

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

Departamento de Automática y Sistemas Computacionales

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Diseño de un Sistema de Control Inmótico para atención a Sitios de Radio-Bases no atendidas de la Red 4G eLTE de Movitel.

Autor: Antonio Alberto Pérez Verona

Tutores: Msc. Alberto Gómez Abreu

Msc. Samy Brito Barroso

Santa Clara, Junio 2019
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

Department of Automation and Computational Systems

TRABAJO DE DIPLOMA

Title: Built Automation Control System to monitor unattended 4G eLTE
Radio-Bases Sites in Movitel.

Author: Antonio Alberto Pérez Verona

Thesis Directors: Msc. Alberto Gómez Abreu

Msc. Samy Brito Barroso

Santa Clara, June 2019
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

PENSAMIENTO

Todos nuestros sueños se pueden volver realidad si tenemos el coraje de perseguirlos.

Walt Disney.

DEDICATORIA

A mis padres, que han sabido desprenderse de lo mejor de ellos para entregárselo a sus hijos. Nunca serán suficientes los éxitos que les dedique ...

A mi querida hermana que, aunque la distancia física nos separe, el corazón nos mantiene siempre cerca...

A mi novia, especial y única, la cual ha sabido brindarme su apoyo en cada etapa que hemos compartido...

A mis abuelos, mi primera escuela, esos que tanto en el cielo como en la tierra saben velar por mí en cada segundo...

AGRADECIMIENTOS

A mi querida familia por siempre saber cómo sacar lo mejor de mí en cada ocasión, en especial a mis padres que se han quitado todo para impulsarme con todas sus fuerzas.

A mi tutor Albertico por trabajar conmigo codo a codo para lograr este gran trabajo y por todos los conocimientos que quedaron para mí.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación como profesional durante estos 5 años.

A mis amigos y compañeros de aula que compartimos una buena época juntos, en especial a Arielito, Omarito, Aldo, Poty y Luis R.

A los trabajadores de MoviTel, en especial Migue que me ayudo en más de un proyecto y a Raulito que fueron muchas las veces que me ayudo a escaparme hasta el 259.

RESUMEN

El empleo de sistemas de control inmóticos en Sitios de Radio-Bases no atendidas ha demostrado a nivel mundial ser una opción eficiente y económica, lo cual se traduce en la optimización de las disímiles variables presentes en los objetos tecnológicos propios de cada local. Este trabajo se propone el diseño de un Sistema de Control Inmótico, con componentes de hardware y software libres, orientado a la reducción de las ineficiencias que existen en el control de la seguridad, el funcionamiento y la eficacia energética en los Sitios de Radio-Bases de la red 4G eLTE de la empresa Movitel. La validación de este Sistema de Control Inmótico, mediante casos de estudios, donde se ponen a prueba la arquitectura de hardware y software propuesta, evidencia el cumplimiento de las exigencias de funcionamiento, configuración y seguridad requeridas para lograr un sistema asequible, tanto económica como medioambientalmente.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
Organización del informe:.....	5
CAPÍTULO 1. Sistemas de Control para la automatización de instalaciones empresariales.	7
1.1 Evolución de los Sistemas de Control.....	7
1.1.1 Sistemas de Supervisión y Control.....	8
1.1.1.1 Monitoreo.....	9
1.1.1.2 Control.	9
1.1.1.3 Supervisión.	9
1.1.1.4 Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.	9
1.2 Servidor Web.	10
1.2.1 Zócalo (<i>socket</i>) HTTP.	11
1.3 Los Sistemas de Control en Inmuebles.	12
1.3.1 Sistemas de Control Domóticos.	13
1.3.2 Sistemas de Control Inmóticos.....	15
1.4 Tecnologías empleadas para el Control de Inmuebles	16
1.4.1 GAMMA instabus.	17
1.4.2 <i>EcoStruxure Building Expert</i>	18
1.4.3 MyHOME_Up.....	19

1.5 Sistemas de Control en Sitios de Radio-Bases.....	20
1.5.1 "Tower Remote Monitoring Solution".....	20
1.5.2 "Sites Power and Environment Monitoring Solution":	21
1.6 La empresa Movitel, características tecnológicas y sistema <i>TRUNKING</i>	22
1.6.1 Tecnología de la Red 4G eLTE.	23
1.6.2 Necesidades para la automatización.	24
1.7 Conclusiones del capítulo.	24
CAPÍTULO 2. Diseño del Sistema de Control Inmótico.	26
2.1 Presentación de la Tarea Técnica para la automatización.....	26
2.1.1 Necesidades para el Sistema Control Inmótico de las diferentes variables.....	28
2.2 Presentación de la tecnología utilizada.	29
2.2.1 Elementos de hardware que componen el Sistema de Control Inmótico.	29
2.2.1.1 Selección del Controlador Lógico Programable (PLC).	29
2.2.1.1.1 Presentación y configuración de Unitronics® PLC+ HMI V350™-35-TR20.	30
2.2.1.2 Phoenix Contact® UNO POWER UNO-PS/1AC/24DC/150W.....	31
2.2.1.3 Schneider Electric® STC 300.....	32
2.2.1.4 Sonda de Humedad Relativa Dixell XH20P.....	32
2.2.1.5 Relé Zelio RXM4AB2P7.....	33
2.2.1.6 Contactos Magnéticos Honeywell 7940WH.....	34
2.2.1.7 Detector de Presencia OPTEX® LX-402.....	34
2.2.1.8 Sensor de Rotura de Vidrios DSC® Acuity™ AC-100.....	35
2.2.1.9 Analizador de Redes Eléctricas Carlo Gavazzi® WM14-DIN Advanced.	36
2.2.1.10 Transformador de Corriente Carlo Gavazzi® CTD-1X.300.5A	36
2.2.1.11 Equipo Local del Cliente Huawei LTE EG-860.....	37

2.2.2 Softwares empleados para la confección del Sistema de Control Inmótico.....	38
2.3 Integración de la tecnología propuesta para la supervisión y control.	38
2.3.1 Esquema en bloques.	40
2.3.2 Esquema tecnológico.	41
2.4 Descripción del Sistema de Control Inmótico.	42
2.4.1 Gestión del Sistema de Control Inmótico a los objetos tecnológicos.	42
2.4.1.1 Alumbrado Exterior.	44
2.4.1.2 Clima.	45
2.4.1.3 Seguridad del Local.	46
2.4.1.4 Grupo Electrónico.	47
2.4.1.5 Parámetros Eléctricos.	48
2.4.1.6 Interfaz para Gráficos.	49
2.4.2 Seguridad Informática.	50
2.5 Conclusiones del capítulo.	50
CAPÍTULO 3. Casos de estudio para la validación del Sistema de Control Inmótico.	52
3.1 Establecimiento de los Casos de Estudio.	52
3.1.1 C. E 1: Validación del algoritmo de autenticación.	52
3.1.2 C. E 2: Validación del algoritmo de gestión del Alumbrado Exterior.	55
3.1.3 C. E 3: Validación del algoritmo de gestión del Sistema de Climatización.	60
3.1.4 C. E 4: Validación del algoritmo de atención a la seguridad del local ante intrusión forzada.	64
3.1.5 C. E 5: Validación del algoritmo de atención a los parámetros eléctricos.	67
3.1.6 C. E 6: Validación del algoritmo de atención al Grupo Electrónico.	69
3.2 Análisis económico – medioambiental.	70
3.3 Conclusiones del capítulo.	71

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES73

 Conclusiones73

 Recomendaciones.....73

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS75

ANEXOS77

INTRODUCCIÓN

Años atrás en América del Norte y Europa, las principales compañías de producción de dispositivos electrónicos comienzan a presentar al mercado los llamados “electrodomésticos” y “dispositivos automáticos de última generación o inteligentes”. Percatándose solo de la rapidez con que sus productos eran vendidos, pasaron por alto la creación de una nueva disciplina arquitectónica encargada de automatismos. Entendidos de la rama nombraron esta nueva revelación como Domótica, utilizando este término para referirse a la automatización de los hogares.

En instalaciones especiales con elevado nivel de tecnología el proceso de monitoreo y automatización de los inmuebles se conoce como Inmótica. Este concepto, a nivel mundial, es utilizado para referirse a la automatización de instalaciones profesionales o empresariales (Hernández 2012).

La diferencia que se puede notar entre *Domótica* e *Inmótica*, es que la primera busca más calidad de vida en el hogar, mientras que segunda busca obtener más calidad de trabajo (Cupuerán Pozo and Ortiz Benavides 2016).

La Inmótica hace referencia a la coordinación y gestión de las instalaciones con que se encuentran equipadas las edificaciones, así como la capacidad de comunicación, regulación y control. El origen del término es francés y aunque el uso de la palabra hoy en día es muy común, todavía no ha sido recogido por el diccionario de la Real Academia (Jara Maldonado 2015).

Esta no es más que un sistema de control activo, el cual, además de ser capaz de administrar los recursos energéticos, proporciona una única plataforma de supervisión donde todas las labores de mantenimiento están centralizadas. Se reducen costos económicos y la calidad de

la gestión se mantiene. Es una herramienta esencial para conseguir, no solo preservar la calidad de los servicios de cualquier infraestructura, sino para lograr reducir significativamente los costos económicos de mantenimiento.

Funcionalidades inmóticas básicas como la gestión de la climatización, la regulación automática de la iluminación, la detección de presencia, el control horario o la monitorización de consumo eléctrico se integran en una única plataforma de gestión. La Inmótica, como sistema de eficacia energética, posibilita ahorro energético, seguridad y confort funcional. Además de permitir una supervisión local y/o remota de la instalación, esta es un agente clave y activo de todo plan de mantenimiento por su carácter supervisor y preventivo (Suanzes 2015). Cuatro palabras claves son capaces de abarcar todas las funcionalidades de la Inmótica: confort, seguridad, comunicación y gestión energética (Jiménez 2011).

Los conceptos básicos de la Inmótica, nos permiten idear el diseño de un sistema de control monitorizado a distancia, para la atención del Sitio no atendido de una Radio-Base del sistema de cuarta generación (4G) de telefonía móvil, bajo el estándar eLTE (*Extended Long Term Evolution*). En este sistema se demarcan importantes mediciones y alertas, las cuales, brindan el respaldo necesario para el correcto funcionamiento de este tipo de servicio, teniendo presente que un Sistema de Comunicaciones Móviles cuenta con cientos de Radio-bases ubicadas en locales remotos sin la supervisión directa de un operador.

La empresa estatal MoviTel lleva a cabo el despliegue de un sistema de cuarta generación de telefonía móvil en nuestro país. Actualmente cuentan con servicio en las ciudades de La Habana, el Mariel, Matanzas y Varadero; siendo este ubicado en Sitios no atendidos, con las características anteriormente mencionadas, las cuales no cuentan con ningún sistema de monitoreo y control.

El diseño de un Sistema de Control Inmótico para la supervisión de variables que aseguren las condiciones para el óptimo funcionamiento del Sitio de una Radio-Base no atendida del sistema en montaje, constituye un reto fundamental para la correcta implementación del control inmótico a la instalación que hospeda la nueva tecnología. Las ubicaciones de estas radio-bases son, por lo general, en localizaciones remotas donde la temperatura, la humedad y otros parámetros ambientales propios de nuestro país pueden entorpecer la prestación de servicio de estas unidades. La seguridad de acceso al local es muy importante, pues garantiza

que personal no deseado haga contacto con ella, evitando que manos inexpertas o intentos de sabotaje dañen el funcionamiento del sistema.

Un sistema de monitoreo y control a distancia nos brinda una herramienta fundamental en caso de desastre natural mediante el control de diferentes variables como temperatura, velocidad y humedad del aire, video en tiempo real, etc. Siendo Cuba un país que es fuertemente asediado por fenómenos tropicales es sencillo comprender su utilidad.

Con el objetivo de ejercer control a distancia sobre la información de diferentes variables físicas de una estación base se comienzan a crear a nivel mundial sistemas de monitoreo y gestión para ello. En un inicio se controlaba temperatura, humedad e iluminación. Al irse profundizando, se comenzaron a analizar variables propias del sistema como inclinación de los paneles de la torre y control de zonas de cobertura. También el control de alarmas ha ido ganando importancia, sobre todo la posibilidad del control de acceso y la transmisión de video en tiempo real.

Actualmente en el mercado existen dos sistemas de gran competencia. El primero, propiedad de Tech Mahindra Group, data del año 2014 y el otro de la compañía de origen china UTRANSCOM del 2017. Ambos sistemas poseen características similares, siendo orientados al ahorro energético y de recursos. Estos sistemas permiten obtener información de primera mano para garantizar que los equipos funcionan con normalidad, la seguridad y el modo de administración del sitio.

En nuestro país la empresa ETECSA cuenta con un sistema de monitoreo y gestión de la presurización en cables telefónicos. Este sistema también cuenta con atención a variables propias del local en el que es instalado, teniendo como características la reducción de los tiempos de localización de fugas y los costos de mantenimiento. Este último constituye de alguna manera el antecedente más directo para el diseño de un nuevo sistema de control y monitoreo para una empresa telefónica del país.

En este proyecto se plantea como **problemática**: La empresa Movitel cuenta con una gran cantidad de Sitios de Radio-Bases no atendidas, que se han mantenido durante muchos años con vulnerabilidades en la seguridad, la protección, la gestión energética y el comportamiento idóneo de diversas variables ambientales del entorno interno y externo. Como en ellas no hay personal presente, es imprescindible un sistema gestionable a distancia que garantice la

calidad óptima de los parámetros de la instalación que alberga toda la infraestructura de la Red 4G eLTE.

Problema científico: Insuficiencias en el control de la seguridad, el funcionamiento y la eficacia energética de los Sitios de Radio-Bases de la empresa Movitel.

Objeto: Los Sistemas de Control para la automatización de instalaciones empresariales.

Campo: Control de Sitios de Radio-Bases no atendidas.

Se plantea como **objetivo general:** Diseñar un Sistema de Control Inmótico para contribuir a mejorar la eficacia energética, la seguridad y el correcto funcionamiento de los Sitios de Radio-Bases no atendidas de la empresa Movitel.

A partir del objetivo general, se plantean los siguientes **objetivos específicos:**

- Localizar e interpretar la bibliografía sobre la evolución de los Sistemas de Control.
- Localizar e interpretar la bibliografía sobre los Sistemas de Control en Inmuebles.
- Localizar e interpretar la bibliografía sobre las tecnologías empleadas para el Control de Inmuebles.
- Localizar e interpretar la bibliografía sobre los Sistemas de Control Inmóticos en Radio-Bases.
- Localizar e interpretar la bibliografía sobre la empresa Movitel.
- Localizar e interpretar la bibliografía para la presentación de la Tarea Técnica para la Automatización.
- Definir la Tecnología para el Control y Supervisión del Sitio de la Radio-Base no atendida.
- Integrar la Tecnología propuesta para la Supervisión y Control del Sitio de la Radio-Base no atendida.
- Exponer el Sistema de Control Inmótico para el Sitio de la Radio-Base no atendida.
- Preparar casos de estudio y analizar sus resultados comparativamente para la validación del diseño del Sistema de Control Inmótico.

Hipótesis: Si se diseña un Sistema de Control Inmótico, entonces se contribuye a minimizar las insuficiencias en la seguridad, en el funcionamiento y en la eficacia energética de los Sitios de las Radio-Bases no atendida de la empresa Movitel.

Con este proyecto se pretende diseñar un Sistema de Control Inmótico para Sitios de Radio-Bases no atendidas de la Red 4G eLTE de la empresa Movitel. Este debe ser capaz de ejercer control y brindar un conjunto de informaciones de diferentes variables, las cuales, faciliten la toma de decisiones, gestionen los diferentes parámetros de seguridad y brinden una mejor eficacia energética y de recursos, representando un paso de avance en cuanto a automatización y telecontrol en el país se refiere.

La Red 4G eLTE de Movitel está destinada a ser el soporte de aplicaciones de telemática y telecontrol del país, por lo que el desarrollo de este proyecto puede significar una base importante para la implementación de este tipo de aplicaciones sobre ella.

Organización del informe:

- **Introducción:** Se aborda la importancia de la investigación, así como su actualidad y la necesidad de su implementación. Se mencionan los principales aspectos teóricos que esta comprende, el problema científico y los objetivos que persigue.
- **Capítulo I Sistemas de Control para la automatización de instalaciones empresariales:** Se presenta un breve resumen sobre la evolución de los sistemas de supervisión y control. Es abordada la teoría de los sistemas de control basados en la Domótica y en la Inmótica. Son expuestas las variantes de automatización de inmuebles propuestas por las compañías Siemens AG, Schneider Electric y BTcino. Se realiza un análisis de sistemas de supervisión y control orientados a los locales de sistemas de telefonía móvil existentes en el mercado internacional. Es presentada la empresa estatal Movitel S.A, sus características y servicios, además de las necesidades de automatización que presentan sus Sitios de Radio-Bases no atendidas.
- **Capítulo II Diseño del Sistema de Control Inmótico:** Se define la Tarea Técnica y se realiza un análisis de las necesidades para la automatización de cada una de las variables que son mostradas. Se presenta la tecnología para el control y para la supervisión de cada uno de los objetos tecnológicos, la cual es debidamente integrada. Se describe el esquema en bloques del Sistema de Control Inmótico, al igual que su esquema tecnológico. La descripción del Sistema confeccionado concluye el capítulo.

