



Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión BMS (Building Management System) para almacenes de materiales explosivos (polvorines) de bases militares

Fernández Calderón, Cristhian Paúl

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de: Ingeniero en Electrónica, Automatización y Control

Ing. Ludeña Granja, Fausto Marcelo, Msc

22 de julio de 2022



TESIS_FERNANDEZ_V6_2.pdf

Scanned on: 4:6 August 14, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	252
Words with Minor Changes	83
Paraphrased Words	16
Omitted Words	0



FAUSTO MARCELO
LUCENA GRANJA



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

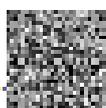
Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **"Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión BMS (Building Management System) para almacenes de materiales explosivos (polvorines) de bases militares"** fue realizado por el señor **Fernández Calderón, Cristhian Paúl**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de agosto de 2022

Firma:



FUJITO MARCELO
LUDEÑA GRANJA

Ing. Ludeña Granja, Fausto Marcelo Msc.

C. C. 1707136394



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Fernández Calderón, Cristhian Paúl**, con cédula de ciudadanía n° 1400660252, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión BMS (Building Management System) para almacenes de materiales explosivos (poivorines) de bases militares** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 29 de julio de 2022

Firma:

Fernández Calderón, Cristhian Paúl

C.C.: 1400660252



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control

Autorización de Publicación

Yo, Fernández Calderón, Cristhian Paúl, con cédula de ciudadanía n° 1400660252, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión BMS (Building Management System) para almacenes de materiales explosivos (polvorines) de bases militares** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 29 de julio de 2022

Firma:

Fernández Calderón, Cristhian Paúl

C.C.: 1400660252

Dedicatoria

Dedico mi trabajo y título a mi familia, en especial a mi papá y mamá, que fueron quienes me apoyaron durante este maratónico trayecto y fueron quienes no me dejaron desfallecer en las incontables veces que sentí que no podía más.

Dedico mi esfuerzo invertido durante la carrera a mi mamá Gioconda, por todas las veces que se levantó para que yo no llegara tarde, que siempre estuvo pendiente de que no me faltara ninguna comida del día y siempre estuvo ahí moralmente para mí.

Le dedico todo el estudio a mi papá Walter, quien siempre me dio palabras de aliento en los momentos más difíciles, que me brindó su ayuda en todas las formas que pudo, nunca me dejó solo.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por haberme acompañado durante esta aventura, todo lo que soy se los debo a ustedes y donde sea que este, los voy a llevar en mi corazón.

Agradezco a los compañeros que conocí durante la carrera y que en momentos puntuales me brindaron su ayuda, con especial mención a Xavier Ortiz el amigo que me acompañó desde 3er semestre, que me ha escuchado y apoyado desde ese momento.

Agradezco al Ing. Fausto Ludeña por ser la persona que me brindo su guía y apoyo, para lograr presentar este trabajo a pesar del corto tiempo que tuvimos.

Agradezco a la empresa auspiciante por abrir sus puertas para realizar este proyecto en sus instalaciones, en especial al Ing. Luis Tapia que me dio la confianza y apoyo durante este camino.

Índice de Contenido

Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenido	8
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras	13
Resumen	15
Abstract.....	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Antecedentes	17
Justificación	18
Alcance del proyecto	19
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Capítulo II.....	21
Marco Teórico.....	21
Explosivos	21
Almacenamiento de explosivos	21
Condiciones para el almacenamiento de explosivos	22
Tipos de polvorines	23
Tipo 1	23
Tipo 2	23
Tipo 3	23
Tipo 4	23
Tipo 5	23
Clasificación según peligrosidad	23
Clase 1:	23
Clase 2	24

<i>Clase 3</i>	24
<i>Clase 4</i>	24
<i>Clase 5</i>	24
<i>Clase 6</i>	24
<i>Clase 7</i>	24
Domótica e Inmótica	24
<i>Domótica</i>	24
<i>Inmótica</i>	25
BMS	26
<i>HVAC</i> :.....	26
<i>Seguridad</i> :.....	26
<i>Energía</i> :.....	26
<i>Utilidades</i> :.....	27
<i>Pirámide del BMS</i>	27
<i>Protocolos más comunes usados en BMS</i>	28
<i>HVAC</i>	30
Control de accesos	33
Hardware.....	33
CCTV	34
Componentes.....	35
Tipos de Redes.....	38
HMI.....	39
Sugerencias para el diseño de interfaces.....	39
Guía de diseño.....	41
GEDIS.....	41
Software de programación.....	43
Capítulo III.....	44
Diseño del sistema BMS para polvorines.....	44
Descripción del lugar.....	44
Análisis del protocolo de comunicación.....	46
Diseño de la arquitectura de comunicación.....	48
Diseño del sistema HVAC.....	54
Diseño del sistema contra Incendios.....	57
Controlador de incendios.....	59
Detector de humo.....	59
Luces con sirenas.....	60

Estación manual	60
Diseño del sistema de accesos	61
Lector de tarjeta	62
Botón para salir	63
Motor para puertas abatibles	63
Controlador	64
Diseño del Sistema de CCTV	65
DVR	67
Cámaras	67
Estación de trabajo	68
Diseño del Sistema BMS	68
Controlador BMS	70
Diseño de las pantallas	70
Distribución de pantallas	71
Organización de las pantallas	72
Capítulo IV	74
Implementación, Pruebas y Resultados	74
Líneas de BMS	74
Implementación de la red de comunicación	76
Switch con entradas Ethernet y fibra	76
Switch no administrable	78
Cable UTP	78
Fibra Óptica	79
Instalación de los equipos	80
Implementación del subsistema HVAC	81
PLC	81
Sensor de temperatura	82
Desarrollo del programa HVAC	83
Instalación de los equipos	86
Implementación del sistema de control de acceso	86
SP-C	86
Lector de tarjetas	87
Botón para salir	88
Cerradura magnética	89
Motor para puertas abatibles	90
Configuración de los lectores	92

Configuración de las puertas	93
Sistema CCTV	93
DVR	94
Cámaras	95
Implementación del Sistema BMS	95
Controlador	96
Diseño del tablero principal	97
Circuito eléctrico del tablero principal	98
Plataforma de desarrollo de la interfaz	102
Programas utilizados para la integración del sistema BMS	102
Complementos adicionales	103
EWS (EcoStruxure Web Service)	105
Entorno EcoStruxure Building Operation	106
Configuración protocolo EWS	107
Configuración BACNET	108
Configuración MODBUS	109
Creación de las interfaces de usuario	110
Suministro	112
Extracción	114
Lobby	114
Registro de alarmas	118
Pruebas sobre el sistema BMS	119
Acceso al deposito	119
Acceso al cuarto de servidores	120
Pruebas con el sistema CCTV	121
Pruebas con el sistema HVAC	124
Capacitación del personal	125
Capítulo V.....	127
Conclusiones y Recomendaciones.....	127
Conclusiones	127
Recomendaciones	128
Bibliografía.....	129

Índice de Tablas

Tabla 1 Rangos de temperatura para almacenamiento explosivos	22
Tabla 2 Indicadores de la Guía GEDIS	42
Tabla 3 Medio Físico de transmisión de protocolos en inmótica	46
Tabla 4 Medio Físico de transmisión de protocolos en inmótica	47
Tabla 5: Distancias entre polvorines.....	49
Tabla 6: Equipos necesarios por polvorín	50
Tabla 7: Equipos que van en el tablero por polvorín	51
Tabla 8: Equipos en el tablero por polvorín	53
Tabla 9: Total de equipos para la red de comunicación.....	53
Tabla 10: Total de equipos para HVAC.....	57
Tabla 11: Total de equipos incendios Polvorines	59
Tabla 12 Especificaciones técnicas entre AS-P y PCX4.E16	75
Tabla 13 Comparación de precios entre Siemens y Schneider	76
Tabla 14 Especificaciones técnicas del switch Magnum 6KL.....	77
Tabla 15 Especificaciones técnicas del switch ConneXium	78
Tabla 16 Especificaciones técnicas del cable UTP CAT 6	79
Tabla 17 Especificaciones técnicas de la fibra óptica	80
Tabla 18 Especificaciones técnicas del M221	82
Tabla 19 Especificaciones técnicas del TR63.....	82
Tabla 20 Especificaciones técnicas del TX58.....	83
Tabla 21 Variables para escalar la entrada analógica	83
Tabla 22 Especificaciones técnicas del SP-C.....	87
Tabla 23 Especificaciones técnicas del lector de tarjetas.....	88
Tabla 24 Especificaciones técnicas del botón de salida	89
Tabla 25 Especificaciones técnicas de la cerradura magnética	89
Tabla 26 Especificaciones técnicas de PwR25H	91
Tabla 27 Especificaciones técnicas del servidor.....	94
Tabla 28 Especificaciones técnicas de la cámara	95
Tabla 29 Especificaciones técnicas del AS-P	96
Tabla 30 Lista de elementos del tablero principal	98
Tabla 31 Lista de direcciones IP para el sistema BMS	100
Tabla 32 Lista del software utilizado.....	102
Tabla 33 Descripción de los eventos que recibe el Security del VideoXpert.....	105
Tabla 34 Espacio de memoria de los datos traídos desde los PLC M221	109
Tabla 35 Lista de variables para el menú, navegación y recepción.....	116
Tabla 36 Lista de variables para un solo polvorín	116
Tabla 37 Lista de alarmas	117
Tabla 38 Suma de alarmas.....	117
Tabla 39 Cantidad total de veces usada la puerta en la semana del 18 de julio de 2022	119
Tabla 40 Entradas al cuarto de servidores	120
Tabla 41 Entradas al cuarto de servidores durante una semana	121
Tabla 42 Alarmas de CCTV	122
Tabla 43 Extracto de datos de temperatura de los polvorines con sistema HVAC	124
Tabla 44 Extracto de datos de temperatura de los polvorines con sistema HVAC	124

Índice de Figuras

Figura 1 Sistemas en la gestión de edificios.....	27
Figura 2 Pirámide del BMS.....	28
Figura 3 Diagrama de conexiones Modbus.....	29
Figura 4 Control de lazo abierto	31
Figura 5 Control de Cerrado	32
Figura 6 Control on/off	32
Figura 7 Arquitectura un sistema de accesos	34
Figura 8 Arquitectura para un sistema de CCTV	35
Figura 9 Tipos de topología.....	38
Figura 10 Distancias de los depósitos de polvorines.....	44
Figura 11: Distancias entre alineaciones de polvorines	49
Figura 12: Diseño de la red comunicación	51
Figura 13: Diseño de la red comunicación con redundancia.....	52
Figura 14: Representación genérica de un HVAC.....	54
Figura 15: Conexión del sistema HVAC con el BMS	55
Figura 16: Distribución de sensores en un polvorín.....	58
Figura 17: Esquema del sistema contra incendios	61
Figura 18 Representación del edificio administrativo.....	61
Figura 19 Representación de una puerta de mallas.....	63
Figura 20: Esquema del sistema de accesos	65
Figura 21: Ubicación de las cámaras.....	66
Figura 22: Esquema del sistema CCTV	68
Figura 23: Esquema de conexión del sistema BMS a los subsistemas	69
Figura 24 Niveles de navegación de las pantallas	71
Figura 25 Plantilla para el diseño de las pantallas.....	72
Figura 26 Switch de fibra óptica Magnum 6Kl	77
Figura 27 Switch de fibra óptica Magnum 6Kl	77
Figura 28 Switch no administrable.....	78
Figura 29 Cable UTP CAT 6.....	79
Figura 30 Fibra óptica	80
Figura 31 Instalación del switch de FO.....	80
Figura 32 Instalación del switch no administrable	81
Figura 33 PLC M221	81
Figura 34 TR63.....	82
Figura 35 TX58.....	83
Figura 36 Creación y definición de los parámetros de la función escalar	84
Figura 37 Llamado del bloque escalar dentro del programa	84
Figura 38 Graficet del HVAC	85
Figura 39 Configuración del M221.....	85
Figura 40 Instalación del M221.....	86
Figura 41 Sensor TR63	86
Figura 42 Controlador de accesos SP-C.....	87
Figura 43 Lector de tarjetas	88
Figura 44 Sensor Interior de Solicitud de Salida Sin Tocar	88

Figura 45	Cerradura magnética.....	89
Figura 46	Representación de una puerta de mallas.....	90
Figura 47	Motor para puertas abatibles PwR25H.....	90
Figura 48	Configuración en la interfaz web del SP-C.....	91
Figura 49	Configuración del nivel de acceso.....	92
Figura 50	Configuración de los expansores de lectura.....	93
Figura 51	Configuración de las puertas.....	93
Figura 52	<i>Servidor DELL</i>	94
Figura 53	Cámara tipo bala SARIX IBP.....	95
Figura 54	Diseño del tablero principal con los controladores.....	97
Figura 55	Diagrama Unifilar del tablero principal.....	99
Figura 56	Instalación y configuraciones de los puertos para el SOAP.....	103
Figura 57	Instalación y configuraciones de los puertos para integrar el CCTV al security expert.....	103
Figura 58	Configuración del DVR en el security Expert.....	104
Figura 59	Configuración del Smart Connector.....	106
Figura 60	Configuración del EWS en el WorkStation.....	107
Figura 61	Vinculación de las variables traídas por EWS.....	108
Figura 62	Interfaz BACnet.....	108
Figura 63	Configuración de un elemento en la interfaz Modbus.....	109
Figura 64	Diseño del menú de navegación.....	110
Figura 65	Diseño del menú de navegación de los 21 polvorines.....	110
Figura 66	Contenido de general.....	111
Figura 67	Sistema HVAC – Grupo A - Polvorín 1.....	112
Figura 68	Funcionamiento del sistema HVAC - Grupo A - Polvorín 1.....	113
Figura 69	Funcionamiento de Extracción del Sistema de HVAC – Grupo A - Polvorín.....	114
Figura 70	Lobby.....	115
Figura 71	Configuración del registro de alarmas.....	118
Figura 72	Gráfica de accesos puerta de entrada.....	119
Figura 73	Aviso movimiento CCTV.....	123
Figura 74	Polvorines Alarmados por movimiento.....	123
Figura 75	Gráfico del error absoluto.....	125
Figura 76	Capacitación del personal.....	126
Figura 77	Funcionamiento de la estación de trabajo.....	126

Resumen

El presente trabajo desarrolla e implementa un sistema BMS (Building Management System - Sistema de administración de edificios), se diseñó los sistemas de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), sistema contra incendios, sistema de control de accesos y HVAC (Sistema de ventilación), los cuales se instalarán en un depósito de explosivos de la región costa, se integran todos los sistemas en una sola interfaz, para que un usuario haga la supervisión de toda la instalación, el control de ciertos actuadores y la generación de reportes, además puede ayudar a identificar qué sistema presenta más problemas, gracias a registrar todas las alarmas y presentarlas al usuario. Se implementó desde cero el hardware requerido para levantar la red de comunicación en toda el área de la base, equipo y software necesario para el control de accesos, así como para el sistema de CCTV en el cual se usan cámaras para monitoreo y como sensores de movimiento, donde lo principal fue seleccionar el protocolo para centralizar la información en un único controlador BMS. Por otra parte, tenemos el desarrollo de la interfaz, la cual es capaz de mostrar todos los sistemas a través de sus 22 edificios, las alarmas se presentan de forma visual y sonora, de tal manera que el usuario sepa exactamente cual sistema y polvorín presenta inconvenientes.

Palabras clave: sistema de gestión de edificios, sistema de climatización, circuito cerrado de televisión, BACnet, modbus.

Abstract

The present work develops and implements a BMS system (Building Management System - Building Management System), CCTV systems (Closed Circuit Television), fire system, access control system and HVAC (Ventilation System) are designed during this project , which will be installed in an explosives depot in the coastal region, all systems are integrated into a single interface, so that a user can supervise the entire installation, control certain actuators and generate reports, and can also help identify which system has the most problems, by recording all alarms and presenting them to the user. The hardware required to build the communication network throughout the base area, equipment, and software necessary for access control, as well as for the CCTV system in which cameras are used for monitoring and as sensors of security, were implemented from scratch movement, where the main thing was to select the protocol to centralize the information in a single BMS controller. On the other hand, we have the development of the interface, which is capable of showing all the systems through its 22 buildings, the alarms are presented visually and sonically, in such a way that the user knows exactly which system and powder keg it presents drawbacks

Keywords: building management system, air-conditioning system, closed-circuit television, BACnet, modbus.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El almacenamiento de materiales explosivos, armamento y municiones son un riesgo potencial para la ciudadanía en caso de que se produzca una explosión en estos almacenes, también representan un riesgo para el Estado pues estos recursos son de interés para grupos armados fuera de la ley, por este motivo existen publicaciones que hablan sobre las medidas de seguridad a tomar en cuenta para la construcción de estos depósitos, así como el equipamiento apropiado para su almacenamiento y transporte.(Araque Salazar, 2012), debido a la variedad de criterios sobre los protocolos que se deben seguir para el correcto manejo material explosivo hay trabajos que tratan de unificar y proponer procedimientos estándar para el correcto manejo de estos materiales basándose en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE, Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2216:2000 EXPLOSIVOS USO, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE, Norma Técnica Ecuatoriana INEN. (RODRIGUEZ DALGO, 2020).

Se conoce que en el Ecuador han ocurrido tragedias relacionadas con polvorines regulados bajo el mando del Estado como: la explosión del depósito de la Brigada de Caballería N 11 “ Galápagos” en Riobamba el 20 de noviembre del 2002 (el Universo, 2002), desastre en los almacenes en el puerto de Guayaquil la Base Naval (la Hora, 2003), explosión en la Brigada de Fuerzas Especiales Patria, Latacunga el 7 de noviembre del 2016 (el Comercio, 2016), todos estos accidentes han tenido coste humano y material, pues muchas de estas infraestructuras no cuentan con la monitorización tecnológica de las variables que garantizan la seguridad de los almacenes. Cuando se habla del control de varias variables y actuadores en una edificación ya sea comercial, residencial, industrial o salud, se observa que estas se agrupan en diferentes sistemas como: HVAC, iluminación, seguridad, accesos, incendios entre muchos otros (Astudillo, 2012). A la integración de todos estos sistemas se le conoce como BMS (BUILDING MANAGEMENT SYSTEM) termino que se maneja para edificios inteligentes, lo

que permite al operador/cliente controlar, supervisar y gestionar todos los recursos de un edificio ya sea in situ o de forma remota.(Zúñiga Vinuesa, 2018)

Para el desarrollo de este proyecto a la empresa SEIUS S.A. se le aprobó el presupuesto necesario para realizar la compra de todos los equipos y sensores, lo que garantiza la implementación de la solución a proponer.

Justificación

En el Ecuador las edificaciones son diseñadas de manera tradicional, por este motivo se ha dificultado el monitoreo y control de sus instalaciones, pues no fueron pensadas para gestionar todos sus sistemas como: comunicaciones, HVAC, iluminación, electromecánicas, incendios, accesos, videovigilancia, entre otras de manera remota y centralizada. Las bases militares no son la excepción, pues muchas fueron construidas antes de que en el país existan medios de conexión/comunicación avanzados.

Hoy en día el manejo que se le da a la información es vital, ya que de esta manera se establece como será la interacción entre el cliente y el sistema, como este responde ante el seguimiento de alarmas, configuración de set points, notificaciones entre otros. Todo lo que vaya a controlar y monitorear dependerá de los equipos que se hayan dimensionado de acorde a las necesidades del cliente.

Conocer el estado general de una instalación militar es prioridad para el personal que ahí trabaja pues con esto se garantiza la seguridad tanto al recurso humano como económico al evitar pérdidas de los recursos del Estado, el acceso a esta información debe ser controlada y sencilla para que el personal, el sistema BMS debe brindar al menos las siguientes funciones:

- **Monitorización:** se puede acceder a los datos provenientes de todos los equipos instalados en cualquier momento que el usuario lo requiera.
- **Configuración:** dependiendo del nivel de acceso el usuario puede modificar los valores sobre los diferentes sistemas que componen el BMS, según lo considere necesario.

- Seguimiento de alarmas: el usuario debe estar consciente de la criticidad de la situación en que se encuentre el sistema, pues no es lo mismo una falla en la ventilación que en las cámaras cuando se habla de polvorines, por eso la prioridad a las variables se las debe dar después de hacer el levantamiento de información en sitio y con el cliente.
- Generación de reportes: pues permite dar seguimiento a un evento o de forma general, para con los datos hacer análisis posteriores para mejorar la gestión o dar mantenimiento.

Al ser materiales explosivos hay una serie de normativas para su clasificación, almacenamiento, traslado, toda esta información es manejada por el personal militar por este motivo desde un cliente/servidor que estará ubicado en un cuarto de control el personal establecerá el set point que necesite cada polvorín, dependiendo de lo que se haya almacenado en cada uno.

Alcance del proyecto

El presente proyecto de titulación pretende realizar el diseño e implementación de un sistema BMS para 21 polvorines en una base militar de la región costa, cada uno de ellos contará con al menos uno de los siguientes sistemas: HVAC, CCTV, monitorización y control de accesos. El HVAC se usará para el control de temperatura tomando en consideración que los sensores que se vayan a seleccionar tengan las certificaciones para usarse en áreas peligrosas como se establece en la normativa INEN. Se integrará las plantas que tienen activas actualmente de HVAC para setear los rangos de temperatura desde el cuarto de control para que el almacenamiento de la pólvora no se salga del rango 4 C a 35 C, por debajo del rango establecido el material empieza a degradarse y por encima del mismo hay el riesgo de una explosión. Para la seguridad el sistema CCTV permitirá la detección de posibles intrusiones, también se contará con el sistema de accesos a la base registrando al personal que ingrese a la misma. Se tomará en cuenta que el protocolo que se vaya a seleccionar se maneje a través de un medio ETHERNET/TCP-IP, para que sea posible integrar componentes de varios fabricantes, siempre y cuando el manejo de la información sea compatible.

La información de los 21 polvorines se centrará en el sistema BMS, de esta forma se hará el desarrollo de una interfaz gráfica web en la cual se podrá monitorear la temperatura, configurar la temperatura a la que se encuentra cada polvorín, tomando en cuenta que debe encontrarse en el rango seguro de almacenamiento descrito anteriormente, seguimiento de alarmas de los sistemas contra incendios, CCTV y control de accesos, también se podrá generar el reporte de las alarmas, las funcionalidades que el operario pueda ver y configurar dependerán del grado de autorización que se le asigne a cada usuario.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema BMS para el control y supervisión de los sistemas HVAC, acceso y CCTV en una base militar tipo.

Objetivos Especificos

- Diseñar la arquitectura para la comunicación entre los sistemas que hay en la base.
- Integrar el sistema HVAC para el control de temperatura.
- Instalar un sistema de videovigilancia y control de accesos para la seguridad de la base.
- Desarrollar una interfaz gráfica web que permita la navegación entre todos los edificios y sus sistemas, en los que se muestre valores en tiempo real de las condiciones físicas.

Capítulo II

Marco Teórico

Explosivos

Los explosivos pueden estar en estado sólido o líquido, a su vez pueden ser componentes individuales o mezclas, los cuales al reaccionar producen altas presiones, velocidades y temperaturas, con el objetivo de generar daños. (UNECE, 2015)

Debido al riesgo que puede llegar a presentar la munición, C-4, TNT, pólvora por mencionar unos, sobre todo si llegan a estar en presencia de fuentes iniciadoras, y no solo en esos casos, ya que algunos de estos materiales son altamente explosivos y presentan cierta inestabilidad debido a su propia composición, la cual incrementa al estar expuestos a condiciones ambientales con temperaturas muy altas o bajas, humedad y la caída de su tiempo de vida. (Santillán Ruiz et al., 2018)

Almacenamiento de explosivos

Los lugares donde se almacenan estos materiales tienen el nombre de depósito de municiones, aunque ya en el contexto del ejército se les conoce comúnmente como polvorines si estos están alejados de las instalaciones generales, y como pañol si están dentro del recinto.(el Almirante, 2002)

Teniendo esto en cuenta, los lugares donde se almacenan este tipo de materiales explosivos deben cumplir una serie especificaciones para garantizar que no ocurran accidentes con estos materiales, y que en caso de que ocurra una explosión los daños sean mínimos, para esto último se considera el material de construcción, la profundidad, paredes de contención, entre otros. (Quijada Mayorquin, 2004). También se deben tener bajo control las condiciones ambientales dentro de estos para mantenerlos frescos, sin humedad (dentro de un rango) y bien ventilados para evitar la acumulación gases. Para esto los polvorines deben contar con sistemas HVAC para garantizar la temperatura, sistema contra incendios para el control de gases y humedad.(el Almirante, 2002)

Condiciones para el almacenamiento de explosivos

En los polvorines se puede guardar una gran variedad de elementos explosivos como: pólvora, propulsores, pirotecnia, munición de guerra, cohetes, misiles, detonadores por mencionar algunos. En esta amplia gama de materiales se ve que el rango inferior de temperatura esta alrededor de los 7°C a 10 °C, pues a estas temperaturas no se genera una degradación significativa en los explosivos, siendo la pólvora la que más se ve afectada por la exudación (formación de cristales a bajas temperaturas) pero al superar los 10 °C, esto se reabsorbe. Igualmente, según las pruebas hechas en (el Almirante, 2002), el límite superior de temperatura esta alrededor de los 35 °C y 40 °C, esto no significa que vaya a haber una explosión inminente o que se corra un peligro importante, lo que si implica es que se deben comenzar con las medidas de precaución. Se debe considerar que en estos lugares no se deben superar los 40 °C debido a que hay materiales como el fosforo blanco que a los 43 °C llegan a su punto de fusión.

Otro factor importante al momento de hablar de almacenar y conservar los materiales explosivos es la humedad, la cual en estos casos no debe superar el 70% para evitar deterioro significativo, y no debe estar demasiado seco por lo que la humedad debe estar entre el 30% a 50%, estas condiciones dependerán completamente del tipo de explosivos que se esté guardando. (Selecky, 2003)

Tabla 1

Rangos de temperatura para almacenamiento explosivos

Rangos de temperatura para almacenamiento explosivos				
Temperatura	Humedad Relativa	Gases	Clasificación de riesgo	Acción frente al riesgo
Menor a 10 °C	Menor a 70 %	Presencia mínima	Aceptable	Puede omitirse la corrección.
10 °C a 35 °C	Menor a 70 %	Presencia moderada	Posible	No es emergencia pero debe ser corregido el riesgo.
Mayor a 35 °C	Mayor a 70 %	Presencia moderada	Notable	Corrección necesaria urgente.

Nota: Recuperado de (Cabezas Sánchez & Solis Toapanta, 2021)

Tipos de polvorines

Tipo 1

Son construcciones de estancia permanente, con seguridad para evitar robos, así como capaces de soportar estructuralmente climas poco favorables. En estos edificios se almacena todo material como balas, dinamita entre otros.

Tipo 2

Construcciones que se pueden transportar de un lugar a otro (móvil), para almacenar materiales como el tipo 1.

Tipo 3

Polvorines móviles que se usan cuando el material explosivo está siendo usado, estos en su construcción deben soportar fuego, disparos de munición y cambios climáticos.

Tipo 4

Estos pueden como el tipo 1 (permanente) o móviles, el material que aquí se guarde es del tipo que no explota en masa.

Tipo 5

Polvorines permanentes o móviles, el material que se guarde puede llegar a detonar si es impactado por disparos de bala, pero esto no producirá una reacción en cadena.

(Quijada Mayorquin, 2004)

Clasificación según peligrosidad

Clase 1:

Materiales con alta probabilidad de explotar y que no se han definido las especificaciones para su almacenamiento.

Clase 2

Materiales potencialmente no destructivos, pues al explotar generan poca presión por esta razón la estructura donde se almacenan no sería afectada.

Clase 3

Materiales que al estallar lo hacen de forma secuencial, lo que no llega a generar daños estructurales en los almacenes.

Clase 4

Munición de salva, munición altamente explosiva y proyectiles con TNT, amonal entre otros químicos.

