíciles, cuando sentía que no podía más.

Quiero expresar mi gratitud a ellos por siempre ofrecerme palabras de aliento y acompañarme en cada paso del camino, nunca permitiendo que me sintiera solo. A mi esposa y mis hijos, les debo un profundo agradecimiento, ya que su amor y motivación fueron fundamentales para que pudiera completar esta etapa de mi vida. Su apoyo fue una luz que iluminó mi camino y me impulsó a seguir adelante.

“No te quedes quieto, ama con locura lo que haces”

Steve Jobs.

Resumen

Este trabajo aborda el diseño e implementación de un Sistema de Gestión de Edificios (BMS) en Pharmedique Lab, un laboratorio farmacéutico en Bogotá, con el objetivo de optimizar el control de calefacción y aire acondicionado. Se propone una actualización de un sistema BMS personalizado para lograr una gestión centralizada y eficiente de todos los equipos del edificio. El diseño incluirá la integración de controladores actualizados y la configuración de protocolos de comunicación para el funcionamiento óptimo de los sistemas electrónicos. Se implementarán estrategias de automatización y programación para maximizar la eficiencia energética y mejorar la operatividad del laboratorio. Además, el sistema integrará sensores inteligentes para recopilar datos en tiempo real sobre el rendimiento de los equipos y el confort térmico, facilitando la toma de decisiones y ajustes dinámicos en la climatización, lo que reducirá costos energéticos y asegurará el cumplimiento de normativas farmacéuticas.

El proceso de actualización del software se organiza en tres fases: la Fase 1 se enfoca en definir los alcances del proyecto y el desarrollo del diseño; la Fase 2 abarca el desarrollo e implementación del software, cumpliendo con especificaciones técnicas; y la Fase 3 se centra en las pruebas operativas del sistema, evaluando exhaustivamente el rendimiento de cada componente para garantizar su correcto funcionamiento. rigurosas para identificar posibles fallos y se analizarán los resultados para verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos. Además, se recopilarán datos que permitirán realizar los ajustes necesarios para optimizar el rendimiento del sistema, garantizando así su efectividad y confiabilidad en el entorno operativo.

Palabras clave: Sistema de Gestión de Edificios (BMS), Protocolos de comunicación, Automatización, Dispositivos inteligentes, Aire acondicionado.

Abstract

This work addresses the design and implementation of a Building Management System (BMS) at Pharmetique Lab, a pharmaceutical laboratory in Bogotá, with the aim of optimizing heating and air conditioning control. An upgrade of a customized BMS system is proposed to achieve centralized and efficient management of all the building's equipment. The design will include the integration of updated controllers and the configuration of communication protocols for the optimal operation of the electronic systems. Automation and scheduling strategies will be implemented to maximize energy efficiency and improve the laboratory's operability. In addition, the system will integrate smart sensors to collect real-time data on equipment performance and thermal comfort, facilitating decision making and dynamic adjustments in HVAC, which will reduce energy costs and ensure compliance with pharmaceutical regulations.

The software upgrade process is organized in three phases: Phase 1 focuses on defining the project scope and design development; Phase 2 covers the development and implementation of the software, complying with technical specifications; and Phase 3 focuses on operational testing of the system, thoroughly evaluating the performance of each component to ensure its correct operation. Rigorous tests will be carried out to identify possible failures and the results will be analyzed to verify compliance with the established objectives. In addition, data will be collected to make the necessary adjustments to optimize the performance of the system, thus ensuring its effectiveness and reliability in the operating environment.

Keywords: Building Management System (BMS), Communication protocols, Automation, Smart devices, Air conditioning.

Índice

Introducción	11
Planteamiento del Problema	13
Justificación	15
Objetivos.....	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Referencial.....	17
Proyecto Referencial #01	17
Descripción del Proyecto	17
Componentes del BMS	17
Resultados	18
Conclusión	18
Proyecto Referencial #02	18
Descripción del Proyecto	18
Componentes del BMS	19
Conclusión	19
Proyecto referencial #03	20
Descripción del Proyecto	20
Componentes del BMS	21
Conclusión	21
Marco teórico.....	22
Terminología y Conceptos Técnicos.....	22
<i>Schneider Electric</i>	22
<i>Alarma</i>	22
<i>Control Digital Directo</i>	22
<i>Proporcional Integral Diferencial</i>	24
<i>Modulo AS-P</i>	24
<i>Sistema NIAGARA</i>	24
<i>Proporcional Integral Diferencial</i>	25
<i>Modulo AS-P</i>	25

Responsabilidades	26
Operador	26
Programador.....	26
Jefe De Ingeniería.....	26
Coordinador de Mantenimiento.....	26
Mecánicos de mantenimiento.....	26
Jefes de área y supervisores	26
Área IT	27
Equipos De Control (As-P, Mzii, Mnb, Mpc).....	27
Pilares De Sistema De Control Automatizado.....	33
Normativas En La Industria Farmacéutica	33
Competitividad En El Sector Farmacéutico.....	34
La Calidad Y Seguridad En La Industria Farmacéutica	34
La Sostenibilidad Ambiental.....	34
Especificaciones Técnicas.....	34
Diseño Metodológico	36
Fase 1 Diagnóstico Inicial Y Diseño.....	36
Fase 2: Implementación Y Desarrollo.....	38
Fase 3 Análisis De Resultados.....	39
Composición De Las Fases De Desarrollo.....	40
Fase 1: Diagnóstico Inicial Y Diseño	40
Fase 2: Implementación Y Desarrollo	40
Fase 3: Análisis De Resultados.....	40
Fase 1: Diagnóstico Inicial Y Diseño	40
Fase 2 implementación y desarrollo.....	55
Fase 3 Resultados y análisis.....	67
Resultados	67
Conclusiones.....	77
Recomendaciones.....	79
Soporte y Mantenimiento	79
Protección de Información	80
Referencias Bibliográficas	81
Apéndices.....	86
Apéndice A.....	86

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Recursos Requeridos Para El Nuevo Sistema De Control BMS</i>	52
--	----

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Esquema de la Estructura de los Sistemas de Control Bms Actualizados</i>	32
Figura 2 <i>Visual del Módulo de Control As-P</i>	355
Figura 3 <i>Plano e Piso Técnicos del Laboratorio</i>	41
Figura 4 <i>Soporte del Fabricante de la Descontinuación del Producto</i>	422
Figura 5 <i>Mediciones de Proceso</i>	433
Figura 6 <i>Evidencia Fotográfica Física del Controlador I/A Series</i>	444
Figura 7 <i>Evidencia Fotográfica Física del Controlador I/A Series</i>	455
Figura 8 <i>Evidencia del Software de Control Actual</i>	466
Figura 9 <i>Plano de Piso Técnico 1 y Ubicación del Tablero Nuevo</i>	477
Figura 10 <i>Diagrama en Bloques de la Lazo de Control</i>	533
Figura 11 <i>Arquitectura del Sistema Bms con el Nuevo Módulo As-P</i>	544
Figura 12 <i>Diseño de Tablero Principal de As-P</i>	544
Figura 13 <i>Evidencia Fotográfica de los Avances de Ensamble Del Gabinete</i>	555
Figura 14 <i>Evidencia Fotográfica de los Avances de Ensamble del Gabinete y con los Módulos</i>	566
Figura 15 <i>Interfaz de Device Administrator</i>	577
Figura 16 <i>Interfaz de Licencias de la As-P para Desarrollo de Programación</i>	5858
Figura 17 <i>Interfaz de Unidad de Acondicionamiento Renovada con el Nuevo Software</i>	600
Figura 18 <i>Interfaz de Unidad de Acondicionamiento Renovada con el Nuevo Software</i>	611
Figura 19 <i>Interfaz de Monitoreo de Áreas de Proceso, Instrumentación Correspondiente</i>	611
Figura 20 <i>Interfaz de Monitoreo de Áreas de Proceso, Instrumentación Correspondiente, Enlaces de Instrumentación</i>	622
Figura 21 <i>Vinculación de Red de Comunicación de Tablero de Control Periférico</i>	633

Figura 22 <i>Diagrama de Control Pida Interfaz Nueva</i>	633
Figura 23 <i>Tablero Principal de Control –As-P</i>	688
Figura 24 <i>Enlaces y Rede Comunicación de los Módulos Secundarios</i>	6969
Figura 25 <i>Interfaz General del Laboratorio</i>	700
Figura 26 <i>Interfaz de Área y Respectiva Instrumentation</i>	711
Figura 27 <i>Acciones de Pruebas y Respuesta De Alarmas</i>	712
Figura 28 <i>Soporte Sobre las Ventajas del Up-Grade del Software</i>	733
Figura 29 <i>Soporte Sobre las Ventajas y Mejoras del Up-Grade del Software</i>	744
Figura 30 <i>Mejorar de la Interfaz del Webstation</i>	755

Lista de Apéndices

Apéndice A *Lista de Símbolos y Abreviaturas*.....

Introducción

En el contexto actual del sector farmacéutico, la necesidad de mantener estándares elevados de calidad, seguridad y eficiencia operativa se ha vuelto imperativa. Este entorno exige no solo la implementación de tecnologías avanzadas, sino también la optimización de los sistemas de gestión dentro de los laboratorios. En este sentido, el laboratorio Pharmedique, ubicado en Bogotá, enfrenta un desafío crítico: la modernización de su Sistema de Gestión de Edificios (BMS, por sus siglas en inglés) para el control de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), así como la supervisión de sistemas auxiliares como iluminación, seguridad y energía.

El BMS actual presenta limitaciones significativas, operando a un nivel de eficacia del 65%, lo que ha resultado en interrupciones operativas que han bloqueado procesos clave de liberación de productos farmacéuticos debido a las normativas. En los últimos dos años, se han registrado cuatro eventos críticos que se han traducido en pérdidas económicas aproximadas de 600,000 dólares, atribuibles a daños en productos, personal no productivo y tiempos de inactividad, todo derivado de la obsolescencia de la tecnología actual, la cual no cuenta con respaldo del fabricante desde 2009.

La propuesta que se presenta en este trabajo se centra en el diseño e implementación de un sistema BMS personalizado, utilizando el software EcoStruxure™ Building Operation. Este enfoque tiene como objetivo no solo modernizar los componentes de control existentes, sino también optimizar el consumo energético y mejorar la eficiencia operativa del laboratorio. A través de la integración de controladores actualizados, protocolos de comunicación robustos y dispositivos inteligentes capaces de monitorear el rendimiento en tiempo real, se busca establecer

un entorno de trabajo que garantice la continuidad de las operaciones, minimizando los riesgos asociados a fallos técnicos y asegurando el cumplimiento normativo.

La modernización del sistema de control HVAC en Pharmedique Lab no solo es una respuesta a las demandas operativas inmediatas, sino también una inversión a largo plazo en la sostenibilidad y competitividad del laboratorio. Al reducir los costos operativos y mejorar la calidad de los productos, se espera fomentar la satisfacción del cliente y contribuir positivamente a la reputación del laboratorio en la industria farmacéutica. De este modo, este proyecto se presenta como un paso fundamental hacia la eficiencia, la innovación y la responsabilidad ambiental, alineándose con las exigencias de un sector cada vez más competitivo y regulado.

Planteamiento del Problema

Este anteproyecto se enfoca en diseñar las mejoras a corto plazo en el sistema de Gestión de Edificios (BMS) del laboratorio Pharmetique. La modernización de este sistema ofrece diversas ventajas, tales como la reducción significativa de interrupciones operativas, el funcionamiento continuo de los equipos las 24 horas del día, y un aumento en la eficiencia operativa a lo largo del año. En la actualidad, el BMS opera con una eficacia del 65%. En los últimos dos años, se han producido cuatro incidentes que han bloqueado la liberación de productos farmacéuticos, lo que ha llevado al incumplimiento de la clasificación ISO 14644-1 para cuartos limpios. Dado que el fabricante dejó de brindar soporte a la tecnología existente en 2009 y los componentes de hardware no son reparables, resulta imperativo actualizar a nuevas versiones compatibles. Esta modernización es crucial para evitar costosos tiempos de inactividad, mitigar riesgos asociados al incumplimiento normativo y prevenir pérdidas de productos y materias primas causadas por estos incidentes. Las pérdidas económicas por tiempos de parada y productos no liberados se estiman en aproximadamente 600,000 dólares.

Estas pérdidas están relacionadas con diversos factores, incluidos daños a los productos, márgenes de operación proyectados, tiempo de personal no productivo y daños a los equipos de procesamiento farmacéutico. Además, los tiempos muertos necesarios para realizar nuevas limpiezas y liberar áreas son esenciales para cumplir con las exigencias de clasificación para los productos en proceso. Esta situación ha generado inconformidad debido a los retrasos en la entrega de lotes a diversas instituciones y establecimientos de salud.

La pregunta que guía este estudio es: ¿De qué manera se puede diseñar una modernización efectiva y oportuna del sistema de control BMS del HVAC en el laboratorio Pharmetique, considerando los desafíos actuales relacionados con los tiempos de inactividad, el

incumplimiento de normativas ISO 14644-1, las pérdidas económicas y los riesgos asociados, para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y asegurar la continuidad de las operaciones del laboratorio?

Justificación

La modernización del sistema de control de calefacción y aire acondicionado en Pharmetique Lab se presenta como una necesidad imperativa debido a la obsolescencia de la tecnología existente y a los constantes problemas operativos que han generado pérdidas económicas significativas para el laboratorio. La actualización a nuevas versiones compatibles, junto con el diseño de un sistema BMS personalizado, permitirá optimizar el funcionamiento de los equipos y dispositivos, así como incorporar herramientas avanzadas de automatización y monitoreo en tiempo real.

Esta mejora tecnológica no solo garantizará la continuidad de las operaciones, reduciendo el riesgo de interrupciones y bloqueos en los procesos de fabricación de fármacos por incumplimiento de normativas, sino que también mejorará la eficiencia operativa, la sostenibilidad ambiental y la competitividad del laboratorio en el sector farmacéutico. Además, es fundamental que los procesos farmacéuticos cumplan con las normativas exigidas por los entes reguladores de salud pública.

La modernización del sistema BMS en Pharmetique Lab generará beneficios económicos y operativos, y también contribuirá significativamente a la seguridad y calidad de los productos farmacéuticos que se producen en el laboratorio. La implementación de un sistema de control más eficiente permitirá reducir los riesgos de incumplimiento de normativas sanitarias y la pérdida de productos, lo que impactará de manera positiva en la satisfacción de los usuarios y clientes del laboratorio.

Asimismo, al mejorar la eficiencia energética y la gestión de recursos, el proyecto contribuirá a una reducción de la huella ambiental del laboratorio, promoviendo prácticas más sostenibles y responsables en los procesos productivos.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de control de calefacción y aire acondicionado en Pharmetique Lab que garantice la eficiencia operativa, el cumplimiento de las normativas de salud pública, la competitividad en el sector farmacéutico, así como la seguridad y calidad de los productos farmacéuticos. Además, se busca mejorar la satisfacción de los usuarios y clientes, promover la sostenibilidad ambiental y optimizar la gestión de recursos.

Objetivos Específicos

Determinar los requerimientos para el diseño de la modernización del sistema de control de calefacción y aire acondicionado en Pharmetique Lab.

Implementar la modernización del sistema de control de calefacción y aire acondicionado en Pharmetique Lab.

Evaluar el sistema de control BMS modernizado implementado en el laboratorio.

Marco Referencial

A continuación, presentaremos los diversos desarrollos de investigación y casos de éxito destacados que evidencian la evolución de la inversión en sistemas de gestión de edificios (BMS) en laboratorios farmacéuticos.

Proyecto Referencial #01

Un ejemplo notable de la implementación del sistema BMS aplicado en este proyecto es como gestiona las condiciones ambientales, asegurando que la temperatura, la humedad y la calidad del aire se mantengan dentro de los límites rigurosos requeridos para la producción farmacéutica, lo cual es crucial para garantizar la calidad del producto en el laboratorio farmacéutico es el de Novartis, específicamente en su instalación en Shanghái, China.

Descripción del Proyecto

Nombre del Proyecto: nuevo centro técnico global Suzhou Novartis Pharma Technology Co.

Ubicación: Shanghái, China.

Inauguración: Renovaciones realizadas en 2009

Objetivo: Implementación de un Nueva Planta de desarrollo y producción en base de cumplir con normativas de calidad más estrictas y reducir el consumo energético.