-
- **Capítulo III Casos de estudio para la validación del Sistema de Control Inmótico:** Se valida el diseño presentado al someterlo a diferentes casos de estudio, analizando su respuesta ante acciones sobre cada uno de los objetos tecnológicos y su capacidad de autentificación. Posteriormente se realiza un análisis económico y medioambiental.
 - **Conclusiones**
 - **Recomendaciones**
 - **Referencias bibliográficas**
 - **Anexos**

CAPÍTULO 1. Sistemas de Control para la automatización de instalaciones empresariales.

La nueva era de la automatización se basa en la fusión de la electrónica con los antiguos mecanismos automáticos que funcionaban utilizando diferentes medios mecánicos, neumáticos, entre otros, dando origen a los robots, a las máquinas de herramientas computarizadas, a los sistemas flexibles de producción, etc. (Gómez 2009).

La automatización en los procesos industriales y empresariales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo. Con la introducción de las computadoras y de la microelectrónica en el campo de la automatización, se ha mejorado el manejo de la información y se sigue perfeccionando la integración con las redes de comunicación, para poder tener al alcance de un clic toda la información detallada del proceso en tiempo real y poder acceder a ella desde cualquier lugar, con la posibilidad de variar los parámetros de la planta, del algoritmo de control o del sistema en general (Gómez 2009).

1.1 Evolución de los Sistemas de Control.

El control automático de procesos se ha desarrollado a una velocidad vertiginosa, dando las bases a lo que hoy algunos autores llaman la segunda revolución industrial. El uso intensivo de las técnicas del control automático de procesos tiene como origen la evolución y tecnificación de las tecnologías de medición y control aplicadas al ambiente industrial (Abarca 2016).

Las primeras nociones que se tienen del control automático datan del siglo III A.C. en Grecia, donde surgieron los reguladores de nivel flotante para mantener un determinado caudal

constante. Pasarían cientos de años hasta el siglo XVI en Inglaterra donde se evidenció el primer sistema de lazo cerrado de la historia, utilizado para mantener el enfrentamiento de los molinos contra el viento. El siglo XX trajo consigo el gran despertar de la automatización, pues durante él ocurrió la aparición de la instrumentación neumática; comienzan a aparecer sistemas de control automáticos en buques, aviones y antenas de radar; surge el control supervisorio por computadora, el PLC (*“Programmable Logic Controller”*, Controlador Lógico Programable); aparecen los primeros sistemas de control distribuido y de transmisores inteligentes, entre otros (Guerra 2015).

El acelerado desarrollo de las tecnologías posibilita que los sistemas de control sean el núcleo principal de la automatización, la cual cada vez está más presente en todas las esferas de la sociedad.

1.1.1 Sistemas de Supervisión y Control.

Un Sistema de Supervisión y Control Automático es una combinación de sensores, transmisores, controladores, elementos de control final, software, medios y equipos de comunicación, interfaces hombre-máquina, estrategias y procedimientos aplicados a resolver tres tipos de tareas en una planta de procesos: monitoreo, control y supervisión. Los Sistemas de Supervisión son cercanos al concepto de *“Supervisory Control and Data Acquisition”* (SCADA) (Hurtado 2005).

Los sistemas SCADA fueron desarrollados en los años 80 como una alternativa a los sistemas de control distribuido. Su concepto básico consiste en la instalación de unidades remotas (RTU, *Remote Terminal Unit*) para la recolección de datos de campo tales como: estados de motores o válvulas, temperaturas o niveles, y su transmisión a largas distancias hacia interfaces que permitían visualizar los datos en una pantalla de computadora operando con un software especial. Este concepto es el núcleo de los modernos Sistemas de Supervisión, sin embargo, a este concepto se han agregado algunos otros, tales como, integrar la capacidad de interactuar con sistemas gerenciales y administrativos, el manejo de alarmas y sistemas de emergencia, la manipulación histórica y estadística de datos, el control de calidad, la aplicación de sistemas redundantes, etc. El nombre SCADA puede retenerse y usarse para describir un Sistema de Supervisión sólo si se entiende que se trata de mucho más que un simple sistema de recolección de datos y control a distancia (Hurtado 2005).

1.1.1.1 Monitoreo.

El Monitoreo es la revisión frecuente de los parámetros de operación de un proceso, tales como: la temperatura, flujos, calidad del producto, volumen producido, inventario de materias primas, nivel de seguridad, etc., con el objetivo de confirmar que las operaciones se realizan dentro de lo esperado y planificado. El Monitoreo incluye la recolección de datos y su evaluación estadística (Hurtado 2005).

1.1.1.2 Control.

Control es la acción tomada para cumplir los objetivos requeridos en el proceso para conseguir el volumen de producción, la calidad del producto y la seguridad de las operaciones. Las diferentes estrategias de control aplicadas incluyen la descripción de procedimientos y secuencias lógicas para situaciones normales y también para las situaciones extraordinarias o de emergencia (Hurtado 2005).

1.1.1.3 Supervisión.

Mediante el término Supervisión se establecen las estrategias globales de cada unidad productiva, en sus diferentes niveles, en base a los planes de producción. En referencia a las operaciones de control, el proceso de supervisión determina las estrategias que deben aplicarse en diferentes circunstancias, tomando en cuenta el planeamiento de la producción, las tareas de mantenimiento, etc. La Supervisión permite el control de las operaciones en planta y el enlace con las operaciones administrativas mediante la recolección de datos y su distribución a los usuarios (Hurtado 2005).

1.1.1.4 Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

SCADA es una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, entre otros) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, entre otros (Gómez 2009).

Prestaciones básicas:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador (Gómez 2009).

Funcionalidades:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario (Gómez 2009).

Desde los inicios de la era industrial hasta la actualidad, los sistemas de monitoreo y administración remota han pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado. Ningún empresario puede omitir la integración de los sistemas SCADA a sus procesos industriales, para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, disminuir los desperdicios o las piezas mal fabricadas y especialmente aumentar la rentabilidad (Gómez 2009).

La integración de los SCADA con las recientes tendencias de automatización de instalaciones empresariales e industriales bajo los conceptos de la Domótica y la Inmótica, dota de una poderosa herramienta de control y supervisión al sector empresarial.

1.2 Servidor Web.

En informática, un servidor es un tipo de software que realiza ciertas tareas en nombre de los usuarios. El término servidor ahora también se utiliza para referirse al ordenador físico en el

cual funciona ese software, una máquina cuyo propósito es proveer datos de modo que otras máquinas puedan utilizar esos datos.

Los archivos para cada sitio de Internet se almacenan y se ejecutan en el servidor. Hay muchos servidores en Internet y muchos tipos de servidores, pero comparten la función común de proporcionar el acceso a los archivos y servicios.

Un Servidor Web es un programa que sirve datos en forma de páginas Web, hipertextos o páginas HTML (*HyperText Markup Language*): textos complejos con enlaces, figuras, formularios, botones y objetos incrustados como animaciones o reproductores de sonidos. La comunicación de estos datos entre cliente y servidor se hace por medio un protocolo, concretamente del protocolo HTTP. Con esto, un servidor Web se mantiene a la espera de peticiones HTTP, que son ejecutadas por un cliente HTTP; lo que se conoce como un navegador web.

El cliente es el encargado de interpretar el código HTML, es decir, de mostrar las fuentes, los colores y la disposición de los textos y objetos de la página (Bernis 2019).

1.2.1 Zócalo (*socket*) HTTP.

El protocolo HTTP es usado en cada transacción de la Web (WWW). El hipertexto es el contenido de las páginas web, y el protocolo de transferencia es el sistema mediante el cual se envían las peticiones de acceso a una página y la respuesta con el contenido. También sirve el protocolo para enviar información adicional en ambos sentidos, como formularios con campos de texto (Bernis 2019).

Existen en el mercado de controladores lógicos programables, modelos, de diversas gamas, los cuales cuentan con la capacidad de ser servidor web. Esta potencialidad, sin olvidar que está dada en un sistema embebido, de recursos limitados en comparación con una computadora personal, puede ser utilizada por los desarrolladores de sistemas de control para exponer datos o características de disímiles procesos en los que sean empleados estos controladores, el empleo de un zócalo bajo el protocolo HTTP es requerido para lograr la configuración necesaria para este tipo de servicio.

1.3 Los Sistemas de Control en Inmuebles.

Tradicionalmente la adecuación del hombre a su hábitat modificando su entorno físico, pone en juego su ingeniosidad, pero ocupa gran parte de su tiempo. Por ello, existe en la historia una tendencia constante a conseguir la máxima comodidad con el mínimo esfuerzo, mediante los recursos acumulados durante miles de años. Si consideramos los edificios como una protección contra un entorno variable, que no siempre se adapta a las condiciones necesarias al hombre para desarrollar su actividad, vemos que la posibilidad de controlar el medio que le rodea permite al hombre un mayor grado de libertad (Colina 2014).

En la idealización del concepto de automatizar procesos se han requerido labores muy profundas de investigación, por eso este paradigma tiene muchos años de existencia como tal, desde que un interesado en el área conectó dos cables eléctricos a las manecillas de un reloj despertador, para que, movidos por dichas manecillas, los cables cerraran un circuito formado por una pila y una lámpara; en ese momento surge la idea de temporizar una función eléctrica en un ambiente doméstico.

Estados Unidos y Japón fueron los países pioneros en dar una noción de un edificio o inmueble inteligente, en el año 1977, bajo la influencia de factores tecnológicos y económicos. Desde ese año se realizan estudios y análisis sobre el impacto que tiene la automatización en la sociedad y la rentabilidad que podían generar sus ideas en un período de baja productividad en el sector industrial (Jiménez 2011).

El concepto de edificios automatizados en Asia, particularmente en Japón, se desarrolló hacia el año 1987, empleando las tecnologías de información con el objetivo de lograr espacios que proporcionaran un ambiente confortable y estimulante, haciéndolos más competitivos dentro del mercado (Jiménez 2011).

Etimológicamente el término domótica se refiere a la "automatización del hogar". En inglés este concepto se conoce como "*home automation*". Cuando el ámbito de la automatización aumenta hasta llegar a abarcar un edificio o inmueble pasa a denominarse inmótica ("*building automation*" en inglés). También se maneja la expresión "*computer automated building*" para destacar la existencia de ordenadores encargados de realizar el control del edificio (Javier Muñoz 2016).

La automatización de las tareas del hogar es un tema muy reciente. Actualmente se permite a los usuarios una mayor comodidad, ahorro de energía y de dinero al momento de desarrollar, implementar y utilizar las tecnologías residenciales. Inicialmente, el control de los aparatos se hacía enviando señales a través de la red eléctrica; luego evolucionó la forma de comunicación y control de los procesos domésticos hasta utilizar emisores y receptores más avanzados, que reciben la señal y la transforman en la acción determinada (Jiménez 2011).

La demanda de sistemas de control y automatización para viviendas y edificios como una de las herramientas para mejorar la eficacia energética de las instalaciones, se ha visto favorecida por el aumento continuo del costo de la energía, las débiles señales de recuperación del sector de la construcción, la leve mejora de la situación de la economía mundial y una concienciación entre los humanos de actuar en contra del cambio climático y apostar por el uso de energías alternativas, constituyendo estos, factores que han contribuido a que el sector siga creciendo (Querol 2016).

Tampoco hay que ignorar el crecimiento año tras año del número de dispositivos interconectados a través de internet, el “Internet de las cosas” (IoT, “*Internet of Things*”), tendencia que no parece que vaya a disminuir en los próximos años, sino todo lo contrario, y a la que el sector del control y automatización para edificios y viviendas no pueden ser ajenos (Querol 2016).

1.3.1 Sistemas de Control Domóticos.

Una casa inteligente es aquella cuyos elementos o dispositivos están integrados y automatizados a través de una red (principalmente Internet) y que por medio de otro dispositivo remoto o inclusive interno se pueden modificar sus estados o los mismos dispositivos están diseñados para realizar ciertas acciones cuando han detectado cambios en su propio ambiente.

Desde el punto de vista de automatización, la Domótica es un concepto interdisciplinario que se refiere a la integración de las distintas tecnologías del lugar habitual de residencia o trabajo, mediante el uso simultáneo de las telecomunicaciones, la electrónica, la informática

y la electricidad (Herrera Quintero 2005). Esta tiene como objetivo ofrecer una mejor calidad de vida, dando respuesta a necesidades tales como:

- Disponer de una temperatura interior confortable en todas las estaciones del año, mediante dispositivos regulables de climatización, teniendo en cuenta el ahorro de energía.
- Disponer de una iluminación suficiente, no deslumbrante, bien repartida según las zonas de actividad.
- Estar protegido de las perturbaciones acústicas, tanto interiores como exteriores, manteniendo un cierto contacto sonoro con el exterior, para evitar la sensación de opresión que genera el aislamiento total.
- Mantener el aire puro, con un porcentaje de humedad adecuado, sin corrientes de aire apreciables, a pesar de las actividades domésticas interiores, que aportan distintos grados de humedad y polución.
- Estar protegido frente a las intrusiones de manera que se garantice la seguridad de bienes y personas (Recuero 2009).

Las funciones de la Domótica se pueden clasificar en: control, gestión y comunicación. El proceso de control comprende la gestión técnica, la seguridad, la teletransmisión y la asistencia de salud. La gestión regula la iluminación, calefacción, ventilación, calidad del aire y funcionalidad de los espacios. El proceso de comunicación abarca la comunicación - control, comunicación- esparcimiento y comunicación-servicios (Recuero 2009).

La instalación de un local inteligente o domótico, proporciona un sinnúmero de beneficios y ventajas inalcanzables con respecto a instalaciones tradicionales, atendiendo a comodidad, ahorro energético, protección del medio ambiente y el confort (Herrera Quintero 2005).

La domótica es todavía un área joven, aunque algunas de las tecnologías que utiliza son más maduras. Hace unos quince años gozó de gran popularidad y difusión en los medios de comunicación, pero la baja calidad de los sistemas, la carencia de una divulgación rigurosa y su alto precio frenaron su penetración en la sociedad y su evolución (Javier Muñoz 2016).

Tras una época de transición, la domótica se encuentra ahora con mejores condiciones: la evolución de las tecnologías necesarias, la aparición de estándares, el interés de promotores y constructores y la penetración de Internet están propiciando su difusión (Javier Muñoz 2016).

Una muestra de este renacimiento es el creciente número de productos y sistemas disponibles en el mercado. Por tanto, hay numerosos factores que hacen prever la inminente eclosión del área con el consiguiente aumento tanto de factores del número de sistemas Domóticos existentes como de la complejidad de los mismos (Javier Muñoz 2016).

1.3.2 Sistemas de Control Inmóticos.

La Domótica e Inmótica son dos vertientes o ramas de la denominación edificio inteligente. La Domótica referida a la adopción, integración y aplicación de las nuevas tecnologías informáticas y comunicacionales al hogar. La Inmótica, es la aplicación de sistemas informáticos y nuevas tecnologías a construcciones del sector terciario (José Ricardo Núñez Álvarez 2018).

La Inmótica no es muy diferente del concepto de Domótica, sin embargo, el hecho de que ella está enfocada a edificios de uso terciario o industrial hace que en función de la actividad que se desarrolle en el edificio, los sistemas y las redes de automatización sean totalmente diferentes y adaptadas a las necesidades concretas del mismo (DOMODESK 2012).

No será para nada igual la Inmótica en un hotel que en una fábrica de leche o en un taller de automóviles, sin embargo, la domótica de un apartamento, casa o edificio familiar es similar, porque las funciones que se pueden automatizar en una casa están, por lo general, ya definidas (DOMODESK 2012).

La funcionalidad de la Inmótica depende directamente de su aplicación, de manera que para entender funciones inmóticas como control de la iluminación, control de la climatización, control de accesos, control ventilación, supervisión de alarmas técnicas, supervisión de cuadros eléctricos, control y supervisión ascensores, supervisión del sistema de incendios, sistemas de seguridad y gestión de consumos; sólo se entienden en un contexto de aplicación concreto (DOMODESK 2012).

El estudio de las exigencias, objetivos y aplicaciones para un proyecto inmótico es, normalmente, más costoso que en un proyecto domótico, y la elección del sistema inmótico a implementar es más crítica. Además, la herramienta de gestión del sistema inmótico es fundamental para obtener unos buenos resultados en el ahorro energético y económico de la instalación. Esta aplicación de gestión debe integrar todos los subsistemas de control de accesos, CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), seguridad, control de consumos, etc., bajo un mismo marco de software y claramente personalizado para cada solución (DOMODESK 2012).