Clase 5

Munición de tipo granada principalmente con alcance menor los 350 m y que de llegar a estar una, no se llega a generar una reacción en cadena, se generan explosiones incompletas.

Clase 6

Materiales ligeros que al estallar tienen un alcance menor a 180 m, por lo general están almacenadas en pilas.

Clase 7

Material que puede explotar ante la presencia de fuego y de hacerlo la explosión que se produzca pueden generar un daño estructural considerable a las instalaciones.

(Santillán Ruiz et al., 2018)

Domótica e Inmótica

Domótica

Son todos los sistemas integrados en una vivienda, los cuales trabajan de forma conjunta para brindar seguridad, bienestar y confort a los habitantes de la casa, esto se logra al hacer una gestión inteligente de todos los sistemas involucrados. La implementación puede hacerse a través de

instalaciones eléctricas, instalaciones de comunicación de datos las cuales van por el interior o exterior de la vivienda, o se puede optar por comunicaciones inalámbricas.

Los sistemas más comunes son:

- Iluminación: sistema que controla las luces de la casa, es decir el encendido o apagado, para este control hay varios criterios que se pueden usar como: encender luces ante la presencia de personas y apagar cuando se vaya, regular la intensidad de los focos o apagarlos completamente dependiendo de la luz solar, para seguridad se simula la presencia de personas al encender luces cuando la casa está vacía
- Persianas: programación de cortinas, el control permite generar recetas para tener máxima iluminación o se pueden considerar otros criterios para tener diferentes configuraciones preestablecidas.
- Climatización: la temperatura dentro de la casa debe mantenerse entre los 20 °C y 21 °C, así como la humedad que debe estar entre el 30% y 50% para garantizar que no haya malestar.
- Electrodomésticos: ciertos equipos no necesitan estar encendidos durante todo el día o pueden cumplir sus funciones a cualquier hora, bajo esta premisa se puede aprovechar para usar los equipos en horarios de menor consumo eléctrico.

(Roque Estrada, 2015)

Inmótica

Se refiere al conjunto de sistemas automatizados en construcciones que no son del tipo vivienda, sino más bien oficinas, edificios de coworking, escuelas, hospitales, institutos y cualquier edificación grande, en la cual se busca optimizar recursos, hacer una gestión energética, seguridad entre otros. Una diferencia que se encuentra al hablar de domótica e inmótica, es el alcance y funcionalidad de los equipos que se utilizan, para las viviendas los equipos suelen ser más económicos y los actuadores de funciones específicas, por otro lado, en los edificios el hardware suele ser considerablemente más caros y los actuadores tienen un alcance amplio de funciones. (Viteri Erazo, 2019)

BMS

Sistema de gestión de edificios (Building Management System), permite tener el control y el estado de los elementos electrónicos y mecánicos que se hayan instalado, los sistemas más comunes que se tienen son: HVAC, CCTV, incendios, accesos, extracción, entre otros. Lo que se busca es un manejo eficiente de los recursos del edificio, tomando en cuenta las condiciones de trabajo y la cantidad de energía necesaria para que estas se alcancen. (Cingles Comunicacions, 2018)

Las funciones del BMS son:

- Supervisión
- Control
- Reportes
- Histogramas

Los sistemas más comunes en un BMS son:

HVAC:

- Extractores
- Aire acondicionado
- Ventilación

Seguridad:

- Detección de intrusos
- CCTV
- Control de accesos

Energía:

- Subestaciones
- Tableros
- Iluminación
- UPS

Utilidades:

- Cisternas
- Ascensores
- Gas y agua

Figura 1

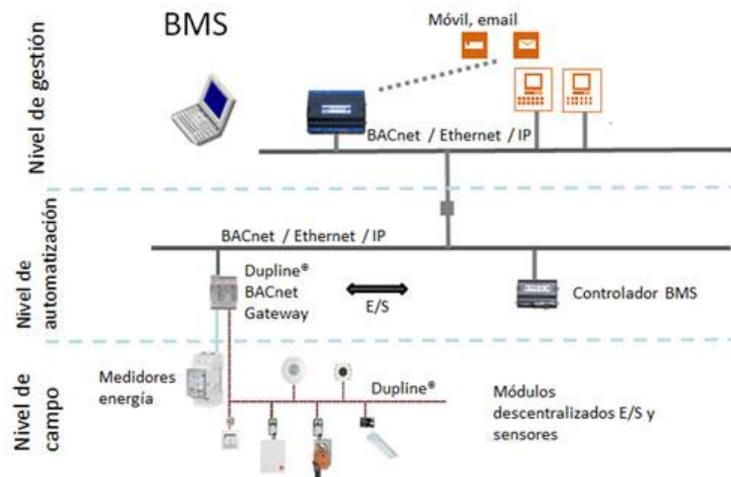
Sistemas en la gestión de edificios



Nota: Recuperado de (KINENERGY, 2016)

Pirámide del BMS

La gestión de edificios implica la integración de varias tecnologías como: telecomunicaciones, electrónica, informática, acondicionamiento de señales, entre otras. Las cuales se agrupan formando una pirámide con tres niveles claramente definidos desde abajo: nivel de campo, automatización y supervisión.

Figura 2*Pirámide del BMS*

Nota: Recuperado de (Olatz Molinos, n.d.)

Nivel 3 Campo

Instrumentación física instalada en los edificios como los sensores, actuadores, medidores de energía, todo lo necesario para la adquisición de datos. (Zúñiga Vinueza, 2018)

Nivel 2 automatización

A nivel de hardware son los controladores, en los cuales se programan las lógicas de control utilizadas para garantizar el correcto funcionamiento de cada sistema que se vaya a implementar. (Zúñiga Vinueza, 2018)

Nivel 1 Supervisión

Nivel en el cual se recopila toda la información de los niveles anteriores, lo que permite la gestión de horarios, análisis de tendencias, gestión energética. (Zúñiga Vinueza, 2018)

*Protocolos más comunes usados en BMS***BACnet**

Es un protocolo abierto, completo y potente para la automatización de edificios, ya que permite tener acceso a todas las funciones como climatización, iluminación, CCTV, accesos entre otros. Posibilita recopilar datos para un funcionamiento eficiente y gestión energética. (Tang et al., 2020)

KNX

Estándar basado en el modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI), desarrollado para el uso en la domótica e inmótica, se puede usar varios medios de comunicación como:

- Ethernet.
- Red eléctrica: en instalaciones de 230 VAC a 50 Hz, se usa modulación SFSK a distancias menores a los 600m
- Radio: se usa varios portadores y se puede llegar de forma inalámbrica hasta 300 m.
- Par trenzado: se usan 2 hilos para la alimentación de los dispositivos.

(Feki et al., 2019)

Modbus

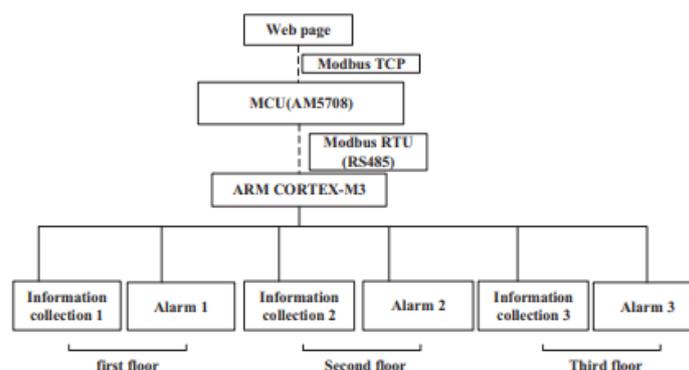
Protocolo de comunicación usado principalmente para los PLC, con el tiempo se convirtió en un estándar de la industria, los más conocidos actualmente son RTU y TCP, dentro de esta red cualquier equipo puede enviar ordenes, cada equipo tiene una dirección única.

- Modbus RTU: se usa una comunicación serial, para enviar un comando se usa una comprobación de redundancia cíclica para comprobar si hay o no errores en la trama enviada.
- Modbus TCP/IP: se hace a través de comunicarse por el puerto 502.

(You & Ge, 2019)

Figura 3

Diagrama de conexiones Modbus



Nota: Recuperado de (You & Ge, 2019)

HVAC

Es el sistema de climatización el cual regula la temperatura de las instalaciones donde fue instalado, la función de este sistema en viviendas y oficinas es el confort de las personas, mientras que en depósitos se busca alcanzar las condiciones de almacenaje de los productos.

El HVAC cumple las siguientes funciones:

- Enfriamiento: consiste en bajar la temperatura del ambiente, el método más usado es comprimir un gas para luego expandirlo de esta manera hay una mayor transferencia de calor.
- Calentamiento: consiste en subir la temperatura.
- Ventilación: en lugares cerrados se hace una circulación de aire, extrayendo el aire de una habitación y suministrando aire del exterior.

Para construcciones grandes se utilizan unidades HVAC tipo paquete, las cuales en su interior poseen todos los elementos necesarios para cumplir las acciones antes descritas: compresor, evaporador y expansor. (TIGUA RUIZ, 2021)

Ventajas de Automatizar el HVAC.

- Pueden operar desde una sala de control.
- Establecer el horario de trabajo.
- Alcanzar la temperatura acorde a la necesidad del proceso.
- Manejar más de un sistema a la vez.
- Supervisar el gasto energético.

Para integrar un sistema HVAC al BMS hay dos formas hacerlo. La primera consiste en llevar todas las señales de la instrumentación al controlador del BMS, este suele ubicarse en el cuarto de control, lejos del proceso. Esto implica llevar el cableado de cada sensor largas distancias y la necesidad de seguidores de corriente. Todo esto genera un mayor gasto en materiales y menor versatilidad para hacer cambios.

La segunda forma consiste en conectar toda la instrumentación en un controlador dedicado exclusivamente al sistema HVAC, algunos controladores suelen venir con estrategias de control

preestablecidas como el control PID. Estos suelen ubicarse cerca del proceso, por ende, las distancias entre el controlador y los sensores son menores en comparación con la primera forma. (ABB, 2022)

La integración con el BMS se puede diferenciar en tres niveles:

Elementos de campo

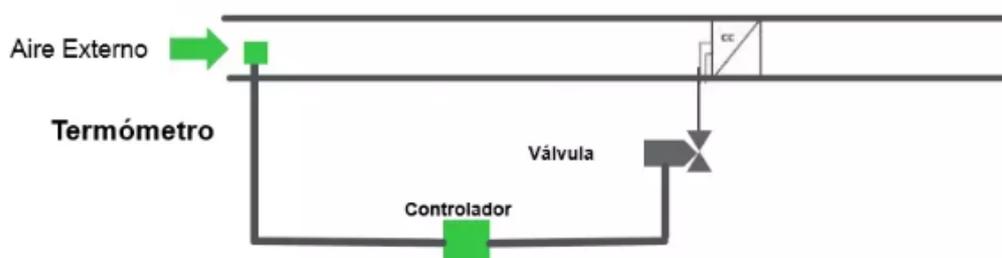
- Sensores: recogen la señal de las variables a controlar como por ejemplo termistores para agua o aire y sensores diferenciales de presión.
- Actuadores: los responsables de hacer una acción sobre la variable a controlar como: variadores, motores, válvulas, compuertas, etc.
- Controlador: compara el estado actual del sistema y lo lleva al set point.

Control de lazo abierto

La relación entre una variable no controlable (externa) y una variable controlable, en la **Figura 4**, el sensor capta una señal que envía al controlador para que ese actúe sobre la válvula que manda el agua por el serpentín para así regular la temperatura. Como observación podemos ver que no se están tomando en cuenta todas las variables que intervienen en este proceso y que podrían ayudar a tener un control más preciso, como: flujo de aire, temperatura del agua, presión, nivel, entre otros. (Catellanos, 2019)

Figura 4

Control de lazo abierto



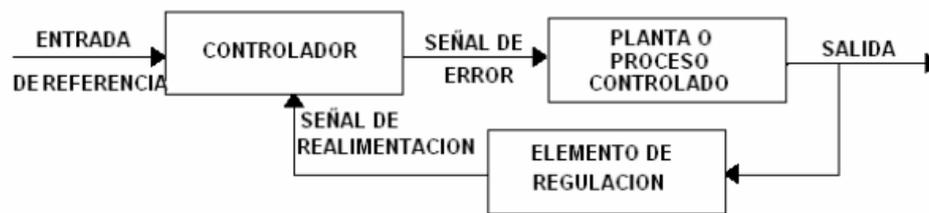
Nota: recuperado de (Catellanos, 2019)

Lazo Cerrado

Sistemas retroalimentados, en los cuales la señal de salida del controlador vuelve a ingresar a este, dicha señal compara con el set point, por ende, las acciones de control se basan en reducir la diferencia entre las dos entradas, minimizando el error.

Figura 5

Control de Cerrado



Nota: recuperado de (Perez et al., 2007)

Tipos de control

El control más común y básico, es el control de dos estados para equipos desde un mini-split hasta un chiller, el principal inconveniente de este control radica en que los equipos entran a su máxima capacidad desde el arranque, de esta manera el coste energético se eleva. (Catellanos, 2019)

Figura 6

Control on/off



Nota: recuperado de (Catellanos, 2019)

Control PID

La parte proporcional del control se basa en la diferencia que hay entre el set point y la señal retroalimentada que sale del controlador, si la ganancia es muy alta el sistema oscilara y si es muy baja no se acercara al punto de referencia. La parte integral suma el error en el tiempo, por lo que se busca valor pequeño con el cual se alcance un error estable de cero. Es un control muy usado en motores

pues, permite regular la frecuencia de estos y evita que estén trabajando a máxima capacidad todo el tiempo, a menos que el proceso así lo requiera. (EATON, 2019)

Integración del sistema HVAC al BMS

Cada sistema HVAC debe tener su controlador, los cuales deben contar con uno de los siguientes protocolos BACnet, ZigBee, Modbus, KNX, pues son los más utilizados en edificios. El protocolo que se vaya a seleccionar depende del protocolo que hable el cerebro del BMS, de esta manera se centraliza la información y se puede presentar una interfaz de usuario con todos los sistemas, brindando un control absoluto del inmueble. (Zúñiga Vinuesa, 2018)

Control de accesos

El sistema de accesos es el conjunto de elementos tanto de software como hardware que le permite o no la entrada al usuario, ya sea a la entrada del edificio, áreas, oficinas, ascensores, entre otros, mediante un sistema de identificación que reconoce el nivel de acceso de cada usuario. (Pilatasig Chanaluisa & Romero Toapanta, 2021)

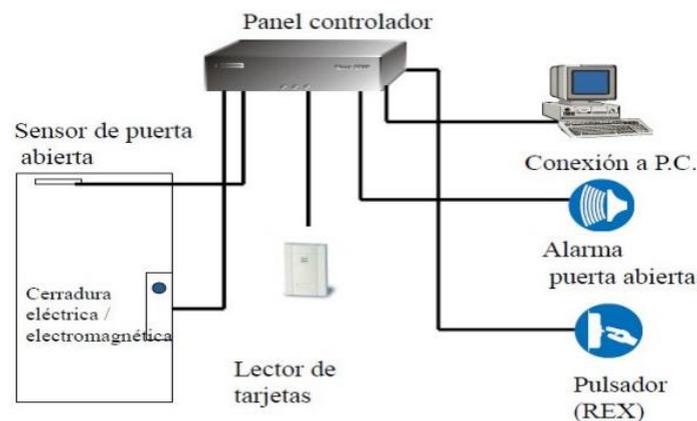
Hardware

De forma general se pueden definir los siguientes elementos

- **Controlador:** es el cerebro donde se hace las configuraciones necesarias, se conectan los elementos de campo y envía las señales a los actuadores.
- **Lectores de acceso:** son los dispositivos que reconocen a cada usuario, ya sea por medio de tarjetas, huellas, reconocimiento biométrico, entre otros.
- **Puertas:** se usan cerraduras magnéticas, electroimanes, sensores de posición, entre otros, el propósito es que la puerta solo se abra cuando el usuario tiene acceso o se pueda abrir de forma remota desde el cuarto de control.

Figura 7

Arquitectura para un sistema de accesos



Nota: recuperado de (Astesana & Medina, 2016)

De forma general se presenta un esquema de conexión del hardware descrito en la **Figura 7**, para el control de puertas, el elemento principal es el controlador, aquí se guarda toda la información y configuraciones para garantizar o negar el ingreso. (Astesana & Medina, 2016)

CCTV

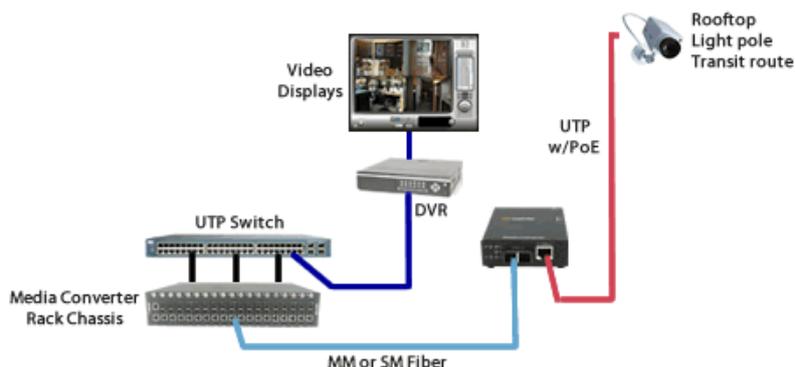
Los sistemas de videovigilancia de circuito cerrado cuyas siglas vienen del inglés "Closed Circuit Television", permiten la vigilancia de diferentes lugares y las actividades que se hacen en ellas, a través de una red de datos. Es cerrado porque todos los elementos están enlazados y no tienen salida al exterior (internet), además son sistemas pensados para un número limitado de usuarios.

Las cámaras fijas no tienen movimiento físico, el área que vayan a cubrir se ve durante la instalación de estas, los únicos parámetros que se pueden controlar son: enfoque, zoom y vista panorámica.

Existen cámaras con movimiento como las PTZ (Paneo, rotación, zoom) que siguen un objetivo, esto permite tener un mayor rango de visualización. (OCAMPO ANDRADE, 2017)

Figura 8

Arquitectura para un sistema de CCTV



Nota: recuperado de (Cámaras de Seguridad Guayaquil, 2017)

Componentes

Red

Elementos activos (Equipos) y pasivos (medios físicos) para formar la transmisión de información sin importar la distancia (mientras estén en la red), dependiendo de si se tiene un alcance local o global, se les denomina LAN o WAN. En una red local, se refiere a que todos los equipos que están interconectados se encuentran dentro de una distancia próxima. (EUATM, n.d.)

Cámaras

Elementos que captan el video, esta información es enviada por medios como cable UTP (Ethernet/IP) o cable coaxial, dependiendo de la tecnología que esta use. Existen convertidores de cable coaxial a Ethernet, de esta manera la información está en red y los usuarios autorizados pueden ver, guardar y gestionar el video. (QUINGA TOPÓN, 2020)

DVR (Digital video recorder)

Dispositivo que graba y permite la visualización de cámaras digitales, que se comunican a través de un medio Ethernet. La capacidad de canales y almacenamiento de estos equipos dependen directamente de la cantidad de cámaras y la resolución con la que se va a guardar del video. (OCAMPO ANDRADE, 2017)

Switch

Dispositivos que permiten la conexión de varios equipos en una misma red, en principio la información que es mandada por un dispositivo está disponible para todos los equipos de esa red. Algunos son del tipo PoE (Power over ethernet), esto quiere decir el voltaje de alimentación se manda a través del mismo cable de datos, por lo general el voltaje suele ser de 48 VDC esto con el fin de necesitar la menor corriente posible, comparado a usar una fuente cuyos valores suelen ser de 24 VDC a 0,75 A o 12 VDC a 1,5. No todas las cámaras tienen aceptan alimentación por PoE. (Chaglla Toaquiza & Villa Romero, 2021)

Aplicaciones

- Los sistemas CCTV son usados principalmente para vigilancia y seguridad, de algún lugar de interés.
- Monitoreo de Armamento
- Vigilancia de almacenes
- Conteo de personas que pasan por una zona
- Monitoreo en procesos industriales
- Vigilancia de personas en áreas clave como tiendas, hoteles, aeropuertos
- Vigilancia en áreas de revisión como garitas, tanto de personas como vehículos.

En los sistemas CCTV y dependiendo la tecnología de las cámaras, se pueden hacer configuraciones para que las grabaciones sean específicamente de ciertos eventos o grabar continuamente durante las 24 horas, dependiendo de la capacidad del sistema y calidad de las imágenes guardadas se pueden garantizar x días de almacenamiento, antes de que, el sistema comience a reescribir la información más antigua que tenga almacenado. (OCAMPO ANDRADE, 2017)

Topología de redes

La topología son los caminos físicos o lógicos, que los paquetes de información siguen a través de los diferentes nodos. Esta es determinada por la forma en que se conectan los nodos, esta no afecta directamente a la velocidad de los paquetes. (OCAMPO ANDRADE, 2017)

Topología punto a punto: se caracteriza por usar un solo canal de datos para 2 equipos, donde cada uno se comporta como igual entre sí, es decir pueden hacer el papel de emisor o receptor. Para instalaciones con pocos equipos conectados a la red son ideales, en cambio si la red crece su eficiencia decrece significativamente, pues la coordinación entre todos los puntos se va complicando. (QUINGA TOPÓN, 2020)

Como ventajas: son fáciles de configurar y no necesitan equipos de red, por lo que su costo menor.

Topología en bus: todos los equipos se conectan a un bus central, por lo tanto, toda la información se manda por ese único canal, el mismo que se cierra con un acople de impedancias en los extremos. (Chaglla Toaquiza & Villa Romero, 2021)

Topología en estrella: se usa un equipo central el cual puede ser un switch, repetidor, conmutador, a este se conectan los computadores, no manejan muchos paquetes de información, además con esta forma se reducen las posibilidades de que se genere eco. (OCAMPO ANDRADE, 2017)

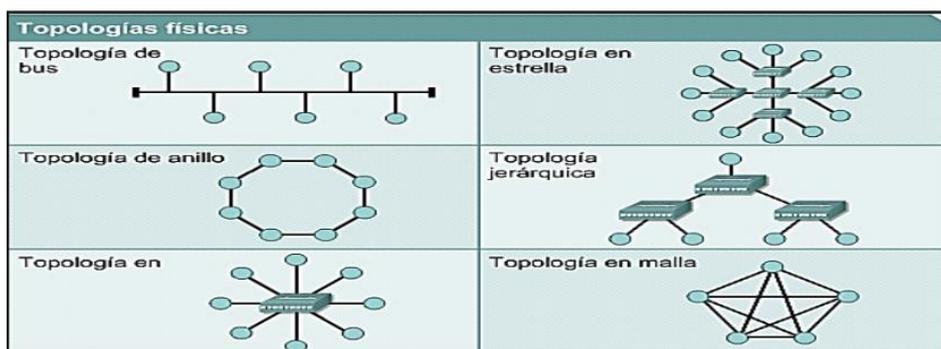
Topología en anillo y doble anillo: cada nodo está conectado a dos nodos, así hasta conectar el primero con el último, si la transmisión de datos es unidireccional, cuando un enlace se interrumpe toda la comunicación se corta. Por otro lado, si es un anillo bidireccional se genera redundancia para que la información llegue por un lado u otro, garantizando que, si un camino se interrumpe, la comunicación no se corta.(QUINGA TOPÓN, 2020)

Topología de árbol: se tiene una jerarquía en la cual los nodos se van abriendo similar a las ramas de un árbol, las conexiones se hacen a través de los hosts y no se cuenta con un nodo centrar.(GARCIA AVILA, 2019)

Topología de Malla: los nodos están conectados de forma redundante, lo que hace que cada todo tenga más de una conexión, esto implica una gran cantidad de cableado. También se puede implementar de manera inalámbrica. (Chaglla Toaquiza & Villa Romero, 2021)

Figura 9

Tipos de topología



Nota: recuperado de (OCAMPO ANDRADE, 2017)

Tipos de Redes

Se clasifican en redes Privadas y públicas, dependiendo de la accesibilidad que se tenga a la misma, cuando se habla de la situación geográfica se dividen en: LAN (redes de área local), WAN (red de área metropolitana) y MAN (red de área extendida).

Red de área Local

Redes definidas a un espacio limitado, es decir como un edificio, dentro de esta, todos los periféricos que estén conectados en red pueden ser usados por entre varios equipos.

Red de área metropolitana

Poseen un alcance mucho más grande a la LAN pero no llega a ser internacional, es decir un área metropolitana.

Red de Área extendida

Las redes WAM por lo general son la interconexión de varias redes MAN, con esto se logra unir varias ciudades de un mismo país o incluso llegar a un alcance continental.

(Dordoigne Jose, 2016)

HMI

Es la interfaz que permite al usuario relacionarse con el proceso, también conocida como “interfaz humano máquina”, están presentes en cualquier parte en la que se necesite que un operario supervise o controle cualquier sistema, dentro de una fábrica o industria. (Castro et al., 2014)

- Modelo del usuario: es el enfocado al operador final, entonces se trata de que el sistema sea intuitivo para que el usuario pueda ir conociendo la interfaz con el uso, también debe ser personalizada a este, a través de entrevistas, usabilidad y levantamiento del proceso. La manera más rápida para introducir un nuevo sistema a un usuario, es relacionarlo con algo ya conocido. (Rodríguez, 2017)
- Modelo del programador: se usan elementos propios del desarrollador como las bases de datos, agendas entre otros, los cuales se presentan al usuario final, por lo general también se puede interactuar con estos objetos. (Castro et al., 2014)
- Modelo del diseñador: para el diseño de esta interfaz se toman en cuenta las necesidades del usuario y las herramientas que usa el programador. (Rodríguez, 2017)

Sugerencias para el diseño de interfaces

- Se debe considerar que las maquinas tienen capacidades diferentes a las personas, por ende, las usamos para compensar las debilidades este último, esto lo podemos visualizar con la memoria, podemos compensar la poca capacidad de las personas y evitar que tengan que recordar cosas no importantes.

- Minimizar la cantidad de información que debe manejar el usuario: hay datos que no son necesarios saberlos de memoria y que pueden almacenarse en una base de datos, para después presentarlos al usuario según sea necesario.
- Ayuda en la selección de información, pues es más eficiente seleccionar una lista con la información que se necesite basado en el conocimiento y no tener que recordar cada detalle e ingresarlo manualmente cada que se necesite.
- Guía de navegación, da sugerencias de lo que puede hacer el usuario a continuación.
- La información se puede agrupar en grupos, los cuales deben tener nombres de preferencia relacionándolos con objetos conocidos en la vida cotidiana como agenda, direcciones, recetas, sistema telefónico.
- Se pueden agregar teclas de navegación como atajos.
- Distribución de la información, se agrupa lo que se va a presentar al usuario como menús, asistentes, listas.

El usuario tiene el control del sistema: lo que se busca es que el usuario pueda hacer todas las actividades que son parte de su trabajo, para esto el desarrollador debe levantar correctamente las necesidades y definir el alcance. También el sistema que se ofrezca debe tener la posibilidad de expandirse en base a las futuras exigencias del sistema.

- Definir correctamente las funciones y modos de trabajo
- Mostrar mensajes y detalles adicionales, cuando pase el ratón por una opción.
- La navegación debe ser intuitiva para se le facilite al usuario acostumbrarse a ella rápidamente.
- La representación del proceso es muy importante, al agregar las figuras que simulan los equipos físicos, se le brinda al usuario una experiencia lo más cercana a la realidad.
- Cierta grado de personalización ayuda al usuario en la navegación.

Consistencia: el usuario puede aplicar lo aprendido en otros programas, debido a que se deben manejar ciertas respuestas ante ciertos eventos, también hace referencia a la estética que se maneja. (Rodríguez, 2017)

Guía de diseño

- Son sugerencias para el diseño de interfaces que dan las pautas de cual el comportamiento, cómo reaccionará con el usuario y cuál será la apariencia general.
- Minimalista, se debe evitar sobrecargar la pantalla con muchos objetos.
- Armonía no solo como se ve un objeto individualmente, sino como se ve el conjunto de elementos.
- Considerar todos los posibles errores que pueda cometer el usuario al interactuar.
- Diseño pensando en el usuario.