(pharmaceutical-technology, 2009)

Componentes del BMS

El BMS permite el seguimiento en tiempo real del consumo energético, facilitando la identificación de áreas de mejora y contribuyendo a la reducción de costos operativos. Monitoreo de Consumo Energético: Este sistema incluye dispositivos de seguridad y monitoreo, garantizando el cumplimiento de normativas y protegiendo tanto a los empleados como a los

productos. Se han implementado sistemas de iluminación LED eficientes, que se automatizan en función de la ocupación de los espacios y la luz natural disponible, contribuyendo así a la reducción del consumo energético.

Resultados

La implementación del BMS resultó en una reducción del consumo de energía de aproximadamente un 30%, lo que se tradujo en ahorros significativos en los costos operativos. Gracias a la eficiencia energética y a la gestión optimizada de recursos, el laboratorio tiene el logro reducir su huella de carbono y mejorar su perfil de sostenibilidad frente a otras farmacéuticas. La automatización y el monitoreo en tiempo real han permitido detectar problemas antes de que se conviertan en fallos mayores, lo que ha resultado en menores costos de mantenimiento e intervenciones inesperadas.

Conclusión

El proyecto en cuestión ejemplifica los significativos alcances del desarrollo tecnológico en la industria farmacéutica. Gracias a la eficiencia energética y a una gestión de recursos eficiente, el laboratorio no solo ha logrado reducir su huella de carbono, sino que también ha mejorado su perfil de sostenibilidad. Este compromiso con la sostenibilidad y la innovación ha permitido por Novartis destacar en el mercado farmacéutico, mejorando su imagen y reputación.

Proyecto Referencial #02

Descripción del Proyecto

Nombre del Proyecto: Planta de fabricación de productos farmacéuticos estériles de Navista Pharmaceuticals, Horana

Ubicación: Horana, India.

Inauguración: Renovaciones realizadas en 2017

Objetivo: Implementación de nueva planta de fabricación de productos farmacéuticos estériles. (pharmaceutical-technology, 2017)

Un sistema avanzado de gestión de edificios (BMS) en las instalaciones de Navesta garantiza el cumplimiento de las normativas EU-GMP y PIC/S. Este BMS se utiliza para controlar parámetros críticos, como la humedad, la temperatura y la presión diferencial en las salas de producción y pruebas, con el objetivo de eliminar todos los microorganismos viables. El interior de la fábrica está equipado con paneles de sala limpia, contruidos de hierro galvanizado pre-revestido, que ofrecen protección efectiva contra contaminantes externos. Además, la instalación incorpora características ambientalmente sostenibles, tales como iluminación de bajo consumo y sistemas integrales de tratamiento de aguas residuales. La planta de fabricación de productos farmacéuticos estériles de Navesta, ubicada en Horana, tiene una capacidad inicial de producción de 50 millones de viales al año, destinados a la formulación de inyectables betalactámicos en polvo seco estéril.

Componentes del BMS

Un sistema avanzado de gestión de edificios (BMS) en las instalaciones asegura el cumplimiento de las normativas EU-GMP y PIC/S. Este BMS se emplea para regular la humedad, la temperatura y la presión diferencial en las salas de producción y pruebas, con el fin de eliminar todos los microorganismos viables.

Adicionalmente, la instalación incorpora características ambientalmente sostenibles, que abarcan sistemas de iluminación de bajo consumo y sistemas integrales de tratamiento de aguas residuales.

Conclusión

Este proyecto destaca los amplios beneficios del desarrollo tecnológico, particularmente

en lo que concierne a la sofisticación de la tecnología de acondicionamiento en áreas estériles. Es esencial mantener condiciones óptimas de aire, humedad y temperatura durante este proceso.

Además, se requiere que la interfaz del sistema de gestión de edificios (BMS) cumpla con estrictos protocolos de ciberseguridad y ofrezca una velocidad de transmisión de datos superior a 100 MB/s.

Proyecto Referencial #03

Descripción del Proyecto

Nombre del Proyecto: Nueva instalación de ingredientes farmacéuticos activos (API) de los principales laboratorios de Cambridge

Ubicación: Cambridge, Inglaterra

Inauguración: Renovaciones realizadas en 2009

Objetivo: Nueva instalación de ingredientes farmacéuticos activos

En julio de 2009, Cambridge Major Laboratories (CML) inauguró una nueva planta de ingredientes farmacéuticos activos (API) en Germantown, Wisconsin, EE. UU. Esta instalación se construyó en respuesta a los crecientes requisitos de capacidad de CML para respaldar su creciente cartera de proyectos de desarrollo y fabricación comercial.

La planta ofrece a los clientes de las industrias farmacéutica y biotecnológica una opción de suministro de API de alta calidad, con sede en EE. UU. La construcción de la instalación comenzó en mayo de 2008 y se completó en poco más de un año. La instalación de CML en Germantown es un edificio de varios pisos de 125,000 pies cuadrados, que alberga seis salas de buenas prácticas de fabricación (GMP). Diseñadas para producir tanto API como productos intermedios farmacéuticos avanzados en volúmenes de varias toneladas, estas salas operan con una capacidad instalada total de 18,000 galones. Cada sala está equipada con diferentes tamaños

de recipientes y/o metalurgias, lo que permite abordar los requisitos cambiantes del proceso.

Componentes del BMS

Las instalaciones de Cambridge Major Laboratories incorporan tecnología de última generación para calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) y control de procesos. Los sistemas HVAC son monitoreados a través de un sistema de automatización de edificios (BAS), que garantiza que la presión, la humedad y la temperatura dentro de las zonas de procesamiento se mantengan bajo control. Este BAS permite al operador verificar el estado de los equipos y sistemas, ajustar los puntos de control y recibir notificaciones de alarma de manera instantánea. La estación de trabajo del administrador proporciona una interfaz gráfica para interactuar con el sistema HVAC.

Para evitar la contaminación cruzada, cada zona de procesamiento está equipada con unidades de tratamiento de aire independientes, que cuentan con tecnología de paso único y una considerable capacidad de filtración. El control del proceso se logra mediante una combinación de un sistema de bucle Therminol avanzado y un sistema de control basado en un controlador lógico programable (PLC) totalmente automático, ubicado en la sala de control. El sistema de bucle Therminol regula la temperatura de los reactores, incluyendo aquellos de acero inoxidable y los revestidos de vidrio.

Conclusión

Este proyecto permite analizar otras líneas de tecnologías implementadas, como los sistemas de control lógico programable (PLC) con desarrollo integrado, así como sus ventajas y desventajas en sistemas dedicados. Además, se abordan los márgenes de error y el control relativos a la instrumentación vinculada para acondicionar las áreas de proceso.

Marco Teórico

La plataforma de software abierta y escalable que proporciona información, control y gestión de múltiples sistemas y dispositivos de edificios en una vista conveniente y habilitada para dispositivos móviles. Proporciona datos valiosos para la toma de decisiones con el fin de mejorar la gestión energética y aumentar la eficiencia para mejorar el rendimiento y comodidad de los edificios, reducir las emisiones de carbono y generar entornos de edificios más sostenibles.

Los Sensores, elementos de control, módulos, computador y Software instalado en el Sistema de Aire Acondicionado y Ventilación de la planta de producción del Laboratorio.

A continuación, se tendrá los siguientes conceptos que son parte esencial del proyecto, BMS es un término enfocado al software que actualmente se va a actualizar a una mejor versión ya que nos permite la supervisión consistente en sistema de información que se utiliza para administrar y controlar los equipos de aire acondicionado y ventilación es abreviatura de “Building management systems”, sistema de gerencia para edificios.

Terminología y Conceptos Técnicos

Schneider Electric

Es la marca registrada del software para el bms que vamos a aplicar en el proyecto, para el acceso gráfico y reportes del sistema. (Schneider Electric, 2024)

Alarma

El ser un sistema de control de monitoreo cuenta con desviación de una variable controlada, temperatura, humedad o presión por fuera del rango de aceptación, o falla en la operación de un equipo.

Control Digital Directo

El Sistema cuenta con dispositivos DDC de Abreviatura de “Direct Digital Control”, se refiere al sistema de control distribuido instalado en la planta, el cual procesa las variables de entrada a través de controladores lógicos programables individuales, coordinados por un integrador que se conecta al computador de monitoreo y mando.

Entradas universales: Estos controladores DDC Recolectan la información sobre la actividad que el sistema mediante la lectura de puntos Universales, Los puntos universales son aquellos capacitados para recibir señales dentro de alguno de los siguientes parámetros:

0-20 mA

4-20 mA

0-5 VDC

0-12 VDC

Resistivas.

Para un sistema BMS, es fundamental asegurar la comunicación y la integración de los datos físicos en los procesos operativos. Cada fenómeno físico debe convertirse en señales eléctricas que sean interpretables, lo que permite que el software del sistema tome decisiones informadas para cumplir con los requerimientos de acondicionamiento. A continuación, se presenta un conjunto de definiciones que facilitarán la comprensión de estos conceptos clave.

Entrada análoga: Son las Variable Medida en corriente de 4 a 20 mA, o rango de voltaje 0 a 5 V, cuyos valores proporcionan la variable medida a lo largo de todo el rango de lectura.

Entrada digital es variable medida en dos estados, que pueden ser on - off abierto-cerrado, Prendido - apagado, filtro limpio o sucio, etc. La Salida digital es variable de dos estados, utilizada para el prendido y apagado de equipos, y energizar los pilotos de indicación remota del estado de los equipos en el tablero eléctrico. (Schneider Electric, 2019)

Proporcional Integral Diferencial

Ciclo de control de las variables, significa “Proporcional, Integral, Diferencial”, y es el proceso básico de control mediante el cual la variable controlada se compara con un punto de ajuste (Set Point), y con base en esta comparación se calcula una desviación, según el valor de la desviación se determina el valor de la salida (Acción Proporcional), se ajusta por la velocidad de cambio de la variable (Diferencial), o por la desviación acumulada en el tiempo (Integral). El Operador es un funcionario encargado de acceder mediante el programa de aportes, cambios de horarios, cambios en de ajuste y verificación en graficas de las variables controladas. El Programador es un funcionario encargado de definir los pasos de la secuencia de control entre las variables de entrada y de salida, esa función es requerida inicialmente y solo cuando se requiera la adición de módulos o cambios físicos en el sistema. (Schneider Electric, 2019)

Modulo AS-P

Es el nuevo Módulo principal de control que proporciona control integral, supervisión y gestión de la red del sistema de control. Funciona bajo arquitectura HTML y proporciona servicios de interfaz a través de exploradores de Internet, ofrece comunicación vía Ethernet, USB y RS-485. (Schneider Electric, 2020)

Sistema NIAGARA

Es el software que no tiene soporte y se va a reemplazar Niagara es una plataforma desarrollada por Schneider Electric que permite conectar y controlar dispositivos, normalizando, visualizando y analizando datos desde prácticamente cualquier lugar. Sirve como una consola central para integrar datos operacionales en tiempo real, facilitando la gestión de flujos de trabajo en edificios y sistemas que actual ya no cuenta con soporte por el fabricante, esta discontinuado.(Schneider Electric, 2018)

Proporcional Integral Diferencial

Ciclo de control de las variables, significa “Proporcional, Integral, Diferencial”, y es el proceso básico de control mediante el cual la variable controlada se compara con un punto de ajuste (Set Point), y con base en esta comparación se calcula una desviación, según el valor de la desviación se determina el valor de la salida (Acción Proporcional), se ajusta por la velocidad de cambio de la variable (Diferencial), o por la desviación acumulada en el tiempo (Integral). El Operador es un funcionario encargado de acceder mediante el programa de aportes, cambios de horarios, cambios en de ajuste y verificación en graficas de las variables controladas. El Programador es un funcionario encargado de definir los pasos de la secuencia de control entre las variables de entrada y de salida, esa función es requerida inicialmente y solo cuando se requiera la adición de módulos o cambios físicos en el sistema. (Schneider Electric, 2019)

Modulo AS-P

Es el nuevo Módulo principal de control que proporciona control integral, supervisión y gestión de la red del sistema de control. Funciona bajo arquitectura HTML y proporciona servicios de interfaz a través de exploradores de Internet, ofrece comunicación vía Ethernet, USB y RS-485. (Schneider Electric, 2020)

Responsabilidades

Operador

Es responsable por la ejecución y actualización de los horarios, reportes históricos y gráficas de tendencia según lo establecido en este procedimiento. (Schneider Electric, 2005)

Programador

Es responsable de actualizar memorias de cálculo, bases de datos del bms, planos, manual de operación y mantenimiento del sistema de ventilación y aire acondicionado por cualquier cambio autorizado. Es responsable de hacer copia comprimida de las bases de datos del bms en el disco duro igualmente guardara una copia en caso de que se requiera.

Jefe De Ingeniería

Es responsable por asegurar que se cumpla de manera efectiva los planes y programas de control y suministrar los recursos necesarios.

Coordinador de Mantenimiento

Es responsable por el manejo y funcionamiento del sistema de información y la adecuada conservación y disponibilidad de los reportes y de la documentación y copias de respaldo de los programas del área de control.

Mecánicos de Mantenimiento

Son responsables de realizar y diligenciar las órdenes de trabajo, e inspeccionar físicamente las anomalías, alertas o alarmas generadas por el bms.

Jefes de Área y Supervisores

Son responsables de recibir y aprobar los reportes de variables y de hacer las solicitudes de cambios de horarios y ajustes en puntos de control de variables a través del sistema de control.

Área IT

Es responsable de configurar backup diario de la carpeta de backups generada en el servidor para almacenar la información en disco externo como copia de seguridad.

Adicionalmente es responsable de realizar copia completa el disco duro anualmente.

Dentro de la capacidad del sistema, se definen el alcance del control y sus funciones.

Equipos de Control (As-P, Mzii, Mnb, Mpc)

Entre otras funciones programables se cuenta con:

Autodiagnóstico de fallas.

Programación de equipos, arranque, parada, ajuste etc.

Control digital Directo (DDC)

Funciones matemáticas básicas.

Programación de mantenimiento

Programación de alarmas visuales o escritas.

Reportes periódicos acerca de las condiciones del sistema.

Reajuste ("override"), para la superposición de órdenes momentáneas o permanentes.

El acceso a los Módulos puede darse directamente con un Portátil conectado al Modulo o desde el computador principal.

funciones básicas que nos permite el nuevo software versus al existente ya que solo está por proceso de monitoreo.

Comando arranque, y secuencias de seguridad correspondientes.

Temperatura de Entrada de agua fría.

Temperatura de Salida de agua fría.

Control de arranque.

Flujo positivo.

Control de Arranque.

Flujo aire Positivo.

Temperatura de ambiente (por zonas) y de conducto.

Válvula motorizada.

Perdida de presión filtros.

Señal 4-20 mA a los variadores

Recalentador de aire (donde aplique)

Sensores de humedad, temperatura y presión por sectores

Control operación.

Flujo Positivo.

Comando arranque, y secuencias de seguridad correspondientes.

Funciones del Nuevo Software que no cuenta el sistema Niagara actual

Programación de horarios.

Programación basada en calendarios

Programación de vacaciones.

Anulación temporal de la programación

Interrupción automática programada para ahorro de energía durante el día

Control de reencendido nocturno

Controla y monitorea datos de temperatura, humedad y presión

En un proceso adaptado a las necesidades de las instalaciones, es posible utilizar cualquiera de los siguientes:

Cualquier estado o dato puntual medido por el sistema,

Cualquier dato calculado,

Cualquier resultado obtenido de otros procesos,

Constantes definidas por el usuario,

Funciones aritméticas (+, -, *, /raíz cuadrada, exponencial etc.),

Operadores lógicos booleanos (y/o exclusivo o etc.).

Se proporciona manejo de alarmas al monitor e información directa de alarmas hacia los dispositivos del operador.

Los reportes de alarmas y mensajes se envían a la lista de dispositivos del operador a PC definidos por el usuario.

El software de la interfaz del operador incluye dentro de las especificaciones del nuevo software:

Visualización gráfica y control de entorno a través de Internet Explorer

Programación y reversión de las operaciones

Recolección y análisis de datos históricos

Definición y conformación de presentaciones dinámicas de gráficos

Edición, programación, Archivo y descarga de las bases de datos de

Funciones Windows adaptadas a las necesidades del usuario

Gráficas dinámicas en colores y control gráfico

Manejo de alarmas

Programación de la hora del día

Definición y presentación de los datos de tendencia

Definición de gráficos

Construcción de gráficos

Protección de acceso mediante contraseña de nivel múltiple para permitirle al usuario limitar el control y manipulación de las bases de datos en la forma considere apropiada para cada usuario, con base en una palabra clave asignada, con un mínimo de cinco niveles de acceso por cada rutina. (Schneider Electric, 2005)

El sistema genera automáticamente un informe de la hora de entrada / salida y actividad del sistema para cada usuario.