Gracias a la Inmótica podemos lograr un ahorro energético significativo en las instalaciones de una empresa y en servicios de mantenimiento porque todo está automatizado, la gestión de eventos se produce al instante y se supervisan los mismos en tiempo real, gestión del personal del edificio, gestión de históricos y tiempos de funcionamiento, avisos de averías, alarmas técnicas, tele gestión remota del edificio y de la maquinaria, supervisión de consumo eléctrico y un alto grado de seguridad (DOMODESK 2012).

Dotar a instalaciones con Inmótica contribuye a hacerlas más sostenibles con el medioambiente, además de ofrecer una atractiva apariencia de modernidad y progreso (DOMODESK 2012). No se puede ignorar que la Inmótica y los avances técnicos tienen gran potencial en el mejoramiento de la calidad de vida. Su actuación, dada en función de la información que percibe de las personas, se adapta a sus necesidades en cada momento, debido a que son diferentes en cada día y hora (Holguín 2012).

La trascendencia lograda por los sistemas de control para la automatización de instalaciones, tanto personales como estatales, ha obligado a las principales compañías del mundo de la automática a desarrollar sistemas propios, los cuales se han encaminado a la perfección, a través de la competencia existente entre las principales marcas en el mercado.

1.4 Tecnologías empleadas para el Control de Inmuebles

La automatización de hogares, industrias, instalaciones empresariales, entre otros, se encuentra en la actualidad en un gran auge. Una muestra de este es el creciente número de productos y sistemas disponibles en el mercado para llevar a cabo proyectos de Domótica e Inmótica.

Empresas establecidas desde hace años en el mercado de sistemas de automatización presentan propuestas para el control de inmuebles. Para realizar un análisis de estas se seleccionaron varias compañías, de las cuales, algunas destacan por su reputación y poder tecnológico en nuestro país.

Los sistemas seleccionados y sus empresas son:

- GAMMA instabus de Siemens AG.
- *EcoStruxure Building Expert* de Schneider Electric.
- *MyHOME Up* de BTicino.

1.4.1 GAMMA instabus.

El sistema GAMMA instabus, sistema de Gestión de Edificios de Siemens garantiza:

- Seguridad de la inversión con diseño a prueba de futuro.
- Eficiencia operativa.
- Seguridad.
 - El sistema de gestión de edificios contribuye de forma muy significativa a la protección de las personas y de los activos.
- Comodidad a la Medida.
 - La iluminación, las persianas, la ventilación, la calefacción y la refrigeración, entre otros.
- Visualizar y operar sin limitaciones.
 - Bien sea local, central o remota, todas las funciones se pueden controlar externamente por teléfono o por Internet.
- Integración con sistemas de terceros.
- Energía totalmente integrada.
 - Una amplia distribución de energía para edificios residenciales y no residenciales desde un único proveedor de servicios (desde transformadores de medio voltaje a iluminación individual).

GAMMA instabus se basa en KNX, la norma internacional abierta y no propietaria, derivada de la recomendación ISO/IEC 14543. KNX está presente en productos compatibles de más

de 100 fabricantes por todo el mundo. Al interactuar con otros sistemas en el mismo edificio, crea una flexibilidad sin precedentes no sólo durante la fase de planificación sino también frente a cambios de uso (AG 2008).

Funciones de GAMMA instabus:

- Eficiencia económica y seguridad.
- Gestión económica y segura de edificios.
- Visualización local y remota.
- Monitorización con costes bajos de personal.
- Monitorización durante toda la noche.
- Monitorización sin dispositivos de monitorización especiales.
- Detección y aviso rápido de fallos.
- Gestión de propiedades enfocada y amplia.
- Mantenimiento según necesidad.
- Mantenimiento preventivo al registrar las horas de funcionamiento.
- Uso conjunto de componentes.
- Apertura y cierre central remoto.

1.4.2 *EcoStruxure Building Expert.*

EcoStruxure Building Expert utiliza la tecnología web e inalámbrica, reduciendo la complejidad y convirtiéndola en una verdadera solución rentable. El ahorro de energía a largo plazo es posible gracias a características como la tendencia, que permite exportar datos y analizar el uso de energía para medidas preventivas.

El proceso de montaje de *EcoStruxure Building Expert* comienza con un bajo costo y una instalación sencilla a través de opciones de red cableadas o inalámbricas que permiten una implementación rápida. Este sistema posee como ventaja que puede controlar múltiples edificios en toda una empresa con la supervisión remota utilizando software habilitado para la web (Electric 2016).

EcoStruxure Building Expert proporciona:

- Tecnología inalámbrica en la industria para controlar su climatización, iluminación y medición.
- Acceso remoto en cualquier momento y lugar.
- El costo total de propiedad más bajo con el software sin cargo y el controlador, la puerta de enlace y el servidor.
- Opciones flexibles de monitoreo, control y programación.
- Ver todos sus sistemas en una interfaz de usuario web personalizable.
- Ingeniería simplificada y escalabilidad a través de sistemas abiertos, objetos y aplicaciones pre-configuradas.
- Soporta FTP, ModBus, CANbus, ZigBee, EnOcean, BACnet y oBIX.

EcoStruxure Building Expert tiene los siguientes beneficios:

- Administra efectivamente los costos de energía y el desperdicio de energía.
- Optimiza la eficiencia operativa, la productividad, el rendimiento del equipo y la reducción del riesgo.
- Mejora la comodidad de los ocupantes y maximiza las operaciones comerciales.
- Instalación rápida para cero tiempos de inactividad y gastos mínimos.
- Reduce la huella de carbono.
- Permite mantenerse por delante de regulaciones medioambientales cada vez más estrictas (Electric 2016).

1.4.3 MyHOME_Up.

El sistema *MyHOME_Up* de la compañía italiana BTicino controla la iluminación, las persianas, el clima, la música, el sistema de riego, la intercomunicación y alarma con una aplicación móvil. Con el sistema de Casa Inteligente elige el control que más se adapta a las necesidades del cliente.

MyHOME_Up permite ejecutar automáticamente escenas favoritas en horarios predeterminados; activas funciones derivadas de un cambio en el sistema como: ajuste de

temperatura, nivel de consumo, presión de un botón, etc. Prepara y activa funciones específicas para cuando se espera la llegada de personas a casa, entre otros (BTICINO 2019).

1.5 Sistemas de Control en Sitios de Radio-Bases.

Durante el proceso de revisión bibliográfica sobre sistemas de control y supervisión para estaciones bases de telefonía móvil, se analizaron varios ejemplos que ofrecían compañías extranjeras. En búsqueda de prestaciones similares a las deseadas por Movitel se seleccionaron para su estudio los siguientes:

1. *“Tower Remote Monitoring Solution”*; de la compañía india, Tech Mahindra.
2. *“Sites Power and Environment Monitoring Solution”*; de la compañía china, UTRANSCOM.

1.5.1 “Tower Remote Monitoring Solution”

La empresa Tech Mahindra, perteneciente al Mahindra Group, presenta el proyecto *“Tower Remote Monitoring Solution”*, el cual está diseñado para brindar a proveedores de servicios de comunicación una infraestructura para monitorear, manejar y controlar sus activos en las instalaciones de servicio.

Las estaciones base de telecomunicaciones son ingredientes clave para garantizar el éxito de la calidad de servicio de los operadores. La gestión eficiente de estas instalaciones tiene un impacto directo en los resultados y también contribuye significativamente a los factores que atraen a nuevos clientes. Dado que estas estaciones base se extienden por múltiples geografías y también en áreas remotas, la administración eficiente es un desafío (Mahindra 2014).

Los servicios prestados por este sistema son:

- Desarrollo propio de las redes de sensores inalámbricos y de pasarelas (*gateways*).
- Implementación de la retroalimentación de manera no intrusiva.
- Entradas analíticas al sistema para reportes, supervisión y control.

Algunos beneficios de la propuesta realizada a través de este sistema, detalles propios de su instalación, así como imágenes de los sensores empelados se encuentran reflejados en el ANEXO 1.

1.5.2 “Sites Power and Environment Monitoring Solution”:

El establecimiento de *Sites Power and Environment Monitoring Solution* (SPEMS), permite obtener información de primera mano para garantizar que los equipos funcionan en condiciones normales, garantizar la seguridad, el modo de administración del sitio, desde la tradicional "reparación manual pasiva" hasta la moderna "prevención activa" (UTRANSCOM 2018). La Tabla 1 relaciona los diferentes objetos de control con la supervisión de datos y los sensores:

Tabla 1 Lista detallada de los objetos de control

Objetos	Supervisión de datos	Sensor
Grupo Electrógeno(G.E)	G.E inicio/parada remoto	RS485
Tanque de combustible	Nivel de combustible	Sensor de combustible
	Alarma de fuga de combustible y de robo de combustible.	Cierre inteligente
Ambiente	Control de acceso	Cierre inteligente
	Temperatura y Humedad	Sensores de T. y H.
	Alarma de humos	Sensor de humo
Torre	Detección de inclinación	Sensor de inclinamiento

Los beneficios de este sistema son innumerables, algunos de ellos son:

- Incremento del nivel de mantenimiento y manejo.
- Intensificación de la supervisión de la energía y el ambiente.
- Incremento de la eficiencia y la calidad del mantenimiento.
- Reducción los costos del mantenimiento.

- Garantía de la seguridad del lugar (UTRANSCOM 2018).

Características propias del sistema SPEMS, beneficios, interfaz gráfica empleada para el cliente, entre otros elementos propios que lo enriquecen se hallan en el **ANEXO 2**.

1.6 La empresa Movitel, características tecnológicas y sistema *TRUNKING*.

Movitel es una empresa cubana de servicios de radiocomunicaciones móviles que opera desde 1997 una red troncalizada (*Trunking*) MPT1327 con cobertura nacional. Tiene representaciones técnico comerciales en todas las provincias del país, brindando servicios a más de 24 000 usuarios (Movitel 2019).

Los Sistemas Radio *Trunking* son sistemas de radiocomunicaciones móviles para aplicaciones privadas, formando grupos y subgrupos de usuarios, con las siguientes características principales:

- Estructura de red celular (independientes de las redes públicas de telefonía móvil)
- Los usuarios comparten los recursos del sistema de forma automática y organizada.
- Cuando se requiere, por el tipo de servicio, es posible el establecimiento de canales prioritarios de emergencia que predominarían sobre el resto de comunicaciones del grupo (Movitel 2019).

Los principales servicios de esta empresa son:

- *Trunking* Nacional 800 MHz

Sistema de comunicaciones móviles que integra en un solo equipo las posibilidades de conexión directa por radio, conexión a la red telefónica y mensajería alfanumérica con las garantías de una comunicación instantánea, privada y de gran cobertura en todo el país.

Mediante un diseño de flotas personalizado, los clientes establecen una red virtual propia en la que con solo discar dos o tres dígitos se pueden establecer llamadas individuales o de grupo sin importar donde se encuentren los destinatarios de la llamada.

Con su alta confiabilidad y tarifas planas y económicas, el *TRUNKING* es especialmente recomendable para empresas que demanden una comunicación ágil y operativa entre sus integrantes, para flotas móviles de servicios, transporte, seguridad, distribución de mercancías y otros (Movitel 2019).

- Sistema de radio comunicación convencional

Los sistemas de radio convencional de dos vías son usados ampliamente para aplicaciones de despacho y seguridad a nivel empresarial, privado y gubernamental. Los sistemas convencionales pueden ser destinados para solo transmitir voz, así como transmisión de voz y datos, tanto para áreas pequeñas (locales), como para áreas extensas (países o regiones).

Los sistemas convencionales ofrecen otros beneficios. Primero, son económicos, cuando el sistema no posee un gran número de usuarios y la congestión de tráfico lo permite. Segundo, los sistemas convencionales pueden ser fácilmente mejorados o actualizados a los requerimientos tecnológicos del momento. Muchos usuarios comienzan su sistema como un sistema simple, pero gracias a las modificaciones que Movitel ofrece, es posible migrar a tecnologías de comunicación más complejas.

Adicionalmente, la cobertura de su sistema convencional puede expandirse con solo agregarle más repetidoras (Movitel 2019).

En la actualidad Movitel lleva a cabo el despliegue por todo el país de una Red 4G eLTE de la multinacional Huawei, constituyendo a futuro, la principal misión de esta empresa para el desarrollo de las comunicaciones en Cuba.

1.6.1 Tecnología de la Red 4G eLTE.

En telecomunicaciones, 4G son las siglas utilizadas para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. Es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G, y precede la 5G.

La 4G está basada completamente en el protocolo IP, siendo un sistema y una red, que se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cable e inalámbricas. Esta tecnología puede ser usada por módems inalámbricos, móviles inteligentes y otros dispositivos móviles. La principal diferencia con las generaciones predecesoras es la capacidad para proveer velocidades de acceso mayores de 100 Mbit/s en movimiento y 1 Gbit/s en reposo, manteniendo una calidad de servicio de punta a punta de alta seguridad que permitirá ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento y en cualquier lugar, con el mínimo costo posible (ICTEA 2019).

La generación denominada 4G viene implementada a través de la tecnología que se conoce como LTE (*Long Term Evolution*), el cual es un estándar para comunicaciones inalámbricas de transmisión de datos de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos.

4G eLTE es una tecnología basada en el estándar LTE, la letra minúscula se refiere a un derivado de este (denominado "LTE mejorado") propiedad de Huawei, que está destinado a proporcionar acceso de datos de banda ancha inalámbrica con niveles máximos de descarga de 50 Mbit /s y 20Mbit /s de subida por sitio en frecuencias de 5 MHz, 10 MHz y 15 MHz.

La red comercial de eLTE está diseñada para facilitar un alto volumen de transmisión de datos. Los protocolos admitidos incluyen llamadas de voz de igual a igual; mensajes cortos, mensajería multimedia, video y *push to talk*. Se reclaman tiempos de establecimiento de llamadas de 300 ms y llamadas de grupo simultáneas de hasta 160 llamadas por celda.

El uso de un sistema de enlace de banda ancha inalámbrico eLTE afirma ofrecer transmisión de video de alta definición de 720p en tiempo real desde teléfonos y cámaras de sistemas de CCTV fijas (cuya salida puede transmitirse a otros teléfonos o dispositivos portátiles y, si es necesario, proyectarse) mejorando la conciencia de la situación en vivo además de proporcionar (servicio de emergencia y de primera línea similar) despacho de voz, acceso a datos, SMS, MMS y posicionamiento, al proporcionar una red de comunicación portátil versátil que puede complementar o reemplazar la infraestructura móvil de tipo celular fija o tradicional (Huawei 2019).

1.6.2 Necesidades para la automatización.

La empresa Movitel necesita un sistema automatizado que garantice la seguridad, la protección, la gestión energética y el comportamiento idóneo de diversas variables ambientales del entorno interno y externo de los Sitios de las Radio-Bases no atendidas de la Red 4G eLTE. Al no existir personal presente en ellas, es imprescindible el diseño de un sistema de control y supervisión a distancia que garantice la calidad óptima de los parámetros de la instalación que alberga toda la infraestructura del sistema 4G eLTE.

1.7 Conclusiones del capítulo.

Un análisis de las principales características de los sistemas de control de inmuebles, su evolución y visiones futuras permite decidir la estrategia de automatización correcta a seguir

para los Sitios de Radio-Bases no atendidas de Movitel. Las potencialidades tecnológicas de importantes compañías del campo de la automatización de inmuebles y el estudio de sistemas inmóticos establecidos en el mercado para control del ambiente de estaciones base de telefonía móvil, trazan una línea a seguir para resolver la problemática existente en los Sitios de las Radio-Bases no atendidas de la empresa Movitel, mediante un sistema de supervisión y control a distancia.

Las distintas variables, objeto de control del sistema que se pretende diseñar pueden ser divididas en tres grupos, como variables de parámetros eléctricos, variables de parámetros técnicos y variables de ambiente del local.

CAPÍTULO 2. Diseño del Sistema de Control Inmótico.

En el presente capítulo se desarrolla la Tarea Técnica para la automatización, siendo detallado cada objeto tecnológico, su lugar en la instalación y las necesidades para la automatización de cada uno de ellos. Posteriormente es presentada la tecnología para la supervisión y control, en la cual, se realiza una propuesta técnica para la atención a cada una las variables de los objetos tecnológicos. Una vez establecida esta, se realiza un proceso de integración donde quedan vinculados los elementos de campo, el controlador, el soporte de comunicación y los mecanismos de adquisición de datos. Como parte de la integración se presentan los diagramas de bloques y el esquema tecnológico del Sistema de Control Inmótico. Por último, se realiza una descripción integral de todo el Sistema y de su funcionamiento, además se enuncian las conclusiones parciales del capítulo.

2.1 Presentación de la Tarea Técnica para la automatización.

El Sistema de Control Inmótico diseñado actúa sobre los diferentes objetos tecnológicos que contienen todas las variables que posibilitan tanto el perfecto estado físico del sistema de telefonía móvil 4G eLTE, como el de su seguridad, tabla # 2:

Tabla 2 Objetos tecnológicos y su ubicación dentro de la instalación.