GEDIS

Es un compendio de indicadores que tratan de cubrir todos los detalles necesarios en cuanto al diseño de sistemas de supervisión industriales.

A continuación, en la Tabla 2 se presentan indicadores que ayudan al desarrollo de pantallas, mismos que se pueden subdividir en más parámetros, esto dependiendo lo que se requiera evaluar en la interfaz, al hablar del uso de color podemos sacar subindicadores de este como, el número de colores usados, consistencia, fondo, entre otros. Con esto podemos el valor medio del indicador general. (Ponsa et al., 2017)

Tabla 2

Indicadores de la Guía GEDIS

Indicador	Definición	Entradas	Salidas
Arquitectura	Los niveles de acceso que maneja cada pantalla	Toda la información de la planta que se recolecta a través de la instrumentación hacia la interfaz grafica	Las relaciones entre las pantallas y su funcionalidad.
Distribución de pantallas	Se usan plantillas para estandarizar cada tipo de ventana	Se hacen los diagramas de flujo de los procesos	Tipos de pantallas, plantillas de estas
Navegación	Como se va a cambiar de pantallas	Las funciones de la navegación entre subprocesos	La manera de interactuar con la interfaz, tanto a lo largo y ancho.
Uso de color	Se relaciona un color con funciones específicas	Colores no muy fuertes para no encandilar al usuario	Pantallas con colores claros
Fuentes de información	Funcionalidades de la interfaz	Diseño que se usa para mostrar la información al usuario, para el cual todo debe ser legible.	Fuentes, abreviaturas y acrónimos.
Estatus de equipos	Son los símbolos que van a representar el estado	Estándares para el control.	Simbología que el operador pueda reconocer.
Información del proceso	La representación de los datos analógicos y digitales, por lo general en gráficos.	Procesamiento de la información.	Lista de variables manejadas en el proceso.
Dashboard	Agrupaciones de gráficos como históricos, pasteles, histogramas y tablas	Procesamiento de la información.	Agrupamiento de datos en gráficos
Manejo del ingreso de datos	Es el método que se utiliza para que la información sea introducida al sistema	Diseño de como se hace el ingreso de datos.	Poder cambiar los parámetros
Alarmas	Se hace un levantamiento de los principales indicadores para cada sistema.	La asignación de los niveles de riesgo.	Lista de alarmas, según su nivel de riesgo

Nota: recuperado de (Ponsa et al., 2017)

Software de programación

El software para BMS debe permitir de forma general:

- Supervisión
- Control
- Reporte
- Generación de tablas
- Integración de sistemas

Todos los sistemas del edificio pueden ser visualizados de forma remota, a través de navegadores web. Para la integración de todos los componentes del edificio, el software debe contar con una de las siguientes interfaces de comunicación: BACNET (estándar en edificios), KNX (muy usada en edificios), ModBus/TCP (estándar usado en industria) y protocolos propios del fabricante para poder integrar más fácilmente controladores de la misma línea.

La eficiencia en el seguimiento de alarmas se debe poder reconocerlas, esto implica guardar quien la reconoció y que fue lo que sucedió.

El software debe permitir la vigilancia de las variables entra y salida, todo el equipamiento que vendría a estar instalado a nivel de campo, contactores, interruptores, sensores, breakers, supervisores de voltaje, todos los sistemas en encendido/apagado.

Programación de calendarios, hacer que el sistema tome acciones dependiendo del día y la fecha.

Capítulo III

Diseño del sistema BMS para polvorines

Descripción del lugar

El depósito está ubicado en la base militar Jaramijó en la provincia de Manabí, en la ciudad de Jaramijó. La dimensión del área de los polvorines sobrepasa los 135.000 m^2 , también se tiene una distancia de 500 m desde la parte administrativa hacia los polvorines.

Las instalaciones en las cuales se va a trabar están divididas en dos áreas: parte administrativa que incluye oficinas, cuarto de monitoreo, cafetería y cuarto de servidores; por otro lado, se tiene los 21 polvorines que están distribuidos en 4 secciones enlistadas a continuación:

Sección A, tiene 8 polvorines.

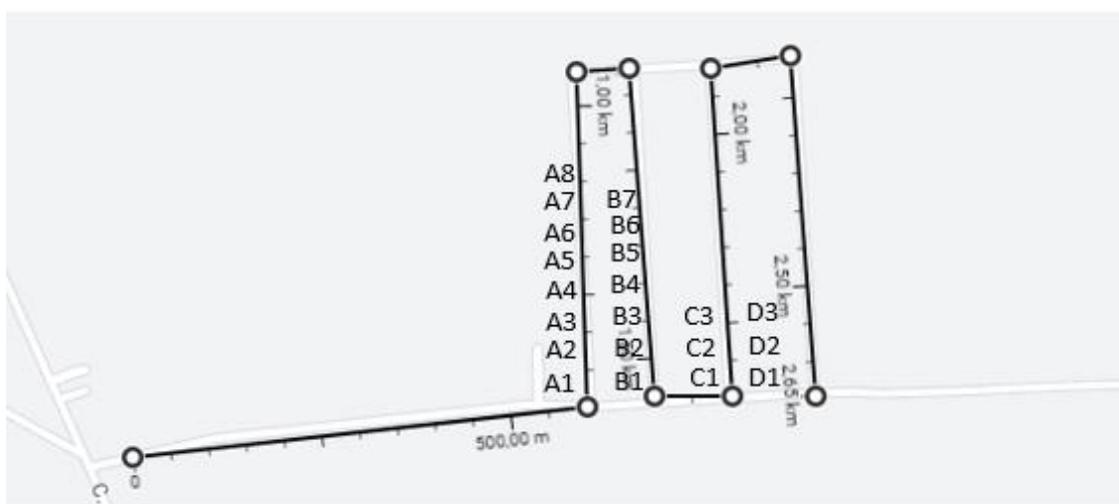
Sección B, tiene 7 polvorines.

Sección C, tiene 3 polvorines.

Sección D, tiene 3 polvorines

Figura 10

Distancias de los depósitos de polvorines



Nota: imagen tomada de Google Maps

En la Figura 10, se observa la distribución de los polvorines en la alineación A hay 8 polvorines, en la B hay 7 polvorines, en la C hay 3 polvorines y en la D existen 3 polvorines. Cuenta con una instalación administrativa que incluye: cuarto de monitoreo, oficinas, cuarto de servidores, comedor, para este proyecto el cuarto de interés es el de servidores, en este se planea ubicar todos los elementos del controlador central, por ende, debe haber una monitorización de las personas con acceso al mismo.

En base a los antecedentes descritos en el Capítulo I, el sistema principal debe contar con los siguientes subsistemas:

HVAC: los depósitos de munición deben mantenerse en un rango de temperatura de 10 °C a 35 °C, caso contrario las posibilidades de un accidente aumentan. Este sistema se considera crítico, debe haber 21 plantas para el control de temperatura, una por cada polvorín.

Incendios: en las condiciones normales descritas en el Capítulo II, la munición almacenada no debe producir gases, existe una liberación de gases de ciertos elementos explosivos cuando se supera el umbral de temperatura o cuando hay detonaciones. En cualquier caso, este sistema es crítico para garantizar la seguridad del personal del depósito.

CCTV: los depósitos son sitios de interés por la munición almacenada según se explica en el capítulo anterior, por este motivo deben tener una vigilancia 24/7, el personal de la base hace rondas cada cierto tiempo, pero debido a la extensión del terreno y que no se pueden vigilar los 21 polvorines a la vez, se debe contar con un sistema de cámaras estratégicamente ubicadas para cubrir la entrada de cada polvorín, este sistema se considera necesario.

Accesos: la base que cuenta con varios puestos de vigilancia hasta el área de polvorines así se reduce la probabilidad de que, entre personal no autorizado, aun así, debido a las guardias y posibles eventualidades en el cuarto de servidores se considera que este sistema debe integrarse.

Cada subsistema descrito se elaborará por separado, al final serán integrados al controlador BMS encargado de centralizar la información, para la monitorización y supervisión de toda el área de polvorines.

Para lograr un desempeño aceptable, se considera estos factores al seleccionar los equipos: fiable, nivel de confianza en el desempeño, la simplicidad, tener la menor cantidad de elementos posibles reduce posibles fallas en el sistema, y si existe una serán encontradas de manera rápida. La robustez reduce el impacto de las perturbaciones en el sistema, estas características en conjunto implican mantenimiento mínimo y fiabilidad a largo plazo.

Otro factor por considerar es el económico y las necesidades del depósito, para implementar todos los subsistemas propuestos y de no ser el caso, hacerlo en futuras renovaciones en base al presupuesto del cliente.

Análisis del protocolo de comunicación

El protocolo de comunicación debe ser fácil de implementar y permitir la conexión de más equipos a la red, sin necesidad de configuraciones adicionales. El primer criterio para usar es el medio físico por el que se transmitirá la información, como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3

Medio Físico de transmisión de protocolos en inmótica

Sistema	Medio físico	Control	Uso	Capacidad
Corrientes	Instalación eléctrica	Descentralizado	Hogar	Baja
Controladores	Medio Ethernet	Centralizado	Edificios	Alta
Radio	Aire/Inalámbrico	Descentralizado	Hogar	Baja
Bus	Bus de datos	Descentralizado	Edificios	Alta

Nota: tabla recuperada de (Granizo, 2019)

En base a la información presentada en la **Tabla 3**, las características del sistema de controladores y de bus, se ajustan a la necesidad de alta capacidad, como se quiere centralizar la información en el sistema BMS, el tipo de control debe ser centralizado. Razón para decidir por el medio físico ethernet del sistema de controladores. Con esta selección los protocolos a considerar se

reducen a aquellos desarrollados en base a la comunicación en serie que aprovechan las características del Ethernet TCP/IP, ajustando su forma de enviar los datos a la trama Ethernet.

Los protocolos que cumplen con lo anterior serían: KNXnet/IP, Modbus TCP, BACnet IP, Lonworks, se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones técnicas:

- Fácil de integrar sin importar el fabricante.
- La topología en anillo para redundancia.
- No necesitar pasarelas para integrar otros protocolos
- Comunicación directa con el controlador.
- Existencia de equipos que soporten el protocolo en el mercado.

En base a lo anterior se arma la **Tabla 4**, comparando los protocolos de KNXnet/IP, BACnet IP y Lonworks

Tabla 4

Medio Físico de transmisión de protocolos en inmótica

Protocolo	KNXnet/IP	BACnet IP	Lonworks
Integración con otros protocolos	UDP TP	Lon Talk Ethernet ARCnet	Lon Talk
Comparación con el modelo OSI	Capa Física Capa de red Capa de transporte Capa de aplicación	Capa Física Capa de datos Capa de red Capa de aplicación	Capa física Capa de datos Capa de red Capa de transporte Capa de sesión Capa de presentación.
Hardware	Por fabricante	Por fabricante	Fabricante neuron chip
Enfoque	Orientado a objetos	Orientado a objetos	Cada variable se debe relacionar en el controlador
Sistema	Mediano	Grande	Pequeño

La ventaja principal de KNXnet/IP y BACnet IP es que son protocolos abiertos soportado por varios fabricantes sin asociación a un hardware en específico, brinda la posibilidad de seleccionar

diversos fabricantes en controladores, a diferencia de LonWorks que necesita del chip neuron, esto reduce las opciones a la hora de integrarlo con varios sistemas. Finalmente, la selección del protocolo recae en la conectividad de los equipos, en Edificios las marcas más usadas son: Siemens, Schneider y Bosh. La línea de “building” de las mismas, contiene las siguientes características comunes de comunicación en sus controladores:

- Puertos Ethernet con compatibilidad en Modbus TCP, BACnet IP y protocolos propios del fabricante.
- Puertos RS-485.
- Bus de Entradas/Salidas.
- Puerto USB para programación.

Por los motivos expuestos el protocolo principal que será usado como criterio al momento de seleccionar los diferentes equipos de los subsistemas es BACnet IP.

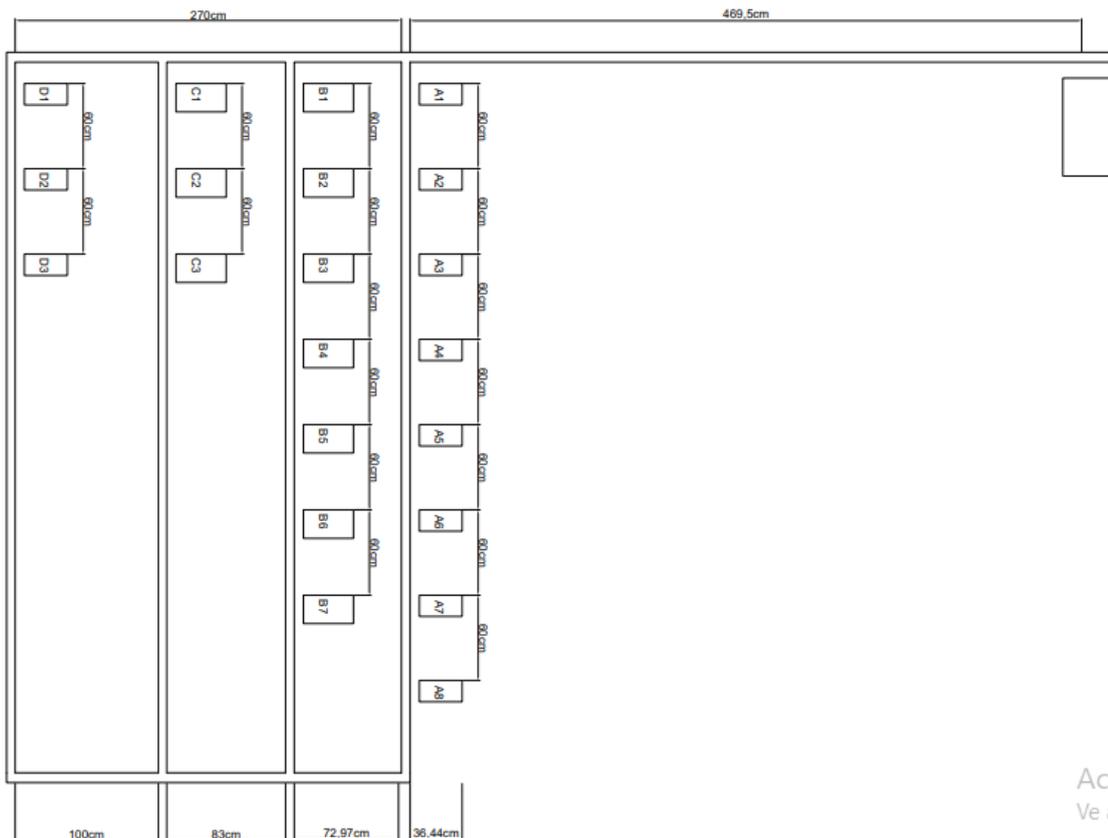
Diseño de la arquitectura de comunicación

En base al protocolo detallado en el punto anterior, se necesita una red comunicación basada en Ethernet TCP/IP, el medio físico son cables de par trenzado de 8 hilos con conectores RJ45, son los más comunes debido a su bajo costo, distancias no mayores a 100m y soportan el ruido. Esto último siempre que no se sobrepase la distancia especificada, caso contrario comienza a afectar las interferencias electromagnéticas y se necesita instalar repetidores para mantener la señal.

En la **Figura 11**, se observan las distancias que hay entre polvorines, separación entre alineaciones A, B, C y D. También el recorrido que hay entre el polvorín A1 y el edificio administrativo, se considera la ausencia de más edificios o líneas de alimentación visibles, para poner repetidores a lo largo del trayecto.

Figura 11:

Distancias entre alineaciones de polvorines



Acti
Ve a C

Nota: para más detalles ver el ANEXO 14

Con la información de las distancias se arma la siguiente **Tabla 5**, para dar los criterios técnicos de los elementos activos y pasivos a usar.

Tabla 5:

Distancias entre polvorines

Distancia	A 1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0m	60m	120m	180m	240m	300m	360m	420
A2	60m	0m	60m	120m	180m	240m	300m	360m
A3	120m	60m	0m	60m	120m	180m	240m	300m
A4	180	120m	60m	0m	60m	120m	180m	240m
A5	240m	180	120m	60m	0m	60m	120m	180m
A6	300m	240m	180	120m	60m	0m	60m	120m
A7	360m	300m	240m	180	120m	60m	0m	60m
A8	420m	360m	300m	240m	180	120m	60m	0m
Distancia	A y B	B y C	C y D	A/Control				
	73m	83m	100m	470m				

Nota: Distancias tomadas en campo

En base a la **Tabla 5**, se observa que cada dos polvorines se superan los 100m, esto implica colocar repetidores en cada polvorín para hacer una red de cobre, sin embargo, la idea de colocar repetidores entre las alineaciones y el edificio administrativo, se descarta por el trabajo que implica dado que no existen edificios intermedios, construir tableros intermedios y la alimentación que baja de los postes.

Con lo expuesto se busca otro medio que soporte los protocolos basados en TCP/IP, la opción que resalta es el uso de fibra óptica material que permite comunicar distancias cercanas a los 400km sin necesidad de repetidores, más que suficiente para cubrir los 500m que se necesita, no es propensa a perder información pues no le afectan las interferencias electromagnéticas, pues los datos se envían a través de haces de luz.

Finalmente, para dimensionar el número de puertos que se van a necesitar, se presenta una lista con los elementos que necesitan estar en red.

Tabla 6:

Equipos necesarios por polvorín

Equipo	Medio	Protocolo	Puertos
Controlador HVAC	Cobre/RJ45	BACnet ip Modbus TCP	1
Controlador Incendios	Cobre/RJ45	BACnet ip Modbus TCP	1
Cámaras	Cobre/RJ45	Onvif	2
Conexión entre polvorines	Cobre/RJ45	TCP/IP	2
Conexión entre polvorines	Fibra Óptica	TCP/IP	2

Nota: el número de puertos se pone en base a la descripción de los subsistemas críticos y esenciales descritos.

En base a la **Tabla 6**, se presentan las características necesarias para la selección del switch:

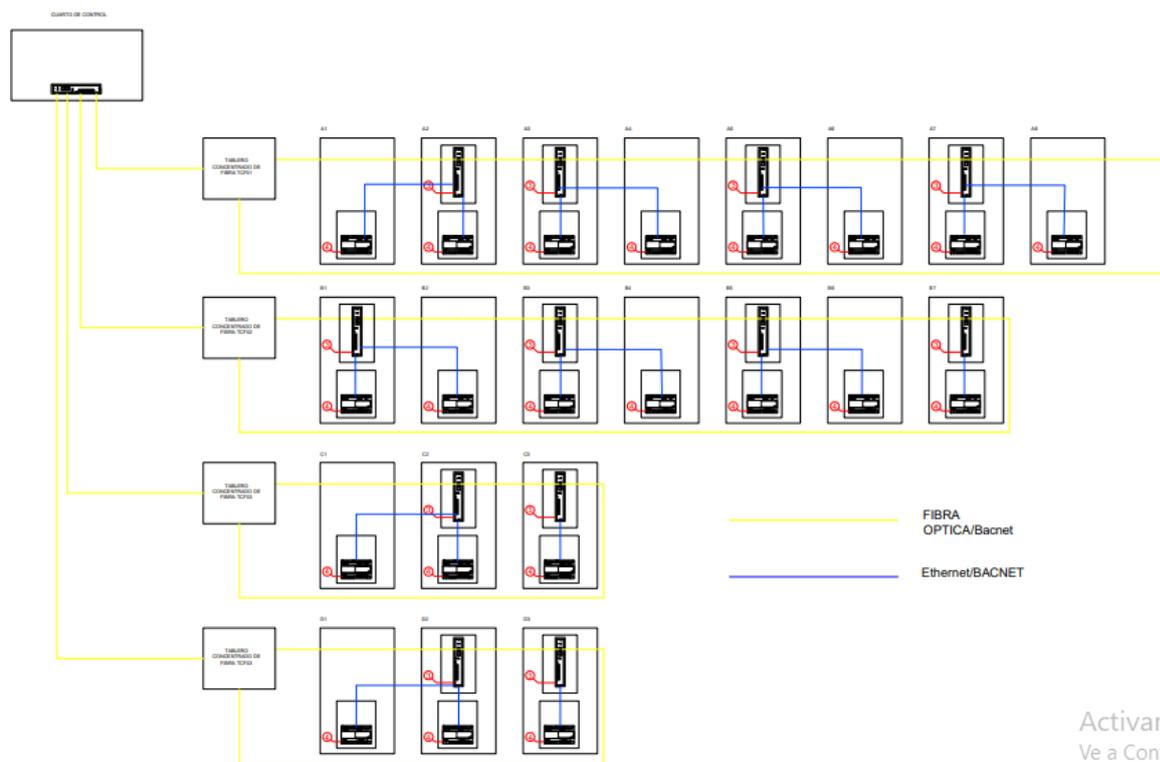
- Al menos 2 puertos de Fibra Óptica.
- De 6 a 8 puertos de cobre/RJ45.
- Grado de protección IP5x para arriba, será ubicado en condiciones de exteriores
- Grado de protección NEMA 3

- Comunicación Ethernet 100Mb
- Alimentación de 120 VAC o 24 VDC.

Con la información del medio físico y los equipos a conectar en el switch, la **Figura 12** presenta el diseño de la red comunicación necesario para poner todo en línea.

Figura 12:

Diseño de la red comunicación



Nota: para más detalles ver el ANEXO 15

Tabla 7:

Equipos que van en el tablero por polvorín

Equipo	Medio	Puertos
Controlador HVAC	Cobre/RJ45	1
Controlador Incendios	Cobre/RJ45	1
Cámaras	Cobre/RJ45	1 o 2
Switch de fibra	Cobre/RJ45	1

Nota: el anillo se cierra con fibra y los equipos se conectan con cobre

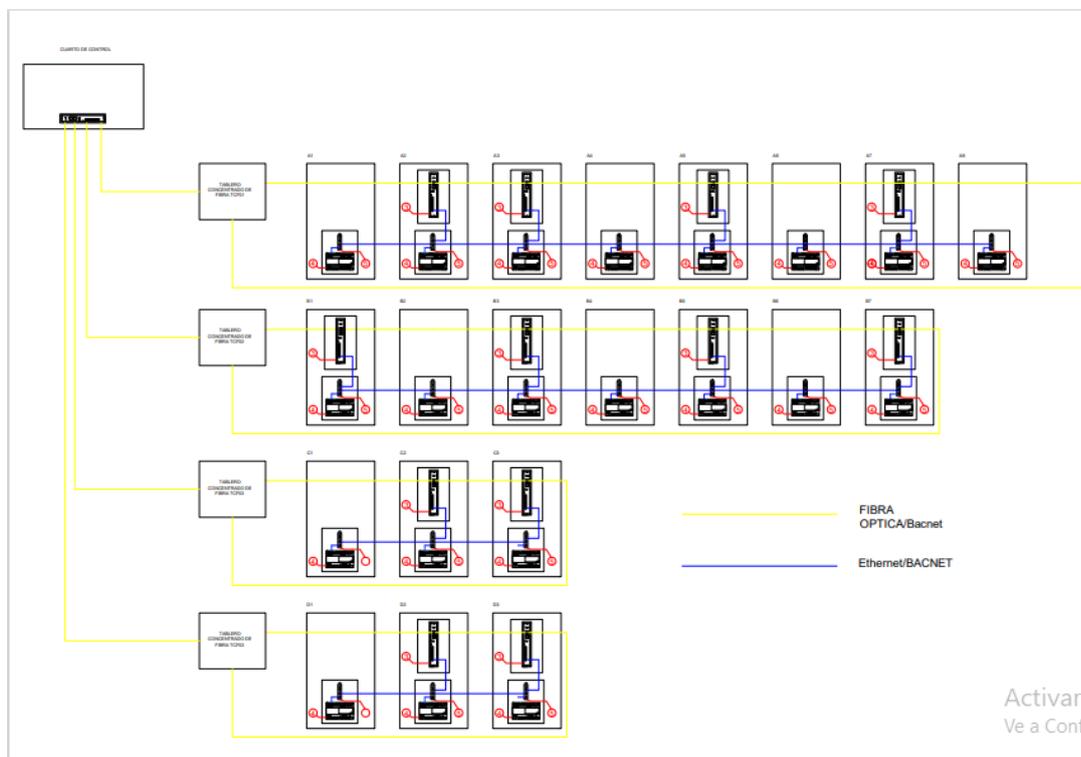
En la **Figura 12**, se muestra la ubicación de los switches como vemos se necesita una total de 12, la topología para este diseño es anillo así se garantiza que la información llegue por uno de los dos

caminos, ahorramos en fibra pues no se interconecta todos los equipos como en otras topologías, con los criterios anteriormente descritos se coloca un switch pasando un polvorín, la cantidad de conexiones que debe ir a cada switch se duplica pues le llegan los equipos de 2 polvorines, se debe contar con al menos 6 puertos de cobre solo para los equipos.

Otros criterios para tomar en cuenta son: redundancia en la red, en caso de un corte en la fibra óptica en cualquier punto, los equipos deben mantenerse en línea para esto podemos interconectar los equipos con cobre. También la escalabilidad, para lo cual se debe dejar uno o dos puertos libres, el tamaño de los tableros que hay en cada polvorín están entre los 50cm de alto por 40cm de ancho, los modelos comerciales en switches vienen con 4, 8, 12, 16, 24 y 32 puertos, desde 8 puertos para arriba implica un tamaño mayor al disponible en cada tablero. Por tanto, se puede disponer de un switch de 4 o 5 puertos no administrable en cada polvorín, se conectará entre sí y al de fibra óptica.

Figura 13:

Diseño de la red comunicación con redundancia



Nota: para más detalles ver el ANEXO 16

Tabla 8:

Equipos en el tablero por polvorín

Equipo	Medio	Puertos
Controlador HVAC	Cobre/RJ45	1
Controlador Incendios	Cobre/RJ45	1
Cámaras	Cobre/RJ45	1 o 2
Switch de fibra	Cobre/RJ45	1
Switch no administrable	Cobre/RJ45	1

Nota: dispositivos genéricos solo para el dimensionamiento.

Con el diseño de la **Figura 13**, no se necesita pasar cable UTP de cada equipo al switch principal, ahora será solo entre switches lo que ahorra 60m de cable entre polvorines, con la información de la **Tabla 5**, sacamos.

Alineación A: 420m

Alineación B: 360m

Alineación C: 180

Alineación D:180

$$Total = 1140m$$

$$\#Bobinas = \frac{1140m}{305m} = 4$$

Comercialmente en el país existen bobinas de cable UTP de 305m, con esta arquitectura se evita usar 4 bobinas.

Tabla 9:

Total de equipos para la red de comunicación

	Switch FO	Swith	Fibra Óptica	Ethernet
Alineación A	4	8	1000m	450m
Alineación B	4	7	1000m	400m
Alineación C	2	3	400m	200m
Alineación D	2	3	400m	200m
Edificio	1	0	2000m	0
TOTAL	13	21	4.8km	1.25km

Diseño del sistema HVAC

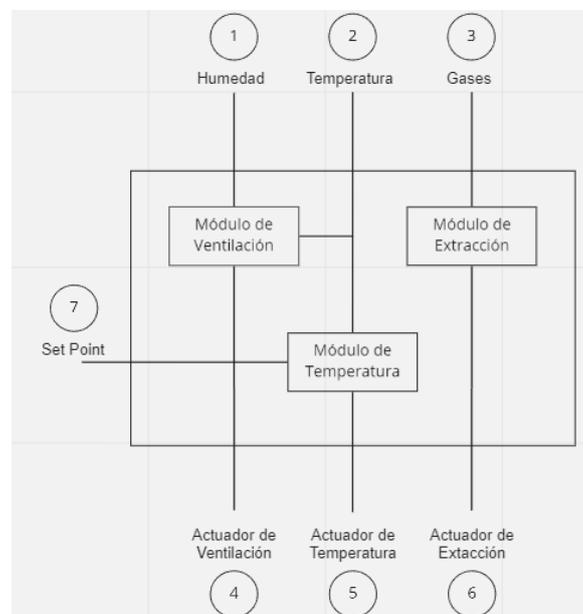
El sistema HVAC será el encargado de monitorizar y controlar la temperatura dentro de los polvorines. Para esto cuenta con diferentes módulos de control, estos son enlistados a continuación:

- Ventilación.
- Temperatura.
- Extracción.