El software le permite al operador ejecutar comandos incluyendo, pero sin limitarse a los siguientes:

- Arrancar o parar los equipos seleccionados

- Añadir/modificar/borrar la programación de tiempos

- Activar/desactivar el informe de alarmas de los puntos

- Activar /desactivar la tendencia de los puntos

- Monitorear variables relacionadas a los equipos del sistema

- Verificar reportes de las variables anteriormente mencionadas

- Incluye presentaciones gráficas de los planos del piso y esquema de los sistemas

La interfaz del operador permite a los usuarios acceder a los diferentes esquemas del sistema de planos de los pisos por medio de un esquema gráfico de acceso, selección de menús.

Valores de temperatura dinámica, valores de humedad valores de presión en sus correspondientes localizaciones. (Schneider Electric, 2005)

El paquete de gráficos con un programa de dibujo para:

- Definir símbolos

- Símbolos de posición y tamaño

- Definir la pantalla de fondo

Definir las líneas y curvas conectores

Localizar, orientar y fijar el texto descriptivo

Definir y mostrar los colores para todos los elementos

Establecer la correlación entre símbolos o textos y puntos asociados del sistema u otras presentaciones.

Presentaciones gráficas para representar cualquier agrupación lógica de puntos del sistema o datos calculados con base en el funcionamiento del edificio, sistema mecánico, planta del edificio o cualquiera otra agrupación lógica de puntos que le ayude al operador al análisis del conjunto.

Equipo y documentación necesarios para Añadir / borrar/modificar

Estaciones de trabajo del operador

Controladores de aplicaciones específicas

Puntos de cualquier tipo.

Parámetros asociados de puntos y constantes de calibración

Definición de informes de alarmas para los puntos

Anillos de retroalimentación

Aplicaciones de manejo de energía

Programación basada en hora calendario

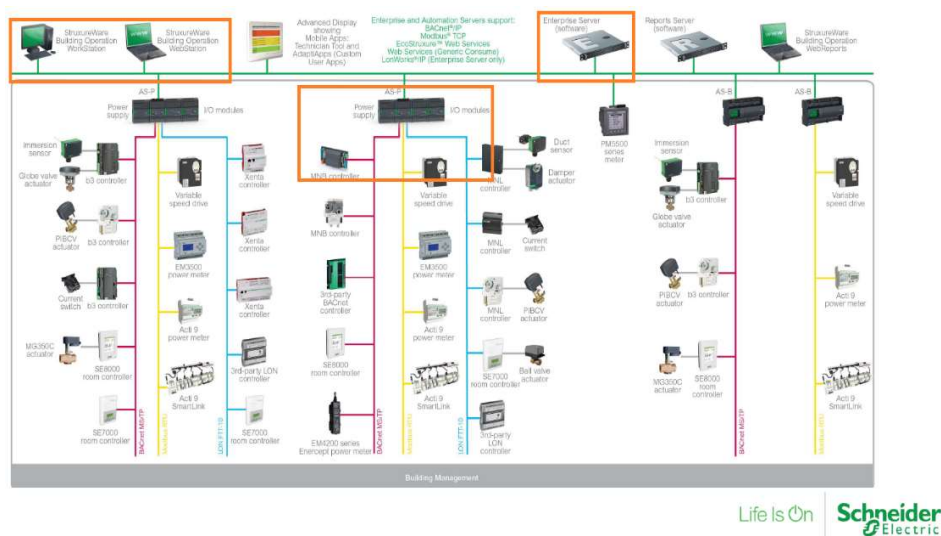
Totalización para puntos

Tendencia de datos históricos para los puntos

A continuación, se muestra el esquema básico de distribución de los equipos en la red del sistema de control. Señalo en Cuadrado Naranja la composición de los dispositivos y los alcances que puede tener el nuevo Software. (Schneider Electric, 2023)

Figura 1

Esquema de la Estructura de los Sistemas de Control Bms Actualizados



Nota. Diagrama estructura de Módulos de Control. Tomado de. Página Web de Schneider electric. (2015). (<https://www.combustionservice.com/wpcontent/uploads/2015/05/SmartStruxure-Architecture.png>, 2015).

Servidor Web - Software en Workstation Versión 3.1, este servidor se integra con la AS-P, permitiendo la recepción de toda la información de las NMB-300 y MPC. La conexión asegura un flujo eficiente de datos, optimizando así el rendimiento y la gestión de la información.

La plataforma del control tiene tres niveles básicos, primario a nivel de controladores (MNB y MZII), un segundo nivel de Integración conformado por la red de comunicación y el Módulo Central (AS-P), y un acceso de alto nivel para Gestión y administración (Software Gráfico).

El AS-P, se encuentran permanentemente energizados, un elemento fuera de Red genera una alarma y errores en las variables de ese punto, el módulo global coordina la comunicación y por ello se mantienen energizado y cuenta con sincronización de control del reloj interno del procesador.

El nivel de administración es finalmente solo un acceso a toda la información, sin embargo, para mantener el registro de las novedades y de las variables muestreadas, el programa debe correr permanentemente en el computador asignado, en caso de falla los módulos continúan con la tarea de control y pierden los registros de información. El programa puede correr en segundo plano y se encuentra registrando indiferentemente si hay o no usuario registrado.

Pilares de Sistema de Control Automatizado

Sistemas de Automatización y Control: Los sistemas de automatización y control desempeñan un papel fundamental en entornos industriales al optimizar procesos, mejorar la eficiencia operativa y garantizar la fiabilidad de las operaciones. La implementación de un Sistema de Gestión Técnica de Edificios (BMS) en Pharmetique Lab permitirá controlar de manera centralizada los sistemas de calefacción y aire acondicionado, optimizando su funcionamiento, facilitando la supervisión y el mantenimiento.

Normativas en la Industria Farmacéutica

La industria farmacéutica está sujeta a estrictas normativas y regulaciones de salud pública, como la ISO 14644-1 que establece los requisitos para la clasificación de salas limpias. La actualización del sistema de control en Pharmetique Lab debe cumplir con estas normativas para garantizar la integridad y calidad de los productos farmacéuticos, así como la seguridad de los empleados y cliente final.

Competitividad en el Sector Farmacéutico

En un mercado farmacéutico altamente competitivo, la modernización tecnológica puede ser un factor diferenciador clave. Un sistema BMS actualizado en Pharmetique Lab no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también posicionará a la empresa como líder en términos de innovación tecnológica y calidad de sus productos, contribuyendo a su competitividad y crecimiento en el mercado.

La Calidad y Seguridad en la Industria Farmacéutica

Son aspectos críticos como cualquier proceso industrial. La implementación de un sistema de control eficiente en Pharmetique Lab permitirá monitorear y regular las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, en áreas críticas de producción, almacenamiento, garantizando la calidad y estabilidad de los productos farmacéuticos.

La Sostenibilidad Ambiental

Es un ámbito muy esencial y del mayor impacto ya que es un aspecto cada vez más relevante en la industria farmacéutica y demás gremios. La modernización del sistema de control en Pharmetique Lab, además de mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de recursos, contribuirá a la sostenibilidad ambiental al promover prácticas responsables y la reducción de la huella ambiental en las operaciones del laboratorio. (Lovera, 2021)

En conjunto sería los pilares esenciales de comprender los beneficios y el impacto de la modernización del sistema de control en Pharmetique Lab para establecer una base sólida que va de la mano con la excelencia y crecimiento del laboratorio.

Especificaciones Técnicas

SmartX Controller without LON AS-P-NL

Figura 2

Visual del Módulo de Control As-p



Nota. Imagen física del Módulo Principal AS-P. Tomado de. *Página Web de Schneider electric.* (2015). <https://www.se.com/co/es/download/document/AS-P-Specification-Sheet/>.

El servidor SpaceLogic AS-P-NL es el núcleo de un sistema de gestión de edificios (BMS) EcoStruxure, desempeñando funciones esenciales como control lógico, registro de tendencias y supervisión de alarmas. Además, facilita la comunicación y conectividad con los buses de campo y de E/S. Este servidor puede operar de manera independiente, controlar módulos de E/S y gestionar dispositivos conectados a buses de campo. Está equipado con dos puertos Ethernet, dos puertos RS-485, un puerto para bus de E/S, un puerto USB para dispositivos y un puerto USB host. Con unas dimensiones de 114 mm (alto), 90 mm (ancho) y 64 mm (profundidad), este modelo tiene una clasificación de resistencia al fuego de plásticos UL94-5VB y una protección IP20 contra la entrada de cuerpos sólidos. Para su instalación, se requiere una base terminal TB-ASP-W1, disponible por separado. (Schneider Electric, 2023)

Diseño Metodológico

El diseño metodológico se elaboró a partir de un análisis detallado de las necesidades y objetivos específicos del proyecto. Este proceso se estructuró en varias etapas, cada una de las cuales contribuyó a la creación de un enfoque sólido y pertinente.

Primera Fase Diagnóstico Inicial y Diseño

En esta fase, se llevará a cabo un análisis exhaustivo del contexto actual, identificando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Se programarán reuniones con el personal del laboratorio y se realizarán visitas a las instalaciones para obtener una comprensión clara de la situación y las necesidades específicas que deben abordarse. Esta etapa es crucial para establecer una base sólida sobre la cual se construirán las siguientes fases del proyecto.

Con la información recopilada durante la fase de diagnóstico, se procederá al diseño del sistema de control y a la formulación de soluciones concretas. Esto incluirá el establecimiento del alcance de la intervención, la identificación de los recursos necesarios y la planificación de actividades detalladas. Se establecerán indicadores para evaluar el desempeño del sistema y se elaborará un cronograma que guiará la implementación.

El alcance de la intervención se limitará a un único sistema, considerando que, según información de Schneider Electric, las tarjetas actuales utilizadas por la empresa desde 2018 han llegado a un punto de obsolescencia. Estas tarjetas han estado en uso aproximadamente durante 15 años en nuestros proyectos, lo que evidencia la necesidad urgente de una actualización.

Schneider Electric tiene una política de soporte que abarca un periodo de 10 años para las nuevas tecnologías. Sin embargo, el área de ingeniería del laboratorio ha enfrentado numerosas complicaciones en la operación del sistema BMS en los últimos años. Además, por cuestiones de auditoría, se ha perdido información clave que impide una gestión adecuada del sistema de

climatización HVAC, lo que subraya la urgencia de implementar mejoras en la infraestructura tecnológica.

En este contexto, el cliente requiere un nuevo soporte que garantice el cumplimiento de las condiciones operativas del HVAC, asegurando así la eficiencia y efectividad del sistema.

Revisión de Requisito requeridos por parte del cliente.

Programación de horarios.

Programación basada en calendarios

Programación de vacaciones.

Anulación temporal de la programación

Interrupción automática programada para ahorro de energía durante el día

Control de reencendido nocturno

Controla y monitorea datos de temperatura, humedad y presión

En un proceso adaptado a las necesidades de las instalaciones, es posible utilizar cualquiera de los siguientes:

Cualquier estado o dato puntual medido por el sistema,

Cualquier dato calculado,

Cualquier resultado obtenido de otros procesos,

Constantes definidas por el usuario.

Reporte de Gráficos y descargables.

Arquitectura del Software

Elección de patrones arquitectónico del Hardware se mantendrá lo único que se reemplazará el Módulo Principal de esa forma la inversión inicial no es alta.

Diseño de Componentes

Modelado de clases: Definición de las clases y sus relaciones mediante diagramas de clases.

Interfaz de usuario: Se mantendrá de acuerdo con la nueva Versión de Software es más estilizado y estructurado siendo más se llevaron a cabo pruebas exhaustivas en el sistema actual, centradas en la creación de condiciones óptimas de temperatura y humedad, así como en el balanceo de la presión diferencial en las áreas limpias. Durante estas pruebas, se observaron ciertas limitaciones en la capacidad de respuesta del sistema, lo que dificultó el cumplimiento de los requisitos establecidos.

Específicamente, se identificó que el tiempo de recolección de datos presentaba conflictos que afectaron la precisión y la eficacia en la implementación de las acciones requeridas. Estos problemas resaltan la necesidad de optimizar el proceso de recolección de datos para garantizar una respuesta más ágil y efectiva en el control del entorno.

Con base en estas observaciones se pudo determinar todos los inconvenientes que mencionaba el laboratorio y las implicaciones con los entes que controlan y aprueban los procesos farmacéuticos, además de las pérdidas económicas que implican. (Schnneider Electric, 2023)

Segunda Fase Implementación y Desarrollo

En esta fase, se llevarán a cabo las acciones planificadas de acuerdo con el cronograma establecido. Se implementará un seguimiento continuo de las actividades, utilizando los indicadores previamente definidos para medir el progreso y el impacto de las estrategias adoptadas. Se realizará un monitoreo regular del avance de las actividades frente al cronograma, identificando cualquier desviación y ajustando los planes según sea necesario. Esto incluirá reuniones periódicas con el equipo para revisar el estado de las acciones y compartir avances.

Se garantizará la asignación adecuada de recursos (materiales, financieros y humanos), asegurando que se utilicen de manera óptima para alcanzar los hitos críticos del proyecto. Esto incluye la supervisión del uso de los recursos y la identificación de cualquier necesidad adicional que pueda surgir. A lo largo de la fase de ejecución, se establecerán controles en los hitos críticos del cronograma para garantizar que los entregables se completen a tiempo y dentro del alcance previsto. Se prepararán informes sobre el progreso y se realizarán ajustes estratégicos cuando sea necesario. Se fomentará una comunicación abierta y continua entre todos los miembros del equipo y las partes interesadas. Esto asegurará que cualquier reto se aborde de manera inmediata y que se mantenga la alineación en relación con los objetivos del proyecto. Esta fase es fundamental para asegurar que el proyecto se mantenga en el camino correcto y alcance los resultados esperados, sentando las bases para la fase siguiente de análisis y evaluación de resultados

Tercera Fase Análisis de Resultados

Finalmente, esta fase incluirá una evaluación exhaustiva que permitirá reflexionar sobre los resultados obtenidos a lo largo del proyecto. Se llevará a cabo un análisis comparativo entre los objetivos inicialmente planteados y los resultados alcanzados, con el fin de identificar no solo los logros, sino también las áreas que podrían mejorarse. Durante esta evaluación, se recogerán datos cualitativos y cuantitativos para medir el impacto de las soluciones implementadas. Se fomentará la participación de los miembros del equipo y del personal del laboratorio, quienes proporcionarán sus perspectivas sobre la efectividad del sistema de control y la gestión del HVAC desde su implementación.

Con la metodología de tres fases (diagnóstico inicial y diseño, Implementación y desarrollo y Análisis de Resultados) es fundamental para alcanzar con éxito los objetivos

propuestos. De esta forma se podrá enfocar los recursos adecuados cada etapa estará compuesta por unos ítems importantes para completar.

Composición de las Fases de Desarrollo

Primer Fase: Diagnóstico Inicial Y Diseño

Levantamientos de Información y requerimientos.

Alcance de Hardware y Software.

Diseño y Planteamiento.

Importación tarjetas y entrega.

Segunda Fase: Implementación Y Desarrollo

Fabricación tablero control.

Programación inicial de tarjetas.

Adecuación cofre en sitio y conexiones de red de comunicación.

Enlaces finales de comunicación y pruebas

Tercera Fase: Análisis De Resultados

Verificación por Etapas del Sistema.

Análisis de los resultados de las Etapas del Sistema.

Identificar la etapa Crítica y Planteamiento de Mejoras de Etapa diseñada.

Evaluación Final del Sistema Implementado.

Con por consiguiente énfasis de la composición de las fases, mencionada empezamos cada fase a diseñar y desarrollar los objetivos propuestos.

Primera Fase Diagnóstico Inicial y Diseño

Se procede a realizar una reunión con el personal encargado del proyecto y ver los alcances.

Figura 3*Plano de Piso Técnicos del Laboratorio*

Nota. Plano de Distribución del Piso Técnico y los tableros de Control periféricos.