Objeto Tecnológico	Lugar
Alumbrado	Exterior
Clima	Interior
Control de Acceso y seguridad	Interior
Grupo electrógeno	Exterior
Parámetros eléctricos	Interior

El control del clima en el local es necesario por las características meteorológicas de nuestro país. En la actualidad la gran mayoría de los inmuebles de Cuba que hospedan sistemas de alta tecnología, presentan clima artificial. Normalmente en estos locales la existencia de *splits* ajusta la temperatura y la humedad a los requisitos establecidos por el fabricante. La garantía del perfecto estado de los equipos de climatización, el consumo de energía de estos y la estrategia seguida para avalar la eficiencia de estas variables, son elementos del objeto tecnológico Clima que estarán presentes en el Sistema de Control Inmótico diseñado.

El ahorro de energía eléctrica es una necesidad imperiosa que posee nuestro país. El uso de la energía mínima imprescindible para un determinado proceso se manifiesta en la economía como miles de dólares, ya que está directamente vinculado a la demanda de compra de petróleo. En una instalación de este tipo no es necesaria una red de iluminación constante, ya que solo en casos de intrusos, mantenimiento o rotura hace presencia algún personal, al igual que una iluminación escasa pondría en evidencia la seguridad del local, de ahí la importancia de un algoritmo de gestión de la iluminación que sea capaz de decidir en qué circunstancias es necesario hacer uso de ella.

Una posible afectación en el servicio de energía eléctrica impide el servicio de telefonía móvil a un gran número de usuarios, provocando una pérdida en la confianza del cliente, situaciones indeseables para la compañía que presta el servicio y en ocasiones la pérdida de configuraciones. Un sistema inmótico empleado para este tipo de aplicaciones debe poseer la capacidad de conocer el estado de la fuente de alimentación de energía eléctrica. En los Sitios de Radio-Bases no atendidas de Movitel la estrategia seguida en caso de fallo del sistema nacional de alimentación eléctrica es reemplazar el servicio con la generación lograda por un grupo electrógeno ubicado en los exteriores de la instalación, además, existen baterías de respaldo para lograr óptimamente la transición. Conocer el estado del grupo electrógeno es de gran importancia pues posibilita conocer cuando hay ausencia del servicio de energía eléctrica y en caso de ser una situación prolongada o no ocurrir la transición al consumo de energía desde la generación de este, tomar medidas oportunas para la ocasión.

Los sistemas de seguridad a nivel mundial son una necesidad que ha surgido debido a que en muchas ocasiones es necesario restringir accesos y proteger bienes materiales de personas inescrupulosas.

En cuanto a la seguridad, las aplicaciones principales a tener presente son:

- Avisos a distancia.
- Detección de intrusos. Incluye la instalación de diversos sensores:
 - Infra-rojos para detección de presencia.
 - De súper frecuencia para cristales rotos.
 - Magnéticos para apertura de puertas y ventanas.
- Alarmas técnicas. El sistema vigila las posibles incidencias que pueden ocurrir, como:
 - Ausencia de energía eléctrica.
 - Apertura del local.
 - Quebrantamiento de la seguridad del *rack*.
 - Variación del rango permitido de diferentes parámetros eléctricos.
- Este sistema posee como herramienta la video-vigilancia en tiempo real.

Mediante el uso de un analizador de redes eléctricas, el sistema es capaz de medir parámetros como: voltaje de cada una de las fases con relación al neutro y con relación a las otras fases, corriente de cada línea, potencias de cada línea (activa, reactiva y aparente), corriente máxima, potencia total, potencia demandada, frecuencia de la red eléctrica y el consumo en kWh. El empleo de este tipo de dispositivos permite tener noción de cada uno de los parámetros de mayor importancia de la red eléctrica para el Sistema de Control Inmótico diseñado, tomar decisiones, además de posibilitar establecer alarmas para rangos de cada uno de los parámetros mencionados.

2.1.1 Necesidades para el Sistema Control Inmótico de las diferentes variables.

Los diferentes objetos tecnológicos abarcan un gran grupo de variables las cuales establecen características propias de cada uno de los Sitios de las Radio-Bases no atendidas de la Red 4G eLTE de Movitel. La selección de los parámetros esenciales a tomar en cuenta por este Sistema de Control Inmótico, los cuales garantizan contribuir a mejorar la eficiencia en el funcionamiento de estos, nos posibilita crear un diseño que sea lo suficientemente adaptable a las diferentes instalaciones, sin realizar grandes modificaciones en su estructura y en sus objetos de control.

En el ANEXO 21 se encuentra la tabla #3, donde se relacionan las variables que son controladas por el Sistema de Control Inmótico diseñado, seleccionadas a partir de cada uno de los objetos tecnológicos mencionados.

2.2 Presentación de la tecnología utilizada.

En este epígrafe se hace referencia a las generalidades, especificaciones técnicas, requisitos de montaje, en caso de ser necesario y conexiones de cada uno de los elementos tecnológicos que integran el Sistema de Control Inmótico, al igual que son presentadas las características de las herramientas de softwares utilizadas.

2.2.1 Elementos de hardware que componen el Sistema de Control Inmótico.

El Sistema de Control Inmótico, en parte, está compuesto por una serie de dispositivos electrónicos (sensores, analizadores de red, relés, etc.) los cuales permiten conocer y regular el estado de las variables de cada uno de los objetos tecnológicos. Estos son presentados, junto a algunas de sus configuraciones en los siguientes sub-índices.

2.2.1.1 Selección del Controlador Lógico Programable (PLC).

El sistema de gestión de la presurización y control de variables de ambientales de los centros telefónicos no atendidos de la empresa ETECSA S.A, como se mencionaba anteriormente, constituye el antecedente más directo de este proyecto. Este sistema se encuentra profundamente desarrollado en la tesis para optar por el grado de máster en ciencias del trabajador de la misma empresa Jorge Aguilera Jáuregui (Jáuregui 2015). El dispositivo de control seleccionado en ese entonces fue el PLC + HMI Unitronics® JAZZ™.

Este PLC en comparación con controladores de gama similar de otros fabricantes como Schneider Electric o Siemens, entre otros, demostró poseer ventajas que lo adecuaba en la realidad del proyecto. Al tener una interfaz hombre-máquina integrada, basado en software libre y una significativa diferencia de precio con respecto al resto de los semejantes en prestaciones, lo convirtieron en una opción viable. A cuatro años de ese proyecto, los sistemas de control elaborados con estos autómatas no han tenido ni una falla, demostrado un comportamiento acorde a lo deseado, llegando a considerarse como un elemento de hardware de gran calidad, fiabilidad y viabilidad para futuros proyectos. Por estas y otras

razones que son expuestas en la tesis de Jorge Jáuregui, se decide continuar trabajando con controladores todo en uno de la firma Unitronics.

El diseño del Sistema de Control Inmótico que se propone tiene su basamento en los requisitos que solicita el cliente Movitel, (ANEXO # 21), el cual exige el empleo de un sistema de control con la capacidad de brindar información mediante un acceso web, almacenar variables de interés en históricos y graficarlas, además que aporte mayores facilidades visuales para los operarios, por lo que fue necesario buscar un PLC de mayor gama y prestaciones, siendo elegido el PLC+HMI Unitronics V350 (Figura 1). Teniendo en cuenta la cantidad de entradas salidas para cumplir con los requerimientos del cliente (ANEXO # 21), se selecciona el autómatas PLC+HMI Unitronics V350-35-TR20.

2.2.1.1.1 Presentación y configuración de Unitronics® PLC+ HMI V350™-35-TR20.



Figura 1 PLC+HMI Unitronics V350 -35-TR20.

Unitronics es una compañía que se dedica a crear soluciones tecnológicas avanzadas que sirven al sector de la automatización, con el objetivo de proporcionar controles automatizados seguros, fáciles de usar y económicos; su fundación en 1989 le brinda a la compañía décadas de experiencia.

Esta compañía emplea el concepto "Todo en Uno" (*All-in-One*), teniendo como base para ello un software que permite el control *Ladder*, la aplicación HMI y todo el hardware, además de la configuración de la comunicación, teniendo como característica principal poseer en entorno único y simple. Los controladores de Unitronics han ganado varios premios de la industria, más recientemente en 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 (Unitronics 2019).

Una de las series más galardonadas de controladores programables (PLC + HMI) es la Vision, que va desde controladores del tamaño de la palma de la mano con E/S integradas hasta controladores de pantalla grande con E/S de complemento (Unitronics 2019).

El **ANEXO 3** ofrece las especificaciones técnicas del controlador utilizado para la confección de este Sistema de Control Inmótico, PLC+HMI Unitronics V350-35-TR20.

La configuración del PLC + HMI Unitronics V350 es de vital importancia para el funcionamiento integral del Sistema de Control Inmótico, pues este es el que contiene el programa que regula el funcionamiento del control del Sitio de la Radio-Base no atendida, así como a él, se conectan todos los dispositivos. Las configuraciones del PLC+HMI Unitronics V350 para las diferentes conexiones físicas y protocolos de comunicación se pueden encontrar en el **ANEXO 4**.

2.2.1.2 Phoenix Contact® UNO POWER UNO-PS/1AC/24DC/150W



Figura 2 Fuente de Voltaje UNO POWER UNO-PS/1AC/24DC/150W.

UNO POWER UNO-PS (Figura 2), es una fuente de voltaje que emplea la alimentación de 100-240 VAC para lograr un voltaje de salida de 24-28 VDC, con una potencia de 150 W. Como características principales demuestra un rendimiento superior al 94% con pérdidas menores de 0.3W en el vacío (Contact 2015).

Más especificaciones técnicas sobre este dispositivo, las cuales favorecieron a convertirlo en una opción idónea para su empleo en este Sistema de Control Inmótico pueden encontrarse en el **ANEXO 5**.

2.2.1.3 Schneider Electric® STC 300.



Figura 3 Transmisor de temperatura Schneider Electric STC300.

STC 300 (Figura 3) es un transmisor de temperatura el cual convierte su medición en una señal de corriente dentro del rango 4 – 20 mA. Este transmisor es entregado como una unidad completa, estando integrados en una misma caja la sonda, el elemento sensor y el amplificador. El sensor y el amplificador están encapsulados en unidades separadas, para proteger la electrónica del calor excesivo, un cable de dos metros conecta ambas unidades (Electric 2013). Este sensor de temperatura es utilizado en el interior del Sitio de la Radio-Base no atendida y en función de su medición se establece el funcionamiento del algoritmo de gestión del sistema de climatización.

Especificaciones técnicas como el tipo de material, el grado de protección, las constantes de tiempo o los errores en la medición, además de las conexiones físicas empleadas para su empleo en el Sistema de Control Inmótico, se hallan detalladas en el **ANEXO 6**.

2.2.1.4 Sonda de Humedad Relativa Dixell XH20P.



Figura 4 Sonda de medición de Humedad Relativa Dixell XH20P.

DIXELL XH20P (Figura 4) es una sonda de medición de humedad relativa desde 0 a 99%, adecuada para aplicaciones de detección y control de la humedad, como: refrigeración, procesos de secado, aire acondicionado, entre otros. Esta posee una alta precisión y un rápido tiempo de respuesta a cambios externos lo cual hace de esta sonda una opción extremadamente efectiva y segura (Dixell 2011). Esta sonda es utilizada para la medición de humedad relativa dentro del local que almacena la infraestructura del sistema de telefonía móvil, además del propio Sistema de Control Inmótico.

Especificaciones técnicas tales como sus rangos de voltaje para la alimentación, sus opciones de valores de salida, su temperatura de trabajo, además de configuraciones físicas realizadas en el dispositivo, entre otros detalles, se encuentran en el **ANEXO 7**.

2.2.1.5 Relé Zelio RXM4AB2P7.



Figura 5 Relé Zelio empleado en el diseño del Sistema de Control Inmótico.

El relé Zelio-RXM4AB2P7 (Figura 5) cuenta con cuatro juegos de contactos, confeccionados a partir de una aleación de plata y níquel, con la característica de poseer sus pines planos y un grado de protección IP40 (Electric 2019). Es empleado para controlar el encendido apagado de dispositivos de climatización y alumbrado, contenidos dentro de los objetos tecnológicos Clima y Alumbrado Exterior.

En el **ANEXO 8** se exhiben características técnicas propias de este modelo de relé, también se muestra el cableado utilizado para su configuración física en su empleo para el Sistema de Control Inmótico.

2.2.1.6 Contactos Magnéticos Honeywell 7940WH.



Figura6 Contactos Magnéticos 7940WH.

Los contactos magnéticos 7940WH (Figura 6) permiten el control de apertura de puertas y ventanas, ofreciendo variadas opciones de montaje, entre ellas, con tornillo, montaje adhesivo o rebaje (huecos). Estos ocupan un pequeño espacio, 51mm o 25mm en caso de estar en huecos. Los terminales empleados en su confección eliminan el pelado o la soldadura, solo se debe insertar el cable, logrando un mayor grado de aislamiento (Honeywell 2017). En el Sistema de Control Inmótico estos contactos son utilizados para controlar la apertura de la puerta principal del Sitio de la Radio-Base no atendida y de la puerta del *rack* que contiene el sistema de telefonía móvil.

El **ANEXO 9** recoge las principales particularidades de este dispositivo, haciendo énfasis en el tipo de interruptor que posee y en las características eléctricas del contacto.

2.2.1.7 Detector de Presencia OPTEX® LX-402



Figura 7 Detector de presencia OPTEX LX-402.

OPTEX LX-402 (Figura 7) es un sensor infrarrojo pasivo para detección de intrusos y para la detección de penumbra, con la posibilidad de ajustar su área de detección, además de poderse configurar un modo de trabajo para el día y otro para la noche. Una de sus

características más relevantes es la capacidad de ajuste de su sensibilidad en 3 niveles, con el modo de detección de animales (OPTTEX 2018), valor agregado fundamental de este para las características de los Sitios de las Radio-Bases no atendidas. Su empleo en el Sistema de Control Inmótico se limita a la detección de intrusos dentro del Sitio de la Radio-Base no atendida.

Las especificaciones técnicas propias de este dispositivo, algunas consideraciones de montaje para su correcto funcionamiento, entre otros detalles se encuentran en el **ANEXO 10**.

2.2.1.8 Sensor de Rotura de Vidrios DSC® Acuity™ AC-100.



Figura 8 Sensor de rotura de vidrios Acuity™ AC-100.

El sensor acústico de rotura de vidrios Acuity AC-100 (Figura 8) brinda protección contra rotura de vidrios planos, laminados, alambrados y templados. Este posee como característica el ajuste de niveles de detección en dependencia del tamaño y acústica del ambiente en el cual está instalado. AC-100 es competente en ambientes con superficies que absorben el sonido y en instalaciones donde el ruido ambiental es intenso (DSC 2017).

El *rack* que contiene al sistema de telefonía móvil posee un panel frontal de vidrio transparente, el cual es utilizado para favorecer las alarmas visuales de este sistema. AC-100 es utilizado para alertar sobre actos vandálicos que atenten contra la seguridad y la integridad física de la tecnología instalada en el Sitio.

El **ANEXO 11** recopila las especificaciones técnicas de este sensor, también contiene las configuraciones físicas empleadas para su funcionamiento.

2.2.1.9 Analizador de Redes Eléctricas Carlo Gavazzi® WM14-DIN Advanced.

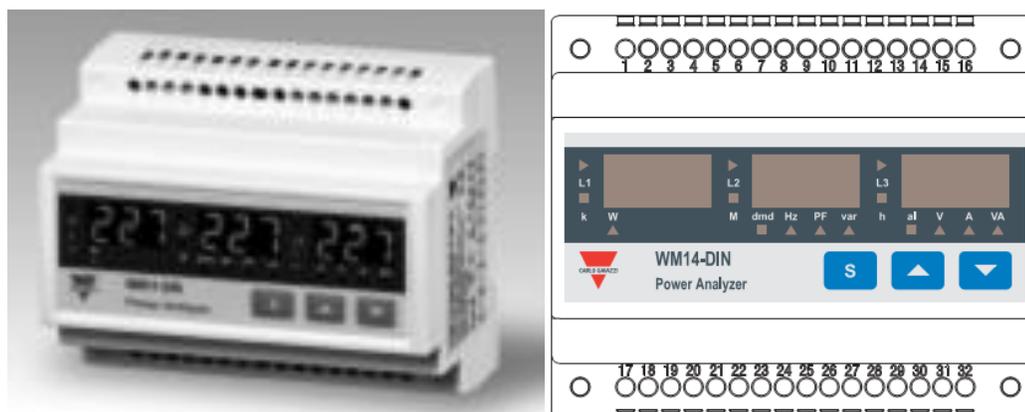


Figura 9 Analizador de redes eléctricas WM14-DIN-A.