El diagrama de bloques del sistema HVAC es presentado en la **Figura 14**

Figura 14:

Representación genérica de un HVAC



Nota: diseño de una planta HVAC genérico

El diagrama de bloques del sistema HVAC se lo puede realizar como software o como hardware, ya que para ambos casos se hará uso de sensores y actuadores que estén alejados del sistema central. Como se ve en la **Figura 14**, se tiene los siguientes puntos:

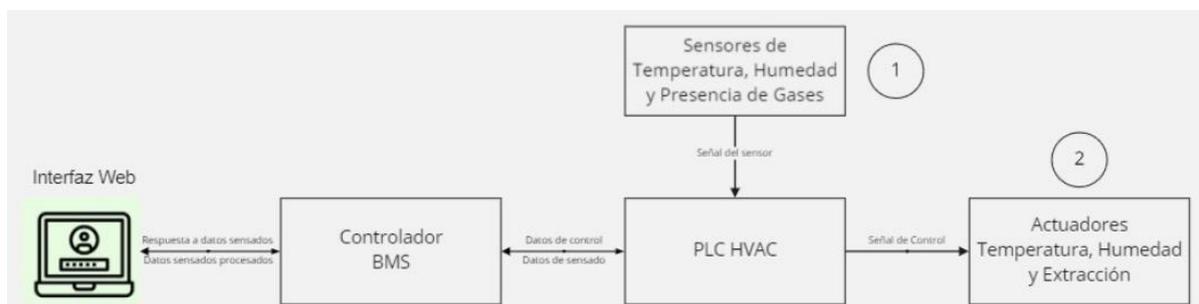
1. Sensores de humedad, utilizado para saber las condiciones del ambiente en el que se encuentran los polvorines y analizar el rango al que se encuentra.

2. Sensores de temperatura, para la monitorización de que los polvorines se encuentren en rangos seguros de temperatura.
3. Sensores de presencia de gases, si hay gases de cualquier tipo es porque existe anomalías en el polvorín o en el sistema y debe ser atendido.
4. Actuadores de ventilación, para encender o apagar los actuadores de ventilación.
5. Actuadores de temperatura, controla el sistema de calefacción con la finalidad de mantener al sistema en una temperatura previamente establecida con un rango de error del 5%.
6. Actuadores de extracción, en este caso no se hará la extracción de gases, pero su actuador dará la respectiva alerta de que se encuentra alguna anomalía en el polvorín, esta alerta se presentará en la interfaz web.
7. Set point de temperatura, será la temperatura deseada para cada polvorín.

El diagrama de bloques de la conexión a realizar será el que se ve en la **Figura 15**, todos los datos de los sensores y las señales de control son procesados por el controlador del BMS, ya que este dispositivo es el encargado de integrar todos los sistemas.

Figura 15:

Conexión del sistema HVAC con el BMS



1. Los sensores deben ser de tipo industrial, a continuación, se muestran las especificaciones para los sensores:

1.1. Sensor de temperatura.

- Soportar ambientes explosivos
- Trabajar entre -5 y 40 °C

- Alimentación de 24 VDC.
- Salida analógica
- Rango de 0 y 60 °C
- Error de -5% de lectura.

1.2. Sensor de humedad.

- Soportar ambientes explosivos
- Trabajar entre -5 y 40 °C
- Alimentación de 24 VDC o 120 VAC.
- Salida analógica
- Error de -5% de lectura.
- Rango de 0 – 100% RH.

1.3. Sensor de presencia de gases.

- Soportar ambientes explosivos
- Trabajar entre -5 y 40 °C
- Alimentación de 24 VDC o 120 VAC.

2. Los actuadores por utilizar deben tener consideraciones de tipo industrial, a continuación, se establecen las características que deben cumplir:

Para los actuadores se ha optado por hacer uso de contactores, a continuación, se enlistan las características que deben cumplir:

- Soportar ambientes explosivos
- Trabajar entre -5 y 40 °C
- Alimentación de la bobina de 24 VDC o 120 VAC.
- Corriente nominal de 20 A
- 2 polos

Tabla 10:*Total de equipos para HVAC*

	Controlador	Sensor temperatura	Sensor Humedad	Sensor humo	Contactador
Alineación A	8	8	8	8	16
Alineación B	7	7	7	7	14
Alineación C	3	3	3	3	6
Alineación D	3	3	3	3	6
TOTAL	21	21	21	21	42

Diseño del sistema contra Incendios

Se encarga de detectar la posible presencia de fuego con los detectores de humo, el diseño es para la zona más crítica en el área de polvorines. La integración con el sistema central BMS permite alertar al usuario sobre la presencia de fuego y con la interfaz gráfica identificar en polvorín sucede el evento.

Se toman en cuenta los elementos más usados en estos sistemas para alertar, mas no para actuar, cada material explosivo tiene ciertas características y necesita agentes como espuma o supresión de oxígeno para evitar que se propague el fuego.

- Controlador de Incendios
- Luces con sirena
- Detectores de humo
- Estación manual

Los requisitos del sistema mínimos con los que debe cumplir este sistema son:

- Salvaguardar la seguridad del personal, si hay una alarma en el área de polvorines se tomaran decisiones sobre acercarse o no a dicha área.
- Tener una respuesta rápida ante cualquier eventualidad en los 21 polvorines y saber en cual es exactamente.
- Preservar los materiales guardados.

- Con la detección de humo y el conocimiento de lo que ahí se guarda, el operador puede decir si con mover la temperatura el problema se soluciona o deben actuar de forma presencial.

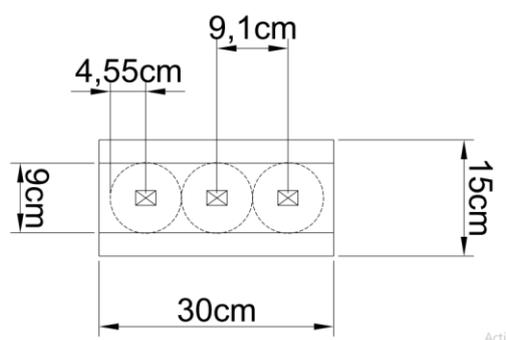
Para funcionar de forma óptima, el diseño a implementar se debe conocer las dimensiones del área en el que se van a implementar los dispositivos, las especificaciones anteriormente descritas en este capítulo:

- Características de las instalaciones como lo vemos en la **Figura 11**.
- Los protocolos seleccionados en base a la **Tabla 4** y al diseño de comunicación de la red visto en **Figura 13**.
- El fabricante debe permitir la comunicación con el software que se vaya a seleccionar para el control BMS y la interfaz web.
- El controlador del sistema se seleccionará en base al número de sensores y actuadores que habrá por polvorín o alineación.

Al momento de diseñar la ubicación de los detectores de humo se sigue la norma NFPA 72, indica que los detectores de humo se ubicaran en áreas cuya temperatura este entre los 4°C y 38°C, además la separación entre los mismos debe ser de 9,1m. Con esta información se presenta en la **Figura 16**.

Figura 16:

Distribución de sensores en un polvorín



Nota: esta distribución se repite para los 21 polvorines

En la siguiente tabla encontraremos la lista de materiales que se necesita por cada polvorín.

Tabla 11:*Total de equipos incendios Polvorines*

	Detector humo	Estación manual	Luz y sirena	Controlador
Polvorín A1	3	1	1	1
Polvorín A2	3	1	1	1
Polvorín A3	3	1	1	1
Polvorín A4	3	1	1	1
Polvorín A5	3	1	1	1
Polvorín A6	3	1	1	1
Polvorín A7	3	1	1	1
Polvorín A8	3	1	1	1
Alineación A	24	8	8	8
Alineación B	21	7	7	7
Alineación C	9	3	3	3
Alineación D	9	3	3	3
TOTAL	63	21	21	21

Controlador de incendios

Se describen las características generales para que el sistema funcione y sea integrable al BMS.

- Alimentación 110 VAC
- Entradas: mínimo de 3 a 50mA o 500mA
- Salida: mínimo de 3 a 50mA o 500mA
- Comunicación por RJ5
- Temperatura de operación de 5°C a 60°C
- Bajo costo

Detector de humo

Se describen las características generales del sensor.

- Alimentación 12 a 24 VDC
- Rango de humedad de 0% a 60%
- Rango de temperatura de 5°C a 50°C
- Comunicación por RJ5

- Certificación UL
- Bajo costo
- Fácil instalación en concreto o vigas

Luces con sirenas

Se describen las características generales del actuador.

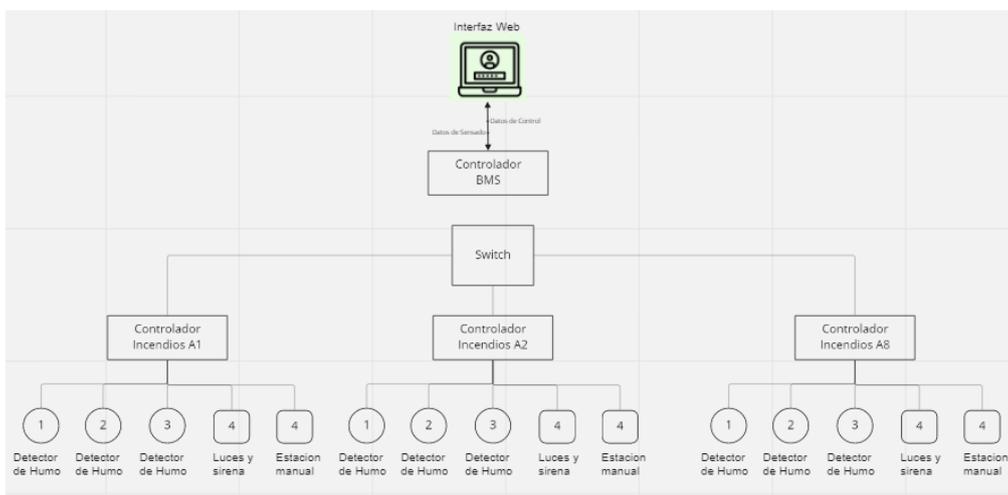
- Alimentación 12 a 24 VDC
- Corriente de 100mA
- Rango de humedad de 0% a 60%
- Rango de temperatura de 5°C a 50°C
- Sonido mayor a 70dB
- Bajo costo

Estación manual

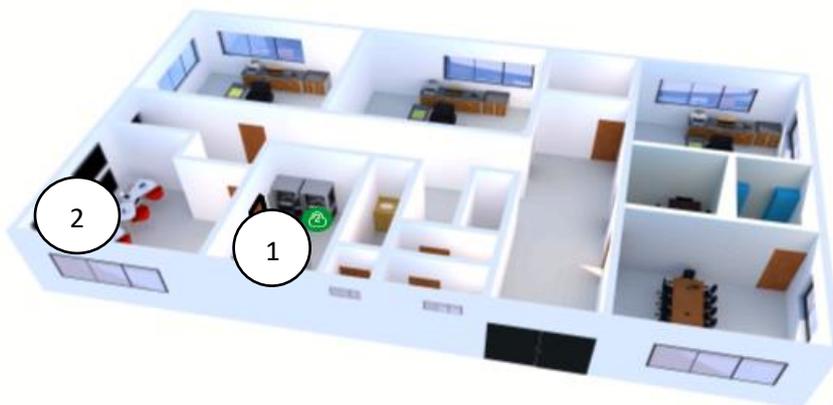
Se describen las características generales del actuador.

- Alimentación 12 a 24 VDC
- Corriente de 100mA
- Rango de humedad de 0% a 60%
- Rango de temperatura de 5°C a 50°C
- Relee de 1A a 24VDC
- Bajo costo

En cada polvorín se encuentran los dispositivos: controlador, señores de humo, estación manual, luz y sirena, por las distancias y para tener todo en red, cada controlador se conecta a un switch, cada controlador tiene su identificación por IP de esta manera se sabe en lugar se da la alarma de fuego.

Figura 17:*Esquema del sistema contra incendios***Diseño del sistema de accesos**

Se tiene previsto la instalación de un sistema de control de accesos y monitorización de dos puertas. Una puerta dará acceso a los servidores y la otra al cuarto de monitorización, éste último debe permitir el acceso a personal autorizado, por lo cual se deberá considerar un lector de tarjetas que permita llevar el registro de las personas que ingresen al cuarto.

Figura 18*Representación del edificio administrativo*

Nota: diseño realizado para este proyecto, 1 es el cuarto de servidores, 2 cuarto de monitoreo

La **Figura 18**, es una representación del edificio administrativo, el sistema que se instalará debe ser escalable, pues a futuro se requiere integrar más puertas al sistema, las cuales serían 2

puertas de acceso a todo el edificio, 3 puertas de oficinas y una puerta peatonal. Se debe considerar que el controlador se integrará a un sistema BMS, por lo cual es preferible seleccionar equipos de la misma marca para una fácil integración.

Para el diseño se toma en cuenta que el sistema va a necesitar: lector de tarjetas, para registrar quien ingresa por determinada puerta, controlador que se comunica con un software para hacer el control, la cerradura magnética, el botón de salida y motor con sensor para verjas.

Criterios que toman en cuenta para el sistema:

- Fácil integración con los demás sistemas
- Comunicación por RJ45
- Permitir el control de horarios
- Registro del personal
- Comodidad para manejarlo desde el cuarto de control
- Número de accesos
- Fácil instalación

Se requiere tener un control del personal que entre al cuarto de servidores en caso de cualquier eventualidad, por eso la forma de identificar a los usuarios se hará a través de tarjetas, se descarta la identificación por clave o pin pese a ser competente y económico, pues es más posible que se compartan las contraseñas siendo más propenso el suplantar la identidad y tener acceso. En cuanto a la identificación biométrica requiere hardware más costoso y para la cantidad de encargados en el depósito no se justifica su elección. Finalmente, las tarjetas permiten un mayor control, pues son dispositivos con un código de identificación único asociado a un solo usuario, con esto para suplantar a un usuario se debe sustraer la tarjeta de este.

Lector de tarjeta

Se describen las características fundamentales:

- Alimentación de 12VDC a 24VDC
- Protocolo RS485
- Alcance de 10-20mm
- Grado de protección IP4X o superior
- Bajo costo

Botón para salir

El cuarto de servidores no tiene más puertas o formas de entrar, para salir se puede considerar otra lectora de tarjetas, pero el registro sería de la misma persona, no se justifica su uso por necesidad, ni costo. Con este criterio un botón de salida es la opción escogida, pues satisface la necesidad de abrir la puerta desde el interior y económicamente es barato.

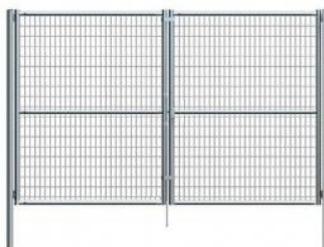
- Alimentación de 12VDC a 24VDC
- Vida útil de 300000 ciclos
- Tiempo de respuesta de 10ms
- Grado de protección IP4X o superior
- Bajo costo

Motor para puertas abatibles

En la entrada al área de polvorines se cuenta con unas puertas como se ve en la **Figura 19**, las mismas que se deberán abrir desde la sala de control o de forma manual.

Figura 19

Representación de una puerta de mallas



Nota: recuperado de (Mas que Vallas, n.d.)

Para este propósito se busca un motor que se pueda colocar en la entrada y que con un pulso se abra automáticamente.

- Alimentación de 12VDC a 24VDC
- Ciclos mayores a 60 al día
- Grado de protección IP4X o superior
- Bajo costo

Controlador

El control accesos, puede ser integrado a sistemas de administración, y debe contar con las siguientes características:

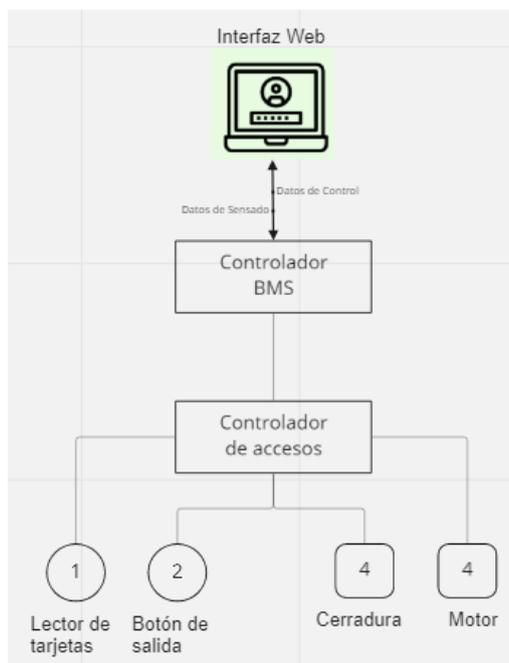
- Control Usuarios
- Niveles de accesos
- Creación de áreas
- Control puertas
- Generación de Alarmas
- Integración con sistemas de video
- Alimentación 12 a 24 VAC/VDC
- Puertos RS485
- Comunicación por RJ5
- Protocolo BACnet, Modbus o Propio del fabricante
- Al menos 2 salidas a relee
- Compatibilidad con módulos expansores de entradas o salidas

En la **Figura 20**, se muestra cómo se van a conectar las entradas y salidas del sistema de accesos, con la consideración que se conectara al sistema BMS, por esto en las características se considera el medio físico y en protocolo aparte de la selección que hizo con criterio en la sección de

selección del protocolo, esta protocolos propios del fabricante, se debe a que estos sistemas entran en la línea de “Edificios” y cada marca busca la integración de todos sus sistemas de forma sencilla con protocolos propios.

Figura 20:

Esquema del sistema de accesos



Nota: diseño para este proyecto

Diseño del Sistema de CCTV

El sistema de video vigilancia debe contar con varios elementos como lo son el DVR, las estaciones de trabajo, las cámaras, switch y el medio físico para que todo esté conectado en la misma red.

Características de funcionamiento:

- Vigilancia constante las 24 horas
- Las cámaras deben contar con visión nocturna
- Cubrir la entrada de los 21 polvorines

Criterios técnicos:

- Medio ethernet para protocolo ONVIF
- Las cámaras deben contar con tecnología IP
- A prueba de polvo y agua
- Alta definición
- DVR con un mínimo de 22 cámaras a integrarse

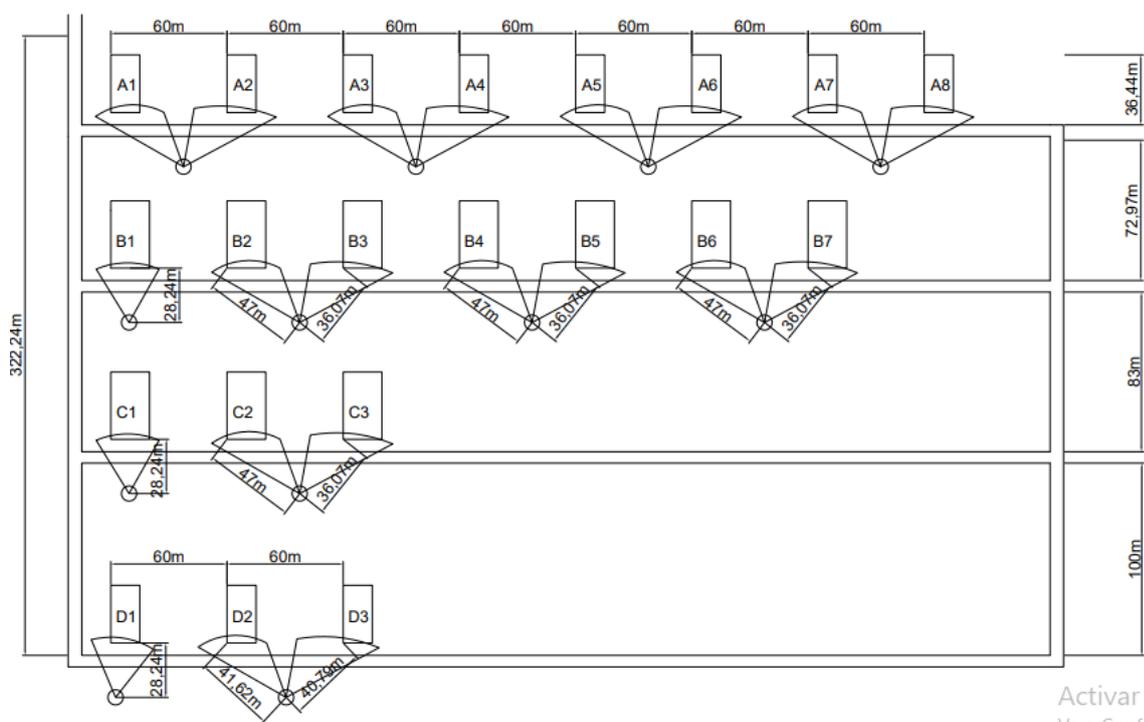
Otros:

- Costo
- Fácil instalación e integración

Para la ubicación de las cámaras se tomó en cuenta el área de interés a observar, el ángulo de visión, distancia entre polvorines para pasar cable UTP, como se observa en la *Figura 21*.

Figura 21:

Ubicación de las cámaras



Nota: para más detalle ver ANEXO 17

DVR

El DVR que se necesita para este diseño debe contar con las siguientes características:

- 21 canales para cámaras IP
- Tipo RACK
- Resolución en HD
- Funcionamiento 24/7
- Grabar en tiempo real
- Bajo costo

Cámaras

Para este elemento se toma en cuenta las siguientes especificaciones técnicas:

- Alimentación de 12 a 24 VDC
- Alimentación POE
- Cámaras IP tipo bala, de 5 Mpx,
- Lente vari focal de 3,4 a 9,4 mm
- True Dynamic Range 120 Db
- Relación señal ruido 50 Db
- Debe trabajar a 30 frames por segundo@1080p y 20 frames por segundo a 5Mpx
- Iluminadores de IR hasta 30 metros
- 0,2 lux a color Códecs H265 y H264
- Mjpeg
- Cámara para ambiente exterior certificación IP66
- Soporte de detección de movimiento.

Lo principal es la detección de movimiento es la característica principal, pues se podría considerar sensores de movimiento, pero estos implican tener su propio controlador, las distancias son grandes, no son cuartos cerrados, el área de interés está completamente al aire libre y hay calles.

Por estos motivos se plantea usar las funciones que vienen en ciertas cámaras, como lo es el reconocimiento de objetos para generar las alarmas desde el sistema CCTV.

Estación de trabajo

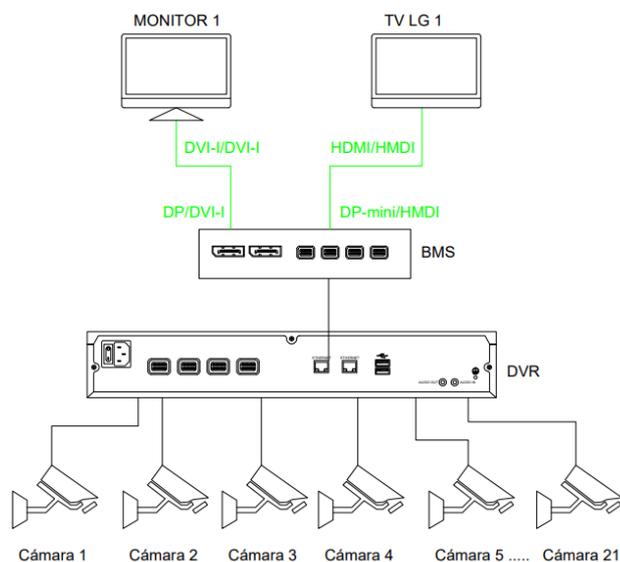
La visualización de las cámaras necesita una computadora para que actúe como cliente del DVR, pues dados los requerimientos en la parte de accesos no todos los usuarios pueden ingresar al cuarto de servidores donde estará ubicado el DVR.

- Alimentación 110VAC
- Puertos Ethernet
- Core I5

En la **Figura 22**, se muestra cómo se va a integrar el sistema CCTV a la red, tomando en cuenta la estación de trabajo ubicada en la sala de control.

Figura 22:

Esquema del sistema CCTV



Diseño del Sistema BMS

La integración de HVAC, Incendios y CCTV, de los 21 polvorines, para garantizar que el almacenaje de estos materiales explosivos cuente con las características necesarias de seguridad para

evitar explosiones, en cuanto a las oficinas administrativas de la base, estas tienen un sistema de control de accesos. Se necesita un controlador en el que se integren todos sistemas y la información se podrá visualizar en una página web amigable para usuario.

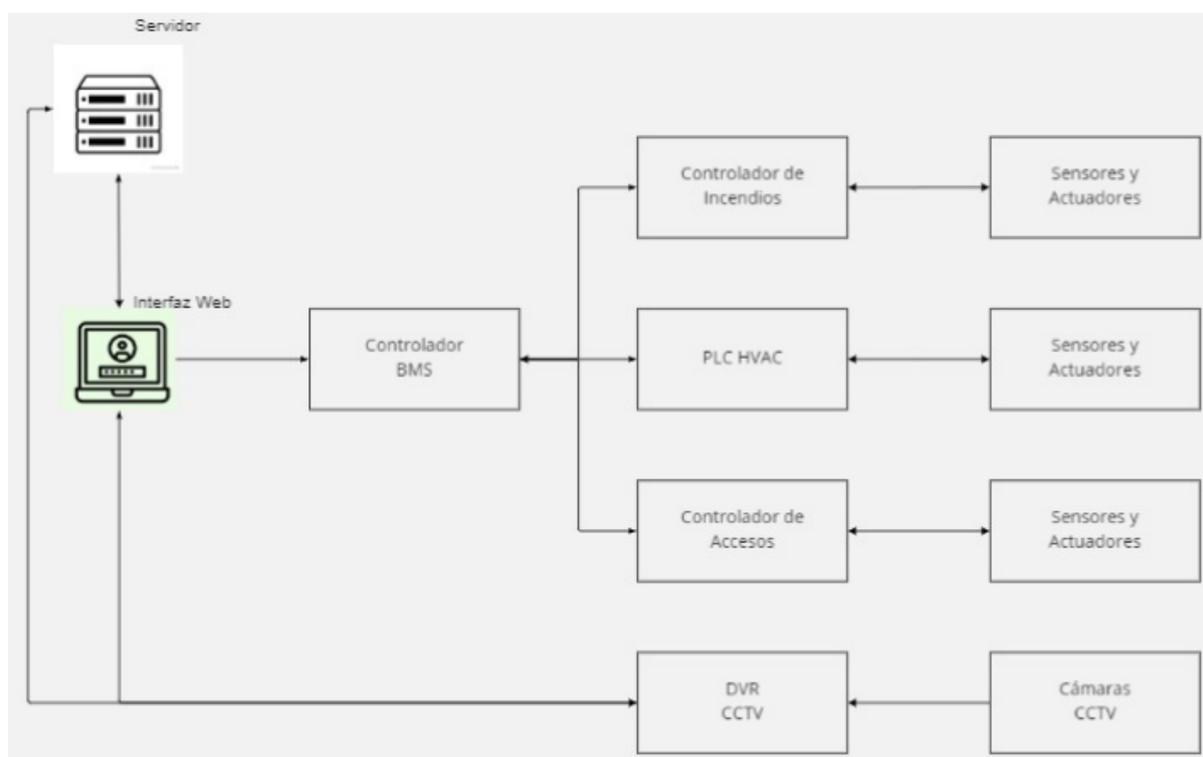
El sistema de gestión de edificios es el controlador principal, en este se integrarán todos los sistemas que son parte de la solución planteada, con lo cual:

- Permite centralizar la supervisión de todos los componentes.
- Supervisión de fallas para un mantenimiento.
- Mejora la seguridad en el lugar.