A continuación, encontrarán una planimetría de los pisos técnicos del sistema HVAC donde están ubicadas los módulos de control respectivos donde toman toda la instrumentación del sistema BMS. Se realiza una inspección en obra de las condiciones del sistema actual. Se valida el sistema Niagara que por parte del fabricante esta discontinuado.

Figura 4

Soporte del Fabricante de la Descontinuación del Producto

[Product Announcement PA-00221]

TAC I/A Series R2 Availability



IA-ENT
WorkPlace Pro

UNC-410-1
UNC-520-2

Schneider Electric is announcing the end of life for the TAC I/A Series R2 product line as of December 1, 2014. This announcement provides detailed timeline information for all R2 products listed in the tables below.

Starting July 1, 2013, Schneider Electric will not accept orders that require the creation of R2 license files for jobsites or projects with new unique Project IDs.

Please note that stocked inventory cannot be used as a work around as a new license file Project ID would be still required.

Starting July 1, 2013, orders to add software options or to expand a currently active installed site will continue to be accepted. The order must reference an existing active Project ID.

These orders must be placed by December 1, 2014. As of this date, orders for the TAC I/A Series R2 products will no longer be accepted. Please refer to the tables below to view the complete list.

Action required by field office

Each office should review their employee training records and determine the course of action for sufficient training with the available system products.

Note: Both sales and technical training are required to order the available system products.

Product at a Glance

Product Announcement Number
PA-00221

Timeline recap:

- July 1, 2013 – No new project IDs; only extensions of existing projects
- Dec 1, 2014 – I/A Series R2 products will no longer be available for purchase

Information regarding Technical Training:

- [StruxureWare Building Operation - Engineering: Workstation and System Design](#)
- [I/A Series G3 Engineering](#)

For information regarding sales training, please contact your Regional Sales Manager.

Nota. Soporte por parte del fabricante mencionando que ya no cuenta con soporte por parte del fabricante. Tomado de. Página web de Schneider electric. (2013) <https://ecoxpert.se.com/tac-iaseries/softwareandfirmware/software#tab/documents>.

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la documentación existente, que incluyó manuales de usuario, protocolos de prueba, especificaciones técnicas y esquemas eléctricos. Este paso permitió establecer de las condiciones operaciones del sistema de control.

Se realizaron mediciones del entorno operativo, incluyendo temperatura, humedad, y condiciones de alimentación eléctrica del módulo de control. Estos factores son fundamentales para asegurar que el sistema funcione dentro de los parámetros permisibles.

Figura 5

Mediciones de Proceso Condiciones de Humedad, Temperatura y Presión

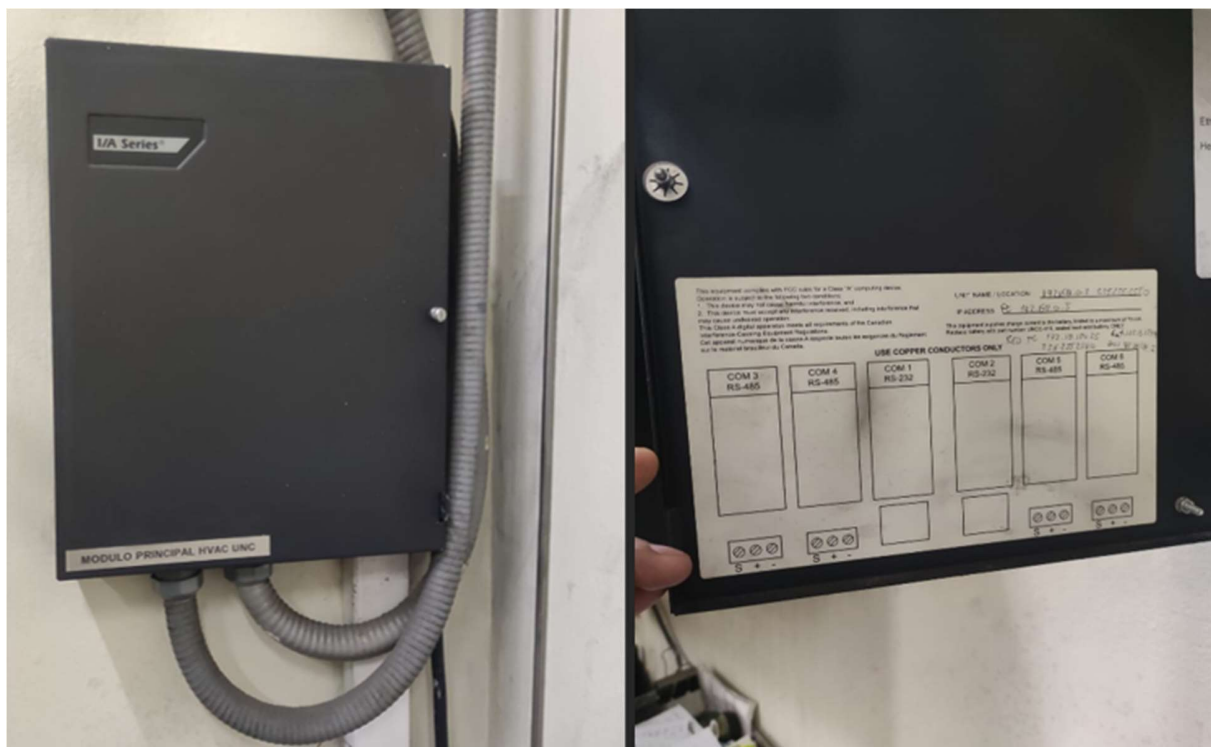


Nota. Fotografías con instrumentación patrón en tiempo real.

Es notable que las condiciones de operación que ejerce el sistema BMS existente no es el adecuado ya que los límites permitidos en los diferentes procesos la respuesta puede llegar a ser mayor a 2 horas o 3 horas en el proceso lo que implica.

Figura 6

Evidencia Fotográfica Física del Controlador I/A Series



Nota. Evidencia fotográfica del Módulo Principal I/A Series.

En la Figura 5 y 6 esta relacionadas con el Módulo de Control principal Niagara I/A series, que por parte del fabricante Schneider Electric ya no cuenta con soporte desde el 2008 lo que implica que este dispositivo si llega a tener daños directos no se podría contar con un reemplazo o reparación de los sus componentes electrónicos.

Figura 7

Evidencia Fotográfica Física del Controlador I/A Series

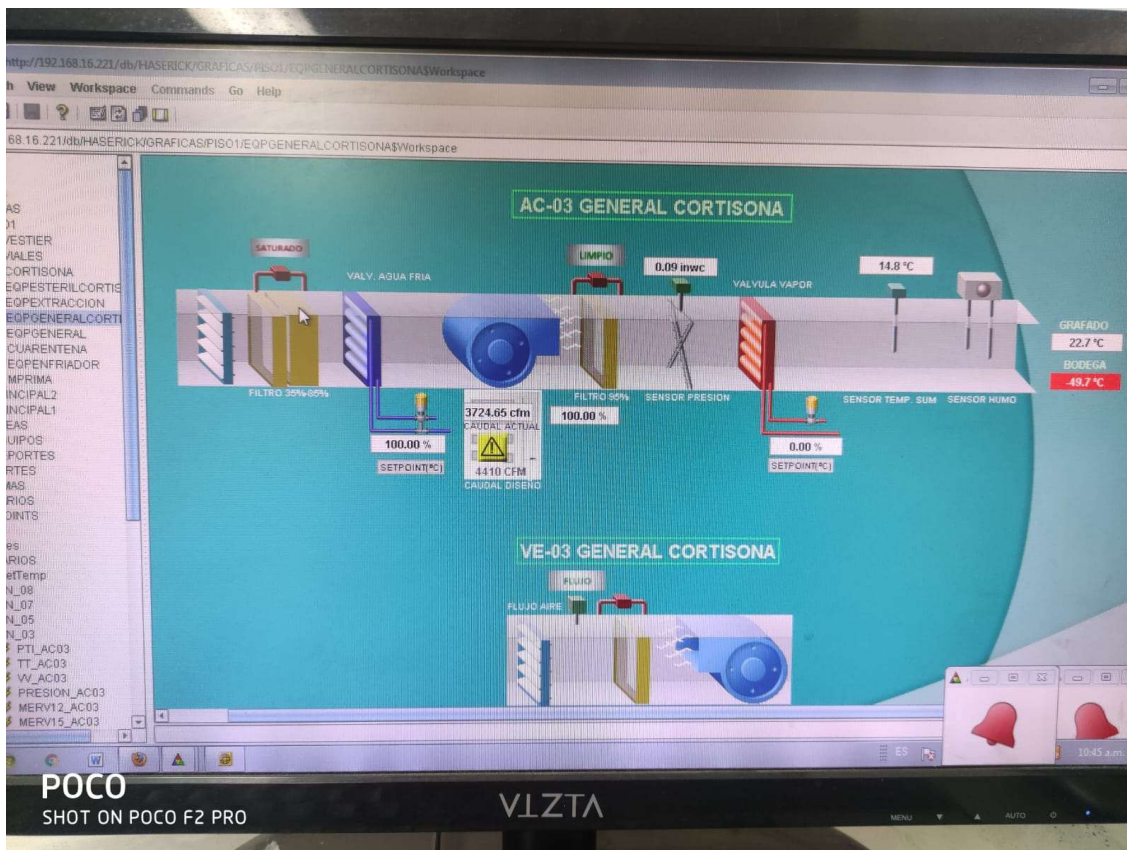


Nota. Evidencia fotográfica del Módulo Principal I/A Series.

El software instalado en el módulo de control fue verificado respecto a su versión y configuración, en este caso Versión 1.1(Descontinuado). Como se mencionó anteriormente las pruebas del software se observa deficiencias en sus datos de ejecución y respuesta, se observa sobrecalentamiento en sus componentes electrónicos, alta contaminación de particulado y presencia de humedad o condensación en la PCB. (Schneider Electric, 2018)

Figura 8

Evidencia del Software de Control Actual



Nota. Evidencia fotográfica del Software Niagara de Monitoreo y control de los equipos.

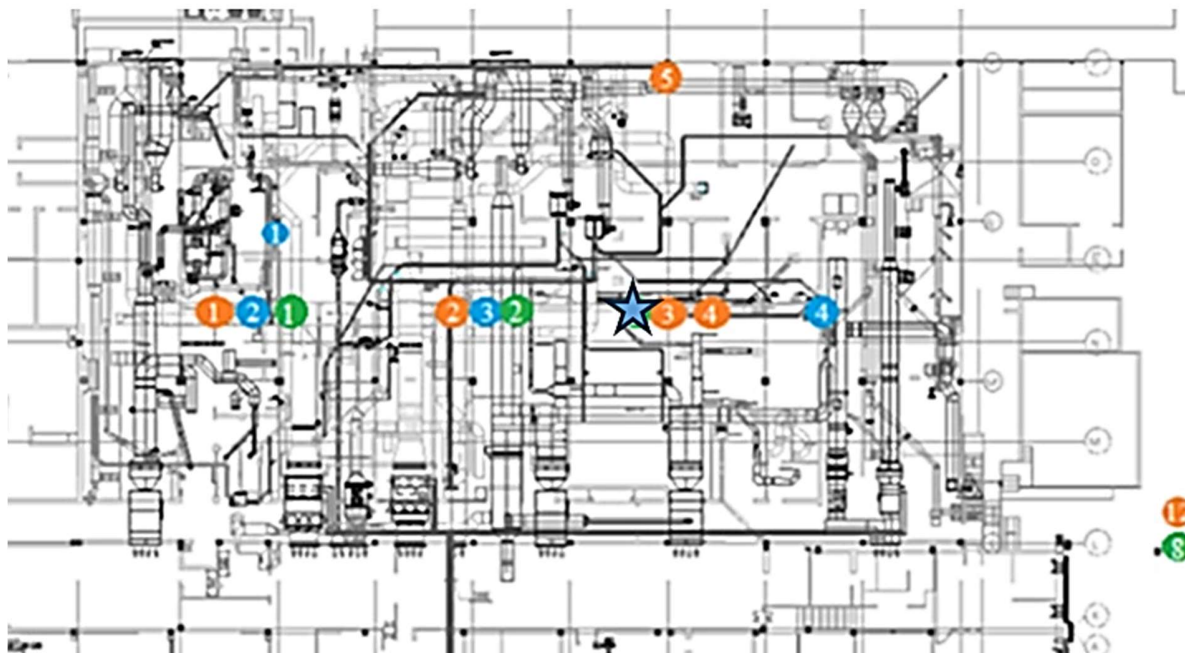
Se verificó la correcta configuración de la estación de trabajo, asegurando que todas las conexiones físicas y lógicas estuvieran bien establecidas. Esta evaluación incluyó pruebas de interfase y de comunicación con el módulo de control.

La validación del sitio ha resultado en la identificación de la Ubicación en el piso técnico principal, como la más apropiada para la implementación del nuevo módulo principal y tablero. Esta elección optimiza las condiciones operativas y la seguridad, así como el mantenimiento y la comunicación con otros sistemas secundarios como se refleja en la Fig.3. A continuación, en la

Figura 10. se representa mediante una estrella en la planimetría reflejara la ubicación del Cofre de la tarjeta principal. Donde será implementado el Nuevo Módulo de referencia AS-P.

Figura 9

Plano de Piso Técnico 1 y Ubicación del Tablero Nuevo.



Nota. Plano de Distribución del Piso Técnico y los tableros de Control periféricos y con símbolo de estrella es la posición del tablero principal de la AS-P.

Con base en la información recabada durante la visita, se procede a realizar un análisis presupuestario de los requerimientos asociados a la migración al nuevo software y sus componentes. Según el alcance definido, se determinará que solo será necesario el Módulo Principal, que será responsable de migrar los datos e información base para la nueva integración. Sin embargo, este desarrollo será completamente nuevo, y los reportes generados no tendrán relación con la versión anterior, Niagara 1.1.

El fabricante ha indicado que, debido al desarrollo tecnológico, los equipos asociados a esta versión han quedado fuera de soporte técnico. Esto implica que los módulos existentes ya no cuentan con licencias o plataformas para su manipulación, control y modificación. En este contexto, se toma la decisión de reemplazar el Módulo Niagara Series. Tras validar las características técnicas del Módulo AS-P, se concluye que este dispositivo es compatible con la red de comunicación BACnet, lo que permitirá integrar los módulos existentes, MNB-300 y MPC. De esta forma también garantizamos el Soporte del fabricante los próximos 10 Años y Software. Para darle la última resolución a los requerimientos es con la comparativa de las características técnicas que nos ofrece el sistema el sistema Niagara Serie TAC I/A actual versus al nuevo sistema BMS EcoStruxure.

El sistema Niagara Serie TAC I/A: Es el sistema de automatización de edificios de la serie® TAC I / A es una automatización inteligente para instalaciones de todo tipo y tamaño. Al ofrecer una solución abierta e interoperable a través del poder de Internet, la serie I/A proporciona acceso y control completos de su edificio desde cualquier parte del mundo. Solo la serie I/A es Abierto e inoperable La serie I/A es totalmente compatible con LON, ® BACnet™, OPC® y Modbus®, y funciona con Niagara Framework.

Compatibilidad® con navegadores de Internet. Cliente ligero, Internet Explorer™ y Netscape™ compatibles con un número ilimitado de usuarios.

Control y seguimiento.

Acceso diario completo o gestión y/o supervisión del sistema. Recogida de datos.

Creación en tiempo real, histórica y dinámica para requisitos personalizados.

Gestión de alarmas

Sofisticado procesamiento y enrutamiento de alarmas, incluyendo correo electrónico, paginación y capacidad de teléfono celular.

Programación.

Calendario gráfico, programación de eventos y días festivos disponible en todas las plataformas.

Informes.

Creación dinámica de informes personalizados con catalogación simplificada como maestros.

Registro de cambios en la base de datos.

La funcionalidad de Audit Trail proporciona detalles completos sobre quién ha accedido al sistema, cuándo y qué actividades ocurrieron.

Programación de bases de datos.

Acceso completo a todas las plataformas compatibles.

Seguridad. Protección y seguridad con contraseña mediante Java estándar. (On October 1st, 2009, TAC became the Buildings Business of its parent company SchneiderElectric.).