El analizador de redes eléctricas WM14-DIN (Figura 9), del fabricante italiano Carlo Gavazzi, en su versión avanzada, es un analizador trifásico, con posibilidad de ser usado en su versión de 1, 2 o 3 fases balanceadas, con carga desbalanceada y/o con o sin neutro. Su temperatura de operación abarca el rango de 0-50 °C con una Humedad Relativa inferior al 90%. Su alimentación puede ser establecida a partir de voltajes directos o alternos (Gavazzi 2019). En este proyecto el analizador es utilizado para monitorear un grupo de parámetros eléctricos propios del Sitio, los cuales, de no estar en su rango permitido pudieran dañar la tecnología instalada en el Sitio de la Radio-Base no atendida.

Los datos de los valores de entrada ofrecidos por el fabricante, las conexiones realizadas en la configuración de las fases empleadas, además de algunos detalles de la configuración para la comunicación vía protocolo ModBus, son expuestas en el ANEXO 12.

2.2.1.10 Transformador de Corriente Carlo Gavazzi® CTD-1X.300.5A



Figura 10 Transformador de corriente Carlo Gavazzi CTD-1X.

El transformador de corriente CTD-1X.300.5A (Figura 10) permite una corriente primaria en el rango de 50A – 300A y una secundaria en el de 1A – 5A, con una frecuencia de operación comprendida entre 48 y 62 Hz. El diámetro máximo del cable a utilizar es de 23mm, mientras que su temperatura de almacenamiento comprende el rango entre -30°C a +70 °C (Gavazzi 2019). El transformador CTD-1X.300.5A siendo conectado al analizador de redes, es utilizado para facilitar la medición de intensidad eléctrica en cada una de las fases. El **ANEXO 13** contiene las especificaciones técnicas de este dispositivo provistas por su fabricante, igualmente se muestran las conexiones necesarias a realizar para su conexión al analizador de redes WM-14DIN-A.

2.2.1.11 Equipo Local del Cliente Huawei LTE EG-860.



Figura 11 Equipo Local del cliente(CPE) LTE EG-860.

Este Equipo Local del Cliente (CPE), figura 11, funciona como *router* de *gateway* inalámbrico para servicios de datos de alta velocidad basados en LTE. Además del acceso LTE, este CPE de clase industrial para exteriores integra interfaces Wi-Fi y LAN para habilitar la conversión de servicios de datos. El EG-860, un dispositivo robusto y compacto, cuenta con detección y recuperación centralizada de fallos, así como gestión remota.

En este proyecto el CPE es utilizado para facilitar el soporte de comunicación ofrecido por la Red 4G eLTE. Mediante la conectividad ofrecida bajo el protocolo de comunicación TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), es posible conectar el Sistema de Control Inmótico a la red corporativa de la empresa MoviTel, mientras que la conectividad Wi-Fi nos permite acceder a la interfaz gráfica y a datos del Sistema de Control Inmótico mediante dispositivos móviles.

En el **ANEXO 14** se muestran las principales características técnicas de este dispositivo. También se detalla su forma de alimentación mediante fuentes de poder sobre *ethernet* (PoE) y algunas peculiaridades propias.

2.2.2 Softwares empleados para la confección del Sistema de Control Inmótico.

VisiLogic es un software libre, gratuito, fácil de usar, altamente intuitivo y es el ambiente de programación todo en uno para la línea de productos, Vision de Unitronics, que cuenta con controladores compactos PLC+HMI.

Todos los componentes del programa se organizan lógicamente en el Explorador de Soluciones: configuración, funciones en escalera, HMI y pantallas del servidor web, acciones, tablas de datos, muestreo de datos, así como todos los aspectos de las comunicaciones desde la configuración hasta los SMS y los correos electrónicos.

Uno de los valores agregados que brinda esta tecnología es la posibilidad de acceder a los datos, editarlos, monitorearlos, solucionar problemas y depurar sistemas de manera local o remota empleando computadoras personales o dispositivos móviles.

2.3 Integración de la tecnología propuesta para la supervisión y control.

En base a la Tarea Técnica establecida, en la cual quedaron enmarcadas las necesidades básicas para el control, fueron elegidos los sensores necesarios para atender las variables seleccionadas a partir de cada uno de los objetos tecnológicos identificados en ella. En la tabla 3 que se muestra a continuación se relacionan cada uno de los sensores que forman parte de este Sistema de Control Inmótico con la variable que interactúan y su valor de entrada al PLC.

Sensores	Variables	Valor de entrada al PLC
Schneider Electric® STC 300	Temperatura	4 – 20 mA
DIXELL XH20P	Humedad Relativa	4 – 20 mA
Honeywell 7940WH	Apertura de puertas	Variable digital (0 o 1)

OPTEX® LX-402	Movimiento	Variable digital (0 o 1)
DSC® Acuity™ AC-100	Rotura de vidrios	Variable digital (0 o 1)
Carlo Gavazzi® WM14-DIN-A.	Parámetros eléctricos	Valores en punto flotante a partir de comunicación MODBUS.

Junto a las acciones programadas al PLC+HMI Unitronics V350, según la lectura de los sensores, se ejecutan algoritmos desarrollados en su código interno, para el:

- Control del encendido y apagado del alumbrado exterior.
- Control del encendido y apagado del sistema de climatización.
- Conocimiento del encendido y apagado del Grupo Electrónico.
- Almacenamiento gráfico de datos históricos de variables analógicas.
- Almacenamiento gráfico histórico del estado del sistema de climatización y alumbrado.
- Gestión de alarmas de cada uno de los grupos tecnológicos identificados en la Tarea Técnica.

La capacidad del PLC+HMI Unitronics V350 de traer integrada una interfaz hombre-máquina, pantalla de 3,5 pulgadas con facilidades táctiles, permite confeccionar un conjunto de pantallas, las cuales, mediante la interacción con ellas, posibilite a un operario poseer la capacidad de gestión del Sistema de Control Inmótico, quedando establecido así una forma de administración local, a bajo nivel.

Las facilidades de comunicación ofrecidas por el PLC empleado permite bajo el protocolo TCP/IP, integrar a este a una red *Ethernet*. En el caso del Sistema de Control Inmótico diseñado el soporte de comunicación, encargado del intercambio de información entre el Sitio de la Radio-Base no atendida y el nodo central, es la Red 4G eLTE de la empresa Movitel, por lo cual el Sistema de Control Inmótico se encuentra conectado a la propia red de esta entidad, de manera que, de cualquier computadora registrada en ella, se puede acceder a los datos del autómatas V350, y mediante aplicaciones libres, desarrolladas por el fabricante

Unitronics se accede a la interfaz gráfica de él, posibilitando esto, realizar la gestión del Sistema de Control Inmótico desde cualquier computadora personal de la entidad Movitel.

Una de las características del *gateway* empleado, CPE EG-860, como se mencionaba anteriormente, es la capacidad de transmitir conectividad Wi-Fi de la red a la que está conectado. Mediante el empleo de este soporte de comunicación y un teléfono inteligente, con una aplicación (para sistema operativo Androide o IOS) libre desarrollada por Unitronics, es posible acceder a la interfaz creada en la HMI y de igual manera que en el dispositivo físico, se podría establecer gestión de todas las variables pertenecientes a cada uno de los objetos tecnológicos. De este modo queda demostrada otra vía de gestión del Sistema de Control Inmótico de Sitios de Radio-Bases no atendidas.

La capacidad de ser servidor web del PLC+HMI Unitronics V350, sin olvidar que es un sistema embebido de recursos limitados en comparación con una computadora personal, brinda la posibilidad de generar en él una página web, en la cual se exponen los valores de cada una de las variables del Sistema de Control Inmótico, posibilitando el acceso a la información desde cada uno de los Sitios de Radio-Bases no atendidas de esta empresa y desde cualquier parte del mundo.

Partiendo de las capacidades de comunicación que brinda el autómatas empleado se establecen tres niveles de gestión fundamentales del Sistema de Control Inmótico, caracterizados cada uno por la distancia que existe con respecto al Sitio en el que se instala la tecnología.

2.3.1 Esquema en bloques.

En la Figura 12, que se muestra a continuación, se refleja de forma simplificada la estructura del Sistema de Control Inmótico.

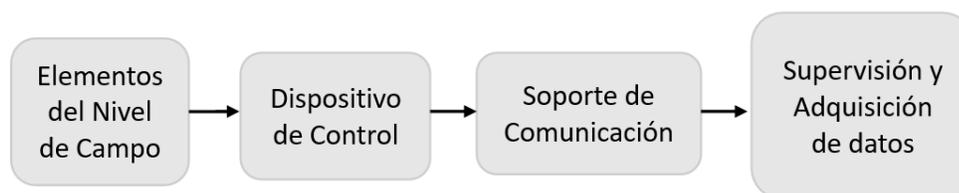


Figura 12 Visión simplificada de la estructura del Sistema de Control Inmótico.

Como se aprecia en la Figura 12 el Sistema de Control Inmótico está compuesto por un conjunto de elementos de campo, los cuales son: sensores, relés y un analizador de redes

eléctricas. Las indicaciones de estos elementos de campo son conducidas hacia el dispositivo de control, en este caso, un controlador lógico programable, por señales de voltaje o corriente estandarizadas, señales digitales o mediante protocolos de comunicación.

El controlador lógico programable es el encargado del funcionamiento de todo el proceso, mediante algoritmos desarrollados durante la programación, de acuerdo al manejo de un conjunto de variables y situaciones, garantiza el comportamiento requerido del Sistema en el transcurso del tiempo.

El soporte de comunicación es el encargado de lograr un intercambio eficiente de paquetes de datos, los cuales permitan a un elemento de cómputo ejercer control a distancia sobre los elementos de control, su programación y los elementos de campo, al mismo tiempo que se supervisa todo el proceso y se almacenan datos para crear almacenamientos de históricos.

2.3.2 Esquema tecnológico.

La Figura 13 ofrece la estructura de este Sistema de Control Inmótico y sus componentes principales.

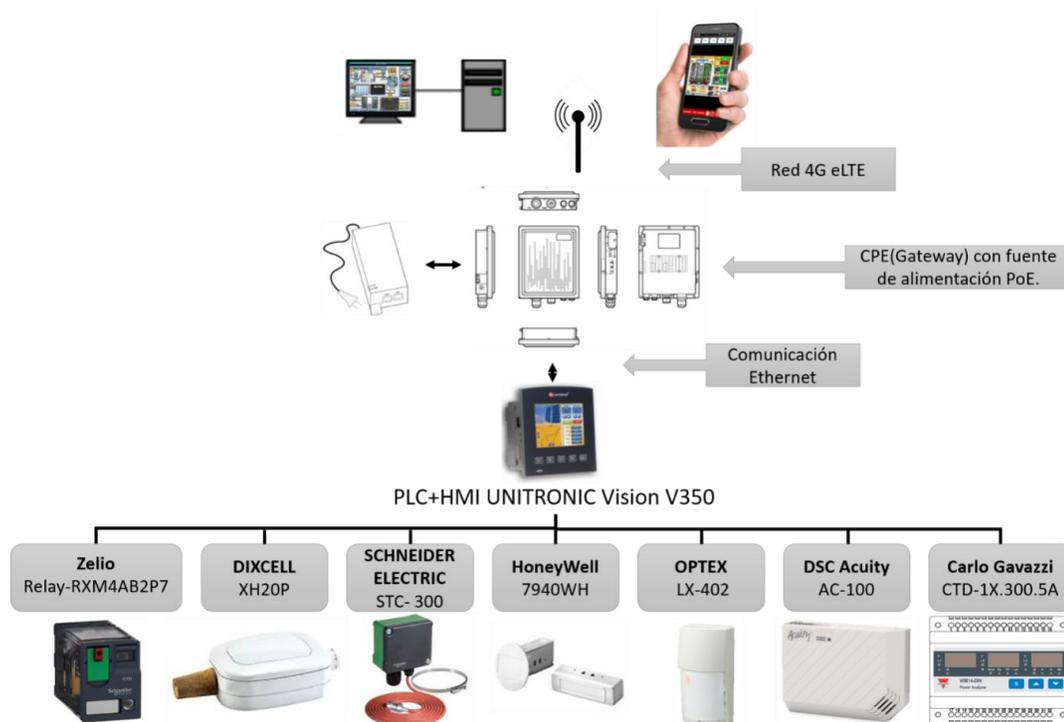


Figura 13 Estructura y componentes del Sistema de Control Inmótico diseñado.

De modo general, según muestra la Figura 13, la estructura del Sistema de Control Inmótico

consta de los elementos de campo los cuales se vinculan al PLC+HMI Unitronics V350. A través del CPE (*Gateway*), en este caso EG-860, encargado de establecer la comunicación entre el Sitio de la Radio-Base no atendida y el nodo central, el Sistema de Control Inmótico posibilita acceder remotamente a sus datos, monitorearlos y gestionarlos desde computadoras personales o dispositivos móviles.

El autómata obtiene la información de los elementos de campo en este Sistema por diferentes vías:

- Dixell XH20P y Schneider Electric STC-300, vía señal 4 – 20 mA.
- Carlo Gavazzi WM14-DIN-A, comunicación vía protocolo ModBus.
- El resto de los sensores utilizan señales digitales de entrada (0 – 1).

A través del CPE la conectividad de la Red 4G eLTE es utilizada como soporte de comunicación para la supervisión, control y adquisición de datos a distancia. Mediante el protocolo de comunicación Ethernet la conectividad de este es transmitida al autómata. Conectándose a la red corporativa de Movitel es posible acceder desde un ordenador personal o teléfono inteligente a la interfaz creada en la HMI o a la página web albergada en el PLC.

2.4 Descripción del Sistema de Control Inmótico.

La introducción en el mercado de controladores lógicos programables todo en uno, con la capacidad de interfaces gráficas de grandes prestaciones, contribuyó al desarrollo y actualización del concepto de los Sistemas SCADA. La posibilidad de supervisar, controlar y adquirir datos, contando con elementos visuales de gran calidad como ayuda, todo en un mismo sistema embebido, enriquece este concepto, permitiendo a las características propias del proceso y su complejidad, analizar si optar o no, por un Sistema SCADA tradicional.

2.4.1 Gestión del Sistema de Control Inmótico a los objetos tecnológicos.

La explotación del Sistema se realiza fundamentalmente mediante el contacto con la interfaz gráfica que posee la HMI integrada al autómata. Una serie de pantallas, con las características y acciones posibles a desarrollar fueron establecidas para cada uno de los objetos tecnológicos.

El menú inicial (Figura 14a) es el encargado de brindar al operario, la posibilidad de visitar cada una de las pantallas, con previa autenticación (Figura 14b).



Figura 14 Interfaz gráfica de: a) Menú inicial; b) Pantalla de Autenticación.

El Sistema de Control Inmótico posee un mecanismo de manejo de alarmas, las cuales dan a conocer cuando una variable se separa del rango permitido de sus valores o cuando algo no funciona como fue establecido. Las diferentes alarmas se reflejan en el menú principal (Figura 15a) y el contacto con su icono nos conduce directamente a la pantalla del objeto tecnológico afectado. La nomenclatura de las alarmas y su descripción se encuentran descritas en el apartado alarmas (Figura 15b), pudiéndose acceder a él pulsando el icono amarillo con el signo de interrogación en rojo, ubicado a la derecha del cartel de alarmas en el menú inicial.



Figura 15 Interfaz gráfica de: a) Alarmas señaladas en el menú inicial; b) Descripción y nomenclatura de alarmas.

2.4.1.1 Alumbrado Exterior.

La pantalla para la gestión al alumbrado exterior (Figura 16) nos posibilita dos modos de trabajo. El modo de trabajo manual nos permite el encendido y apagado del alumbrado mediante un interruptor virtual en pantalla. Por su parte, el modo por horas, nos da la posibilidad de establecer un rango horario en el cual las luces permanecerán encendidas.

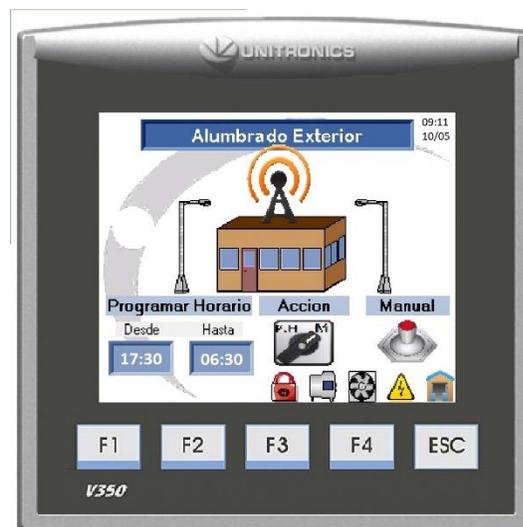


Figura 16 Pantalla para la gestión del alumbrado exterior.

La ubicación de los Sitios de Radio-Bases no atendidas, la frecuencia con la que son visitados y el criterio de los especialistas de Movitel expresado en la Tarea Técnica, descartan la posibilidad del empleo de un sensor de penumbra para el encendido y apagado automático del alumbrado, pues se afirma que el encarecimiento del Sistema de Control Inmótico en este aspecto no es necesario.