En la **Figura 23**, se muestra cómo se van a integrar los subsistemas planteados a lo largo de este capítulo con el BMS.

Figura 23:

Esquema de conexión del sistema BMS a los subsistemas



Controlador BMS

El equipo debe ejecutar funciones como lógica de control, almacenamiento de un registro de tendencias, comunicación a los buses de campo con módulos de entrada/salida y la monitorización de alarmas. La interfaz HMI deberá ejecutarse en un servidor web.

- Alimentación 24 VDC
- Comunicación RS-485
- Protocolos BACnet, Modbus TCP
- Interfaz web con acceso HTTP y HTTPS

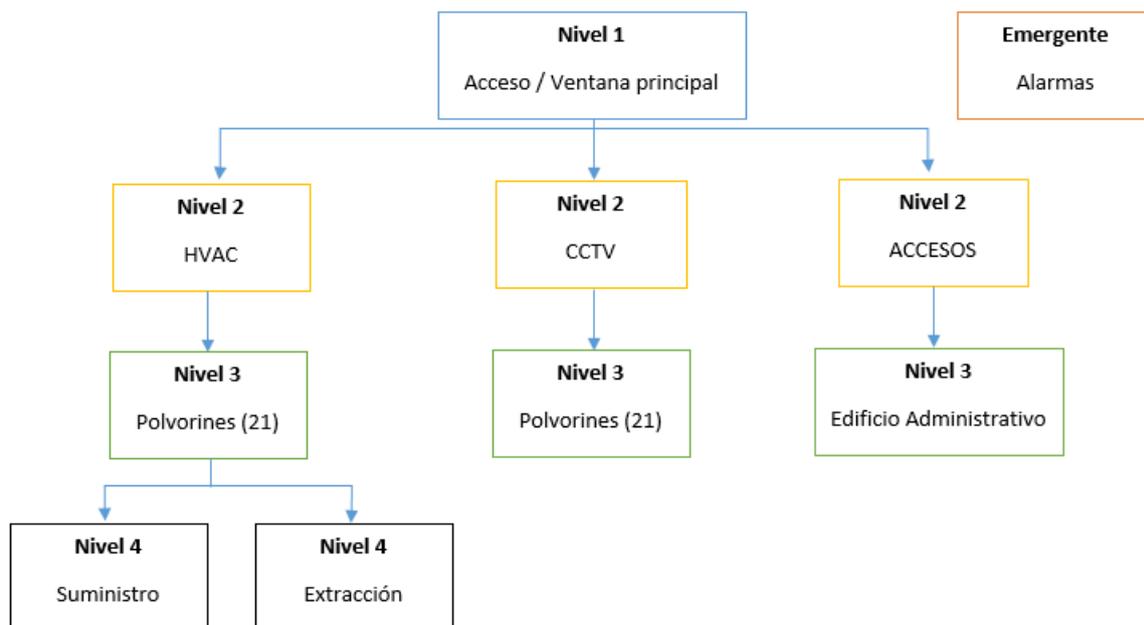
Diseño de las pantallas

La interfaz que se plantea permite la supervisión y control, de los diferentes sistemas que se tiene en toda la instalación militar, además de una navegación a través de los 21 polvorines y sus sistemas. Esto hace que se maneje una gran cantidad de información, el diseño de las pantallas debe permitir al usuario identificar el sistema y polvorín alarmado, para poder tomar las acciones necesarias.

Hay que considerar que la atención del usuario al momento de la navegación va de arriba/abajo y de izquierda/derecha, bajo esta premisa la arquitectura que se plantea estará organizada de tal manera que los sistemas que componen la solución BMS puedan visualizarse de manera que no abrume al usuario y se muestre de manera separada. También existe la posibilidad de agregar más sistemas a futuro. La **Figura 24**, muestra el diseño para la arquitectura que se usará para el desarrollo de la interfaz.

Figura 24

Niveles de navegación de las pantallas



Nota: recuperado de este proyecto

Distribución de pantallas

La información que se va a desplegar en la interfaz debe ser distribuida de tal forma que el espacio de trabajo sea entendible para el usuario. Al ser una interfaz web se usó como base las guías de diseño del demo EcoStruxure Building Global y la guía GEDIS. Lo cual ayudo para:

- Ubicación del título
- Ubicación del logo, fecha y hora
- Ubicación del menú
- Ubicación de la navegación
- Ubicación del contenido
- Ubicación de alarmas

La interfaz no debe generar inconvenientes visuales al usuario, debe ser intuitiva y puede estar sujetas a cambios en base a las necesidades del cliente. Hay que evitar sobrecargar la pantalla con

demasiada información. Dentro del diseño de las pantallas se han tenido las siguientes consideraciones:

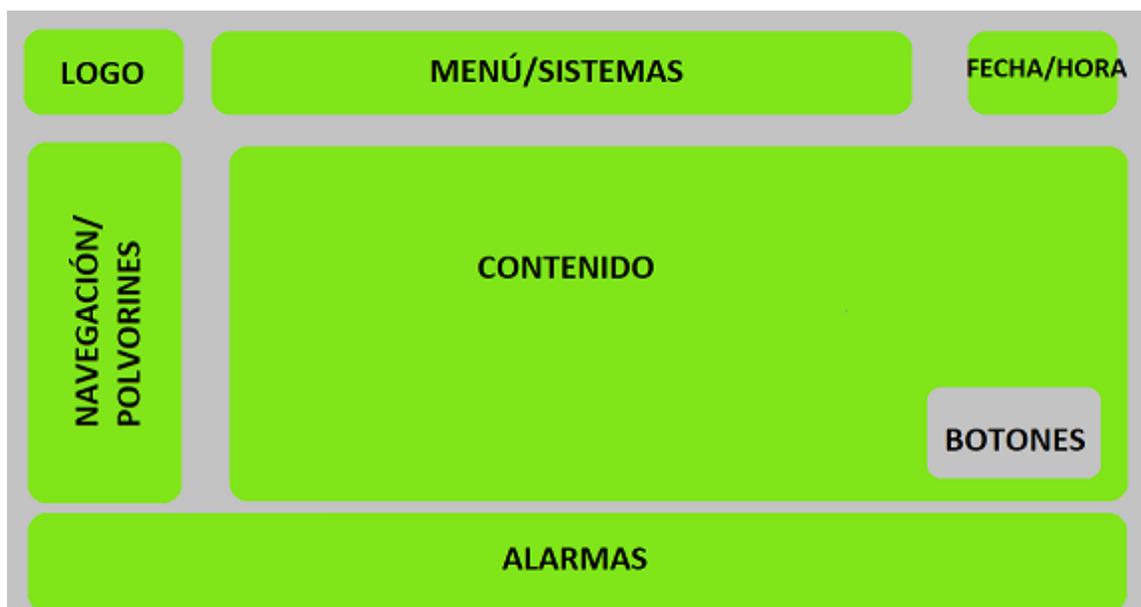
- Mantener un estilo minimalista, los iconos y el texto no debe parecer botón.
- Usar colores neutros.
- Que la información mostrada no se pierda de vista por otros componentes.
- Considerar la supervisión del ingreso de personal al depósito, por lo cual el botón para abrir la puerta debe estar en todas las pantallas.

Organización de las pantallas

En la **Figura 25**, se muestra la propuesta presentada al cliente, en base a las directrices expuestas, esta es la distribución que se maneja en todas las pantallas de la interfaz.

Figura 25

Plantilla para el diseño de las pantallas



Nota: recuperado de este proyecto

- **Menús/Sistemas:** presenta los diferentes sistemas que se pueden encontrar en las instalaciones.

- **Navegación:** en la parte izquierda se muestra los diferentes edificios que cuenten con el sistema elegido.
- **Contenido:** se muestra toda la información sobre el sistema y edificio seleccionado, contiene animaciones, gráficos, leyendas, pop ups y submenús en caso de ser necesarios.
- **Logo:** se presenta el logo de la empresa auspiciadora
- **Fecha hora:** se muestra en la parte superior derecha.
- **Botones:** son para ir atrás o ir directamente a una ventana de alarmas
- **Alarmas:** se muestran alertas que hayan sucedido.

Capítulo IV

Implementación, Pruebas y Resultados

En el presente capítulo se mostrará la implementación física de los sistemas HVAC, CCTV, incendios y accesos, la construcción de los tableros. También, se mostrarán algunas pruebas realizadas para ver la respuesta del sistema con las alarmas y el manejo de la interfaz central.

Líneas de BMS

Los sistemas de gestión de edificios manejan los elementos de un inmueble, como la climatización, iluminación, videovigilancia e incendios por mencionar unos. Son una combinación de hardware como sensores, controladores, y softwares integrados a través de un protocolo de comunicación, en base a lo explicado en el capítulo III usaremos BACnet IP y Modbus TPC principalmente. Se plantea una solución cerrada, implica usar el software y hardware de un mismo fabricante, por motivos de una integración completa. Los fabricantes que tienen presencia en el país son Honeywell, Schneider, Bosh y Siemens, de los fabricantes mencionados Siemens y Schneider cuentan con sucursales en el país bajo la marca principal, implica acceso a la intranet de estas marcas para descargar material no disponible al público y soporte con ingenieros especialistas en “building” en caso de necesitarlo, a diferencia de las otras que cuentan solamente con partners y proveedores.

Se presenta una descripción de las características de los controladores que ofrece cada marca, para hacer la selección entre las dos opciones.

Selección Controlador del BMS

- Alimentación 24 VDC
- Comunicación RS-485
- Protocolos BACnet, Modbus TCP
- Interfaz web con acceso HTTP y HTTPS

Tabla 12*Especificaciones técnicas entre AS-P y PCX4.E16*

	Schneider AS-P	Siemens PCX4.E16
Voltaje de alimentación	24 VDC	24 VDC
Comunicación Ethernet	10/100BASE-TX RJ45 dual	2 puertos ethernet de bajo consumo RJ45
Comunicación RS-485	Dos puertos duales de 2 cables	Dos puertos duales de 2 cables
Comunicación LonWorks	TP/FT-10	-
Protocolos	BACnet y MS/TP BTL B-BC (controlador BACnet para gestión energética de edificios) TCP: Binario, puerto fijo, 4444 Modbus: Modbus TCP, cliente y servidor	BACnet IP (certificación BTL) HTTPS en TCP/IP Modbus: Modbus TCP, cliente y servidor Serial, RS-485, principal o secundario

Nota: recuperado de (Schneider, n.d.) y (Siemens, 2020)

La plataforma Desigo Insight sirve para la gestión de edificios de Siemens, para desarrollar interfaces e integrar todos los controladores en un único sistema, permite la comunicación a través de protocolos Ethernet TCP/IP, BACnet, KNX, profibus y estándares propios del fabricante.

EcoXtructure es el ecosistema de Schneider de edificios, permite integrar la seguridad de accesos, el control de energía, video vigilancia a través de protocolos Ethernet TCP/IP, BACnet, KNX, y estándares propios del fabricante

En la

Tabla 12, se muestra una comparación de las principales características del controlador BMS, las dos opciones cuentan cumplen con las necesidades del proyecto en especificaciones técnicas, protocolos soportados y cuentan con plataformas de desarrollo que integran todas las líneas de

building: HVAC, iluminación, seguridad, videovigilancia, incendios. Se presenta a continuación la **Tabla 13**, para comparar las cotizaciones de los principales elementos.

Tabla 13

Comparación de precios entre Siemens y Schneider

	Línea Schneider	Línea Siemens
Controlador BMS	5.058,69	7.134,20
Controlador de zona 16IO	1.024,80	1.634,10
Licencias BMS	3.981,10	5.101,35
Plug-in de interconexión	1.462,80	2.401,30
Licencia Control de accesos	6.813,21	8.110,10
Controlador de accesos	2.023,20	4.110,20
PLC S7200/M221	1.030,10	420,00
TOTAL	20.783,80	29.501,35

Nota: precios pedidos al proveedor en enero 2022, los precios actuales pueden diferir.

En la **Tabla 13**, se muestra los precios referenciales obtenidos de los principales elementos por marca, pues los criterios técnicos, de soporte y entorno de desarrollo se cumplen en ambos casos, se usa el factor económico para elegir una de las 2 propuestas. Por los motivos expuestos se elige la línea de Schneider para edificios, para garantizar una integración completa entre los subsistemas propuestos en el Capítulo III.

Implementación de la red de comunicación

Se muestra a continuación la selección de equipos en base a la Tabla 9 del diseño.

Switch con entradas Ethernet y fibra

Para la selección del switch se revisan 2 marcas que están disponibles en el país y cuentan con una línea industria. En la **Tabla 14** se hace la comparación de los equipos considerados para este proyecto.

Figura 26

Switch de fibra óptica Magnum 6Kl



Nota: recuperado de (BELDEN, 2020)

Figura 27

Switch de fibra óptica Magnum 6Kl



Nota: recuperado de (Phoenix Contact, 2018)

Tabla 14

Especificaciones técnicas del switch Magnum 6KL

Características	Magnum 6kl	SFNT 6TX/2FX
Armazón	Cuerpo de metal	Aluminio
Puerto de consola	Rj45	Rj45
Montaje	En RAIL DIN	En RAIL DIN
Normativa	IP52, IEC 60529 NEMA-3,3X.	IP20, IECEx UL 16.0093X
Ethernet	Todos 100 Mb los puertos usan las reglas de Fast Ethernet.	transmisión de datos de 10 ó 100 MBit/s (RJ45)
Fiber Ports, 100 Mb	SFF-FX (LC or MTRJ), modo multiple o simple en cada caso, maximo de tres 100Mb en fibra	100 Mbits/s dúplex en formato SC-D
Alimentación en DC	12 V, 24 V, 48V	9 a 32 VDC

Nota: recuperado de (BELDEN, 2020) y (Phoenix Contact, 2018)

En este caso los dos equipos cumplen con la parte técnica de puertos y velocidades, pero por grado de protección IP, NEMA y precio, se elige el switch Magnum 6KL.

Switch no administrable

Existen varios modelos que en diferentes marcas que cumplen las características técnicas descritas, pero por motivos económicos y de disponibilidad de 21 unidades. Se selecciona un equipo de la marca Schneider como se ve en Figura 28, con sus especificaciones en la Tabla 15.

Figura 28

Switch no administrable



Nota: recuperado de (Schneider Electric Chile, 2022)

Tabla 15

Especificaciones técnicas del switch ConneXium

Características	Especificaciones
Gama	ConneXium
Tipo	Cnmtdor gstdo TCP/IP Ethernet
Comunicación	Ethernet TCP/IP HTTP HTTPS SNMP LLDP
Puerto Ethernet	Puerto Ethernet
Tipo de conexión integrada	RJ45 blindado cable cobre
Tensión nominal de alimentación	24VDC
Grado IP	IP50

Nota: recuperado de (Schneider Electric Chile, 2022)

Cable UTP

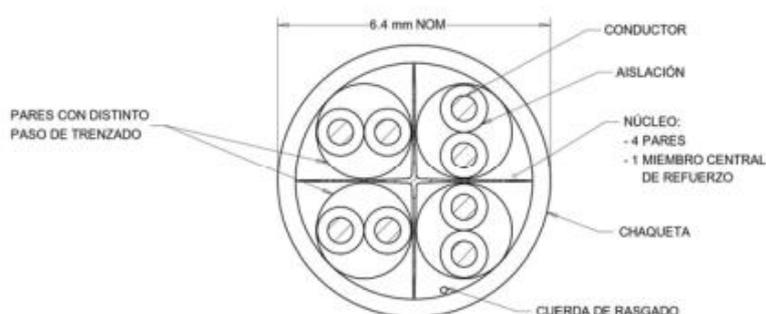
Los cables UTP vienen en diferentes categorías, las diferencias entre estas son el grosor del cable y el recubrimiento de este. Los cables de categoría 5 para abajo, son ideales para interiores pues el cable no está expuesto a sol, lluvia y presencia de animales, por estos motivos son 8 cables de cobre recubiertos con una chaqueta de plástico.

Las condiciones del lugar y la exposición al aire libre, hace que se busque un cable con mayor protección, en este caso el cable UTP de categoría 6 tiene recubrimiento para cada uno de los 4 pares de cables, una capa protectora que recubre los 4 pares, aparte de la chaqueta de plástico en general, como se muestra en la Figura 29.

Por los motivos expuestos de las condiciones donde se colocará el cable y las características de las categorías, para este caso se selecciona un cable UTP CAT6.

Figura 29

Cable UTP CAT 6



Nota: Recuperado de (APM NETCONNECT, 2007)

Tabla 16

Especificaciones técnicas del cable UTP CAT 6

Características	Especificaciones
Impedancia	100 Ω \pm 15% - 600 MHz
Resistencia CC	66.58 Ω /Km
Voltaje	300 V CA/CC
Diferencia del retardo	45 nseg máximo
Velocidad nominal de propagación	70%

Nota: Recuperado de (APM NETCONNECT, 2007)

Fibra Óptica

Como se detalló en la descripción del lugar las distancias que se manejan entre ubicaciones superan en varios casos los 100m, al superar esta distancia la corriente que pasa por el cable UTP empieza a decaer. Por este motivo se opta por poner fibra óptica ya que está permite superar la

distancia de los 100m sin problemas de perdida de datos. El cable que se utilizará se muestra en la Figura 30 y se detallan sus características en la Tabla 17.

Figura 30

Fibra óptica



Nota: recuperado de (SBE TECH, 2019)

Tabla 17

Especificaciones técnicas de la fibra óptica

Características	Especificaciones
SPAN	100m
Código de color	TIA/EIA 598
Número de tubos	1
Número de fibras	6
Cubierta	Aramida y doble forro de polietileno
Temperatura de trabajo	-20° C a +60° C

Nota: recuperado de (SBE TECH, 2019)

Instalación de los equipos

En la **Figura 31** y **Figura 32**, se muestra el registro fotográfico de la instalación en base al diseño del Capítulo III y los elementos seleccionados en base a los criterios técnicos expuestos.

Figura 31

Instalación del switch de FO



Nota: foto tomada en los polvorines

Figura 32

Instalación del switch no administrable



Nota: foto tomada en los polvorines

Implementación del subsistema HVAC

En el capítulo III se diseñó un sistema HVAC en base a las necesidades por cubrir, en la implementación se cuentan con ciertos componentes por parte del cliente como el PLC M221 para supervisión de contactores, ventiladores y supervisores de fase, en los polvorines: A1, B1, B3, B4, B7 y C1, con esto en mente se integrará un sensor de temperatura al sistema actual.

PLC

La opción con la que se dispone es un PLC M221, controlador compacto, con alta precisión y procesamiento, la comunicación soporta el protocolo MODbus TCP, lo cual es ideal para integrarlo dentro de la red y el BMS, las características se presentan en la

Figura 33

PLC M221



Nota: recuperado de (Schneider, 2018)

Tabla 18*Especificaciones técnicas del M221*

Características	Especificaciones
alimentación	24 VDC
Entradas analógicas	2 de 0 a 10V
Salidas	10 salidas a rele
Intensidad a max	500mA a 24 VDC
Resolución de las entradas	15 bits
Puertos	1 puerto ethernet 1 puerto RS 485
Protocolo	MODbus TCP MODbus RTU

Nota: recuperado de (Schneider, 2018)

Sensor de temperatura

Por las características expuestas, se opta por utilizar los sensores de tipo PT100, ya que son óptimos para soportar ambientes explosivos, su rango de error dependerá de la clase a utilizar, pero es un rango pequeño, por lo cual este tipo de sensores será el más óptimo. El sensor para utilizar será el TR63, el cual consta de las siguientes características en la **Tabla 19**.

Figura 34*TR63***Nota:** recuperado de (ENDRESS, 2022)**Tabla 19***Especificaciones técnicas del TR63*

Características	Especificaciones
alimentación	24 VDC
Rango de temperatura	-25 a 250 °C
Número de fibras	3
Precisión	Precisión 0.3 °C
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta 100 ms
Ambiente	Soporta ambientes explosivos

Nota: recuperado de (ENDRESS, 2022)

Se necesita un transductor para linealizar la señal del sensor, por pruebas hechas en la empresa se escoge el transductor TX58, el cual es perfecto para los dispositivos RTD de 3 hilos y da a la salida voltajes de 0 a 10 V, lo que empata con el tipo de entrada analógica del M221.

Figura 35

TX58



Nota: recuperado de (DIGI KEY, 2020)

Tabla 20

Especificaciones técnicas del TX58

Características	Especificaciones
Salida	0 a 10 V
Entrada	PT 100 3 HILOS

Nota: recuperado de (DIGI KEY, 2020)

Desarrollo del programa HVAC

Se escala la entrada analógica del PLC con este fabricante no hay funciones ya hechas para hacer este proceso, pero se pueden hacer nuestras propias funciones. Para lo cual se definen los siguientes parámetros y variables.

Tabla 21

Variables para escalar la entrada analógica

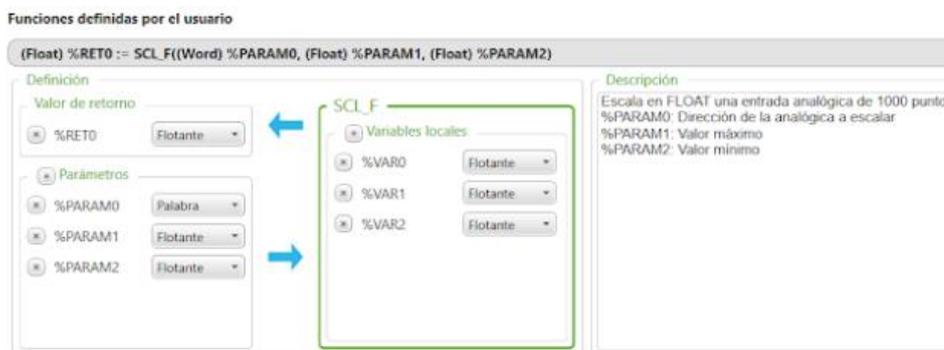
Variable	Tipo	Descripción
%RETO	FLOTANTE	Es la variable de retorno
% PARAM0	PALABRA	Es la entrada analógica a escalar
% PARAM1	FLOTANTE	Valor máximo del sensor
% PARAM2	FLOTANTE	Valor Mínimo del sensor

%VAR0	FLOTANTE	Variable local para sacar la pendiente del rango puesto
%VAR1	FLOTANTE	Variable local
%VAR2	FLOTANTE	Variable local

Nota: recuperado de este proyecto

Figura 36

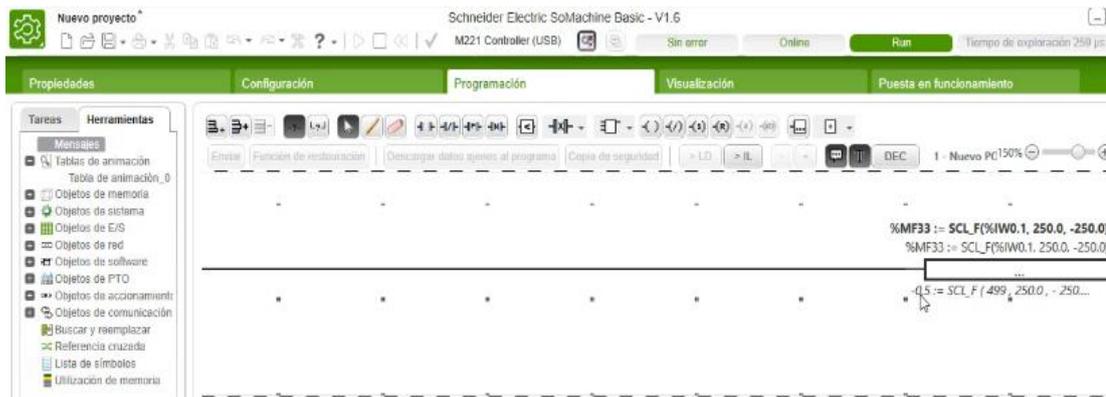
Creación y definición de los parámetros de la función escalar



Nota: recuperado de este proyecto

Figura 37

Llamado del bloque escalar dentro del programa

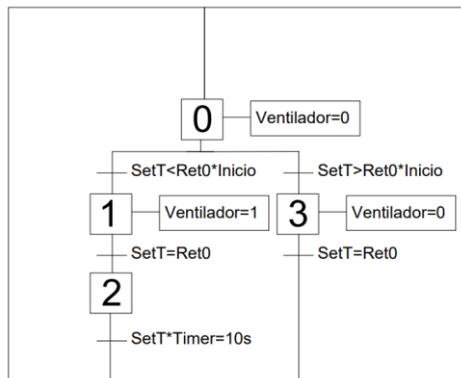


Nota: recuperado de este proyecto

A continuación, se usa una lógica ON/OFF para el control de temperatura, la cual consiste en leer el setpoint de temperatura ingresada por el usuario, comparar con el sensor, si la condición es mayor se apaga los ventiladores de la planta y si la temperatura es mayor se enciende los ventiladores hasta alcanzar el set temperatura.

Figura 38

Graficet del HVAC



Nota: recuperado de este proyecto

SetT= setpoint puesto por el usuario

Ret0= señal normalizada del sensor de temperatura

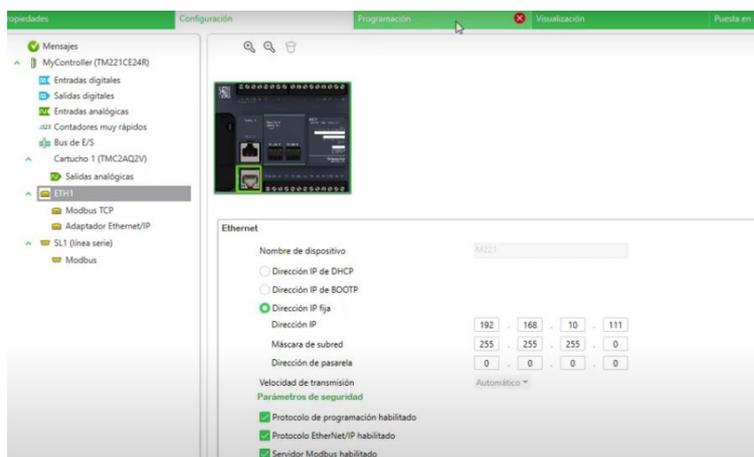
Inicio= marca de activación para controlar la temperatura

Timer= tiempo de espera para no prender y apagar los ventiladores.

En la **Figura 39**, se muestra la interfaz de configuración del protocolo de comunicación, los PLC se coloca en el rango 192.168.1.x.

Figura 39

Configuración del M221



Nota: recuperado de este proyecto

Instalación de los equipos

En la **Figura 40** y **Figura 41**, se muestra el registro fotográfico de la instalación de los equipos en base a los criterios técnicos expuestos.

Figura 40

Instalación del M221



Nota: recuperado de este proyecto

Figura 41

Sensor TR63



Nota: recuperado de este proyecto

Implementación del sistema de control de acceso.

SP-C

El Security Expert Controller es un dispositivo de la línea de control de accesos de Schneider.

Este dispositivo permite hacer las siguientes configuraciones:

- Usuarios
- Niveles de accesos

- Creación de áreas
- Control puertas
- Alarmas
- Integración con sistemas de video

En la **Tabla 22** se muestran las características del SP – C.