EcoStruxure Control: El software EcoStruxure™ Building Operation es el corazón de control de borde del sistema EcoStruxure Building para supervisar, gestionar y controlar los sistemas de construcción. Con una plataforma de integración abierta, facilita de forma segura el intercambio de datos tanto de Schneider Electric como de sistemas de energía, iluminación, HVAC, seguridad contra incendios, protección y gestión del lugar de trabajo de terceros para crear edificios inteligentes preparados para el futuro. El controlador AS-P de SpaceLogic ofrece las siguientes características:

Numerosos puertos de conectividad, incluido Ethernet dual, para la comunicación con una amplia variedad de protocolos, dispositivos y servidores

BACnet

Modbus tcp

Master rs485

Modbus tcp

Slave rs485

Https rj45

Http rj45

Lon tp

Modelos disponibles con o sin control de humo UL 864, así como para aplicaciones que no requieren LonWorks

Autenticación y permisos potentes

Compatibilidad con el protocolo de construcción abierta

Compatibilidad nativa con BACnet listada en BTL

Soporte nativo de LonWorks

Soporte de servicios web y servicios web de EcoStruxure

Configuraciones de cliente escalables con control de hasta 464 puntos de E/S

Expansiones para recursos de E/S remotos

Opción de almacenamiento de registros externos

Herramientas de programación basadas en texto y gráficos: tanto Script como Function

Block, únicas en la industria

Memoria eMMC de 4 GB para datos y copias de seguridad

Amigable con TI con comunicación de red estándar

Compatibilidad con TLS para comunicaciones cifradas

Diseño patentado de dos piezas

Un centro de comunicaciones capaz de coordinar el tráfico desde arriba y por debajo de su ubicación

Entrega datos directamente a los usuarios u otros servidores en todo el sitio

Ejecuta múltiples programas de control: administre E/S locales, alarmas y usuarios;

Gestione la programación y el registro, y comuníquese mediante una variedad de protocolos

La mayoría de las partes del sistema funcionan de forma autónoma y continuarán funcionando en su conjunto incluso si se interrumpe la comunicación o si los servidores o dispositivos

individuales se desconectan. (Schneider Electric, 2021)

Como conclusión, al considerar la versatilidad y la necesidad de asegurar un funcionamiento óptimo del sistema HVAC en el laboratorio, es fundamental implementar el nuevo sistema de control. Esta actualización no solo minimiza la intrusividad del nuevo sistema, sino que también garantiza el respaldo y soporte del fabricante. De esta manera, se optimiza la eficiencia energética, se mejora la regulación del ambiente y se asegura el cumplimiento de los estándares de calidad necesarios para el correcto desarrollo de las actividades del laboratorio.

A continuación, en la tabla 1. Se relaciona todos los recursos necesarios para la implementación.

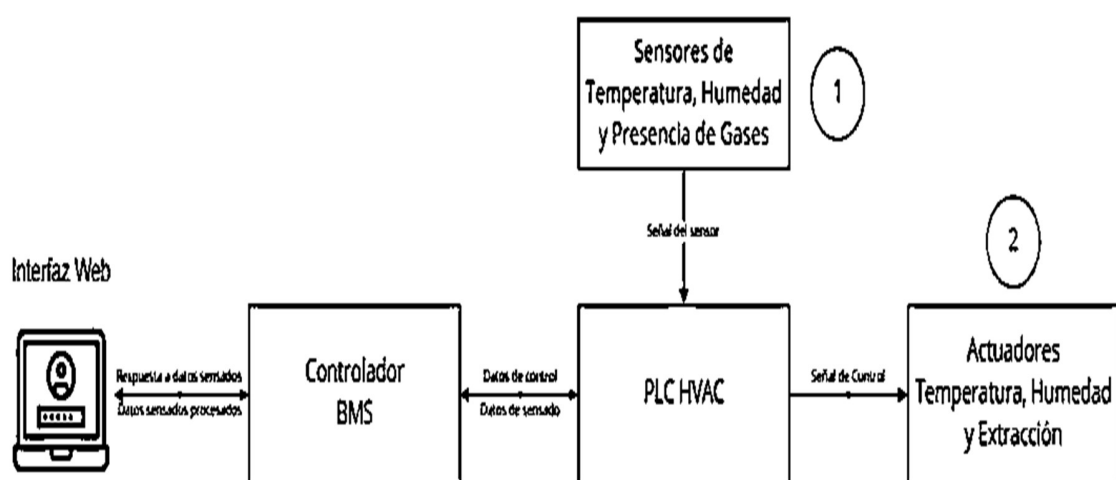
Tabla 1*Recursos Requeridos para el Nuevo Sistema de Control Bms*

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo humano	Ingeniero electrónico para proceso programación sistema de control incluye capacitación, pruebas y documentación. Tiempo de inversión: 110 horas. Técnico eléctrico. Categoría en conte. 1 3 y 5 Tiempo de inversión: 60 horas.	5,328,072 inversión aproximada.
Equipos y software	Dispositivos de control bms As-p automation server: smartx controller. Sxwaspxxx10001 Terminal base for the as-p - base required for each as-p Ps-24v power supply 24 vac or 21-30 vdc sxwps24vx10001 Terminal base power supply - base required for each power supply Sxwtbpsw110001 Software de sistema de control Struxureware building operation - enterprise server software enterprise server for up to 10 as-p or as-b controllers Workstation software professional, includes program ming & Graphicseditors	14,742,804 Inversión aproximada.
Viajes y salidas de campo	N/a	
Materiales y suministros	Salida para punto de derivación 110v (tubería, incluye caja, tapa ciega) Salida para alarma y/o sensor (tubería, caja) Tubo imc 1/2" (incluye accesorios) control blindado aparte Gabinetes tarjeta principal cuarto maquinas 600*700*250mm (con previsión expansiones) Power supply 75vac Shield de cable o equivalente comunicación y señales anal. S&i de salida de tomacorriente regulada monofásica 110v. Máximo 15 mts de long S&i de puntos lógicos cat 6a incluye tubería, faceplate y Jack.	13,591,585 Inversión aproximada.
Total		38.594.801 cop

Por consiguiente, el Módulo Niagara se resguardará para procesos de auditoría y el PC del software de reemplazo también se resguardará porque contará con la base de datos de los reportes del HVAC con el objetivo de que sea solicitado por auditorías internas o procesos de Invima.

Figura 10

Diagrama en Bloques de la Lazo de Control

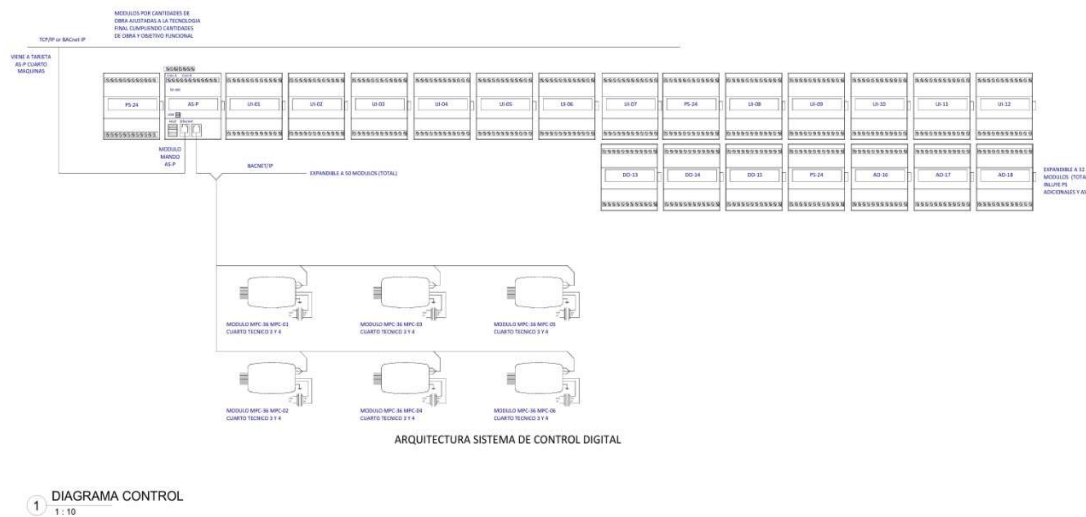


Nota. Diagrama en Bloques de la estructura de comunicación y dispositivos asociados.

El diagrama más resumido de bloques de la conexión a realizar se presenta en la Figura 1. En este esquema, todos los datos provenientes de los sensores, así como las señales de control, son gestionados por el controlador del Sistema de Gestión de Edificios (BMS, por sus siglas en inglés). Este controlador desempeña un papel fundamental, ya que es responsable de la integración y coordinación de todos los sistemas operativos dentro del laboratorio, asegurando un funcionamiento eficiente y optimizado de las diversas instalaciones. (Schneider Electric, 2017)

Figura 11

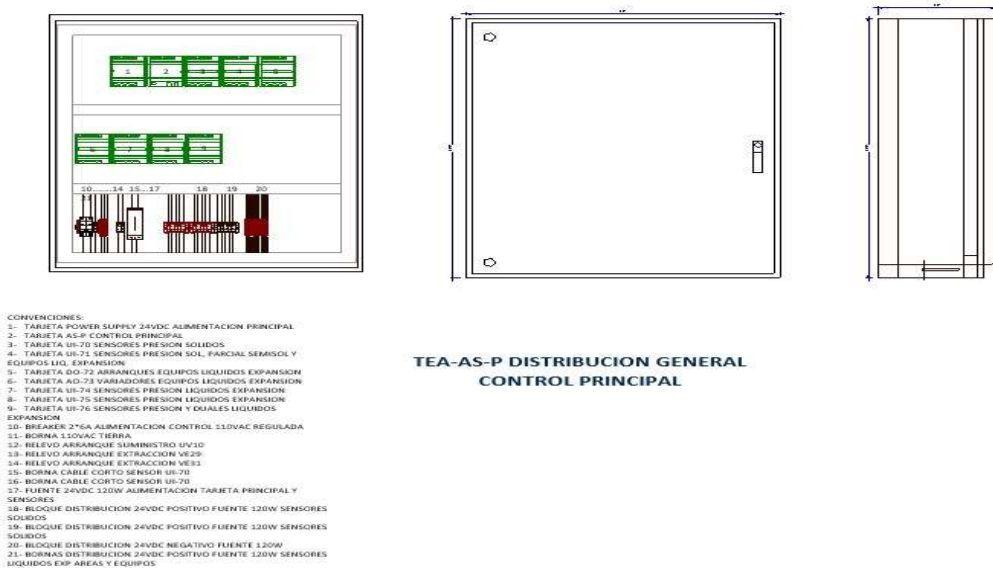
Arquitectura del Sistema Bms con el Nuevo Módulo As-p



Nota. Diagrama de la Arquitectura del sistema BMS con el Nuevo Módulo AS-P.

Figura 12

Diseño de Tablero Principal de As-p



Nota. Diseño en Revit versión 2024 sobre la estructura del Tablero de Control AS-P.

Se elabora un diseño de la distribución del tablero principal, incluyendo los dispositivos de control y elementos necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. También se contemplan los espacios destinados a futuras expansiones. Posteriormente, se llevará a cabo una reunión con el área asignada del laboratorio, con el objetivo de presentar los alcances del sistema que se va a reemplazar, así como toda la infraestructura relacionada.

Segunda Fase Implementación y Desarrollo

Con la fase 1 concluido con las proyecciones se procede a crear toda la estructura del sistema de control tanto hardware y software, iniciar se procede a realizar el ensamble del tablero nuevo de control donde se alojarán los dispositivos de control principal y se centralizara toda la información del sistema del HVAC actual.

Figura 13

Evidencia Fotográfica de los Avances de Ensamble del Gabinete



Nota. Evidencia fotográfica de los avances del ensamble del gabinete nuevo de control AS-P.

Como se observa en la Figura 14, son los avances con los dispositivos ya disponibles después del proceso de importación y nacionalización se proceden a implementar en el respectivo gabinete. Se implementan todos los dispositivos proyectados de pronto unas mejoras en la distribución para facilitar la recepción de la comunicación y puntos de vinculación.

La alimentación del tablero será de 120 VAC por UPS para garantizar el correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos y tenga un buen soporte por el suministro eléctrico.

Figura 14

Evidencia Fotográfica de los Avances de Ensamble del Gabinete y con los Módulos



Nota. Evidencia fotográfica de los avances de ensamble del Gabinete y con los módulos y conexiones eléctricas de señales y comunicación.

Como se puede observar en la figura 15, una vez que el gabinete ha sido instalado en el piso técnico del laboratorio, se procede a energizarlo y configurar el módulo AS-P. Este proceso implica establecer la conexión del ecosistema del sistema de control a través del acceso al servidor web utilizando el protocolo Ethernet. Para llevar a cabo esta tarea, se utiliza un equipo con sistema operativo Windows, el cual permite acceder a la tarjeta mediante el dispositivo correspondiente.

Figura 15

Interfaz de Device Administrator

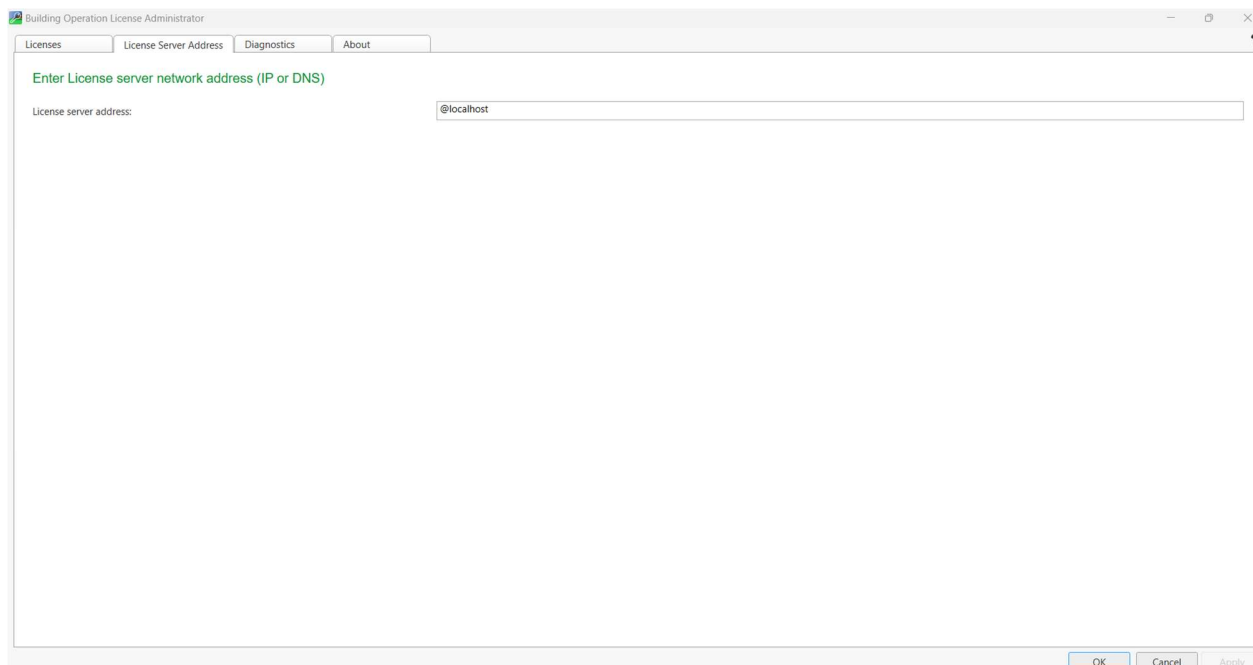


Nota. Evidencia Interfaz de Device Administrator para condiciones de Licencias.

Desde este punto, se accede al servidor de la AS-P para implementar la nueva versión del software, dado que se trata de un módulo nuevo. La base de datos se crea desde cero, lo que requiere la implementación de la versión adecuada y la configuración de la dirección IP. En este caso, se asigna la dirección IP fija 192.168.7.33, reservada exclusivamente para el módulo principal.

Figura 16

Interfaz de Licencias de la As-p para Desarrollo de Programación



Nota. Pantallazo de Interfaz de Licencias de la AS-P para desarrollo de programación.

A continuación, con la Figura 17, evidenciamos el proceso de carga de la licencia de la tarjeta, que está vinculada a los permisos necesarios para el desarrollo, lo que permite la operación del equipo y el acceso a las configuraciones correspondientes. Una vez que el módulo está completamente configurado, se inicia el desarrollo de la estructura del sistema BMS.

Las características del sistema de controladores y del bus se adaptan a la necesidad de alta capacidad, dado que se busca centralizar la información en el sistema BMS (Building Management System). Por esta razón, se opta por un control centralizado, lo que justifica la elección del medio físico Ethernet para el sistema de controladores. Esta selección permite reducir los protocolos a considerar a aquellos que se han desarrollado en base a la comunicación

en serie, aprovechando las ventajas del Ethernet TCP/IP y ajustando la forma de envío de datos a via Ethernet.