2.4.1.2 Clima.

La gestión del clima se caracteriza por permitir dos modos de trabajo. De forma manual, el encendido/apagado de los splits es realizado mediante interruptores en la pantalla. En el caso del Sitio de estudio, existe la presencia de dos *splits*, por lo que en la interfaz gráfica nos percataremos de la presencia de un interruptor para cada uno (Figura 17).

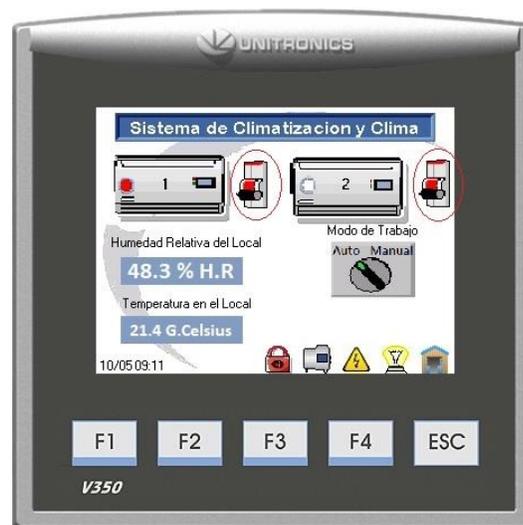


Figura 17 Interfaz gráfica para la gestión del sistema de climatización en modo manual.

El modo de trabajo automático le otorga el control del encendido-apagado del sistema de climatización al algoritmo desarrollado en el autómata. Una de las características de este algoritmo es la posibilidad de rotar las máquinas de refrigeración, o sea, posee la capacidad de identificar en que momentos no es necesario el empleo de toda la potencia de refrigeración y en base a ello, según la cantidad de horas entradas por pantalla por un operario (Figura 18), el funcionamiento de los *splits* se realiza en intervalos de tiempo por separado.

Los valores de la temperatura y la humedad relativa de la habitación son mostrados en la pantalla de gestión del objeto tecnológico Clima (Figura 18).

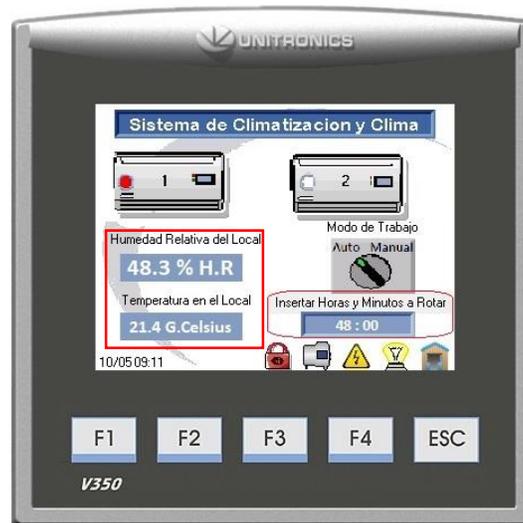


Figura 18 Interfaz gráfica para la gestión del sistema de climatización en modo automático.

Como protección ante el clima de nuestro país y bajo los estándares de temperatura de trabajo de la tecnología instalada en estos Sitios, una vez alcanzados los 24°C, se ejecuta un algoritmo de emergencia, el cual, sin importar el modo de trabajo seleccionado, emplea toda la capacidad de refrigeración instalada en el local.

La gestión del valor de la temperatura ajustada en los *splits* es propia de la tarjeta de control de estos dispositivos, pues se considera que fijando un valor de temperatura adecuado y habilitando o no, las máquinas de refrigeración, se garantizan los estándares de calidad deseados de la variable temperatura.

2.4.1.3 Seguridad del Local.

La instalación objetivo del Sistema de Control Inmótico posee características que fueron detectadas como las más vulnerables de acuerdo a los patrones de seguridad que se desean obtener. La tecnología de telefonía móvil es almacenada en un *rack*, el cual cuenta con una puerta y en ella un panel de vidrio que permite observar alarmas visuales propias de este sistema de comunicaciones.

La seguridad del local gestiona las alarmas que se puedan presentar por los sensores:

- Magnéticos para la apertura de la puerta del local y de la puerta del *rack*.
- Infra-rojos para detección de presencia.
- De hiper-frecuencia para la rotura del cristal del *rack*.

En la figura 19 se aprecia la interfaz gráfica destinada a ofrecer alertas visuales en caso de situaciones no deseadas dentro del local.



Figura 19 Pantalla destinada a las alarmas visuales de la seguridad del local.

2.4.1.4 Grupo Electrónico.

La fuente de alimentación eléctrica de los Sitios de Radio-Bases no atendidas es la Red Nacional de Distribución Eléctrica, en caso de fallo, mediante una transición auspiciada por un banco de baterías, el grupo electrógeno es el encargado de propiciar el suministro de energía eléctrica.

La pantalla de atención al grupo electrógeno (Figura 20) nos indica el estado en el que se encuentra. En el caso en que la energía del suministro nacional se vea afectada y el grupo electrógeno no comienza a funcionar se emiten alarmas de emergencia para garantizar que se tenga noción de ello.



Figura 20 Apartado gráfico destinado al estado del Grupo Electrónico.

2.4.1.5 Parámetros Eléctricos.

Una interfaz gráfica que muestre los valores de los principales parámetros de la red de alimentación eléctrica (Figura 21) es la encargada de dar a conocer estos valores a distancia. Cada parámetro es establecido dentro de un rango de trabajo, por lo que se emitirán alarmas si se alejan los valores del mínimo-máximo de este rango.



Figura 21 Pantalla de atención a valores de la red eléctrica.

2.4.1.6 Interfaz para Gráficos.

Con el objetivo de facilitar la visualización del comportamiento de algunas variables en el tiempo, se crean gráficos que contienen desde la lectura actual de la variable hasta un registro histórico almacenado en la memoria interna del autómata.

En la Figura 22 se puede apreciar el comportamiento de las variables Temperatura y Humedad Relativa. En el eje Y de la gráfica se ubica el rango de valores posibles de la variable separado en diez intervalos, mientras que el eje X encontramos la fecha y hora, fraccionado en igual número de intervalos.

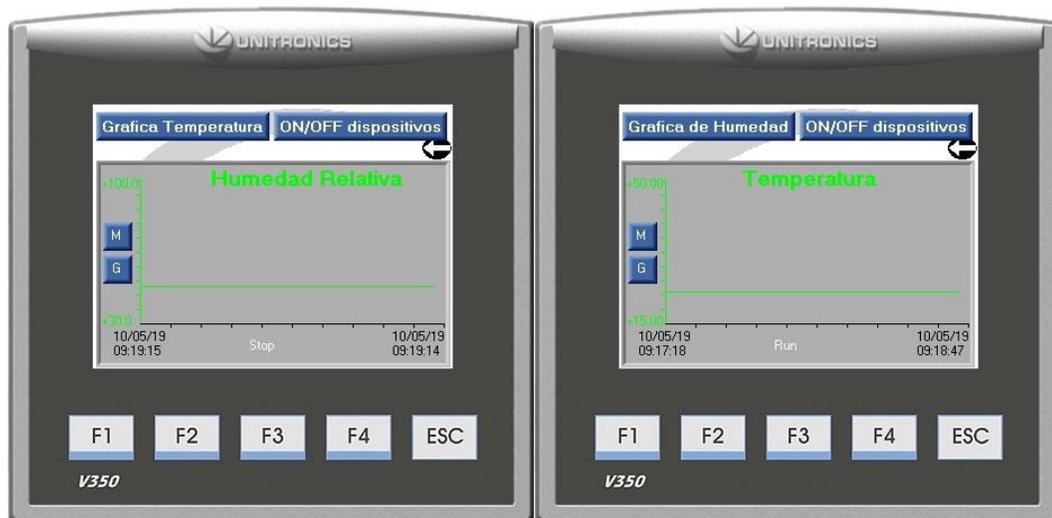


Figura 22 Gráficos de las variables temperatura y humedad relativas mostrados en la pantalla del PLC+HMI Unitronics V350.

Al igual que las variables analógicas anteriores en la Figura 23 se puede observar el estado (encendido-apagado) de los dispositivos de iluminación y climatización.

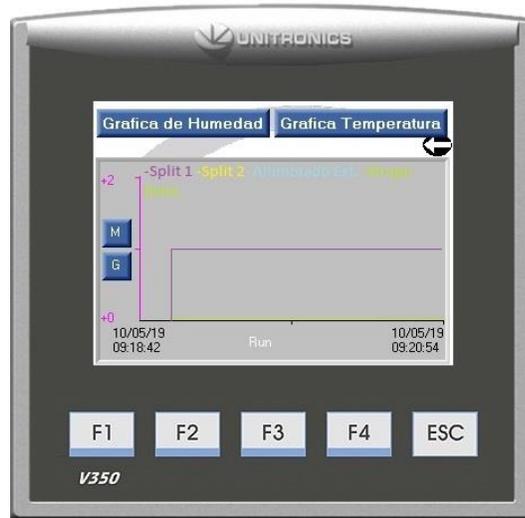


Figura 23 Estados de los dispositivos de alumbrado y climatización graficados en la pantalla del PLC+HMI Unitronics V350.

Interactuando con los botones emergentes en la parte centro-izquierda, en ambas gráficas, es posible acceder a datos históricos almacenados en la memoria del PLC.

2.4.2 Seguridad Informática.

La Seguridad Informática del Sistema de Control Inmótico diseñado cumple con lo establecido en la ley de seguridad informática de la República de Cuba. Está soportada básicamente en los siguientes aspectos:

- Seguridad que ofrece el PLC+HMI Unitronics V350.
- Seguridad de la conectividad ofrecida por el CPE.
- Seguridad de la red corporativa de MoviTel.

Las principales características de la seguridad ofrecida por el controlador, sumadas a los algoritmos de protección desarrollados, las particularidades de la conectividad ofrecida por el CPE y su configuración, además de las reglas establecidas para la autenticación en la red corporativa de MoviTel se encuentran detalladas en el **ANEXO 15**.

2.5 Conclusiones parciales del capítulo.

En este capítulo se evidenciaron las principales necesidades para la automatización que presentan los Sitios de Radio-Bases no atendidas de la empresa MoviTel, agrupadas por objetos tecnológicos y resaltando las principales variables de cada uno de ellos. Es presentada

la tecnología empleada para realizar una propuesta de diseño de un Sistema de Control Inmótico para la atención a las diferentes necesidades y la configuración de algunos dispositivos, la cual caracteriza este Sistema.

La estructura del Sistema de Control Inmótico fue mostrada desde un panorama global, para luego resaltar cada uno de los componentes que lo integran, su lugar en ella y su integración con el resto de los elementos.

El Sistema de Control Inmótico es detallado desde la visión de la gestión de cada uno de los objetos tecnológicos identificados en la Tarea Técnica, creando las bases necesarias para su validación mediante casos de estudios y el análisis comparativo entre ellos.

CAPÍTULO 3. Casos de estudio para la validación del Sistema de Control Inmótico.

En la presente sección ilustramos el resultado de la interacción con los elementos existentes en las pantallas de gestión de los distintos objetos tecnológicos. Con la ayuda de casos de estudios validamos el Sistema de Control Inmótico diseñado para minimizar las ineficiencias existentes en el control de la seguridad, funcionamiento y eficacia energética de los Sitios de Radio-Bases no atendidas de la Red 4G eLTE de Movitel. Un análisis económico y medioambiental, junto con algunas consideraciones finales, permite alcanzar la concepción fundamental del Sistema diseñado para arribar a las conclusiones finales de este proyecto.

3.1 Establecimiento de los Casos de Estudio.

Para la validación de un sistema de control inmótico se pueden utilizar diversas herramientas de acuerdo con el nivel de desarrollo del proyecto, su alcance y su nivel de implementación. Para la validación del Sistema de Control Inmótico desarrollado presentaremos seis Casos de Estudio (C. E) que permitirán comprobar la validez en el funcionamiento de este.

3.1.1 C. E 1: Validación del algoritmo de autenticación.

Caso de Estudio #1:

- Entrar al local y verificar que se muestre en la pantalla táctil del OPLC (*Operation Panel + PLC*) la interfaz destinada a la autenticación.
- Verificar que luego de transcurridos 20 segundos, sin haber introducido un código de autenticación correcto, se active la alarma sonora.
- Introducir un código de autenticación incorrecto, esperando que el Sistema de Control Inmótico continúe con las alarmas activas.

- Introducir repetidamente códigos de autenticación incorrectos, esperando que el Sistema de Control Inmótico continúe con las alarmas activas.
- Introducir un código de autenticación correcto, esperando que el Sistema de Control Inmótico desactive las alarmas y en la pantalla táctil del OPLC se muestre la interfaz destinada al menú inicial.
- Verificar que luego de transcurridos 3 minutos el Sistema de Control Inmótico pase de la pantalla que se encuentre activa a la de autenticación.
- Verificar que se active la alarma del local, al presionar el icono destinado para ello en la pantalla del menú inicial.

Para ejecutar las pruebas para la validación del algoritmo de autenticación se realizan las siguientes acciones:

1. Se entra al local, y se verificó que se muestra en la pantalla táctil del OPLC la interfaz destinada a la autenticación (Figura 24).
2. Se verificó que luego de transcurridos 20 segundos de la entrada al local, sin haber introducido un código de autenticación correcto, se activó la alarma sonora (Figura 24).
3. Se introdujo un código de autenticación incorrecto, comprobando que el Sistema de Control Inmótico continuó con las alarmas activas (Figura 24)
4. Se introducen repetidamente códigos de autenticación incorrectos, comprobando que el Sistema de Control Inmótico continuó con las alarmas activas (Figura 24).



Figura 24 Pantalla donde se muestra la interfaz de autenticación.

5. Se introdujo un código de autenticación correcto, comprobando que el Sistema de Control Inmótico desactivó las alarmas y en la pantalla táctil del OPLC se mostró la interfaz destinada al menú inicial (Figura 25).
6. Se verificó que luego de transcurridos 3 minutos el Sistema de Control Inmótico pasó de la pantalla activa a la pantalla de autenticación (Figura 24).



Figura 25 Interfaz Gráfica del Menú inicial.

7. Se verificó que, luego de haber presionado el icono destinado a la activación de la alarma en la pantalla del menú inicial, una vez entrado de nuevo al local y pasados 20 segundos se activaron las alarmas sonoras.

Al acceder al local, el algoritmo del OPLC que atiende el control de acceso, muestra la pantalla de autenticación, en la cual se debe ingresar un código personal en el plazo de 20 segundos después de abierta la puerta de la instalación, desactivando las alarmas sonoras instaladas. En caso de no conocer este código o clave personal de acceso, el algoritmo genera una alarma de intruso y no se podrá interactuar con los elementos que aparecen en las pantallas táctiles, al introducir el código o clave personal de acceso verdadero, permitirá que este algoritmo deshabilite la alarma y habilite las funciones que aparecen en la pantalla táctil.

Una vez autenticados en el Sistema de Control Inmótico la primera pantalla que veremos en la interfaz gráfica del PLC+HMI Unitronics V350 será el menú inicial. Desde esta, se puede tener acceso a las diferentes pantallas de gestión y atención los diferentes objetos tecnológicos. También visualmente se podrán recibir alertas de alarmas del Sistema y acceder a ellas.

Como protección una vez pasado un período de tiempo de tres minutos, será necesario volver a realizar el proceso de autenticación para la gestión táctil. La activación de la alarma sonora deberá realizarse de forma manual interactuando con el icono de un candado existente en la esquina inferior izquierda de la pantalla de menú inicial (Figura 25).

La seguridad proporcionada por el Sistema de Control Inmótico no solo lo abarca a él, sino a toda la instalación que lo hospeda. Este ofrece a la empresa MoviTel un sistema de alarmas, que no es capaz de evitar una situación anormal, pero sí es capaz de advertir de ella, cumpliendo así una función disuasoria frente a posibles problemas. Este Sistema de Control Inmótico en términos de seguridad, ofrece la capacidad de reducir el tiempo de ejecución de las acciones a tomar en función del problema presentado, reduciendo así numerosas pérdidas.

Al cumplimentar todas las acciones del C.E #1 pudimos comprobar que el 100% de las acciones ejecutadas por el Sistema de Control Inmótico como respuesta a eventos reales fueron las esperadas, satisfaciendo los requisitos de autenticación deseados.

3.1.2 C. E 2: Validación del algoritmo de gestión del Alumbrado Exterior.

El algoritmo de gestión del alumbrado exterior cuenta con dos modos de trabajo, en los cuales según acciones ejecutadas desde la interfaz gráfica del autómatas se realiza su explotación.

Caso de Estudio #2:

- Verificar que estando en el menú inicial al realizar acción táctil sobre el botón para acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Alumbrado Exterior, se acceda a ella, mostrando el último modo de trabajo configurado (Por Horas o Manual).
- Comprobar que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Alumbrado exterior, estando activo el modo de trabajo Por Horas, aparezca la botonera de introducción del intervalo horario de encendido.
- Comprobar que al realizar acción táctil sobre la botonera de introducción del intervalo horario de encendido se muestra la interfaz para el ajuste de los parámetros.
- Comprobar que al interactuar con el botón selector de modo de trabajo (Por Horas o Manual) se realice la operación de cambio de modo.