Figura 42

Controlador de accesos SP-C



Nota: recuperado de (Schneider Electric Global, 2020)

Tabla 22

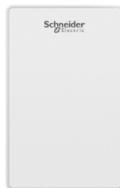
Especificaciones técnicas del SP-C

Características	Especificaciones
Certificaciones	CE, ACMA, RCM
Alimentación	11 a 14 VDC
Número de entradas	8
Salidas	2 salidas a relee
Puertos	2 RS485/Wiegand
Compatibilidad	Ecosistema EcoStruxure
Número de alarmas	100 alarmas
Montaje	Riel DIN

Nota: recuperado de (Schneider Electric Global, 2020)

Lector de tarjetas

El SP – C permite la integración de 2 tipos de lectores para el acceso, ambos dispositivos permiten la lectura de tarjetas, pero solo uno de ellos permite ingresar un código por teclado. Se ha elegido utilizar el acceso solo por tarjeta, ya que en la base solo tendrán acceso a cuarto de control a 4 usuarios, a quienes se les entregará una tarjeta a cada uno. En la **Tabla 23** se pueden observar las características de este dispositivo.

Figura 43*Lector de tarjetas***Nota:** recuperado de (Schneider Electric Colombia, 2022)**Tabla 23***Especificaciones técnicas del lector de tarjetas*

Características	Especificaciones
Voltaje de alimentación	12 VDC
Protocolo	RS 485 - Wiegand
Corriente de trabajo	500mA
Frecuencia de trabajo	125 kHz
Led	2 colores informativos (verde y azul)

Nota: recuperado de (Schneider Electric Colombia, 2022)**Botón para salir**

El botón de salida fue utilizado debido al bajo costo que representa contra utilizar otro lector de tarjetas. Por esta razón se han buscado botones que cumplan con las características especificadas y que sean de bajo costo. El dispositivo utilizado es el botón Enforcer, cuyas características se enlistan en la **Tabla 24**.

Figura 44*Sensor Interior de Solicitud de Salida Sin Tocar***Nota:** recuperado de (Enforcer, 2020)

Tabla 24*Especificaciones técnicas del botón de salida*

Características	Especificaciones
Voltaje de operación	12~24 VCA/VCC
Alimentación	120mA@12VCC
Tipo de relevador	Form C dry contact, 3A@24VDC
Vida mecánica	500,000 ciclos
Tiempo de respuesta	10ms

Nota: recuperado de (Enforcer, 2020)

Cerradura magnética

Es una cerradura que puede funcionar entre 12 y 24 VDC, esta cerradura se encargará de mantener la puerta cerrada hasta que se permita el ingreso o se presione el botón de salida. En la

Tabla 25 se enlistan las características generales de estos equipos.

Figura 45*Cerradura magnética***Nota:** recuperado (Shield Security, 2019)**Tabla 25***Especificaciones técnicas de la cerradura magnética*

Características	Especificaciones
Voltaje de operación	12~24 VCA/VCC
Corriente	12V / 520mA o 24V / 260mA
Fuerza de retención	280 kg (600 lbs).
Señal de bloqueo de salida	(NO / NC / COM).
LED indicador	muestra bloqueado; verde muestra desbloqueado

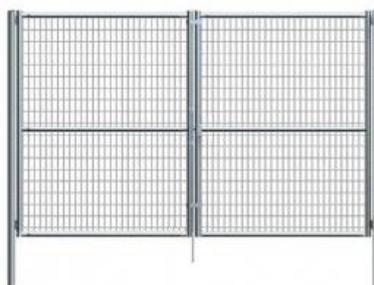
Nota: recuperado de (Shield Security, 2019)

Motor para puertas abatibles

Para la elección del motor se buscaron equipos que cumplan con las características descritas y con especial énfasis en la cantidad de ciclos que permite por día, por este motivo se eligió el motor PwR25H, sus características se pueden ver en la **Figura 47**.

Figura 46

Representación de una puerta de mallas



Nota: recuperado de (Mas que Vallas, n.d.)

Para este propósito se busca un motor que se pueda colocar en la entrada y que con un pulso se abra automáticamente.

Figura 47

Motor para puertas abatibles PwR25H



Nota: recuperado de (DITEC, 2018)

Tabla 26*Especificaciones técnicas de PwR25H*

Características	Especificaciones
Voltaje de operación	24 VCA
Control de carrera	tope mecánico
Automatismo apertura máxima	110°
Grado de protección	P44
Ciclos por día	100

Nota: recuperado de (DITEC, 2018)

Configuración de red.

Para realizar el control de accesos fue necesario hacer uso del programa Security Expert, ya que este programa permite la configuración del controlador SP – C. Para instalar este programa es necesario configurar la comunicación del controlador con la computadora. En la **Figura 48**, se muestra el resumen de la configuración realizada para la conexión del SP – C.

Figura 48*Configuración en la interfaz web del SP-C*

Communications	
Event Server 1	★ 192.168.1.10
Event Server 2	★ 0.0.0.0
Event Server 3	★ 0.0.0.0
Event Port	★ 22000
Download Port	★ 21000
Control Port	★ 21001

Nota: recuperado de este proyecto

El controlador se conecta mediante puerto ethernet, por lo cual es necesario utilizar la IP de la computadora, y configurar 3 puertos (TCP: 21000, 21001 y 22000) a los que pueda acceder, se optó por utilizar los puertos por defecto que elige el controlador, comprobando que estos no sean

utilizando por otros protocolos de comunicación.

Configuración de accesos.

Una vez que se ha logrado comunicar el controlador con el computador es necesario establecer los accesos requeridos para las puertas, para esto hay que establecer 3 configuraciones:

- Niveles de acceso. Se puede entender como el permiso que debe otorgarse a un usuario o grupo de usuarios para garantizar su acceso.
- Usuarios. Es la persona a la que se le otorgará un nivel de acceso y una identificación, la misma que tendrá la tarjeta.
- Puertas. Deben ser agregadas a cada nivel de acceso para saber que puertas pueden abrirse de acuerdo con sus permisos.

En la **Figura 49** se muestran los usuarios que se crearon para el proyecto, el ID que se representa en la imagen es un puntero a la base de datos que contiene el ID de la tarjeta, todos los usuarios cuentan con el mismo nivel de acceso que lleva por nombre *Access Level*.

Figura 49

Configuración del nivel de acceso

The screenshot shows a web interface for managing users. The top navigation bar is green and contains the title 'Users' and a dropdown menu for 'Site: BMS_Jaramijo'. Below the navigation bar are several tabs: General, Access Levels (selected), Options, Photo, History, Attendance, Area Groups, Accommodation, and Visitor. The main content area is divided into two parts. On the left is a table of users, and on the right is a configuration panel for 'Access Levels'.

Name	Database ID	Created Date
Giovanny Caiza	3	08/07/2022
Christian Suquil	4	08/07/2022
Victor Tamayo	5	08/07/2022
Cuarto Control	6	10/07/2022

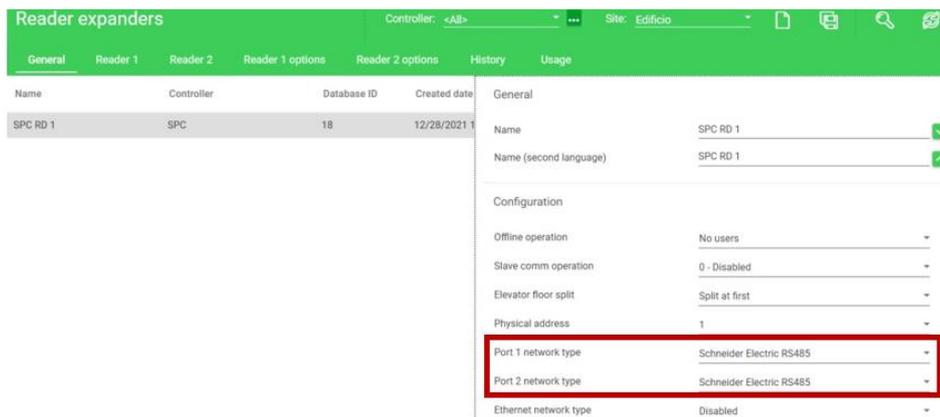
Name	Access Level Expires	Expiry Start
Access Level	<input type="checkbox"/>	08/07/2022 0:00:00

Configuración de los lectores

Se debe programar los puertos de lectura de las tarjetas de accesos. Se debe elegir la opción de expansores de lectura en el menú de expansores, se configura la conexión en los puertos 1 y 2 como Schneider Electric RS485. Y se guarda la configuración, como se puede observar en la Figura 50.

Figura 50

Configuración de los expansores de lectura



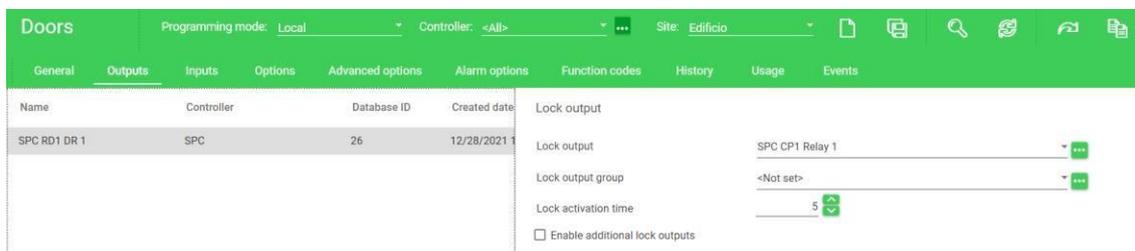
Nota: recuperado de este proyecto.

Configuración de las puertas

Para la configuración de las puertas se debe elegir la opción puertas en el menú de programación. Se elige la pestaña de Salidas, y se verifica que salida se activará al acceder con la tarjeta, se elige la opción de la salida correspondiente, para este caso será SPC CP1 Relé 1, como se puede observar en la Figura 51.

Figura 51

Configuración de las puertas



Nota: recuperado de este proyecto.

Sistema CCTV

Ya que se ha elegido trabajar con la línea Schneider, se trabajará también con la línea PELCO, ya que ambas marcas son asociadas y permiten integrarse de manera sencilla. Otra marca con la cual se consideró trabajar es Hikvision, una marca más económica, pero no da soporte a la integración

con BMS, por lo cual al realizar las pruebas de conexión con una cámara Hikvision se tuvieron muchos inconvenientes con la configuración.

DVR

El DVR será el encargado de comunicar al sistema CCTV con el servidor y la interfaz web, el equipo elegido que cumple con las características es el Power Edge R550, el cual viene preconfigurado con los programas para hacer el seguimiento a las cámaras. En la **Tabla 27** se pueden observar sus características.

Figura 52

Servidor DELL



Nota: Recuperado de (DELL, 2022)

Tabla 27

Especificaciones técnicas del servidor

Características	Especificaciones
Procesador	Intel XEON de 3ra generación
Controladores	Raid PERC H345
Refrigeración	ventiladores
Disco duro	2TB
Capacidad de almacenamiento	4 slots, se usaron 3 discos de 8 TB cada uno
Memoria RAM	16 DDR 4
Tipo	Rack

Nota: Recuperado de (DELL, 2022)

Cámaras

Las características de las cámaras fueron específicas para elegir el tipo bala SARIX IBP, o las cámaras de Hikvision, pero como se ha elegido trabajar con PELCO se utilizarán los equipos que se observan en la **Figura 53**.

Figura 53

Cámara tipo bala SARIX IBP



Nota: Recuperado de (PELCO, 2019)

En la **Tabla 28**, se pueden observar las características con las que cuentan estos equipos.

Tabla 28

Especificaciones técnicas de la cámara

Características	Especificaciones
Video	H 265, H 264
Resolución	5 MP a 30 imágenes por segundo
Enfoque	Cuenta con autoenfoque además de zoom óptico
Iluminación	iluminación IR hasta 60 m
Capacidad de almacenamiento	4 slots, se usaron 3 discos de 8 TB cada uno
Temperatura de trabajo	Hasta los 60 C
Alimentación	24 VAC y 12 VDC
Certificaciones	Resistencia contra vandalismo IK 10 Protección IP 67

Nota: Recuperado de (PELCO, 2019)

Implementación del Sistema BMS

Se hace la integración de los sistemas HVAC, y CCTV, de los 21 polvorines, para garantizar el almacenaje de materiales explosivos y evitar incidentes, las oficinas administrativas de la base tienen el sistema de control de accesos. Se necesita un controlador que integre todo y centralice la información para visualizarla en una página web amigable para usuario.

El sistema de gestión de edificios es el controlador principal, en este se integrarán todos los sistemas que son parte de la solución planteada, con lo cual:

- Permite centralizar la supervisión de todos los componentes.
- Supervisión de fallas para un mantenimiento.
- Mejora la seguridad en el lugar.

Controlador

Se detallo en las líneas BMS, el porqué de la selección del ambiente EcoXtructure, en este caso se cuenta con hardware estándar al que se le habilitan funciones a través de licencias y módulos expansores, dadas las dimensiones del proyecto descritas a lo largo de este capítulo basta con las configuraciones básicas.

AS-P

Tabla 29

Especificaciones técnicas del AS-P

Características	Especificaciones
Potencia de entrada CC	10 W
Voltaje de alimentación	24 VDC
Comunicación Ethernet	10/100BASE-TX RJ45 dual
Comunicación USB	USB 2.0 A, 1 puerto de dispositivo (mini-B) y un puerto de alojamiento (tipo A)
Comunicación RS-485	Dos puertos duales de 2 cables
Comunicación LonWorks	TP/FT-10
Protocolos	BACnet y MS/TP, BTL B-BC (controlador BACnet para gestión energética de edificios) TCP: Binario, puerto fijo, 4444 Modbus: Modbus TCP, cliente y servidor, Serial, RS-485, principal o secundario HTTP: No binario, puerto configurable, predeterminado 80 HTTPS: Cifrado TLS 1.2, 1.1 y 1.0, puerto configurable, predeterminado 443
Normativas Emisiones	RCM; EN 61000-6-3; EN 50491-5-2; FCC Parte 15, Sub-parte B, Clase B
Normativas Inmunidad	EN 61000-6-2; EN 50491-5-3
Normativas Seguridad	Clasificación EN 60730-1; EN 60730-2-11; EN 50491-3; UL 916 C-UL US

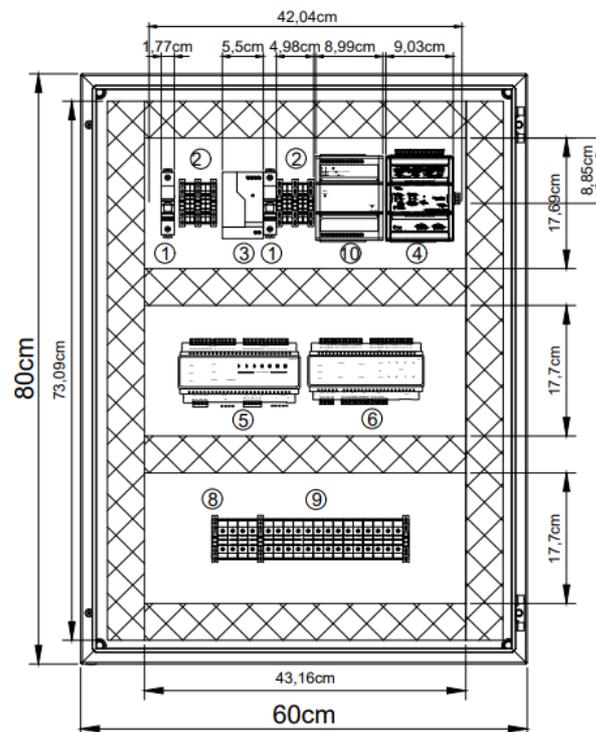
Nota: recuperado de (Schneider, n.d.)

Diseño del tablero principal

En la **Figura 54**, se presenta el diseño del tablero con todos los elementos descritos a lo largo del capítulo, se instalará en el cuarto de servidores. Se muestra la distribución de los equipos, el espacio mínimo del doble fondo. Respecto a la parte de accesos son las filas 2 y 3 del tablero, donde la última es una fila de borneras para hacer más fácil la conexión y cualquier cambio a futuro.

Figura 54

Diseño del tablero principal con los controladores



Nota: recuperado de este proyecto.

Tabla 30*Lista de elementos del tablero principal*

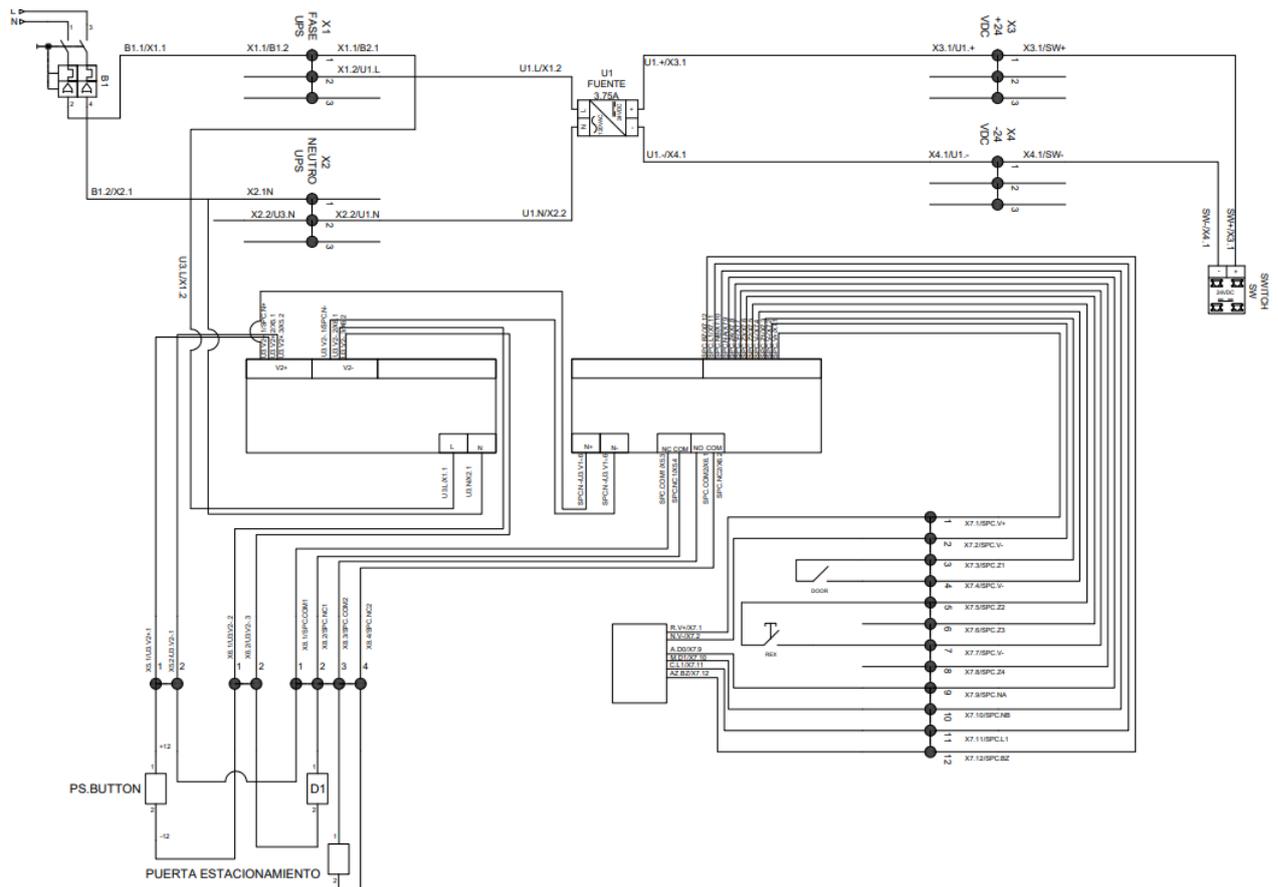
Ítem	Cant.	Descripción	Referencia	Marca
1	2	Miniature circuit breaker C60H - 1polo -3A	A9F74101	Schneider Electric
2	8	Bornera común	NSYTRV42	Schneider Electric
3	1	Fuente de alimentación 24 VDC	2902994	Phoenix Contact
4	1	Automation Server Premium AS-O SmartX	SXWASPXXX10001	Schneider Electric
5		Security Porpuse Controller	SP-C	Schneider Electric
6		Power Suply Module 4A	SP-PSU-4A	Schneider Electric
7		Tablero H600xW600xD300	NSYCRN86300	Schneider Electric
8		Separador de borneras	CLIPFIX 35-5	Phoenix Contact
9		Bornera 10mm	NSYTRV102	Schneider Electric
10		Fuente de alimentación SXW 24V VAC/VDC	SXWPS24VX10001	Schneider Electric

Nota: equipos mostrados en la **Figura 54**.**Circuito eléctrico del tablero principal**

La **Figura 55**, muestra la conexión del tablero principal, aquí se pueden encontrar las conexiones de alimentación que necesita cada equipo. También se encuentra el esquema de conexión para el controlador SP-C.

Figura 55

Diagrama Unifilar del tablero principal



Nota: ver en el ANEXO 6 para ver los detalles.

El sistema CCTV se conectará al servidor a través del protocolo ONVIS, este sistema de videovigilancia contará con una estación a la cual llegarán las señales de video del NVR. Se hará la instalación de 1 cámara de vigilancia a cada uno de los polvorines.

El sistema de acceso al lobby de la base se hará a través de un controlador SP – C previamente presentado en este capítulo.

A continuación, se muestra la tabla de direcciones IP de los equipos instalados que deben integrarse en el sistema BMS.

Tabla 31*Lista de direcciones IP para el sistema BMS*

Equipo	Ubicación	Nombre	IP	
Switch	polvorín 2	Switch 1	192.168.1.21	
	polvorín 3	Switch 2	192.168.1.22	
	polvorín 5	Switch 3	192.168.1.23	
	polvorín 7	Switch 4	192.168.1.24	
	polvorín 8	Switch 5	192.168.1.25	
	polvorín 9	Switch 6	192.168.1.26	
	polvorín 11	Switch 7	192.168.1.27	
	polvorín 13	Switch 8	192.168.1.28	
	polvorín 15	Switch 9	192.168.1.29	
	polvorín 17	Switch 10	192.168.1.30	
	polvorín 18	Switch 11	192.168.1.31	
	polvorín 20	Switch 12	192.168.1.32	
	polvorín 21	Switch 13	192.168.1.33	
	Tablero Principal		Switch 14	192.168.1.34
			Switch 15	192.168.1.35
			Switch 16	192.168.1.36
			Switch 17	192.168.1.37
			Switch 18	192.168.1.38
			Switch 19	192.168.1.39
Cámaras	Poste metálico 1	Cámara 1	192.168.1.71	
	Poste metálico 1	Cámara 2	192.168.1.72	
	Poste metálico 2	Cámara 3	192.168.1.73	
	Poste metálico 2	Cámara 4	192.168.1.74	
	Poste metálico 3	Cámara 5	192.168.1.75	
	Poste metálico 3	Cámara 6	192.168.1.76	
	Poste metálico 4	Cámara 7	192.168.1.77	
	Poste metálico 4	Cámara 8	192.168.1.78	
	Poste metálico 5	Cámara 9	192.168.1.79	
	Poste metálico 6	Cámara 10	192.168.1.80	
	Poste metálico 6	Cámara 11	192.168.1.81	
	Poste metálico 7	Cámara 12	192.168.1.82	
	Poste metálico 7	Cámara 13	192.168.1.83	
	Poste metálico 8	Cámara 14	192.168.1.84	
	Poste metálico 8	Cámara 15	192.168.1.85	
	Poste metálico 9	Cámara 16	192.168.1.86	
	Poste metálico 9	Cámara 17	192.168.1.87	
	Poste metálico 10	Cámara 18	192.168.1.88	
	Poste metálico 11	Cámara 19	192.168.1.89	
	Poste metálico 11	Cámara 20	192.168.1.90	

	Poste metálico 12	Cámara 21	192.168.1.91
MPC	polvorín 1	MPC A1	192.168.1.130
	polvorín 2	MPC A2	192.168.1.131
	Polvorín 3	MPC A3	192.168.1.132
	polvorín 4	MPC A4	192.168.1.133
	polvorín 5	MPC A5	192.168.1.134
	polvorín 6	MPC A6	192.168.1.135
	polvorín 7	MPC A7	192.168.1.136
	polvorín 8	MPC A8	192.168.1.137
	polvorín 9	MPC B1	192.168.1.138
	polvorín 10	MPC B2	192.168.1.139
	polvorín 11	MPC B3	192.168.1.140
	polvorín 12	MPC B4	192.168.1.141
	polvorín 13	MPC B5	192.168.1.142
	polvorín 14	MPC B6	192.168.1.143
	polvorín 15	MPC B7	192.168.1.144
	polvorín 16	MPC C1	192.168.1.145
	polvorín 17	MPC C2	192.168.1.146
	polvorín 18	MPC C3	192.168.1.147
	polvorín 19	MPC D1	192.168.1.148
	polvorín 20	MPC D2	192.168.1.149
	polvorín 21	MPC D3	192.168.1.150
HVAC/M221	polvorín 1	M221 A1	192.168.1.151
	polvorín 9	M221 B1	192.168.1.152
	polvorín 11	M221 B3	192.168.1.153
	polvorín 12	M221 B4	192.168.1.154
	polvorín 15	M221 B7	192.168.1.155
	polvorín 16	M221 C1	192.168.1.156
BMS	Cuarto de servidores	AS-P	192.168.1.157
	Cuarto de servidores	SP-C	192.168.1.158
	Cuarto de servidores	SERVIDOR	192.168.1.159
	Cuarto de servidores	NVR	192.168.1.160
	Cuarto de servidores	Estación de trabajo 1	192.168.1.14
	Cuarto de servidores	Estación de trabajo 2	192.168.1.17

Nota: recuperado de este proyecto

Plataforma de desarrollo de la interfaz

Al usar equipos del fabricante Schneider la solución que se va a implementar no es de uso abierto, por este motivo para el desarrollo de las pantallas se debe usar un programa propio del fabricante. Al tratarse de edificios se tiene el entorno EcoStruxure de la cual se hará uso de dos programas, Security Expert (control de accesos) y EBO (solución BMS), ambos se pueden integrar entre sí, a través de algunos complementos como el SmartConnector.

Programas utilizados para la integración del sistema BMS

Para poder usar las herramientas de Schneider se deben instalar los programas y complementos enlistados en la Tabla 32, los cuales pueden obtenerse de la página web del fabricante.

Tabla 32

Lista del software utilizado

Software	Versión	Detalle
Building Operation Connect Agent	3.2	Programa para integrar las variables del security expert, a través de un protocolo propio del fabricante
Building Operation Enterprise Server	3.2	Es el servidor en el que corren los servicios web de controlador. Aquí se definen los puertos del localhost para http y https
Building Operation Lincence Server	3.2	Programa para cargar las licencias que habilita el uso de los programas.
Security Expert	4.3.308	Programa que gestiona todo lo que es el control de accesos
Security Expert DVR service	4.3.308	Plug in para reconocer y traer las variables de los DVR al security expert
Pelco Video Service Integration	3,7	Complemento de Pelco, permite la comunicación entre Security Expert y VSXEnterprise.
Smart Connector	2.5.4.9	Complemento para habilitar el protocolo EWS

Nota: recuperado de este proyecto

Complementos adicionales

Una vez se ha instalado el EBO y Security Expert en el servidor, se debe levantar los servicios que permiten subir la información a través de los diferentes puertos del servidor, se empieza con el SOAP.

Figura 56

Instalación y configuraciones de los puertos para el SOAP

Nota: recuperado de este proyecto

Se deberá habilitar los puertos de comunicación por los cuales el Security Expert y el NVR van a enviar información hacia el servidor. Esta configuración se puede observar en la **Figura 57**.