Los protocolos que cumplen con estos requisitos incluyen: KNXnet/IP, Modbus TCP, BACnet IP y Lonworks. Es importante tener en cuenta las siguientes especificaciones técnicas:

Integración sencilla, independientemente del fabricante.

Topología en anillo para garantizar redundancia.

No se requieren pasarelas para integrar otros protocolos.

Comunicación directa con el controlador.

Disponibilidad de equipos que soporten el protocolo en el mercado.

La principal ventaja de los protocolos KNXnet/IP y BACnet IP es que son abiertos y son compatibles con múltiples fabricantes, lo que permite la selección de diversos controladores sin estar atados a un hardware específico. Esto contrasta con LonWorks, que requiere el uso del chip Neuron, limitando así las opciones de integración con diferentes sistemas. La elección del protocolo depende en gran medida de la conectividad de los equipos. La línea de productos "building" del fabricante Schneider Electric presenta características comunes en sus controladores, que incluyen:

Puertos Ethernet compatibles con Modbus TCP, BACnet IP y protocolos propietarios del fabricante.

Puertos RS-485.

Bus de Entradas/Salidas.

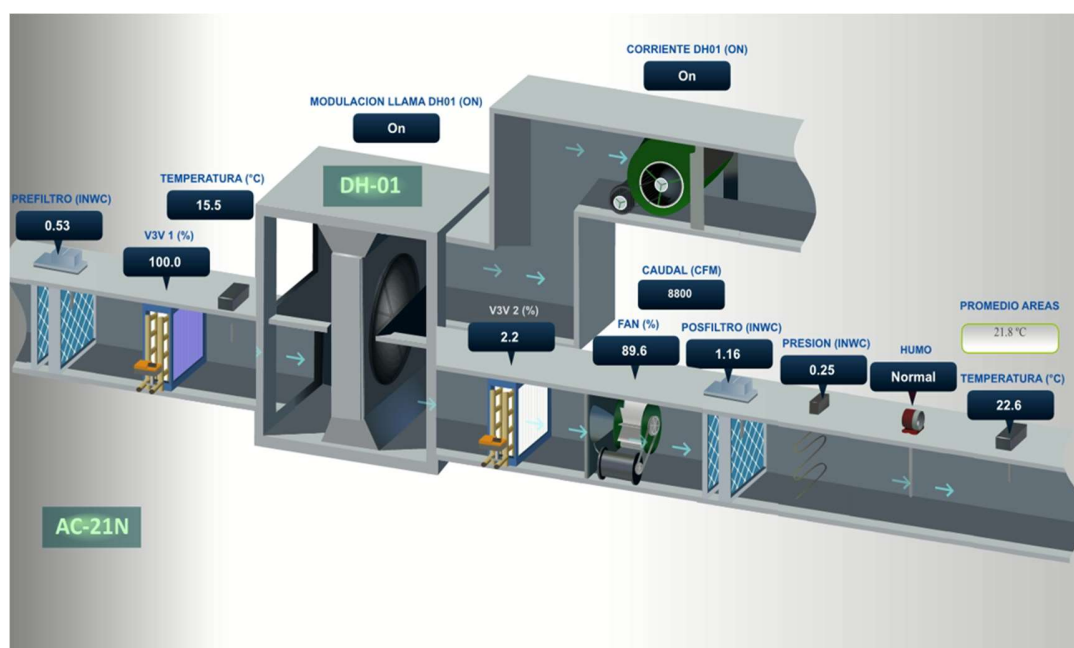
Puerto USB para programación.

Por estas razones, el protocolo que se utilizará como criterio principal para la selección de los diferentes equipos de los subsistemas será BACnet IP y Protocolo Ethernet.

Con base en el protocolo mencionado, se requiere una red de comunicación que utilice Ethernet TCP/IP. El medio físico consistirá en cables de par trenzado de 8 hilos con conectores RJ45, que son los más comunes debido a su bajo costo, capacidad para distancias de hasta 100 metros y resistencia al ruido. Sin embargo, es importante no exceder esta distancia, ya que podría afectar la señal debido a interferencias electromagnéticas. Para este caso no se supera los límites permitidos y la ubicación del nuevo gabinete garantiza que este bus de comunicación sea el más estable posible. Por consiguiente, se vinculan los módulos existentes por la comunicación existentes.

Figura 17

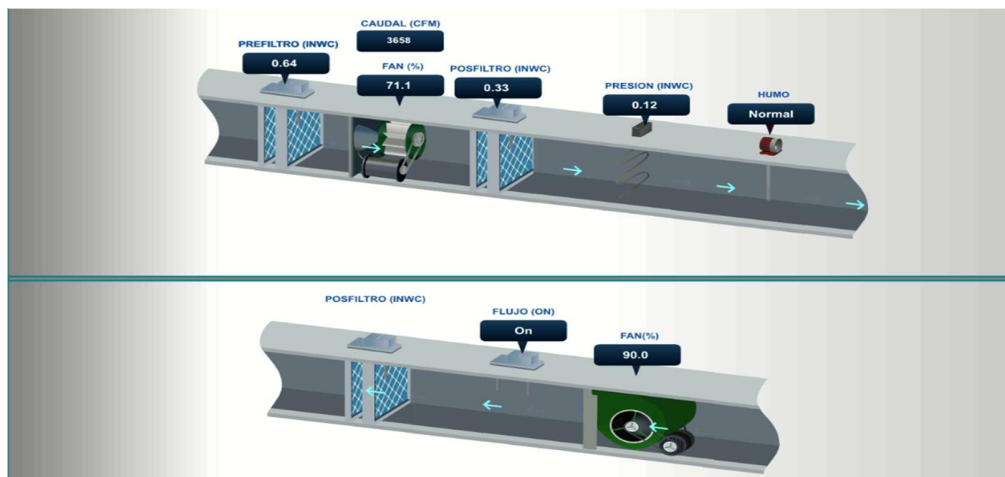
Interfaz de Unidad de Acondicionamiento Renovada con el Nuevo Software



Nota. Nueva interfaz para monitoreo de condiciones de unidades de acondicionamiento evidencia en pantallazo.

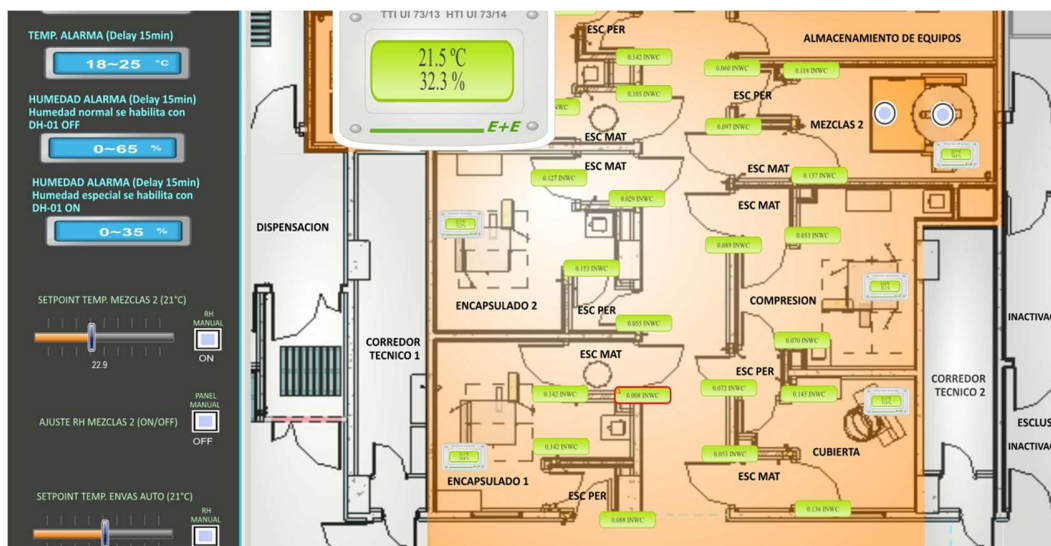
Figura 18

Interfaz de Unidad de Acondicionamiento Renovada con el Nuevo Software



Nota. Nueva interfaz para monitoreo de condiciones de unidades de acondicionamiento evidencia en pantallazo.

Figura 19. *Interfaz de Monitoreo de Áreas de Proceso, Instrumentación Correspondiente.*



Nota. Interfaz de Monitoreo de Áreas de proceso, Instrumentación correspondiente, interfaz con diseño arquitectónico actualizado.

Durante el desarrollo del sistema como observamos en las figuras 18,19 y 20 están relacionadas con las diferentes interfaces de la instrumentación tanto de las unidades de acondicionamiento como las respectivas áreas farmacéuticas que deben ser atendidas y cumplan con los requerimientos, es fundamental garantizar el monitoreo continuo de las condiciones de control de temperatura y humedad. Esto incluye la gestión eficiente de la energía para optimizar el uso de las unidades de acondicionamiento, así como la implementación de alertas y notificaciones que informen sobre el estado del sistema en tiempo real. El sistema contará con módulos específicos para la adquisición de datos, que incluirán sensores de temperatura, humedad y voltaje, permitiendo una recopilación precisa de información ambiental. Además, se integrará un módulo de control que utilizará algoritmos avanzados de gestión de energía para maximizar la eficiencia operativa.

Figura 20

Interfaz de Monitoreo de Áreas de Proceso, Instrumentación Correspondiente, Enlaces de Instrumentación.

Name	Description	Input ch.
PRESSION ESC PERSONAL 1 MEZCLAS 1		h11
PRESSION ESC PERSONAL 2 MEZCLAS 1		h12
PRESSION ESC MATERIAL 1 MEZCLAS 1		h13
PRESSION ESC MATERIAL 2 MEZCLAS 1		h14
PRESSION ESC MATERIAL 1 ENCAPSULADO 2		h15
PRESSION ESC MATERIAL 2 ENCAPSULADO 2		h16
PRESSION ESC PERSONAL 1 ENCAPSULADO 2		h17
PRESSION ESC PERSONAL 2 ENCAPSULADO 2		h18
PRESSION ESC MATERIAL 1 ENCAPSULADO 1		h19
PRESSION ESC MATERIAL 2 ENCAPSULADO 1		h110
PRESSION ESC PERSONAL 1 ENCAPSULADO 1		h111
PRESSION ESC PERSONAL 2 ENCAPSULADO 1		h112
PRESSION ESC PERSONAL 1 GRANULACION		h113
PRESSION ESC PERSONAL 2 GRANULACION		h114
PRESSION ESC MATERIAL 1 GRANULACION		h115
PRESSION ESC MATERIAL 2 GRANULACION		h116

Nota. Evidencia fotográfica de Interfaz de Monitoreo de Áreas de proceso. Instrumentación correspondiente, enlaces de instrumentación.

Figura 21

Vinculación de Red de Comunicación de Tablero de Control Periférico

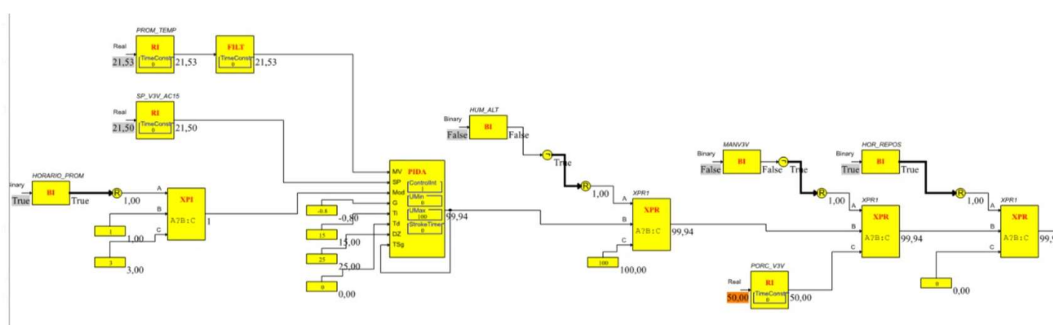


Nota. Evidencia fotográfica de Tablero de Control periférico, vinculación de red comunicación.

La operación de los sistemas se debe garantizar de acuerdo con las condiciones esta lógica está basada con sistema de lógica Booleana programable es diseñado por el fabricante.

Figura 22

Diagrama de Control Pida Interfaz Nueva



Nota. Programación de Control para acondicionamiento de temperatura y humedad mediante la nueva interfaz del software.

El sistema SmartStruxure facilita la operación eficiente de las condiciones de humedad y temperatura, adaptándose de manera dinámica a las variaciones ambientales y a las necesidades específicas de cada entorno. Gracias a su arquitectura integral, garantiza un control preciso y automatizado, optimizando el rendimiento energético y asegurando condiciones óptimas para los procesos productivos. Mediante el uso de sistemas PIDA, interconectados con sensores y algoritmos de control inteligente, se logra un monitoreo continuo y ajustes proactivos que responden a las condiciones cambiantes, mejorando la eficacia operativa y promoviendo la sostenibilidad del sistema.

El AS-P es un componente esencial de la solución SmartStruxure. Este servidor desempeña funciones clave como la lógica de control, el registro de tendencias y la supervisión de alarmas, mientras respalda la comunicación y conectividad con los autobuses de campo y los módulos de E/S. La inteligencia distribuida de la solución SmartStruxure garantiza la tolerancia a fallos, y la interfaz multifuncional de usuario (a través de WorkStation y WebStation) proporciona una experiencia consistente y eficiente, independientemente del servidor SmartStruxure al que esté conectado el usuario.

El AS-P es un servidor potente que puede actuar de manera autónoma, controlar módulos de E/S y gestionar dispositivos de bus de campo. En instalaciones pequeñas, funciona como servidor integrado junto con los módulos de E/S en un dispositivo compacto. En instalaciones de mayor tamaño, la funcionalidad se distribuye entre varios servidores SmartStruxure que se comunican entre sí a través de TCP/IP.

Al centralizar las comunicaciones, el AS-P puede gestionar el tráfico de datos dentro y fuera de la instalación, enviando información directamente al usuario o a otros servidores del sistema. Además, el AS-P puede ejecutar programas de control, gestionar E/S locales, alarmas,

usuarios, planificaciones y registros, y comunicarse utilizando diversos protocolos. Esta flexibilidad permite que los componentes del sistema operen de manera autónoma, incluso en caso de fallos de comunicación o desconexiones de dispositivos o servidores.

El AS-P ofrece diversas opciones de conectividad, con varios puertos que permiten la comunicación con una amplia gama de dispositivos, protocolos y servidores. Los puertos disponibles son:

- Dos puertos Ethernet 10/100

- Dos puertos RS-485

- Un puerto LonWorks TP/FT

- Un puerto de bus de E/S integrado

- Un puerto USB host

- Un puerto USB para dispositivo

El puerto USB para dispositivo permite actualizar e interactuar con el AS-P utilizando el administrador de dispositivos. Por su parte, el puerto USB host se puede emplear para alimentar y comunicar una pantalla táctil AD. Los puertos Ethernet están conectados a un interruptor integrado; uno de ellos se conecta a la red del sitio, mientras que el otro puede utilizarse para conectar dispositivos adicionales, como estaciones de trabajo, unidades Modbus TCP o dispositivos BACnet/IP.

La solución SmartStruxure incluye un sistema de permisos potente y flexible, adaptándose a sistemas de cualquier tamaño. La autenticación de usuarios puede realizarse a través del sistema de gestión de cuentas integrado o mediante dominios de Windows Active Directory. El sistema permite establecer políticas de contraseñas que cumplen con las normas

más estrictas en ciberseguridad, además de reducir los costos de administración al centralizar la gestión de usuarios en un único directorio.

Desde cualquier cliente, la experiencia de usuario es consistente, independientemente del servidor SmartStruxure al que esté conectado. Los usuarios pueden acceder al AS-P para realizar tareas de ingeniería, puesta en marcha, supervisión y control del servidor, sus dispositivos de bus de campo y módulos de E/S complementarios. Para más detalles, se recomienda consultar las hojas de especificaciones de WorkStation y WebStation.

Una de las características más destacadas de la solución SmartStruxure es su compatibilidad con los estándares abiertos más utilizados en la gestión energética de edificios. El AS-P es compatible de manera nativa con tres de los protocolos más importantes: BACnet, LonWorks y Modbus.