- Comprobar que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Alumbrado Exterior, estando activo el modo de trabajo Manual, aparezcan el interruptor de encendido/apagado de las luminarias.
- Comprobar que cuando se realiza una acción táctil sobre el interruptor, se ejecuta la acción contraria al estado actual del alumbrado.

Para la validación del objeto tecnológico Alumbrado Exterior se ejecutaron las siguientes operaciones.

1. Estando en el menú inicial se realizó una acción táctil sobre el botón para acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Alumbrado Exterior, verificándose que se accedió a ella, mostrando el último modo de trabajo configurado (Por Horas) (Figura 26).
2. Se comprobó que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Alumbrado exterior, estando activo el modo de trabajo Por Horas, apareció la botonera de introducción del intervalo horario de encendido (Figura 26).



Figura 26 Pantalla del Alumbrado Exterior donde se muestran las luces activas.

3. Se comprobó que al realizar acción táctil sobre la botonera de introducción del intervalo de tiempo de encendido se mostró la interfaz para el ajuste de los parámetros (Figura 27).



Figura 27 Pantalla para ingresar el intervalo de horas en el modo Por Horas.

4. Se comprobó que al interactuar con el botón selector de modo de trabajo (Por Horas o Manual) se realizó la operación de cambio de Por Horas a Manual y viceversa.
5. Se comprobó que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Alumbrado Exterior, estando activo el modo de trabajo Manual, apareció el interruptor de encendido/apagado correspondiente a las luminarias (Figura 28).



Figura 28 Pantalla del Alumbrado exterior donde está activado el modo manual y las luces apagadas.

6. Se comprobó que cuando se realiza una acción táctil sobre el interruptor de encendido/apagado correspondiente a las luminarias, se ejecutó la acción contraria al estado actual que presentaban (Encendido/Apagado).

Al ingresar a la interfaz gráfica para la atención al objeto tecnológico Alumbrado Exterior se evidenció que este se encontraba trabajando en modo Por Horas, en el cual una vez introducido por pantalla un intervalo horario que contenga la ahora actual, las luces automáticamente se encenderán. Este modo es el recomendado, ya que se caracteriza por evitar la acción humana incorrecta y por consiguiente el ahorro de energía. Debido a que las pruebas para la validación se ejecutaron de día al encender las luces en el menú inicial en el apartado de alarmas se activó la 101 (Figura 29), indicando que las luces se encontraban encendidas de día, situación indeseable por el consumo indebido de energía eléctrica y por las horas de funcionamiento innecesario del sistema de alumbrado, provocando esto a corto y largo plazo pérdidas económicas. De igual forma si en la noche las luces exteriores se encuentran apagadas el Sistema mostrará la alarma 102, considerando las disímiles situaciones adversas que pueden acontecerse.



Figura 29 Menú inicial y panel de alarmas con incidencias en los objetos tecnológicos 1,4,5.

Establecido el modo de trabajo Manual, la interfaz gráfica se adapta para prestar las configuraciones posibles para ese modo, ocultando las del modo de trabajo Por Horas. De igual forma si las luces son activadas de día o apagadas de noche se reflejará en el panel de alarmas.

Los valores de las entradas en el software del OPLC una vez realizadas las operaciones anteriores se encuentran reflejadas en la figura 30.

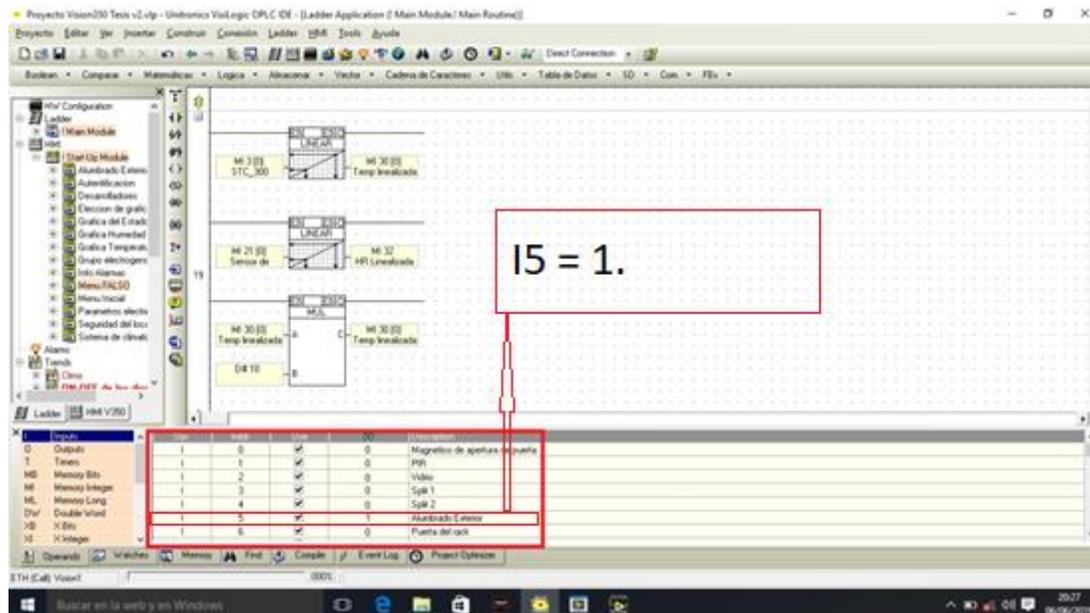


Figura 30 Interfaz gráfica del software Visilogic donde se evidencian los valores de las entradas.

Completadas las acciones del C.E #2 quedó demostrado que ante el 100% de estas acciones la respuesta del Sistema de Control Inmótico ante eventos reales fue la requerida.

El alumbrado exterior del Sitio de la Radio-Base no atendida utilizada en los casos de estudio posee una potencia de 1600 W. Al emplear el modo de trabajo Por Horas, eliminado la acción humana sobre el encendido/apagado de este, se puede lograr la planificación de consumo deseado para el objeto tecnológico. Por ejemplo: el empleo de este sistema de alumbrado en el intervalo de horas comprendido entre las 19.30 y las 6.30 horas, limita el encendido de las luminarias a 11 horas diarias, lo que según cálculos equivale a 528 kWh al mes. Por otra parte, cada hora de encendido de las luces en un momento en el que no es necesario representa un número considerable de kilowatts/horas. Teniendo en cuenta que el Sistema está instalado en un Sitio de Radio-Base no atendida, de localización remota y sin supervisión, el control de encendido/apagados de las luces exteriores brinda un aumento de la eficacia energética, ya que mantener el alumbrado encendido las 24 horas del día representa 1152 kWh al mes, representando un ahorro energético del 54,2% para este objeto tecnológico. En contraposición a ello, si el alumbrado exterior permaneciera apagado, se expondría a una

serie de vulnerabilidades a la instalación, trayendo consigo repercusiones, las cuales pueden representar costos significativos.

3.1.3 C. E 3: Validación del algoritmo de gestión del Sistema de Climatización.

Caso de Estudio #3:

- Verificar que estando en el menú inicial al realizar acción táctil sobre el botón para acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Clima, se acceda a ella, mostrando el último modo de trabajo configurado (Automático o Manual).
- Comprobar que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Clima, estando activo el modo de trabajo Automático, aparezca la botonera de introducción del horario de rotación.
- Comprobar que al realizar acción táctil sobre la botonera de introducción del tiempo de rotación se muestra la interfaz para el ajuste de los parámetros.
- Comprobar que al interactuar con el botón selector de modo de trabajo (Automático o Manual) se realice la operación de cambio de modo.
- Comprobar que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Clima, estando activo el modo de trabajo Manual, aparezcan los interruptores de encendido/apagado correspondiente a cada *split*.
- Comprobar que cuando se realiza una acción táctil sobre el interruptor del *split* 1, se ejecuta la acción contraria al estado actual del equipo (Encendido/Apagado).
- Comprobar que cuando se realiza una acción táctil sobre el interruptor del *split* 2, se ejecuta la acción contraria al estado actual del equipo (Encendido/Apagado).
- Comprobar que la indicación de la temperatura del local sea la correcta.
- Comprobar que la indicación de la humedad relativa del local sea la correcta.

La gestión del sistema de climatización se caracteriza por sus modos de trabajo manual y automático, aunque en condiciones establecidas un algoritmo de emergencia es el encargado de gestionar la climatización del local.

Las acciones realizadas para validar la gestión del sistema de climatización fueron:

1. Estando en el menú inicial se realizó una acción táctil sobre el botón para acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Clima, verificándose que se accedió a ella, mostrando el último modo de trabajo configurado (Automático) (Figura 31).
2. Se comprobó que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Clima, estando activo el modo de trabajo Automático, apareció la botonera de introducción del horario de rotación (Figura 31).



Figura 31 Pantalla del Clima con el modo Automático activado.

3. Se comprobó que al realizar acción táctil sobre la botonera de introducción del tiempo de rotación se mostró la interfaz para el ajuste de los parámetros (Figura 32).



Figura 32 Pantalla para ingresar la cantidad de horas para la rotación.

4. Se comprobó que al interactuar con el botón selector de modo de trabajo (Automático o Manual) se realizó la operación de cambio de Automático a Manual y viceversa.
5. Se comprobó que al acceder a la pantalla de gestión del objeto tecnológico Clima, estando activo el modo de trabajo Manual, aparecieron los interruptores de encendido/apagado correspondiente a cada *split* (Figura 33).



Figura 33 Pantalla de atención al clima en modo Manual con ambos splits encendidos.

6. Se comprobó que cuando se realiza una acción táctil sobre el interruptor del *split* 1, se ejecutó la acción contraria al estado actual del equipo (Encendido/Apagado).
7. Se comprobó que cuando se realiza una acción táctil sobre el interruptor del *split* 2, se ejecutó la acción contraria al estado actual del equipo (Encendido/Apagado).
8. Se comprobó mediante el empleo de un termómetro patrón que la indicación en la pantalla táctil del OPLC, de la temperatura en el local fue la correcta.
9. Se comprobó mediante el empleo de un medidor patrón de humedad que la indicación en la pantalla táctil del OPLC, de la humedad relativa en el local fue la correcta.

Al ingresar a la interfaz de atención al sistema de climatización y a las variables de temperatura y humedad del interior del local, el Sistema de Control Inmótico se hallaba trabajando en modo Automático, siendo esta la opción recomendable para el óptimo funcionamiento, debido que al eliminar la acción humana, el consumo eléctrico y las horas de explotación de las maquinarias de climatización se ven reducidas y pueden ser planificadas, es por ello que la alerta 514 que aparece en el menú inicial corresponde la desactivación de este modo de trabajo (Figura 34).

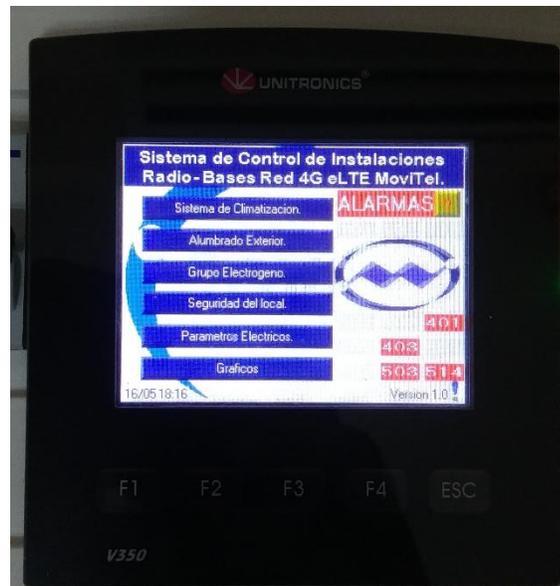


Figura 34 Menú inicial con alarmas 401, 403, 503, 514.

Sin importar el modo de trabajo, siempre que se exceda el límite de 26°C el Sistema de Control Inmótico automáticamente empleará la máxima potencia de refrigeración instalada y no dejará interactuar con su interfaz gráfica. El algoritmo para la gestión de la temperatura está orientado para mantener en el local esta variable en el rango de 22°C a 26°C, considerando el valor de 24°C como ideal.

Al cambiar el modo de trabajo a Manual, la pantalla sufrió transformaciones para adaptarse a las características de las posibles acciones de este modo, pudiéndose realizar el encendido/apagado manual de las máquinas de refrigeración desde los interruptores en pantalla.

Realizadas las acciones del C.E #3 se pudo constatar que el Sistema de Control Inmótico respondía adecuadamente ante cambios reales en su objeto tecnológico Clima, quedando evidenciado su correcto funcionamiento.

El consumo mensual del sistema de climatización instalado en los Sitios de Radio-Bases no atendidas, que poseen dos *splits* con una capacidad total de tres toneladas de refrigeración, ronda los 2819.52 kWh. El algoritmo del modo automático del Sistema de Control Inmótico posibilita establecer el funcionamiento de cada uno de los equipos de refrigeración al momento acorde, considerando las condiciones climáticas presentes en cada momento. Una vez establecido el tiempo de rotación de los equipos de climatización el Sistema es capaz de

administrarlos, de forma tal que el empleo de ambos solo sería en casos donde la temperatura del local alcance valores no deseados. La eficacia energética es potenciada en un gran nivel, por ejemplo: al habilitar el modo de trabajo automático con 48 horas de rotación el consumo disminuye hasta 1644.72 kWh, representando una disminución del 41.7% del consumo mensual del sistema de climatización.

3.1.4 C. E 4: Validación del algoritmo de atención a la seguridad del local ante intrusión forzada.

La interfaz gráfica de atención a la seguridad del local (Figura 35) contempla alarmas visuales ante la apertura forzada del local o del *rack* que contiene el sistema de comunicaciones móviles, detección de movimiento dentro de la habitación y rotura del vidrio del *rack*.



Figura 35 Pantalla de atención a la seguridad con todas las alertas apagadas.

Caso de Estudio #4:

- Comprobar que al abrir la puerta principal del local cambie el estado del icono que lo representa en la pantalla táctil del OPLC.
- Comprobar que al caminar dentro del local y ser detectado por el sensor de movimiento cambie el estado del icono que lo representa en la pantalla táctil del OPLC.
- Comprobar que al abrir la puerta del *rack* cambie el estado del icono que lo representa en la pantalla táctil del OPLC.

Para la validación de la atención a la Seguridad del Local se realizaron acciones encaminadas a probar cada uno de los sensores de este objeto tecnológico:

1. Se comprobó que al abrir la puerta principal del local cambió el estado del icono que lo representa en la pantalla táctil del OPLC (Figura 36).



Figura 36 Pantalla de atención a la seguridad con la puerta principal abierta.

2. Se comprobó que al caminar dentro del local y ser detectado por el sensor de movimiento cambió el estado del icono que lo representa en la pantalla táctil del OPLC (Figura 37).



Figura 37 Pantalla de atención a la seguridad con todas las alertas apagadas.

3. Se comprobó que al abrir la puerta del rack cambió el estado del icono que lo representa en la pantalla táctil del OPLC (Figura 38).



Figura 38 Pantalla de atención a la seguridad con la puerta principal abierta.

Al abrir la puerta principal de la instalación, una vez pasados 20 segundos se activa la alarma sonora y se bloquea la interfaz gráfica. Las acciones anteriores fueron realizadas una vez autenticados, por lo que en la interfaz gráfica para la atención a la seguridad del local se pudieron apreciar las alarmas visuales pertinentes. En el menú inicial también se reflejan alarmas que indican el estado de peligro del local (Figura 39).

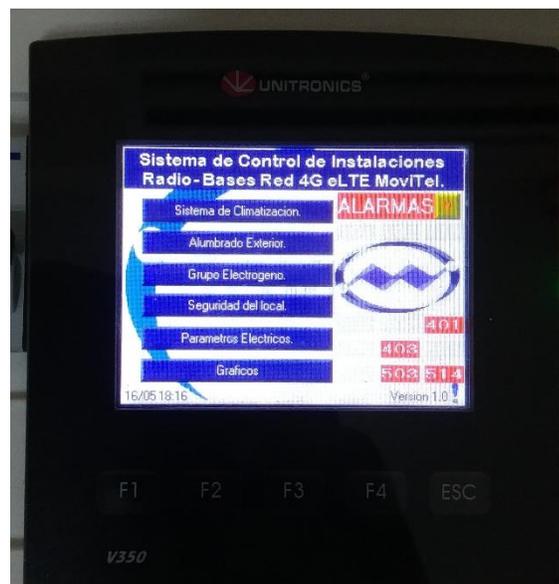


Figura 39 Menú inicial con alarmas 401, 403, 503, 514.

Las acciones anteriores del C.E #4 muestran cómo responde el Sistema de Control Inmótico ante las situaciones que comprometen su seguridad ante intrusión forzada, evidenciándose que su respuesta fue contundente contra el 100% de las pruebas reales realizadas.