Figura 57

Instalación y configuraciones de los puertos para integrar el CCTV al security expert

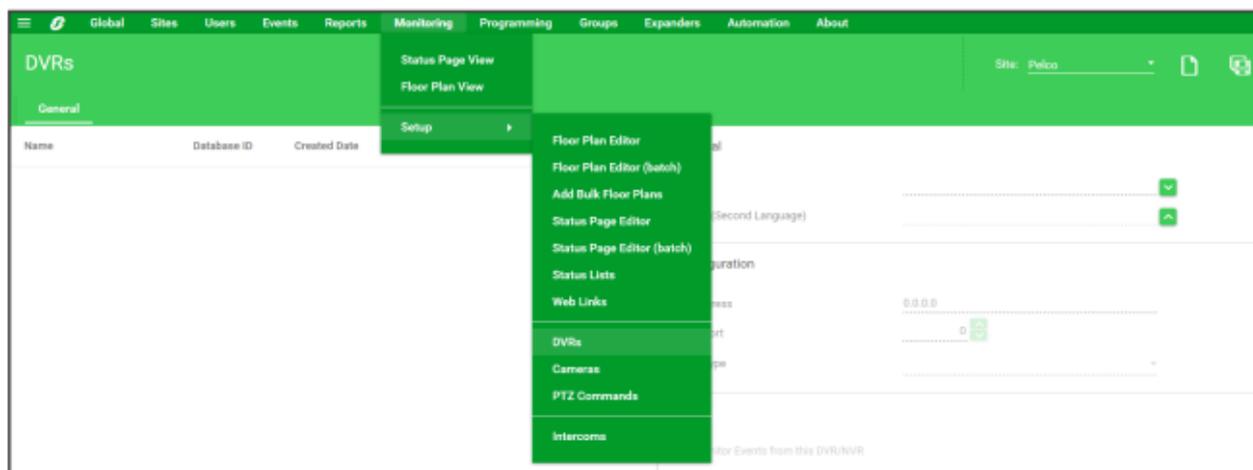
Nota: recuperado de este proyecto

- Dirección IP: se coloca la dirección IP del servidor donde están corriendo los programas 192.168.1.159
- Usuario: el usuario de la interfaz cliente del Security Expert
- Clave: es la contraseña del servicio
- Nombre del sitio: es el nombre del lugar que se crea en el Security Expert
- Puerto de servicio: se usa el 6001, este se puede cambiar, pero la configuración también debe moverse el VSXToolbox

Luego se debe agregar el DVR al security expert para que todas las alarmas creadas en DVR, las reciba el Security y este por EWS las mande al BMS.

Figura 58

Configuración del DVR en el security Expert



Nota: recuperado de este proyecto

Se crea el objeto DVR y se agrega la siguiente información

- Dirección IP: se coloca la dirección IP del equipo en el que se instaló el VSX
- Puerto DVT: puerto del VSX
- Puerto de servicio: es el número de puerto por que se va a mandar la información, este debe coincidir con el VSX y el puesto en el complemento explicado en la **Figura 57**.

- Usuario: es el creado el VSXToolbox
- Clave: contraseña del VSXToolbox

Con todas estas configuraciones podemos traer los siguientes eventos al Security Expert:

Tabla 33

Descripción de los eventos que recibe el Security del VideoXpert

Eventos en Security Expert	VideoXpert	Descripción
En línea	system/data_source_online system/device_online	Cuando la cámara se ha encendido, manda una información para saber en qué momento sucedió.
Fuera de línea	system/data_source_offline system/device_offline	Si por cualquier suceso la cámara se desenergiza.
Movimiento Detectado	analytic/motion	Cuando se configura la detección de movimiento en el sistema VSX, al security llega como “movimiento detectado” y para saber qué cámara activo este evento se debe ver la descripción de lo que llega.
Movimiento Cesó	analytic/no_motion	Después de unos 15 segundos de que la cámara ya no detecta movimiento, se manda un evento informando que no hay movimiento en el campo de visión.
Entrada en cámara activado	system/alarm_active	Se detecta cualquier evento en las entradas que tiene la cámara.
Temperatura	hardware/temperature	Cuando la temperatura supera los 60 grados.
Almacenamiento	hardware/volume_full	Cada cámara puede grabar de manera independiente poniendo una memoria SD, cuando esta memoria se está llenando manda ese mensaje para respaldar la información y proceder a liberar espacio de forma manual.

Nota: recuperado de (PELCO, 2017b)

EWS (EcoStruxture Web Service)

Protocolo de comunicación utilizado por la familia de EcoStruxture para los servicios web, es un protocolo web para transferir datos a través HTTP, se crea un camino de dos vías para enviar los datos al EBO, PME (Power Monitorin Expert) o SCADAS.

Para hacer la instalación se debe configurar el puerto 8082, ya que este puerto utiliza un protocolo orientado a la conexión, esto garantiza que se entregue la información. En la **Figura 59**, se muestra la configuración realizada.

Figura 59

Configuración del Smart Connector

	Name	Execution Count	Last Execution Time (hh:mm:ss)	Total Execution Time (hh:mm:ss)	Description
  	Long Running Processor	1	00:00:00	00:00:00	Sample processor which will start and idle until commanded to stop.
  	Null Processor	2	00:00:05	00:00:10	Sample processor that does nothing but sleep for a fixed duration.
  	Security Expert Alarm Update Processor	371194	00:00:00	15:38:35	Pulls in alarms from Security Expert and updates alarm states.
  	Security Expert Discovery Processor	1	00:00:55	00:00:55	Discovers all value items (and specified Event Filter alarms) from Security Expert

4 items present

Nota: recuperado de este proyecto

Entorno EcoStruxure Building Operation

La plataforma EBO como tal viene con 5 programas principales:

- **Software Administrator Building Operation:** sirve para crear el servidor en el que va a correr el programa, pues tiene aplicaciones web.

Nota: este servicio debe estar corriendo siempre, caso contrario no se ejecutará el WorkStation, hay que tener cuidado con los puertos http y https, que no se produzcan conflictos con el resto de los servicios.

- **License Administrator Building Operation:** aquí se activan las licencias para poder ejecutar los programas, se tienen licencias de prueba por 3 meses que se pueden pedir por motivos de desarrollo a Schneider de manera gratuita, pero una vez se va a instalar para un cliente se debe poner la licencia de por vida.

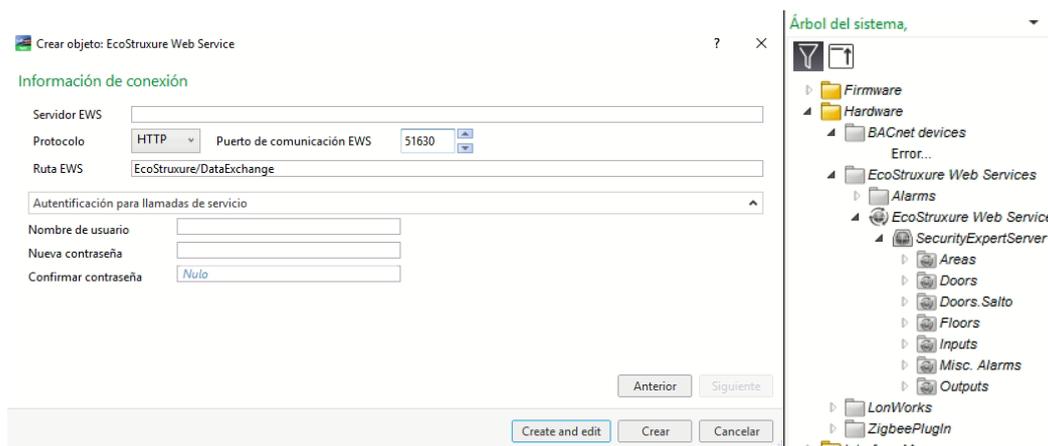
- WorkStation Administrator Building Operation: es el programa principal en el se crean los programas que se van a cargar al AS-P o que van a correr en el servidor, en este se crean las interfaces de comunicación como: Modbus, BACNET y EWS, las ventanas para las interfaces, las variables, los scripts, las alarmas, los dashboard por mencionar algunos.
- Graphics Editor Administrator Building Operation: es el programa en el que se editan las ventanas creadas en el WorkStation, todos los cambios son en caliente, es decir se verán reflejados en tiempo real.

Configuración protocolo EWS

Para hacer uso del protocolo EWS en el AS-P, en la Figura 60 se puede ver la ventana de configuración de los parámetros necesarios para poder traer todas las variables del Security Expert, el objeto creado es una interfaz de comunicación y dentro de esta se pueden vincular todo el hardware que esté conectado a los Web Services.

Figura 60

Configuración del EWS en el WorkStation



Nota: recuperado de este proyecto

Al terminar la configuración, se procede a vincular las variables traídas del Security Expert con variables y alarmas propias del EWS. Se creará una carpeta de variables dentro del árbol del sistema e ir creando las mismas, una vez hecho esto se debe conectar la variable del equipo con la traída de la interfaz EWS como se ve en la **Figura 61**.

Figura 61

Vinculación de las variables traídas por EWS



Nota: recuperado de este proyecto

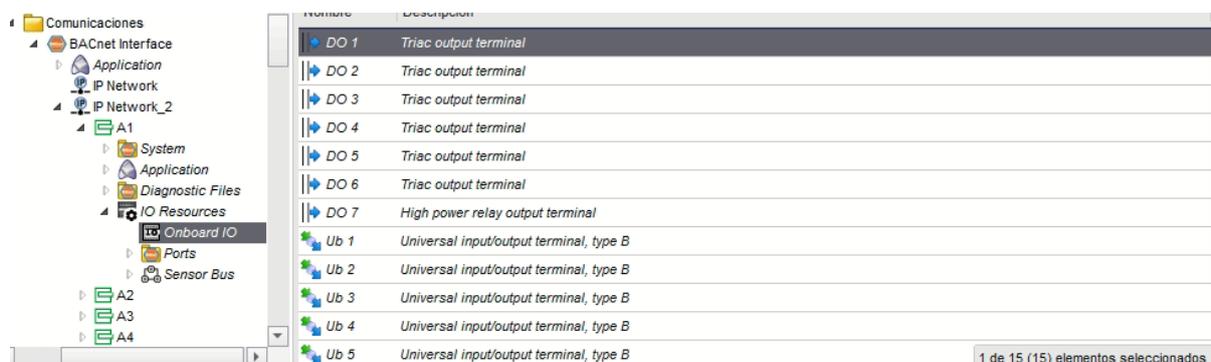
Configuración BACNET

Se crea una interfaz BACNET y sobre esta se especifica la dirección IP sobre la que se buscarán los módulos de entrada/salida puestos en cada polvorín, en este caso 192.168.1.x. De esta manera como se ve en la **Figura 62**, se pueden activar las salidas requeridas. Estos módulos pueden configurarse para tener un máximo de 15 salidas, a continuación, se enlistan los puertos con los que cuenta:

- 6 salidas triac
- 1 salida relé
- 8 entradas/salidas universales tipo B

Figura 62

Interfaz BACnet



Nota: recuperado de este proyecto

Configuración MODBUS

Se crea una interfaz del tipo MODBUS, esta es para comunicar los M221 de los sistemas HVAC con el AS-P, dentro de la interfaz se crean objetos en los que se deben configurar la IP y el tiempo de sondeo principalmente como se ven la **Figura 63**.

Figura 63

Configuración de un elemento en la interfaz Modbus

The screenshot shows a configuration window with two tabs: 'Básico' (selected) and 'Referencias'. The 'Información de estado' section includes: Estado (Online), Fallo en la escritura de salida (Correcto), Fallo en la lectura de la entrada (Correcto), Nombre del proveedor (Schneider Electric), Código de producto (TM221CE40T), and Número de revisión (V1.0). The 'Preferencias de configuración' section includes: Dirección del dispositivo (Predeterminado), Puerto IP (Estándar (502)), Dirección IP/nombre de host (192.168.1.151), Registro de sondeos (101), Código de sondeo (03), Intervalo de sondeo (1 segundo), Lectura dispersa (Habilitado), Máximo de consultas coincidentes (1), Paquetes de múltiples consultas (Deshabilitado), and Identificación de dispositivo (Habilitado).

Nota: recuperado de este proyecto

Al finalizar la configuración MODBUS, se crearán las variables que sean del mismo tipo que se crearon para el MPC y apuntarlas al espacio de memoria en el que estén guardados.

Tabla 34

Espacio de memoria de los datos traídos desde los PLC M221

Tipo	Nombre	Registro
Punto de entrada digital Modbus	Compresor A	%M11
Punto de entrada digital Modbus	Compresor B	%M12
Punto de entrada digital Modbus	Breaker	%M17
Punto de entrada digital Modbus	Supervisor de Voltaje	%M16
Punto de entrada digital Modbus	Ventilador 1	%M13
Punto de entrada digital Modbus	Ventilador 2	%M14
Punto de entrada digital Modbus	Ventilador N	%M15

Nota: elementos de la interfaz MODBUS traídos de los M221

Creación de las interfaces de usuario

Menú

Se crea la base del menú superior que va a ser constante a través de toda la navegación como se ve en la Figura 64, cada uno de los botones tiene una animación en caso de alarma para saber en qué sistema hay algún problema.

Figura 64

Diseño del menú de navegación



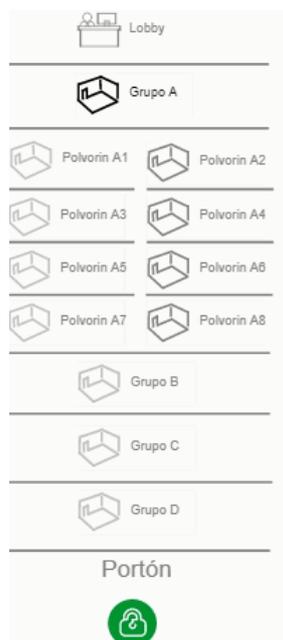
Nota: recuperado de este proyecto

Navegación

En la **Figura 65**, se muestra la navegación existente entre los diferentes polvorines, informando al usuario el polvorín que se encuentra seleccionado, así como los que se encuentren alarmados.

Figura 65

Diseño del menú de navegación de los 21 polvorines



Nota: recuperado de este proyecto

Contenido

En cada sistema se muestra un resumen general de los 21 polvorines, al pasar el ratón por cada uno de ellos se muestra una breve información sobre el mismo, además de que si alguno tiene una alerta el mismo se pintara de color rojo para que el usuario sepa específicamente cual está presentando inconvenientes.

Figura 66

Contenido de general

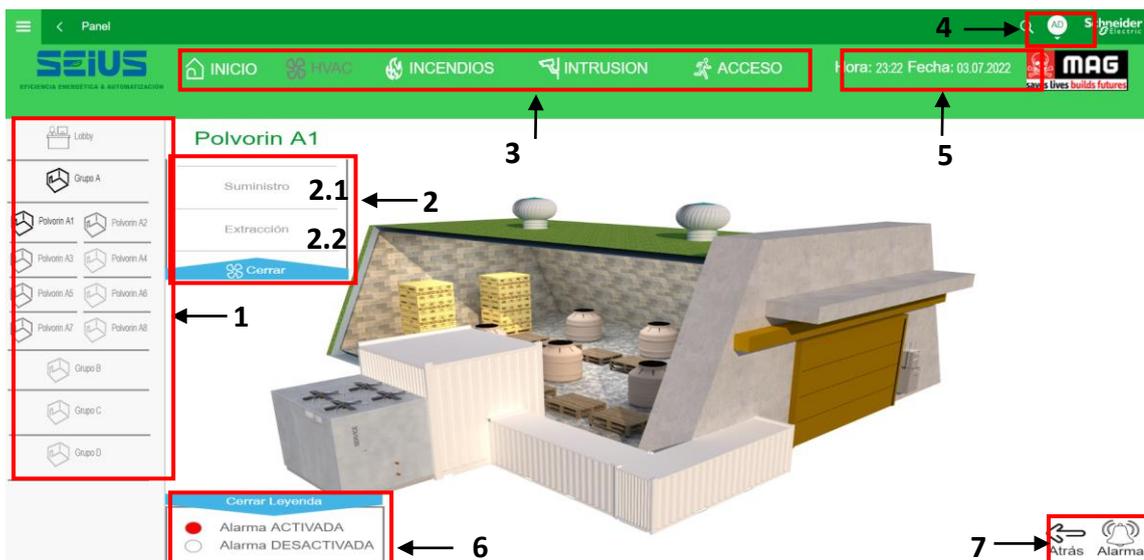


Nota: recuperado de este proyecto

En la **Figura 67**, se muestra el despliegue de cada uno de los polvorines que se cuenta en dicho grupo, en este caso se ha elegido el polvorín 1 como modelo.

Figura 67

Sistema HVAC – Grupo A - Polvorín 1



Nota: Interfaz desarrollada

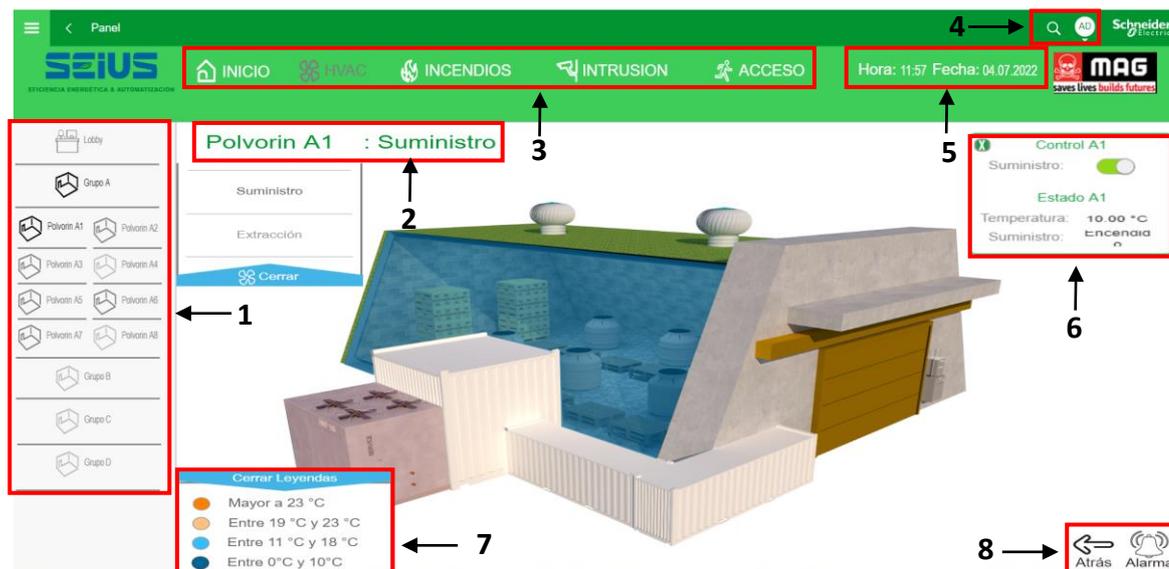
Suministro

La configuración que se presenta en la **Figura 68**, es el mismo modelo para cada uno de los polvorines en cada Grupo respecto al sistema de suministro.

En la **Figura 68**, se muestra el despliegue de las características de funcionamiento de suministro del sistema HVAC de uno de los polvorines que se cuenta en dicho grupo además que existe una animación que cambia de color en función de su temperatura, en este caso se ha elegido el polvorín 1 como modelo.

Figura 68

Funcionamiento del sistema HVAC - Grupo A - Polvorín 1



Nota: Interfaz desarrollada

En la **Figura 68**, se tiene la pantalla de suministro del polvorín 1 del Grupo A que contiene los siguientes elementos:

1. Menú de navegación del sistema HVAC.
2. En la parte superior se indica el nombre de funcionamiento del sistema HVAC.
3. Barra de navegación de pantallas de los distintos sistemas.
4. Respective icons de buscar y usuario.
5. Fecha y Hora.
6. Control de encendido del suministro.
7. Leyenda de condiciones de funcionamiento.
8. Respective buttons for retroceder e ir a alarmas.

En la **Figura 68**, se tiene la pantalla de suministro del polvorín 1 del Grupo A se tiene 2 botones principales los cuales se detallarán a continuación.

- Atrás

Redirige una pantalla anterior

- Icono Campana

Redirige hacia una lista de todas las alarmas activadas en tiempo real.

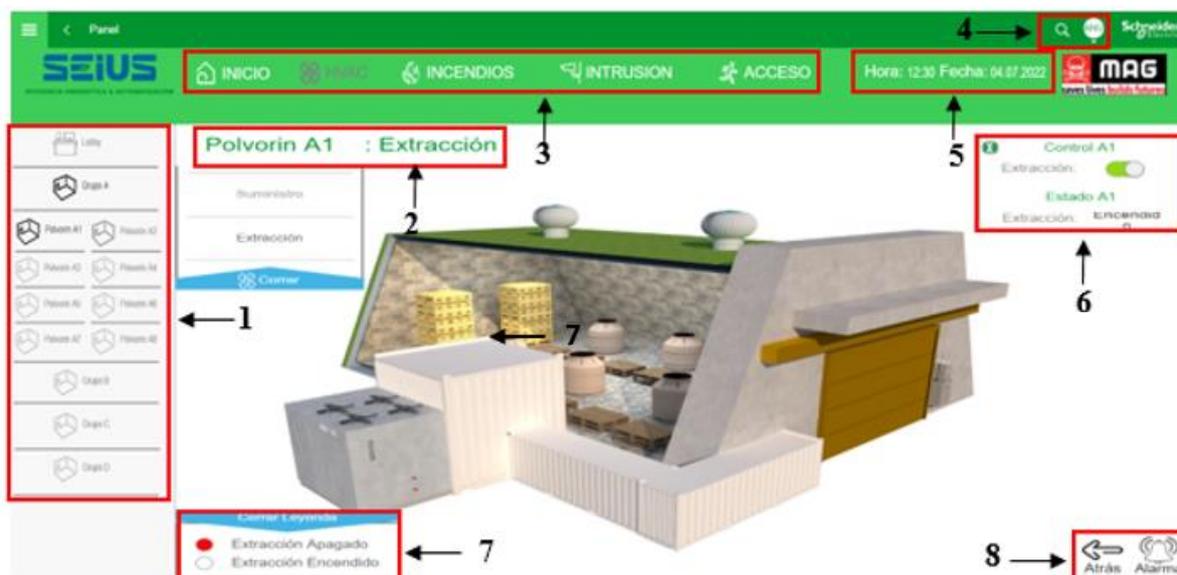
Extracción

La configuración que se presenta en la **Figura 69**, es el mismo modelo para cada uno de los polvorines en cada Grupo respecto al sistema de extracción.

En la **Figura 69**, se muestra el despliegue de las características de funcionamiento de extracción del sistema HVAC de uno de los polvorines que se cuenta en dicho grupo además que existe una animación que cambia de color en función de su activación, en este caso se ha elegido el polvorín 1 como modelo.

Figura 69

Funcionamiento de Extracción del Sistema de HVAC – Grupo A - Polvorín 1



Nota: Interfaz desarrollada

Lobby

En la **Figura 70**, se muestra la distribución de botones y el accionamiento para la tarjeta el cual lo podemos habilitar o no.

Figura 70

Lobby



Nota: Interfaz desarrollada

En la **Figura 70** se tiene la pantalla de Lobby que contiene los siguientes elementos:

1. Menú de navegación del sistema HVAC.
2. Respetivos iconos de buscar y usuario.
3. Barra de navegación de pantallas de los distintos sistemas
4. Fecha y Hora.
5. Permite realizar el control del acceso.
6. Respetivos botones para retroceder e ir a alarmas.

En la **Figura 70** se tiene la pantalla de Lobby se tiene 6 botones principales los cuales se detallarán a continuación.

- Atrás

Redirige una pantalla anterior

- Icono Campana

Redirige hacia una lista de todas las alarmas activadas en tiempo real.

- Grupo A

Este botón despliega un menú con los distintos polvorines que se cuenta en dicho grupo.

- Grupo B

Este botón despliega un menú con los distintos polvorines que se cuenta en dicho grupo.

- Grupo C

Este botón despliega un menú con los distintos polvorines que se cuenta en dicho grupo.

- Grupo D

Este botón despliega un menú con los distintos polvorines que se cuenta en dicho grupo.

- **Grupo A**

La configuración que se presenta en la Figura 90 es el mismo modelo para cada uno de los siguientes grupos (B, C y D).

Tabla 35

Lista de variables para el menú, navegación y recepción

Nombre	Descripción	Tipo
Num_polvorin	Variable usada para elegir el polvorín en que se está.	Marca
Visible_G	Maneja la visibilidad de los componentes de la pantalla.	Marca
DR1_POS	Indica si la puerta está cerrada o abierta.	Entrada
DR1_LOCK	Manda información para abrir la puerta.	Salida
DateTime	Variable que jala la hora del sistema.	Fecha
Var_Resumen	Variable usada para las leyendas.	Marca
Tarjeta.Value	envía la una señal para habilitar o deshabilitar la lectora de tarjetas.	Salida

Nota: recuperado de este proyecto

Tabla 36

Lista de variables para un solo polvorín

Nombre	Descripción	Tipo
Compresor_A1	Trae la información del compresor HVAC	Marca
Compresor_B1	Trae la información del compresor HVAC	Marca
Breaker_1	Trae la información del breaker HVAC	Marca
Supervisor_V	Trae la información del supervisor de voltaje del tablero que alimenta el sistema HVAC	Marca

Ventilador_1	Trae la información del Ventilador 1 HVAC	Marca
Ventilador_B1	Trae la información del Ventilador 2 HVAC	Marca
Ventilador_N	Trae la información del Ventilador 3 HVAC	Marca
Suministro	Marca usada para activarse si algún elemento falla	Marca
Temp	Variable analógica usada reflejar la temperatura	Marca
Extraccion	Marca para registrar algún evento de extracción	Marca
CCTV_A1	Marca para registrar algún evento de movimiento	Marca

Nota: recuperado de este proyecto

En la **Tabla 36**, se muestran las variables se repiten para los 21 polvorines, cada uno tiene sus propios nombres genéricos especificando a que polvorín se refiere.

Tabla 37

Lista de alarmas

Nombre	Descripción	Tipo
Polvorin_Accesos	Variable usada para registrar los eventos de accesos.	Marca
Polvorin_A1_CCTV	Variable usada para registrar los eventos de CCTV.	Marca
Polvorin_A1_Extraccion	Variable usada para registrar los eventos de extracción.	Marca
Polvorin_A1_HVAC_Temp_H	Variable del tipo usada para registrar los eventos cuando la temperatura ha sobrepasado los 30 grados centígrados.	Marca
Polvorin_A1_HVAC_Temp_HH	Variable del tipo usada para registrar los eventos cuando la temperatura ha sobrepasado los 35 grados centígrados.	Marca
Polvorin_A1_Suministro	Variable usada para registrar los eventos de suministro.	Marca

Nota: recuperado de este proyecto

Tabla 38

Suma de alarmas

Nombre	Descripción	Tipo
Alarma_Accesos	Se activa en caso de que cualquier evento del sistema de accesos suceda.	Alarma
Alarma_CCTV	Se activa en caso de que cualquier evento del sistema de accesos suceda.	Alarma

Alarma_HVAC	Se activa en caso de que variable traída por modbus de los M221, pues son indicadores de algo está pasando con el sistema HVAC	Alarma
Alarma_HVAC_Suministro	Se activa en caso de que variable traída por modbus de los M221, pues son indicadores de algo está pasando con el sistema HVAC	Alarma
Alarma_HVAC_Extraccion	Se activa en caso de que variable traída por modbus de los M221, pues son indicadores de algo está pasando con el sistema HVAC	Alarma

Nota: recuperado de este proyecto

Estas son las variables generales, en caso de cualquiera de las alarmas individuales de los polvorines se alarmen, estas sirven para mostrar al usuario en que sistema está sucediendo la notificación.

Registro de alarmas

Finalmente se guarda en un registro cada eventualidad que sucede, estos registros detallan a que variable o alarma van a supervisar y registrar cada cambio que haya. Se debe tener una condición de activación común, para esto se usa la suma de alarmas, pues si no tienen condiciones diferentes, los registros se van a llenar con valores 0 o espacios en blanco. La configuración hecha se muestra en la **Figura 71**.