El AS-P es un controlador BACnet catalogado por BTL, lo que le permite integrarse perfectamente con dispositivos de Schneider Electric y otros proveedores que utilicen este protocolo. Además, puede actuar como un dispositivo de gestión de transmisión BACnet (BBMD), facilitando la comunicación en redes BACnet que abarcan varias redes IP.

El AS-P dispone de un puerto FTT-10 integrado para comunicarse con redes LonWorks, lo que permite acceder a dispositivos LonWorks de Schneider Electric y otros proveedores sin necesidad de herramientas de terceros.

El AS-P integra de manera nativa la configuración maestra y esclava de Modbus RS-485, así como servidor y cliente TCP, lo que permite acceder a productos de terceros y soluciones de Schneider Electric que utilicen este protocolo.

Además de los protocolos mencionados, el AS-P también es compatible con protocolos adicionales como I/NET, MicroNet, NETWORK 8000 y Andover Continuum Infinet, ampliando

su capacidad de integración. Asimismo, soporta servicios web basados en estándares abiertos como SOAP y REST, lo que permite la integración de datos de terceros, como previsiones meteorológicas o costes energéticos, para optimizar los modos de instalación, planificación y programación. El AS-P también es compatible con EcoStruxure Web Services, lo que permite características avanzadas como la lectura y escritura de valores actuales, recepción de alarmas y acceso a datos de registros históricos.

El AS-P cuenta con una memoria eMMC de 4 GB, de los cuales 2 GB están dedicados a datos históricos y de aplicación, y 2 GB a copias de seguridad, lo que garantiza la seguridad de la información ante posibles pérdidas o alteraciones. Además, el AS-P ofrece dos opciones de programación: bloques de funciones y scripts, lo que permite elegir el método más adecuado según las necesidades de cada aplicación. (Schneider Electric, 2015)

Tercera Fase Resultados y Análisis

Resultados

La última fase fue satisfactoria se cumplió con las actividades propuestas a continuación se observará en la Figura 24. como quedo los módulos de control ya funcionales y vinculando toda la red de comunicación de los módulos vigentes secundarios.

Figura 23

Tablero Principal de Control As-p



Nota. Fotografía de evidencia del gabinete que aloja la AS-P y dispositivos que garantiza su correcto funcionamiento.

Dentro del ejercicio de implementación. Se procede a realizar la vinculación de todos los sistemas respectivos validando la red de comunicación.

Figura 24

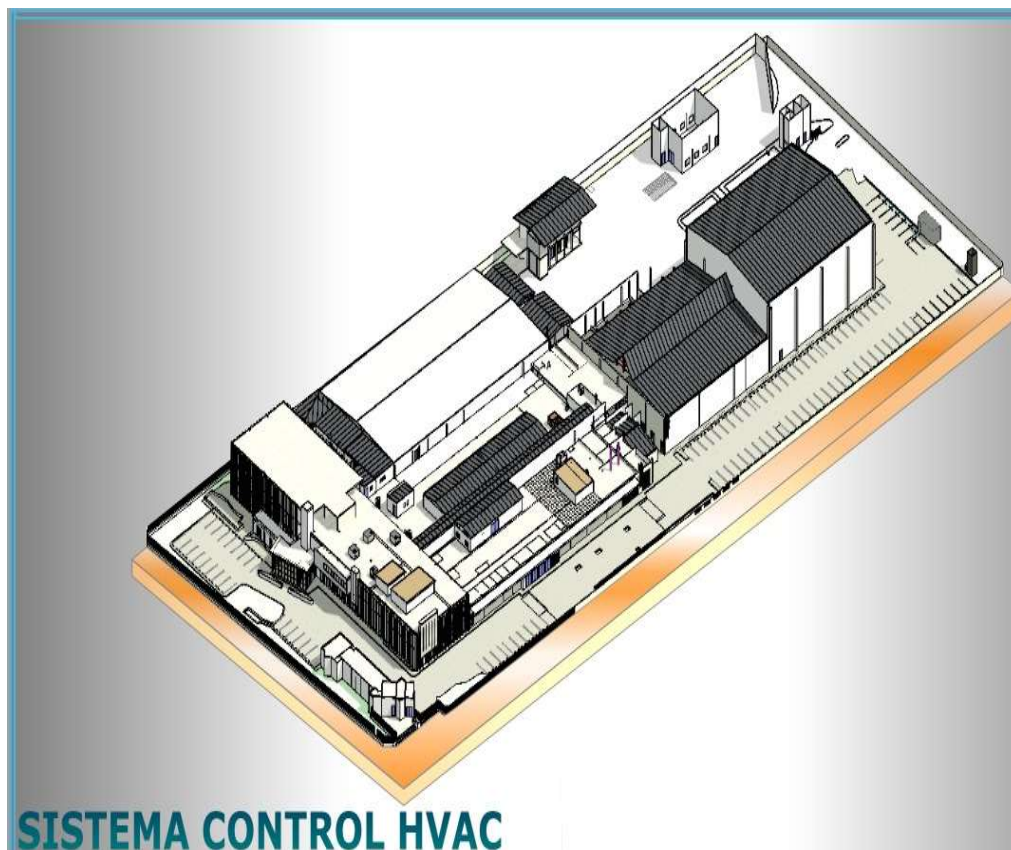
Enlaces y Redes de Comunicación de los Módulos Secundarios

Icon	Name	Model	Serial number	Device ID	Location	Host Server	Hosting Status	Vendor name	IP address	Vendor id	IP port	Description	BACnet MAC address
Network_1 (5 items)													
	MPC-101	MP-C-36A	SM240930177	101		DSM	Hosted	Schneider Electric	192.168.1.101	10	47808		c0a80165bac0
	MPC-102	MP-C-36A	SM240930174	102		DSM	Hosted	Schneider Electric	192.168.1.102	10	47808		c0a80166bac0
	MPC-103	MP-C-36A	SM240930167	103		DSM	Hosted	Schneider Electric	192.168.1.103	10	47808		c0a80167bac0
	MPC-104	MP-C-36A	SM240930180	104		DSM	Hosted	Schneider Electric	192.168.1.104	10	47808		c0a80168bac0
	MPC-105	MP-C-36A	SM240140128	105		DSM	Hosted	Schneider Electric	192.168.1.105	10	47808		c0a80169bac0
Network_11 (21 items)													
	MN-18	MNB-300		18				TAC		11			18
	MN-19	MNB-300		19				TAC		11			19
	MN-20	MNB-300		20				TAC		11			20
	MN-21	MNB-300		21				TAC		11			21
	MN-22	MNB-300		22				TAC		11			22
	MN-23	MNB-300		23				TAC		11			23
	MN-24	MNB-300		24				TAC		11			24
	MN-25	MNB-300		25				TAC		11			25
	MN-26	MNB-300		26				TAC		11			26
	MN-27	MNB-300		27				TAC		11			27
	MN-28	MNB-300		28				TAC		11			28
	MN-29	MNB-300		29				TAC		11			29
	MN-30	MNB-300		30				TAC		11			30
	MN-31	MNB-300		31				TAC		11			31
	MN-32	MNB-300		32				TAC		11			32
	MN-33	MNB-300		33				TAC		11			33
	MN-34	MNB-300		34				TAC		11			34
	MN-35	MNB-300		35				TAC		11			35
	MN-36	MNB-300		36				TAC		11			36
	MN-37	MNB-300		37				TAC		11			37
	MN-38	MNB-300		38				TAC		11			38

Nota. Pantallazo de la interfaz del Workstation en el Device Bacnet.

Como podemos observar en la figura 24. Esta todos los módulos de Control vinculados. Que atienden en los diferentes lugares de laboratorio y reciben toda la información de los sensores. Se realiza los respectivos pruebas de velocidad de datos y estamos teniendo un seguimiento de tiempo real sin alteraciones en los datos.

Además, la interfaz de usuario y acceso se realizó la prueba del direccionamiento y responde adecuadamente como se observa en la Figura 25.

Figura 25*Interfaz General del Laboratorio*

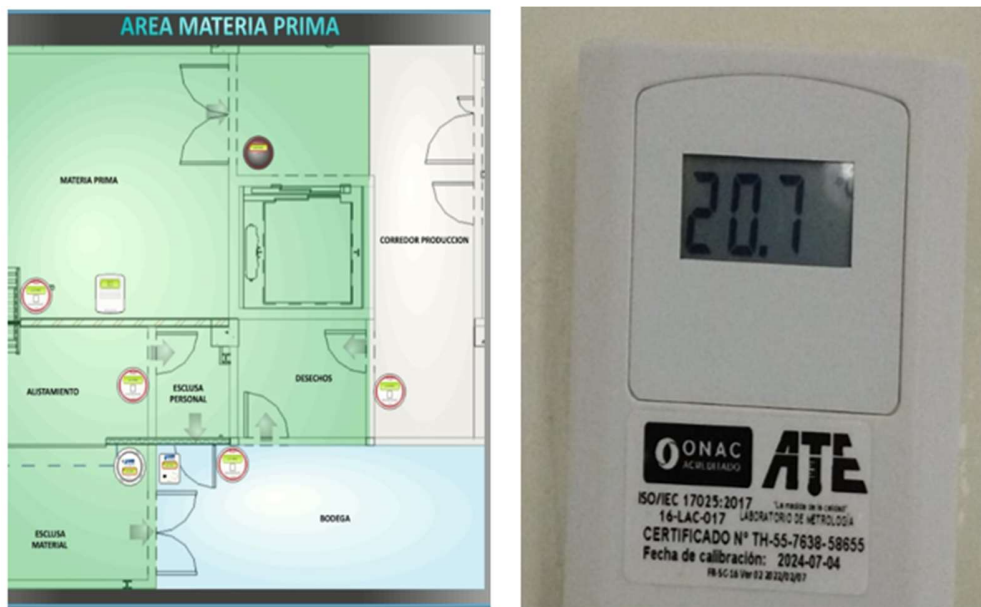
Nota. Pantallazo de Interfaz general del laboratorio, acceso mediante computador.

Se realiza acciones de operación de los respectivos equipos del HVAC para ver respuesta de acciones y los impactos relacionados para garantizar la operación del control.

En la figura 26. Se valida condiciones de Control con la actualización del nuevo software se valida la instrumentación física en área cumpliendo la respuesta de tiempo real sin alteraciones en tiempo de medición o ningún retraso.

Figura 26

Interfaz de Área y Respectiva Instrumentación



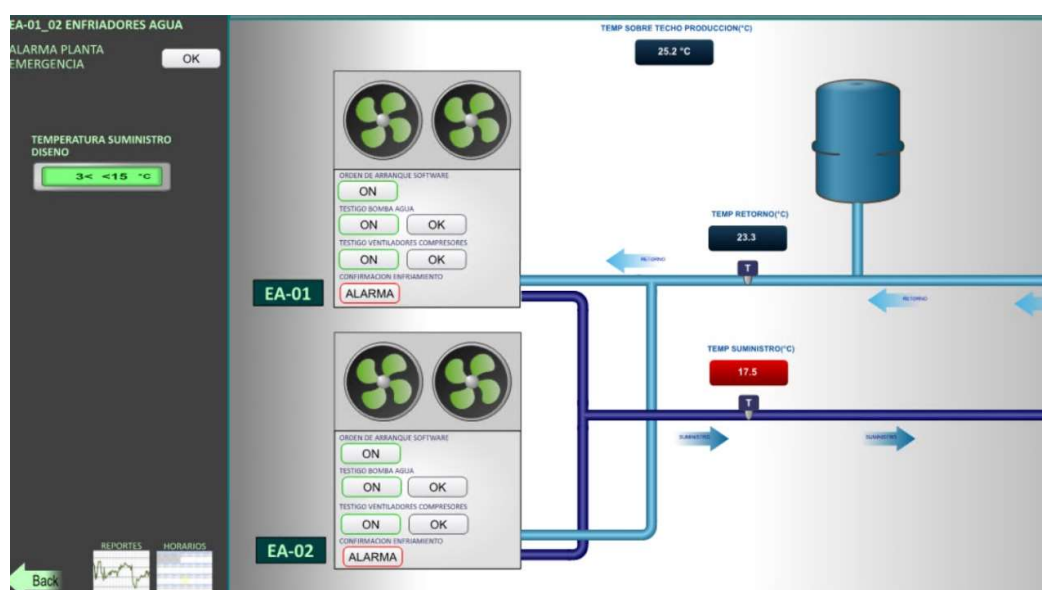
Nota. Se valida sensores en área y condiciones de respuesta de velocidad a tiempo real.

De acuerdo con la información proporcionada por las distintas áreas productivas del laboratorio, durante un periodo de 15 días no se registraron interrupciones que impactaran los procesos farmacéuticos. Además, los equipos de encapsulado experimentaron una mejora aproximada del 15 % en su productividad, atribuida a unas condiciones de humedad y temperatura más estables. Cabe destacar que el área de mantenimiento no tuvo que realizar ajustes, lo que contribuyó a que los equipos operaran de manera óptima. Esta estabilidad operativa resalta la eficiencia de los procesos implementados y su impacto positivo en la producción. Durante una semana, se registraron varias interrupciones en el suministro eléctrico en la zona industrial. Sin embargo, al contar con un sistema respaldado por UPS, se logró mantener la supervisión y monitoreo de las condiciones. Esto permitió una respuesta automática para acondicionar los equipos de HVAC tras la restauración del suministro eléctrico general o de

las plantas de generación de respaldo. Esta capacidad de adaptación garantiza que las operaciones continúen de manera eficiente, minimizando el impacto de las interrupciones en la producción.

Figura 27

Acciones de Pruebas y Respuesta de Alarmas



Nota. Simulación de Error en Equipos críticos y generación de desviación por parámetros.

En la Figura 27. Se menciona como la interfaz genera automáticamente la desviación y el reporte que la condición de temperatura no está cumpliendo y esto entra como desviación del proceso. De esta forma el Personal o áreas encargadas puede tomar acciones.

El sistema aborda de manera efectiva los desafíos de ciberseguridad que han surgido desde 2020, periodo en el que los riesgos han aumentado significativamente debido a la pandemia y la migración masiva de actividades en línea a nivel global. Esta mejora no solo se centra en el software, sino que también incluye avances en hardware, destacando la nueva referencia Spacelogic, que estará disponible a finales de 2022 y reemplazará a la referencia

SmartX, que ha estado en operación desde 2015. Esto se recalca con la Figura 28. Que nos documenta por parte del fabricante lo mencionado.

Figura 28

Soporte Sobre las Ventajas del Up-grade del Software

ENHANCED CYBERSECURITY & COMPLIANCE

Secure communications utilizing industry standard protocols

- Encrypted connections that are more secure and faster than ever.
- With full support for TLS 1.3, Building Operation now provides unparalleled privacy and performance
- Support for IEEE 802.1x network authentication on SpaceLogic Edge Servers for secure network access

Improved Policies, Permissions, and Certificates

- Improved ability to create more stringent rules for user behavior
- Prevent batch operations of alarms, forcing the user to evaluate each alarm individually
- Set policies to prevent “autofill” of credentials, increasing user access security
- Ability to add granularity to user permissions, down to the property level of an object
- Improved certificate management allows secure manual deployment to Automation Servers, Enterprise Servers, and Enterprise Central
- Certificates now validated for connections between servers

BACnet /SC (Secure Connect)

BACnet /SC allows secure transport of BACnet information between BACnet /SC devices over private and public IP networks without BBMDs, VLANs, and VPNs; ensures only authorized devices operate on BACnet /SC networks; and provides backward compatibility with existing BACnet IP and MSTP networks. In this EBO 2022 release, the Enterprise Server and Automation Servers, AS-P and AS-B support BACnet /SC node and router functions for BACnet /SC network sizes up to 1 ES and 10 AS devices. Support for the hub function and larger network sizes is targeted for a mid-2022 maintenance release.

Nota. Soporte sobre alcances sobre actualizar la versión. Tomado de. Biblioteca de Schneider Electric. (2018). PA-00850 - EcoStruxure Building Operation 2022 Release (1)

El sistema optimiza su rendimiento general, lo cual, aunque no se traduce en características visualmente tangibles para el usuario, se manifiesta en una comunicación más fluida y en una respuesta más eficiente de sus componentes. Además, se han implementado

mejoras significativas en la interfaz de la webstation, enriqueciendo la experiencia del usuario.

Esto se recalca con la Figura 29. Que nos documenta por parte del fabricante lo mencionado.

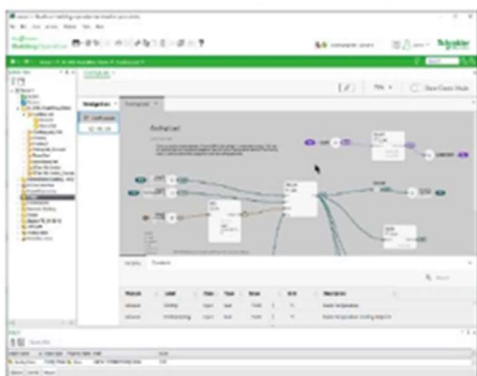
Figura 29

Soporte Sobre las Ventajas y Mejoras del Up-Grade del Software

IMPROVED PERFORMANCE AND EFFICIENCY

Modernized Programming

EcoStruxure Building Operation 2022 features the first phase of an engineering modernization process to enable system integrators to engineer and commission faster. This release introduces Builder for Function Block, a greatly enhanced, integrated, and efficient function block program editor.



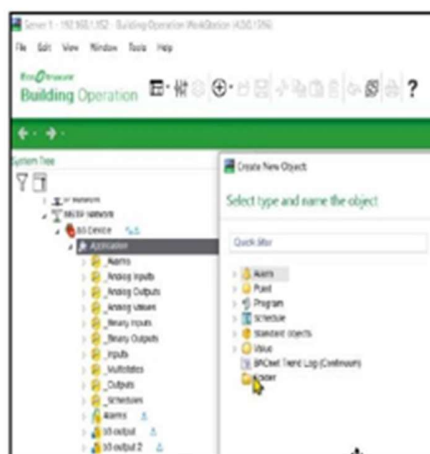
The key features include:

- WorkStation integration reduces number of external tools
- Efficient, dynamic visual programming with access to all objects & properties to speed up program creation.
- "Live" view to allow a programmer or technician to easily interrogate and validate your program operation
- Access to new Relinquish objects that allow a program to go to "null" so it can be easily bound to a BACnet priority array.
- Flexibility to use classic editor

Engineering Enhancements

EcoStruxure Building Operation includes a long list of new features and improvements focused on improving efficiency when engineering your solution. Key engineering features include:

- Faster object creation with improved menus and keyboard navigation
- Merge extended trend logs to create full trend histories
- Folders for b3/i2 controllers to add structure to applications
- List view rules allow you to create and apply rules automatically
- Binding NETWORK 8000 objects
- Improved SVG support with more features and better results
- TGML graphic declutter allows more scalable, complex graphics



Nota. Soporte sobre alcances sobre actualizar la versión. Tomado de. Biblioteca de Schneider Electric. (2018). PA-00850 - EcoStruxure Building Operation 2022 Release.

Figura 30

Mejorar de la Interfaz del Webstation

WebStation Enhancements

For end-users, WebStation is charged with enhancements that boosts productivity; alarm limits in trend charts for added context, diagnostics that find otherwise hard-to-spot problems, extended Settings section, and new backup management are a few examples, so an installed WorkStation is no longer needed for common tasks.

- Now alarm limits can be plotted in trend charts
- Improved UI for system settings, user management, alarm configuration
- Extensive diagnostics – easily find common configuration problems
- Logged-on users – ability to log off others
- New dashboard widget – Search – for dynamic dashboards
- Download backups, and restore local backups
- Support for type library and type version updates
- Quick filter for alarms “assigned to me”



Nota. Soporte sobre alcances sobre actualizar la versión. Tomado de. Biblioteca de Schneider Electric. (2018). Release Notes v4.1.1 - EcoStruxure Building Commission.

Con las nuevas versiones, se descontinúa el uso de antiguas tecnologías de comunicación para tarjetas periféricas, las cuales, aunque aún pueden estar disponibles en las instalaciones actuales, se evaluarán caso por caso. Esta transición impulsa el reemplazo de tarjetas de control obsoletas por nuevas tecnologías de comunicación. Esto también afecta a las tarjetas principales antiguas AS (que no llevan la -P al final del nombre), lo que requiere su sustitución por la versión Spacelogic AS-P. Además, es necesario reconfigurar el sistema desde cero, ya que los respaldos no son compatibles con la nueva versión. Una reconfiguración similar es necesaria si se presenta una falla operativa en una tarjeta SmartX AS-P que impida su recuperación, forzando de nuevo el reemplazo por las nuevas tecnologías.

(EcoStruxure™ Building Operation 2022 Release Delivering increased access to information, improved engineering tools, competitive AS pricing for small/medium buildings, and enhanced cybersecurity & compliance, and more).

Conclusiones

El diseño e implementación del sistema de control de calefacción y aire acondicionado en Pharmetique Lab ha logrado cumplir de manera efectiva con los objetivos generales y específicos establecidos. La modernización de la infraestructura de control ha mejorado significativamente la eficiencia operativa, asegurando el cumplimiento de las normativas de salud pública y fortaleciendo la competitividad en el sector farmacéutico. Además, ha garantizado la seguridad y calidad de los productos farmacéuticos, optimizando la gestión de recursos y promoviendo la sostenibilidad ambiental. Este avance también ha incrementado la satisfacción de los usuarios y clientes al proporcionar condiciones de trabajo más estables y eficientes. Tras la implementación del sistema modernizado, se observó una mejora sustancial en la gestión de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC). La adquisición de nuevos dispositivos y software ha permitido reducir obstáculos previos en la administración de estos sistemas, resultando en una disminución de los costos operativos y de mantenimiento. Los usuarios informaron una mejora en la eficiencia del sistema, destacando una efectividad del 100% en la obtención de información en tiempo real y una reducción significativa en los tiempos de inactividad durante la validación de las condiciones de instrumentación. La implementación del software actualizado ha optimizado la gestión operativa del laboratorio. Se logró una mejora del 200% en la velocidad de respuesta del sistema de notificaciones y alertas, lo que ha agilizado la toma de decisiones y mejorado la gestión de las operaciones en tiempo real. Además, la interfaz del software se ha vuelto más amigable y accesible, lo que ha facilitado su adopción por parte de los usuarios. La alta satisfacción manifestada por los departamentos involucrados refuerza la efectividad de la solución, contribuyendo a una experiencia de usuario más eficiente. El uso de un software modernizado ha aportado un valor significativo en la

compañía, mejorando la eficiencia y efectividad en la gestión de los recursos del laboratorio. La integración de metodologías de buenas prácticas de manufactura y las herramientas definidas en esta investigación han permitido validar los beneficios del nuevo sistema. La Guía de Calificación de Software aplicada durante el proceso ha proporcionado un marco estructurado para asegurar que el software cumpla con los estándares necesarios, optimizando tanto los procesos internos como la calidad del servicio prestado. A pesar de los avances logrados, se identificó una debilidad importante relacionada con la limitación en el tiempo de soporte del software, una situación común en sistemas tecnológicos avanzados debido a la rapidez con la que evolucionan. Este desafío podría afectar la sostenibilidad operativa a largo plazo si no se gestiona adecuadamente. Por lo tanto, se recomienda que la empresa proveedora del sistema implemente un plan de soporte robusto que contemple actualizaciones constantes y garantice la continuidad del funcionamiento del sistema. La adaptación continua a las innovaciones tecnológicas será clave para mantener la eficiencia operativa y la satisfacción del usuario en el futuro.

Recomendaciones

Desde la versión 3.0 en 2019 se empezó a aplicar una política de licencias para el uso de nuevas actualizaciones. Hasta la versión 3.1 (fase 1) que es la actual operativa esta política no forzaba al usuario a modificar licencias sin embargo para las nuevas versiones 4.0 y 5.0 se deben hacer inversiones económicas de upgrades de licencias para poder aceptar dispositivos de campo en el sistema, este upgrade de licencias e inversión se evaluarían puntualmente dependiendo del caso y de las licencias actualmente disponibles por el cliente.

Figura 31

Recomendaciones con Respecto a las Licencias y las Nuevas Versiones con los Anteriores

Módulos

Field bus device / controller licensing in a future EcoStruxure Building solution

Field bus device licensing at the Enterprise Server is equivalent to Phase 1 of the new pricing model. In a future phase, field bus device licenses will be required for all EcoStruxure Building servers.

The license for use on the Enterprise Server is a different license than will be the one used on a SmartX server. (See Phase 1 discussion for the appropriate part numbers.) At the SmartX server level, the field bus controller / device licenses will be embedded within the SmartX server that is hosting the device. Each SmartX server will expect to have licenses in a quantity equal to or greater than the number of hosted field bus controllers / devices.

The chart below shows the expected available Hosted Node Packs for field bus device / controller licenses at EcoStruxure SmartX servers.

Nota. Recomendación del fabricante. Tomado de. Biblioteca de Schneider Electric. (2018).

Release Notes - v3.0.1 - EcoStruxure Building Operation

Soporte y Mantenimiento

Es fundamental establecer un cronograma o agenda de soporte con la empresa proveedora de software, que contemple tanto el periodo de implementación como un tiempo adicional acordado. Este cronograma debe incluir actualizaciones regulares, así como métodos de soporte

y mantenimiento. Es esencial definir claramente los momentos específicos en los que la empresa proveedora estará disponible para ofrecer asistencia técnica o realizar mantenimiento. Además, se deben establecer mecanismos de soporte, como la asistencia remota, utilizando herramientas que permitan al especialista acceder al sistema desde su ubicación. También es importante determinar en qué situaciones se requerirá la presencia física del especialista para resolver problemas o realizar tareas específicas.

Protección de Información

La seguridad de la información no se limita únicamente a la implementación de mecanismos de encriptación. Para garantizar la máxima protección de los datos gestionados por el software, es crucial contar con un sistema de respaldo (backup) que sea independiente de la infraestructura tecnológica utilizada, ya sea en servidores locales, en la web o en la nube. Este respaldo asegura que, en caso de fallos o incidentes, la información pueda ser recuperada de manera efectiva, minimizando el riesgo de pérdida de datos críticos.

Referencias Bibliográficas

- Chuquirimay Ballesteros, B. H. (2015). Diseño, automatización e implementación de un edificio a través de una sistema centralizado-BMS.2015
<https://cinglescomunicacions.com/es/sistema-de-bms-que-es-y-para-que-sirve/>
<https://cinglescomunicacions.com/es/sistema-de-bms-que-es-y-para-que-sirve/>
- <https://studylib.net/doc/18563750/tac-i-a-series---schneider-electric>
- <https://www.combustionservice.com/wp-content/uploads/2015/05/SmartStruxure-Architecture.png>
<https://www.combustionservice.com/wp-content/uploads/2015/05/SmartStruxure-Architecture.png>
- International Telecommunication Union (2012) [ITU-T Y.2060 Overview of the Internet of Things](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-E&type=items). 22. https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-E&type=items
- Lovera, S. A. R. (2021). Consideraciones para el dimensionamiento de soluciones de sistemas de gestión de edificios. *Revista Boliviana de Ingeniería*, 3(1), 75-90.2021
- Madriz-Huete, M. (2011). Integración de sistemas de administración de edificios.2011
- Montalvo Morán, M. E. (2023). Implementación de un Sistema de Gestión de Edificios (BMS) para la supervisión y monitoreo de los sistemas eléctricos y sistemas de climatización en un centro de datos. ESPOL. FIEC.2023
- Moreno Plazas, M. (. (2019). Moreno Plazas, M. (2019). Metodología para la aplicación de sistemas BMS y BEMS para la operación eficiente de edificios (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Occidente).
- pharmaceutical-technology. (8 de Diciembre de 2009). *Novartis Pharmaceutical Development Centre*. Recuperado el 2 de agosto de 2024, de Novartis Pharmaceutical:

https://www.pharmaceutical-technology.com/projects/novartis-pharma/?utm_source=&utm_medium=24-8723&utm_campaign=
 pharmaceutical-technology. (15 de julio de 2010). *Cambridge Major Laboratories New Active Pharmaceutical Ingredient (API) Facility*. Recuperado el 19 de Julio de 2024, de Cambridge Major Laboratories New Active Pharmaceutical Ingredient (API) Facility: https://www.pharmaceutical-technology.com/projects/cambridgemajorlabora/?utm_source=&utm_medium=24-8889&utm_campaign=&cf-view

pharmaceutical-technology. (5 de Septiembre de 2017). *Navesta Pharmaceuticals' Sterile Pharmaceutical Manufacturing Plant*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2024, de Navesta Pharmaceuticals' Sterile Pharmaceutical Manufacturing Plant: https://www.pharmaceutical-technology.com/projects/navesta-pharmaceuticals-manufacturing-plant-horana/?utm_source=&utm_medium=24-10412&utm_campaign=

Schneider Electric. (1 de Enero de 2024). *Schneider Electric*. Obtenido de Life is On Schneider Electric: <https://www.se.com/co/es/about-us/company-profile/>

Schnneider Electric. (20 de Julio de 2017). *Bloques de diagrama*. Obtenido de Cómo funcionan las programaciones: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/topics/show.castle?id=5791&locale=es-ES&productversion=3.0>

Schnneider Electric. (18 de Mayo de 2018). *Modulo MNB*. Obtenido de MNB BACnet Devices: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/topics/show.castle?id=9949&locale=es-ES&productversion=3.0>

Schnneider Electric. (18 de Mayo de 2018). *Sistema Niagara*. Recuperado el 23 de Julio de 2024, de AS-L, AS-B, Device Administrator, Enterprise Central,: <https://ecostruxure->

building-help.se.com/bms/Topics/show.castle?id=6593&locale=es-ES&productversion=3.0

Schneider Electric. (10 de Octubre de 2019). *Especificaciones*. Recuperado el 05 de Julio de 2024, de Modulo de Control RPC de Schneider Electric: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/topics/show.castle?id=11873&locale=es-ES&productversion=3.0>

Schneider Electric. (13 de Diciembre de 2019). *Especificaciones*. Recuperado el 21 de Julio de 2024, de Workstation: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/Topics/show.castle?id=8064&locale=es-ES&productversion=3.0>

Schneider Electric. (22 de 10 de 2019). *MP-C, MP-C Smoke Control*. Obtenido de MP-C: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/Topics/show.castle?id=10931&locale=es-ES&productversion=3.0>

Schneider Electric. (16 de enero de 2020). *AS-P Smoke Control, AS-P*. Recuperado el 21 de Julio de 2024, de AS-P Smoke Control, AS-P: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/Topics/show.castle?id=10547&locale=es-ES&productversion=3.0>

Schneider Electric. (14 de Julio de 2021). *Modulo AS-P y características*. Recuperado el 24 de Julio de 2024, de Automation Server Installation: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/topics/show.castle?id=10814&locale=es-ES&productversion=3.0>

Schneider Electric. (23 de Febrero de 2023). *MODulos de Control*. Recuperado el 29 de Julio de 2024, de AS-P Smoke Control: <https://ecostruxure-building-help.se.com/bms/Topics/show.castle?id=6865&locale=es-ES&productversion=3.0>

Shishir K. Shandilya, Soon Ae Chun, & Smita Shandilya. (2018). *Internet of Things Security: Fundamentals, Techniques and Applications*. River Publishers. 2-7.

<https://bibliotecavirtual.unad.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?d>

irect=true&db=e000xww&AN=1874792&lang=es&site=eds-
live&scope=site&ebv=EB&ppid=pp_2

StruxureWare Building Operation Standard Graphic Library Use

Tenas Morales, D. A. (2023). Diseño de investigación para la viabilidad de implementación de un sistema BMS, aplicado a los nuevos edificios de la ciudad de Guatemala (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).2023

Valera Pajuelo, E. (. (2020). Valera Pajuelo, E. (2020). Diseño e implementación del sistema de baja tensión a través del sistema BMS del Edificio Empresarial Primera Visión.

Apéndices

Apéndice A

Lista de Abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$^{\circ}C$	Unidad de temperatura	C	<i>Grados Celsius</i>
m^3	Unidad de volumen	m^3	<i>Metro cúbico</i>
mA	miliamperios	mA	<i>Miliamperios</i>
V	voltaje	voltios	<i>Voltios</i>
s	Unidad de tiempo	S	<i>Segundos</i>

Abreviaturas

abreviatura	término
bms	sistema de gestión de edificios
hvac	calefacción, ventilación y aire acondicionado
fda	regulación de medicamentos
ddc	sistema de control distribuido
ema	agencia europea de medicamentos
pid	proporcional, integral, diferencial
as-p	módulo de control principal
niagara	niagara framework software ingeniería nativa y sólida desde workbench para gestión edificios.