Figura 71

Configuración del registro de alarmas

The screenshot shows the configuration page for an alarm register in a system named "HVAC_EXTRACCION". The page has three tabs: "Básico", "Info de contador", and "Referencias". The "Básico" tab is active. The configuration is organized into sections:

- Información general:** A dropdown menu showing "Información de estado".
- Información de estado:**
 - Estado: A dropdown menu set to "Iniciado".
 - Habilitado: A dropdown menu set to "True".
- Ajustes de configuración:**
 - Variable registrada: A dropdown menu set to "../././Alarmas/Suma_de_Alarmas/Alarma_HVAC_Extraccion/AlarmState".
 - Delta: A numeric input field set to "0".
 - Variable de disparo: A dropdown menu set to "../././Alarmas/Suma_de_Alarmas/Alarma_HVAC/BasicEvaluationState".
 - Condición de activación: A dropdown menu set to "Cambiar a verdadero".
 - Tamaño de registro: A numeric input field set to "1,412".
 - Limpiar cuando esté permitido: A dropdown menu set to "False".

Nota: recuperado de este proyecto

Pruebas sobre el sistema BMS

Acceso al deposito

Se recopilaron datos durante una semana del número de las veces que se abrió puerta de entrada en ese periodo de tiempo, usando la interfaz desarrollada. Con los reportes generados en archivos planos, los cuales se importan a Excel para su fácil visualización (ver ANEXO 9), esta información se usa para sacar la siguiente tabla.

Tabla 39

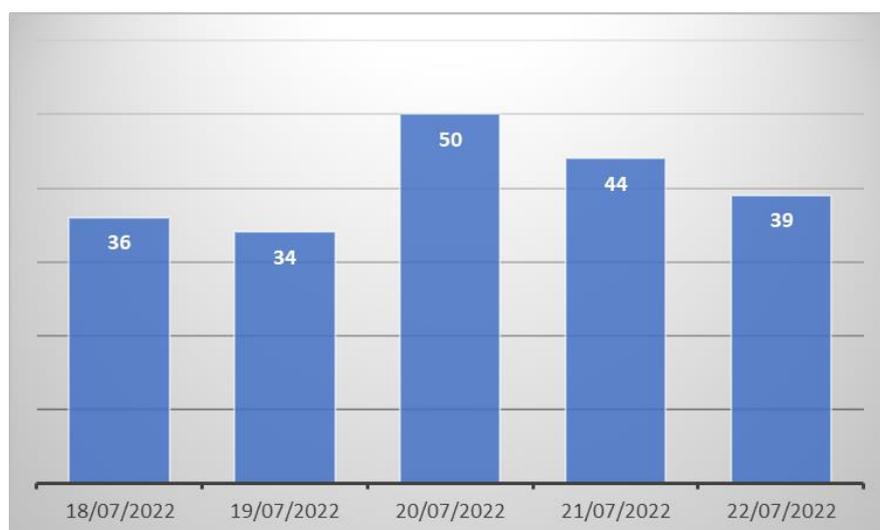
Cantidad total de veces usada la puerta en la semana del 18 de julio de 2022

Fecha	Número veces usada la puerta	Operador
22/07/2022	39	admin
21/07/2022	44	admin
20/07/2022	50	admin
19/07/2022	34	admin
18/07/2022	36	admin

Nota: datos sacados del ANEXO 9

Figura 72

Gráfica de accesos puerta de entrada



Nota: datos sacados de la **Tabla 39**

Con esta información podemos sacar el promedio del número de veces al día que se abre la puerta que son 41 veces por día, lo que cumple con las características descritas en el capítulo III del

motor PW525H, el cual dice que para cumplir con la garantía del fabricante se debe tener una intermitencia de 80 ciclos/día.

También se calcula el tamaño máximo de espacio que ocuparía un reporte de un mes con esta información, cada archivo generado pesa entre 6 y 8 KB. Por lo que para el cálculo usaremos el de mayor tamaño para ver el espacio en un mes.

$$Es1 = 8 \text{ KB} * 30$$

$$Es1 = 240 \text{ KB}$$

Un tamaño casi despreciable para las 2 TB de almacenamiento con las que cuenta el servidor.

Acceso al cuarto de servidores

Se hicieron pruebas con la tarjeta lectora y el programa central para abrir la puerta del cuarto de servidores, que donde está instalado el tablero principal que se ve en la **Figura 54**. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Durante las pruebas realizadas el día 14 de julio, se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 40

Entradas al cuarto de servidores

Fecha	Cantidad	Operador	Tarjeta	Mensaje
14/07/2022	2	admin		Door Servidor_Room (DR0) Opened
14/07/2022	3	Christian Zuquillo	284	Door Servidor_Room (DR0) Opened
14/07/2022	2	Victor Tamayo	285	Output CP1 Relay 1 (1) On By Servidor_Room (0) Function Lock
14/07/2022	1			Door Servidor_Room (DR0) Unlocked Request To Exit

Nota: datos sacados del ANEXO 10

Door Servidor_Room (DR0) Opened: la puerta se ha abierto al reconocer una de las tarjetas autorizadas a abrir la puerta del cuarto de servidores.

Output CP1 Relay 1 (1) On By Servidor_Room (0) Function Lock: la puerta se ha abierto a través del programa BMS.

Door Servidor_Room (DR0) Unlocked Request To Exit: la puerta se ha abierto desde adentro del cuarto de servidores, usando el botón de salida.

Se recopilaron datos durante una semana del número de las veces que se abrió puerta del cuarto de servidores, debido a la sensibilidad de la información y los equipos que ahí se encuentran, se recolecta quien es la persona que entra y a qué hora lo hace. En caso de que algo pase se puede contrastar la información con los registros.

Tabla 41

Entradas al cuarto de servidores durante una semana

Fecha	Cantidad	Operador	Tarjeta	Mensaje
18/07/2022	1	Christian Zuquillo	284	Door Servidor_Room (DR0) Opened
18/07/2022	1			Door Servidor_Room (DR0) Unlocked Request To Exit
22/07/2022	1	Christian Zuquillo	284	Door Servidor_Room (DR0) Opened
22/07/2022	1			Door Servidor_Room (DR0) Unlocked Request To Exit

Nota: datos sacados del ANEXO 11

Los datos mostrados en la **Tabla 41**, son los esperados en cuanto al comportamiento del personal que tiene acceso al cuarto de servidores, pues realmente no tienen motivos para entrar y manipular los equipos o el servidor, como vemos durante la semana solo hubo dos ingresos de una de las 3 personas con acceso a dicho cuarto.

Pruebas con el sistema CCTV

Las cámaras no solo están para el monitoreo de video en vivo, también se usan para la detección de movimiento, con lo cual se generan alarmas que pueden ser monitoreadas desde el

cuarto de control. Para las pruebas se hace una vuelta alrededor de los polvorines, con la información recolectada se puede generar el siguiente reporte de la **Tabla 42**.

Tabla 42

Alarmas de CCTV

Fecha	Hora	Fuente	Texto de Alarma
13/07/2022	8:22:17	A1_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:24:23	A2_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:25:41	A3_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:28:35	A4_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:32:05	A5_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:34:33	A6_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:37:01	A7_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:40:13	B1_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:42:21	B2_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:45:03	B3_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:46:53	B4_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:48:27	B5_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:51:01	B6_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	8:53:12	B7_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	9:01:13	C1_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	9:02:56	C2_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	9:05:07	C3_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	9:12:31	C1_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	9:14:53	C2_CCTV	Movimiento detectado
13/07/2022	9:17:11	C3_CCTV	Movimiento detectado

Nota: datos sacados del ANEXO 12

*Con la información mostrada en la **Tabla 42**, se puede comprobar que el sistema está funcionando de manera adecuada pues se generan las alarmas de movimiento cuando alguien pasa por las puertas de los polvorines. En el sistema las alarmas se reflejan al mostrar un pop up dentro de la interfaz web, esto le permite saber al usuario que hay movimiento cerca de los polvorines, como se ve en la*

Figura 73.

Figura 73

Aviso movimiento CCTV



Nota: interfaz

En la **Figura 74**, se muestra la respuesta del sistema ante la presencia de varias personas en diferentes polvorines, depende del usuario identificar si es un comportamiento anormal dentro de la base, acorde al número de personas que estén haciendo rondas en ese sector.

Figura 74

Polvorines Alarmados por movimiento



Nota: interfaz alarmada de CCTV

Pruebas con el sistema HVAC

Los datos mostrados en la **Tabla 43** son un extracto del ANEXO 13, el cual obtiene los datos cada 5 minutos del funcionamiento del sistema HVAC de 6 polvorines (A1, B1, B3, B4, B7, C1). De estos datos se obtuvo la **Tabla 36**, la cual representa el error calculado de la temperatura de los polvorines con respecto al dato obtenido de los sensores. El error calculado se encuentra dentro de un rango del 5%, este valor se ha considerado como valido para aceptar como correcto el funcionamiento del sistema de control de temperatura.

Tabla 43

Extracto de datos de temperatura de los polvorines con sistema HVAC

Fecha y Hora	Set Point	Polvorin A1	Polvorin B1	Polvorin B3	Polvorin B4	Polvorin B7	Polvorin C1
14/07/2022 6:00	20	20.58	20.39	19.54	20.18	19.42	19.64
14/07/2022 6:05	20	19.81	20.31	19.44	19.8	20.59	20.45
14/07/2022 6:10	20	19.6	20.31	20.44	20.55	20.31	19.94
14/07/2022 6:15	20	20.2	20.49	19.66	20.55	20.28	19.72
14/07/2022 6:20	20	19.74	20.3	20.47	19.4	20.24	20.09
14/07/2022 6:25	20	19.91	20.32	20.55	19.73	20.25	20.55
14/07/2022 6:30	20	20.02	20.16	20.43	19.62	20.26	20.54
14/07/2022 6:35	20	20.04	19.91	20.04	19.86	20.17	19.54
14/07/2022 6:40	20	19.56	20.36	20.37	19.86	20.46	20.49
14/07/2022 6:45	20	19.92	20.25	20.06	19.8	20.14	19.41
14/07/2022 6:50	20	19.99	20.24	20.5	19.69	20.07	19.48
14/07/2022 6:55	20	19.4	20.07	20.57	20.1	20.02	19.79
14/07/2022 7:00	20	19.82	20.49	19.93	19.49	20.01	19.75
14/07/2022 7:05	20	19.41	20.42	19.85	19.44	20.29	19.69
14/07/2022 7:10	20	19.77	20.25	19.6	20.11	20.12	19.95
14/07/2022 7:15	20	20.09	20.27	20.44	20.22	19.99	19.72

Nota: datos sacados del ANEXO 13

Tabla 44

Extracto de datos de temperatura de los polvorines con sistema HVAC

Error 1	Error 2	Error 3	Error 4	Error 5	Error 6
2.9	1.95	2.3	0.9	2.9	1.8
0.95	1.55	2.8	1	2.95	2.25
2	1.55	2.2	2.75	1.55	0.3
1	2.45	1.7	2.75	1.4	1.4

1.3	1.5	2.35	3	1.2	0.45
0.45	1.6	2.75	1.35	1.25	2.75
0.1	0.8	2.15	1.9	1.3	2.7
0.2	0.45	0.2	0.7	0.85	2.3
2.2	1.8	1.85	0.7	2.3	2.45
0.4	1.25	0.3	1	0.7	2.95
0.05	1.2	2.5	1.55	0.35	2.6
3	0.35	2.85	0.5	0.1	1.05
0.9	2.45	0.35	2.55	0.05	1.25
2.95	2.1	0.75	2.8	1.45	1.55
1.15	1.25	2	0.55	0.6	0.25
0.45	1.35	2.2	1.1	0.05	1.4

Nota: tabla armada con la información de la Tabla 35

La **Tabla 44**, es un anexo realizado luego de haber extraído los datos del sensor, este cálculo se lo realizo con la finalidad de comprobar el control de temperatura dentro de los polvorines donde se disponía de este sistema.

Figura 75

Gráfico del error absoluto



Nota: datos del ANEXO 13

Capacitación del personal

Se adjuntan fotos de la capacitación dada al personal de la base y el uso de la estación de trabajo.

Figura 76*Capacitación del personal***Nota:** Explicación de accesos**Figura 77***Funcionamiento de la estación de trabajo***Nota:** Cámaras en el BMS

La **Figura 76** y **Figura 77**, son para evidenciar que el proyecto fue instalado y entregado.

Capitulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó e implementó un sistema BMS para un grupo de 21 polvorines separados en 4 secciones, en el mismo se integra los sistemas de CCTV, control de accesos y HVAC, a través de protocolos BACnet, Modbus/TCP, EWS, y ONVIF, para el manejo y supervisión a través de una interfaz web. Se brinda información al usuario sobre el número de veces que se ha abierto la puerta principal, horarios de más afluencia de personas y accesos al cuarto de servidores. La interfaz alerta de la presencia de intrusos en los polvorines, con fecha y hora. El sistema HVAC no permite al usuario ingresar valores fuera del rango de 10°C a 35 °C.
- La arquitectura implementada para integrar los sistemas CCTV, HVAC y accesos, permite la conexión de todos los equipos con tiempos de respuesta alrededor de 1ms, generar reportes por sistema mostrados en el Capítulo IV, todo se centralizo en el sistema BMS para dar seguimiento de variables y alarmas, se utilizó una topología en anillo se garantiza que la información llegue por cualquiera de los dos caminos, esto permite agregar más variables como: sistemas, datos de medidores, sensores entre otros.
- La temperatura de los polvorines está dentro del rango de 10°C a 35 °C establecido para que los materiales explosivos no se degraden o generen accidentes, según los reportes generados en el ANEXO 13. La temperatura a la que se mantienen los polvorines respecto al set point está dentro de un rango de error menor al 5%, en caso de la temperatura supere los 30 °C se genera una alarma de temperatura alta y al sobrepasar los 35 °C una alarma de temperatura fuera de rango, con esta información el usuario puede tomar las acciones correspondientes.
- El sistema de video Vigilancia funciona 24/7, los componentes elegidos cumplen con las especificaciones técnicas, este genera grabaciones de 600 GB por día, con el dimensionamiento de las 20 TB permite guardar video durante 1 mes, requisito del cliente. El sistema avisa al usuario de forma visual y audible, sobre la presencia de personas en las

puertas de los polvorines, genera reportes con esta información como se ve en el Capítulo IV y ANEXO 12.

- Se integró el sistema de control de accesos, que permite un registro del número de ingresos al depósito y al cuarto de servidores, en este último se guarda el nombre de la persona que lo hizo, todo a través de los reportes que genera el sistema, presentados en el Capítulo IV, Anexo 10 y Anexo 11.
- La interfaz web genera en tiempo real alarmas y animaciones, para avisar al usuario sobre cualquier posible situación fuera de lo normal. El sistema BMS fue entregado al usuario final con manuales de usuario y capacitaciones sobre las funciones de todo el Sistema BMS, como se ve al final del Capítulo IV.

Recomendaciones

- Para trabajos futuros en el sistema BMS y la arquitectura instalada, permite integrar más sistemas como: iluminación, energía, incendios, por mencionar algunos. Para la integración de futuros sistemas se debe considerar la arquitectura realizada, los protocolos de comunicación soportados y el costo beneficio que representa para el usuario.
- El sistema contra incendios debe ser una prioridad tanto instalarlo como integrarlo al BMS, pues este es el que monitorea la concentración de gases y actuadores necesarios para evitar un incidente, se consideró este sistema durante el diseño explicado en el Capítulo III.
- Se recomienda integrar un sistema correctivo ante posibles incidentes, esto con la finalidad de salvaguardar la integridad del polvorín y los materiales resguardados.

Bibliografía

- ABB. (2022). *Sistema BMS para HVAC | ABB*. <https://new.abb.com/drives/es/noticias-y-casos-de-exito/sistema-bms-para-hvac>
- ANERA. (2020). *Cargadores De Laptop Hp Y Universal Varios Puertos. Anera | MercadoLibre*. https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-516698796-cargadores-de-laptop-hp-y-universal-varios-puertos-anera-_JM#redirectedFromSimilar=https%3A%2F%2Farticulo.mercadolibre.com.ec%2FMEC-513864878-cargadores-de-laptop-hp-y-universal-varios-puertos-anera-_JM
- APM NETCONNECT. (2007). *Cable UTP Categoría 6 CM*. <http://www.ampnetconnect.com>
- Astesana, I., & Medina, A. (2016). *Sistema de control centralizado de edificios B.M.S* [Universidad Católica de Córdoba]. http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/1370/1/TF_Astesana_Medina.pdf
- Astudillo, M. O. (2012). *DISEÑO DE UN EDIFICIO INTELIGENTE*.
- BELDEN. (2020). *Magnum 6KL Industrial Ethernet Managed Edge Switch*. <https://www.belden.com/hubfs/resources/technical/catalogs/6K%20Series.pdf?hsL>
- Cabezas Sánchez, J. J., & Solis Toapanta, S. A. (2021). *Desarrollo de un sistema prototipo para control y monitoreo de temperatura, humedad y emisión de gases en los depósitos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana que almacenan material explosivo* [ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23802/1/T-ESPE-044313.pdf>
- Cámaras de Seguridad Guayaquil. (2017). *Camaras ip y Fibra Optica* » ® *Cámaras de Seguridad Guayaquil*. <https://bits.com.ec/bits/camaras-ip-y-fibra-optica/>
- Castro, J., Martínez, J., Vargas Castro, M. J., Laguna, J., & Vargas, M. (2014). *La aplicación de interfaces humano-máquina (HMI), en la industria Tijuanaense*. <https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-VI/ARTICULO%2021.pdf>
- Catellanos, O. (2019, June 11). *Building Management System en HVAC - Bienvenido al Blog de Schneider Electric*. <https://blogespanol.se.com/gestion-de-edificios/2019/06/11/building-management-system-en-hvac/>
- Chaglla Toaquiza, J. G., & Villa Romero, L. M. (2021). *Estudio técnico de implementación de un sistema de video vigilancia IP para el control de la seguridad de las áreas administrativas, aulas, talleres, laboratorios, etc. En los Campus Centro y Belisario Quevedo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L*. [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.]. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25383>
- Cingles Comunicacions. (2018). *Sistema de BMS: qué es y para qué sirve?* <https://cinglescomunicacions.com/es/sistema-de-bms-que-es-y-para-que-sirve/>
- DELL. (n.d.). *OptiPlex 7090 Tower and Small Form Factor | Dell USA*. Retrieved July 23, 2022, from <https://www.dell.com/en-us/work/shop/desktops-all-in-one-pcs/optiplex-7090-tower-and-small-form-factor/spd/optiplex-7090-desktop>
- DELL. (2022). *The Dell EMC PowerEdge R550, with 3rd generation Intel® Xeon® Scalable processors, offers added flexibility for organizations seeking exceptional value. Innovate at scale with challenging and emerging workloads*. www.delltechnologies.com/ondemand.

- DITEC. (2018). *Automatismo para cancelas batientes con hojas de hasta 5 m.*
<https://www.pfc.com.ec/files/ES---Ditec-PWR-brochure-24-Vcc.pdf>
- Dordoigne Jose. (2016). *Redes informáticas - Nociones fundamentales (5ª edición)* (Ferrocarriles catalanes, Ed.; 5th ed.). ENI.
https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Huwy1LOPEq8C&oi=fnd&pg=PA348&dq=tipos+de+redes+inform%C3%A1ticas&ots=N-0qdn7Wiw&sig=R3_U-FshGQud6a69XpU9lvQQvXg&redir_esc=y#v=onepage&q=tipos%20de%20redes%20inform%C3%A1ticas&f=false
- EATON. (2019). *Proportional, Integral, Derivative (PID) control for HVAC control.*
<https://www.eaton.com/us/en-us/products/controls-drives-automation-sensors/industrial-control-center/automation-control/hvac-control/pid-control.html>
- el Almirante. (2002). *REGLAMENTO DE PÓLVORAS, EXPLOSIVOS Y MUNICIONES PARA BUQUES, FUERZAS Y DEPENDENCIAS - PDF Free Download.* <https://docplayer.es/7374106-Reglamento-de-polvoras-explosivos-y-municiones-para-buques-fuerzas-y-dependencias.html>
- el Comercio. (2016, November 8). *Especialistas en explosivos trabajan en la zona cero de la Brigada Patria - El Comercio.* <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/especialistas-explosivos-brigadapatria-latacunga-investigacion.html>
- el Universo. (2002). *Explosión de polvorín causó la muerte de diez personas en Riobamba | Ecuador | Noticias | El Universo.*
<https://www.eluniverso.com/2002/12/09/0001/12/D089DE033E65434B92DCA37A6DA74D78.html/>
- Enforcer. (2020). *Sensor Interior de Solicitud de Salida Sin Tocar.* <http://www.seco-larm.com/es/Access/request-to-exit/SD-927PKC-NEVQ>
- EUATM. (n.d.). *REDES.* Retrieved July 23, 2022, from <http://www.edificacion.upm.es/informatica/documentos/redes.pdf>
- Feki, E., Kassab, K., & Mami, A. (2019). Integration of the small board computers Rasp berry PI in Home Automation based on KNX protocol. *Mediterranean Microwave Symposium, 2019-October.* <https://doi.org/10.1109/MMS48040.2019.9157317>
- GARCIA AVILA, M. (2019). *INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN, REDES DE DATOS E INTERNET.*
- KINENERGY. (2016). *¿El BMS es una buena inversión para tu proyecto?*
<https://www.kin.energy/blogs/post/%C2%BFel-bms-es-una-buena-inversi%C3%B3n-para-tu-proyecto>
- la Hora. (2003). *Explota polvorín naval en Guayaquil : Local : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo.* <https://lahora.com.ec/noticia/1000150889/explota-polvorn-naval-en-guayaquil>
- Mas que Vallas. (n.d.). *Cancela acceso de Vehiculos, de 2m de alta y 4m de ancha, para cierres con Valla Romboidal. Con Panel rigido electrosoldado. - Vallas metálicas, cercados, vallados, malla electrosoldada, mallas metálicas, puertas de jardín, precios y calidad. MasQueVallas.* Retrieved July 23, 2022, from <https://vallas-metalicas.com/puertas/50-puerta-de-vallas.html>
- OCAMPO ANDRADE, Í. B. (2017). *ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN PARA EL CAMPUS POLITÉCNICO Y UN*

- SISTEMA DE CONTROL DE ACCESOS PERIMETRAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO (ESPE - SANGOLQUÍ) [ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13544/1/T-ESPE-057423.pdf>
- Olatz Molinos, Z. (n.d.). *La importancia de la información en las instalaciones es de vital importancia saber dónde, cuándo y cuánto consumimos*. 2018. Retrieved July 23, 2022, from <https://www.casadomo.com/comunicaciones/importancia-informacion-instalaciones-vital-importancia-saber-donde-cuando-cuanto-consumimos>
- PELCO. (2017). *VideoXpert Ops Center User Guide*.
- PELCO. (2019). *PRODUCT SPECIFICATION camera solutions Sarix® IBP Series Environmental Bullets UP TO 5 MP, H.265, H.264, WDR, D/N IP BULLETS WITH INTEGRATED IR Product Features*.
- Perez, M., Perez Hidalgo, A., & Perez Berenguer, E. (2007). "INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO." <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- Pilatasig Chanaluisa, M. G., & Romero Toapanta, T. A. (2021). *Implementación de un sistema de acceso y registro vehicular en el parqueadero del Colegio Nacional Experimental "Salcedo" empleando la tecnología RFID* [ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25870/1/M-ESPEL-SIT-0108.pdf>
- Ponsa, P., Díaz, M., & Català, A. (2017). Creación de guía ergonómica para el diseño de interfaz de supervisión. *GREC Grupo de Investigación En Ingeniería Del Conocimiento UPC Universitat Politècnica de Catalunya*. <https://silo.tips/download/creacion-de-guia-ergonomica-para-el-diseo-de-interfaz-de-supervision>
- Quijada Mayorquin, B. M. (2004). *Trámites legales para la compra, venta, uso y fabricación de explosivos* [UNIVERSIDAD DE SONORA]. <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2029/Capitulo3.pdf>
- QUINGA TOPÓN, P. V. (2020). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA PARA EL CONTROL DE SEGURIDAD EN EL INTERIOR DEL HOSPITAL BÁSICO DEL INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL (IESS) LATACUNGA, MEDIANTE UN CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN* [ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24920/1/M-ESPEL-sit-0091.pdf>
- RODRIGUEZ DALGO, M. A. (2020). *ELABORACIÓN DE UN MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POLVORINES EN PEQUEÑAS EMPRESAS DE MINERIA*.
- Rodriguez, P. (2017). *Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI)*. <https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/619/620/621/3620.pdf>
- Roque Estrada, A. J. (2015). Domotica - Vivienda Inteligente Logicbus S.A de C.V. *LOGICBUS.MX*. <https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/Domotica.pdf>
- Santillán Ruiz, L. G., Lizandro Giampier, O. A., & Serquen Raymundo, C. A. D. S. (2018). ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS "CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI." *Escuela Militar de Chorrillos Coronel Francisco Bolognesi*. <https://repositorio.escuelamilitar.edu.pe/handle/EMCH/845>
- SBE TECH. (2019). *CABLE FIBRA OPTICA ADSS 6 HILOS*. <https://sbetech.com/wp-content/uploads/2017/12/SBE-FOADSS6SM.pdf>

- Schneider. (n.d.). *AS-P*. Retrieved July 23, 2022, from <https://ecostruxure-building-help.se.com/topics/show.castle?id=10547&locale=es-ES&productversion=1.9>
- Schneider. (2019). *Product Environmental Profile iC60 Circuit Breaker*. <http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/green-premium/green-premium.page>
- Schneider Electric Chile. (2022). *TCSESL043F23F0 - "Switch Ethernet administrado Lite - 4 puertos TX"* /. <https://www.se.com/cl/es/product/TCSESL043F23F0/switch-ethernet-administrado-lite-4-puertos-tx-/>
- Schneider Electric Colombia. (2022). *SX-RD-XW - Security Expert smartcard reader, 13.56MHz, wall plate, white | Schneider Electric Colombia*. <https://www.se.com/co/es/product/SX-RD-XW/security-expert-smartcard-reader-13-56mhz-wall-plate-white/>
- Schneider Electric Global. (2020). *SP-C - Security Expert security purpose controller | Schneider Electric Global*. <https://www.se.com/ww/en/product/SP-C/security-expert-security-purpose-controller/>
- Selecky, M. (2003). *School Indoor Air Quality Best Management Practices Manual*. *Washington State Department of Health and Safety*. <https://doi.org/DOH 333-044>
- Shield Security. (2019). *electroiman-280-kgs-600-lbs-voltaje-dual-para-puertas-de-madera-vidrio-y-metalicas*. <https://www.shieldsecurity.com.mx/electroiman/1067-electroiman-280-kgs-600-lbs-voltaje-dual-para-puertas-de-madera-vidrio-y-metalicas.html>
- Tang, S., Shelden, D. R., Eastman, C. M., Pishdad-Bozorgi, P., & Gao, X. (2020). BIM assisted Building Automation System information exchange using BACnet and IFC. *Automation in Construction*, 110, 103049. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2019.103049>
- TIGUA RUIZ, K. R. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN MEDIANTE APLICACIÓN DOMÓTICA PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN Y REDES*. [UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2836/1/TIGUA%20RUIZ%20KEVIN%20RONALDO.pdf>
- UNECE. (2015). *PARTE 2 PELIGROS FÍSICOS*. *Unece.Org*. https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev01/Spanish/02-parte2-sp.pdf
- Viteri Erazo, P. I. (2019). *MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DE LAS INSTALACIONES DE UNA INSTITUCIÓN UTILIZANDO APLICACIÓN INMÓTICA* [Universidad Técnica del Norte]. In *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9022/1/04%20MEL%20045%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- You, W., & Ge, H. (2019). Design and Implementation of Modbus Protocol for Intelligent Building Security. *International Conference on Communication Technology Proceedings, ICCT*, 420–423. <https://doi.org/10.1109/ICCT46805.2019.8946996>
- Zúñiga Vinuesa, W. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL BMS (BUILDING MANAGEMENT SYSTEM), PARA LA GESTIÓN DEL BUS DOMÓTICO HDL BUS PRO, PARA LA GENERACIÓN DE MACRODATOS BASADO EN SOFTWARE LIBRE*.