Los Sitios de Radio-bases no atendidas almacenan tecnologías para las cuales el país ha llevado a cabo un gran proceso de inversión debido al alto precio que poseen en el mercado internacional. Los intentos de quebrantamiento de la seguridad de estos locales, el contacto por individuos no autorizados o incluso situaciones como el olvido del cierre de la puerta de acceso, son escenarios que traen consigo graves consecuencias y pueden ser monitoreados a distancia a través del empleo de este Sistema de Control Inmótico. En estas instalaciones existen equipos de cómputo, telefonía móvil, climatización, iluminación, entre otros, los cuales deben ser protegidos de mentes inescrupulosas; de igual forma, garantizar que no sea saboteado el correcto funcionamiento del servicio brindado, representan labores fundamentales del apartado seguridad de este Sistema de Control Inmótico.

3.1.5 C. E 5: Validación del algoritmo de atención a los parámetros eléctricos.

Caso de Estudio #5:

- Comprobar que cuando se realiza en el modo Manual de operación del objeto tecnológico Clima, una acción táctil sobre el interruptor del *split* 1, encendiéndolo, se muestra en la pantalla el consumo equivalente a la carga que representa ese *split*.
- Comprobar que cuando se realiza en el modo Manual de operación del objeto tecnológico Clima, una acción táctil sobre el interruptor del *split* 2 y se encuentran ambos splits en funcionamiento, se muestra en la pantalla el consumo equivalente a la carga que representa la suma de ambos *splits*.

Para demostrar el correcto funcionamiento de este algoritmo se realizaron las siguientes pruebas:

1. Se comprobó que cuando se realiza en el modo Manual de operación del objeto tecnológico Clima, una acción táctil sobre el interruptor del *split* 1, encendiéndolo, se muestra en la pantalla el consumo equivalente a la carga que representa ese *split*.

2. Se comprobó que cuando se realiza en el modo Manual de operación del objeto tecnológico Clima, una acción táctil sobre el interruptor del *split* 2 y se encuentran ambos *splits* en funcionamiento, se muestra en la pantalla el consumo equivalente a la carga que representa la suma de ambos *splits* (Figura 40).



Figura 40 Pantalla de atención a los parámetros eléctricos mostrando datos cuando están activos los dos splits.

El analizador de redes WM14-DIN-A, junto con algoritmos implementados en el OPLC, generan un sistema de alarmas para la atención a los parámetros de la red de alimentación. En el panel de alarmas del Menú inicial se reflejan las más importantes, como por ejemplo subida o bajada de tensión o pérdida de fases.

Las diferentes acciones ejecutadas en el C.E #5 demostraron que el Sistema de Control Inmótico respondió perfectamente al 100% de las pruebas realizadas, brindando el desempeño esperado.

Las alarmas pertenecientes al objeto tecnológico Parámetros Eléctricos son de vital importancia para el funcionamiento de toda la instalación, incluyendo tanto el perfecto estado de cada uno de los dispositivos de los objetos tecnológicos, como el sistema de telefonía móvil y el Sistema de Control Inmótico. La protección ante subidas y bajadas de la tensión eléctrica garantiza conservar el óptimo estado de cada uno de los componentes conectados a la red eléctrica. Al igual que las subidas y bajadas de tensión eléctrica, la ausencia de fases eléctricas o el desbalance entre ellas podría traer situaciones indeseables para la instalación. Por ello, la seguridad de la línea eléctrica es establecida sobre la necesidad de contar con los

parámetros eléctricos adecuados para el perfecto funcionamiento de la tecnología instalada, teniendo la posibilidad de intercambiar la fuente de energía entre la red eléctrica nacional y la capacidad generadora de un grupo electrógeno. Este objeto tecnológico, encargado de los parámetros eléctricos, cuenta con la potencialidad de ofrecer el consumo en kWh, permitiendo monitorear a distancia el consumo del local.

3.1.6 C. E 6: Validación del algoritmo de atención al Grupo Electrónico.

Caso de Estudio #6:

- Verificar que al desactivar el interruptor totalizador del Sitio de la Radio-Base no atendida y arrancar el grupo electrógeno, se active el icono que representa el estado de este dispositivo en la pantalla táctil del OPLC.
- Verificar que al activar el interruptor totalizador del Sitio de la Radio-Base no atendida y apagarse el grupo electrógeno, se desactive el icono que representa el estado de este dispositivo en la pantalla táctil del OPLC.

Para la validación de la gestión de este objeto tecnológico se emprendieron las siguientes acciones:

- Se verificó que al desactivar el interruptor totalizador del Sitio de la Radio-Base no atendida y arrancar el grupo electrógeno, se activó el icono que representa el estado de este dispositivo en la pantalla táctil del OPLC (Figura 41).



Figura 41 Pantalla de estado encendido del grupo electrógeno.

- Se verificó que al activar el interruptor totalizador del Sitio de la Radio-Base no atendida y apagarse el grupo electrógeno, se desactivó el icono que representa el estado de este dispositivo en la pantalla táctil del OPLC (Figura 42).



Figura 42 Pantalla de estado apagado del grupo electrógeno.

El estado del grupo electrógeno posibilita conocer la fuente de alimentación de la instalación, tomando medidas preventivas sobre la ausencia prolongada del servicio eléctrico nacional, en relación con la capacidad de generación y las reservas de combustibles existentes. El encendido/apagado del grupo electrógeno representa una variable de gran importancia, ya que, su perfecto funcionamiento garantiza que el abasto de energía eléctrica no se vea afectado ante circunstancias imprevistas, trayendo consigo invaluable daños, surgimiento de vulnerabilidades en la seguridad y la pérdida del servicio de telefonía móvil.

Luego de realizar las acciones del C.E #6 se pudo constatar que la gestión del objeto tecnológico Grupo Electrónico responde eficazmente al 100% de las pruebas de eventos reales realizados.

3.2 Análisis económico – medioambiental.

Haciendo una conversión del ahorro energético obtenido en el control de 24 horas del alumbrado exterior de 624,384 kWh, si el precio del kWh es de 0.13 CUC, se puede obtener un ahorro bruto de 81,17 CUC en 24 horas. De igual manera, el ahorro energético obtenido en el control del clima en 48 horas es de 1175,74 kWh, manteniendo el precio del kWh en 0.13CUC, podemos tener un ahorro de 152,85 CUC en 48 horas. En base al ahorro posible a conseguir con la atención a estos dos objetos tecnológicos se pudiera decir que:

- Se puede ahorrar diariamente aproximadamente 157,595 CUC.
- Se puede ahorrar mensualmente aproximadamente 4 727,85 CUC.
- Se puede ahorrar anualmente aproximadamente 56 734,2 CUC.

Otro aspecto económico a tener en cuenta está relacionado con la utilización de *softwares* libres para la programación del SCADA del Sistema de Control Inmótico, que si se hubiera concebido con la utilización de un SCADA convencional como el MOVICOM 11.4 que comercializa COPEXTEL, se hubiera tenido que comprar una LICENCIA por cada PC donde se quisiera ver u operar el Sistema de Control Inmótico, por el valor de 3000.00 USD.

Además de las valoraciones económicas expuestas durante la explicación de cada Caso de Estudio, es importante que se reconozca el impacto medioambiental, pues el ahorro de cientos de kWh no solo es ahorro en dinero, sino también cientos de toneladas de dióxido de carbono que se dejan de expulsar a la atmósfera por la quema del combustible equivalente a la generación de esta cantidad de energía si esta fuese consumida. También la reducción del consumo de energía eléctrica está estrechamente vinculada con la compra de petróleo, el cual alcanza elevados precios en el mercado internacional. Además, con el empleo eficiente del alumbrado se deja de afectar el entorno natural en los Sitios de las Radio-Bases no atendidas, así como con el efecto del Sistema de Control Inmótico sobre los *splits*, ayudando a flexibilizar la acción de un considerable número de decibels en el entorno sonoro.

3.3 Conclusiones del capítulo.

En este capítulo se llevó a cabo la validación del Sistema de Control Inmótico diseñado a partir de las tecnologías y arquitectura propuestas en el Capítulo 2, su efectividad quedó demostrada debido a que:

- El Sistema de Control Inmótico respondió adecuadamente al 100% de las pruebas reales ejecutadas en el C.E #1 para la validación del algoritmo de autenticación.
- El Sistema de Control Inmótico respondió adecuadamente al 100% de las pruebas reales ejecutadas en el C.E #2 para la validación del Alumbrado Exterior.
- El Sistema de Control Inmótico respondió adecuadamente al 100% de las pruebas reales ejecutadas en el C.E #3 para la validación de la gestión del Sistema de Climatización.

- El Sistema de Control Inmótico respondió adecuadamente al 100% de las pruebas reales ejecutadas en el C.E #4 para la validación de la interfaz gráfica propuesta para las alarmas visuales de la Seguridad del Local.
- El Sistema de Control Inmótico respondió adecuadamente al 100% de las pruebas reales ejecutadas en el C.E #5 para la validación del algoritmo de comunicación ModBus entre el PLC y el analizador de redes y de la interfaz gráfica para los Parámetros eléctricos.
- El Sistema de Control Inmótico respondió adecuadamente al 100% de las pruebas reales ejecutadas en el C.E #6 para la validación de la interfaz gráfica propuesta para el estado del Grupo Electrónico.

Con el Sistema de Control Inmótico en funcionamiento se contribuye a la disminución de las ineficiencias detectadas en los objetos tecnológicos. La eficacia energética sale a relucir debido a que la gran mayoría de las acciones de este Sistema de Control Inmótico van orientadas a ello, convirtiéndolo en un sistema sostenible y con una gran potencialidad para suplir este tipo de vicisitudes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. A partir de tecnologías de hardware y software libre (VisiLogic) que presenta Unitronics, fue factible realizar el diseño de un Sistema de Control Inmótico para contribuir a disminuir las ineficiencias en la seguridad, funcionamiento y eficacia energética existentes en los Sitios de Radio-Bases no atendidas de la empresa Movitel.
2. La integración de los elementos de *hardware* y *software* utilizados en este proyecto, mediante la cual se posibilitó el proceso de monitoreo y control a distancia de los Sitios de Radio-Bases no atendidas de Movitel S.A, a través del soporte de comunicación ofrecido por la Red 4G eLTE, funcionó de forma exitosa.
3. El Sistema de Control Inmótico diseñado contribuye a la disminución de las ineficiencias detectadas en cada uno de los objetos tecnológicos de la Tarea Técnica presentada por Movitel, haciendo énfasis en las mejoras para la optimización energética de la instalación.
4. El Sistema de Control Inmótico responde adecuadamente al 100% de las pruebas reales planificadas para cada uno de los Casos de Estudios.

Recomendaciones

1. Proponer a la Dirección Nacional de la empresa Movitel, desplegar por todas los Sitios de Radio-Bases no atendidas, este Sistema de Control Inmótico.
2. Proponer a la Dirección Nacional de la empresa Movitel, Implementar un SCADA Convencional sobre Computadoras Personales que permita almacenar en históricos grandes volúmenes de información y desde el cual, como un nivel superior de supervisión y control, se pueda ejercer el monitoreo y control a distancia de todos los

Sitios de Radio-Bases no atendidas que cuenten con este Sistema de Control Inmótico en todo el país.

3. Continuar con el desarrollo y optimización de este Sistema, utilizando su flexibilidad para ser adaptado a múltiples tipos de instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, P. (2016). "Sistemas de control automático." El ABC de la automatización.
- AG, S. (2008). GAMMA Building Management Systems. ET G1 - 2009/2010. S. AG.
- Bernis, L. L. (2019). "Servidores web." from www.lorenabernis.com.ar.
- BTICINO (2019). My Home. BTICINO.
- Colina, M. A. F. d. I. (2014). "Hacia una definición de la domótica ": 7.
- Contact, P. (2015). Fuentes de alimentación UNO POWER funcionalidad básica y diseño compacto.
- Cupuerán Pozo, M. A. and J. R. Ortiz Benavides (2016). Diseño e implementación del sistema inmótico en el edificio de educación técnica de la Universidad Técnica del Norte.
- Dixell (2011). Sonda de Humedad Relativa XH10P-XH15P. G. Disco.
- DOMODESK. (2012). "A Fondo: Inmótica."
- DSC (2017). Acuity™ AC-100.
- Electric, S. (2013). STC300.
- Electric, S. (2016). SmartStruxure™ Lite solution and Wireless Devices for SmartStruxure™ Solution. S. Electric.
- Electric, S. (2019). RXM4AB2P7.
- Gavazzi, C. (2019). AC Current Transformer Type CTD-1X.
- Gavazzi, C. (2019). WM14/DIN A/WM1496 A User Manual.
- Gómez, J. (2009). Diseño de un control de temperatura con plc y sistema de supervisión scada vía ethernet. Revista Politécnica. Medellín, Colombia. **9**: 6.
- Guerra, I. A. C. (2015). "Evolución Histórica de los Sistemas de Control." 23.
- Hernández, S. (2012). "Automatización o control: La percepción de los usuarios de edificios de oficinas inmóticos." Hábitat Sustentable: 45-58.
- Herrera Quintero, L. F. (2005). Viendas Inteligentes (Domótica). Ingeniería e Investigación. Bogotá, Colombia. **25**: 6.

- Holguín, A. J. F. T. (2012). "La inmótica en un planteamiento para la aplicación de la tecnología en un entorno físico arquitectónico y urbanístico para potencializar la inclusión en campos educativos." 46.
- Honeywell (2017). Magnetic Contacts.
- Huawei. (2019). "Huawei 4G eLTE.", from http://www.mbendi.com/a_sndmsg/news_view.asp?I=138455&PG=295.
- Hurtado, C. P. A. M. (2005). Sistemas de Supervisión Y Control Automático en la Industria De Procesos. Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Ingeniería.
- ICTEA. (2019). "¿Qué es la telefonía móvil 4G?", from www.ictea.com.
- Jara Maldonado, P. A. (2015). Estudio y diseño de un sistema inmótico para seguridad, comunicación y confort, utilizando el protocolo KNX para el edificio Torre Piamonte ubicado en el sector de Totoracocha de la ciudad de Cuenca.
- Jáuregui, J. A. (2015). Sistema Automatizado para Gestión y Supervisión de Presurización en ETECSA. Máster Universidad Máximo Gómez Báez de Ciego de Ávila.
- Javier Muñoz, J. F., Vicente Palechano, Oscar Pastor (2016). "Hacia el Modelado Conceptual de Sistemas Domóticos.": 10.
- Jiménez, R. A. R. (2011). Diseño de un sistema domótico para control de iluminación y monitoreo de consumo eléctrico. Diseñador Industrial, Universidad Industrial de Santander.
- José Ricardo Núñez Álvarez, I. F. B. P., Danilo Mariano Carbonell Mestre (2018). "Tools for the design of an inmotoc system in the residential block of a five star plus hotel." Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications **04**: 10.
- Mahindra, T. (2014). Tower Remote Monitoring Solution. T. Mahindra, Tech Mahindra Group.
- MoviTel. (2019). "MoviTel." from www.movitel.co.cu.
- OPTEX (2018). Passive Infrared Detectors.
- Querol, O. (2016). "Estudio de mercado Sector de la Domótica e Inmótica." 12.
- Recuero, A. (2009). "Estado actual y perspectivas de la Domótica." **50**.
- Suanzes, A. G. (2015). "La inmótica como garantía de una infraestructura eficiente." Dínamo técnica: revista gallega de energía(16): 22-23.
- Unitronics (2015). Vision™ OPLC™ V350-35-TR20.
- Unitronics. (2019). "Acerca de Unitronics." from www.unitronics.com/about.
- UTRANSCOM (2018). Sites Power and Enviroment Monitoring Solution. U. USMS.

ANEXOS

ANEXO 1: Detalles del sistema "Tower Remote Monitoring Solution".

Beneficios de la propuesta realizada a través del sistema "Tower Remote Monitoring Solution":

- Ahorro de energía eléctrica de 10 a 12%.
- Tecnología innovadora.
- Operaciones de control y configuración remotas.
- Mantener la productividad disminuyendo los costos.
- Supervisión de activos en la red en tiempo real e identificación de problemas preventivamente.

Al controlar la iluminación, la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado, se puede lograr un ahorro de energía del 8% al 20%. También se puede obtener un ahorro adicional del 15% al 25% si se instala un sistema de "free cooling". En la Figura 43 se pueden apreciar los gastos típicos que ocurren en instalaciones que prestan servicio de telefonía móvil (Mahindra 2014).

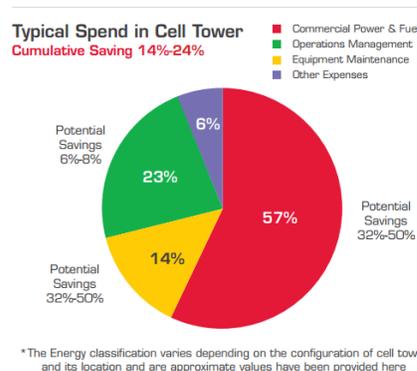


Figura 43 Gastos típicos en torres de celulares.

La arquitectura de este sistema se describe de manera visual en la Figura 44:

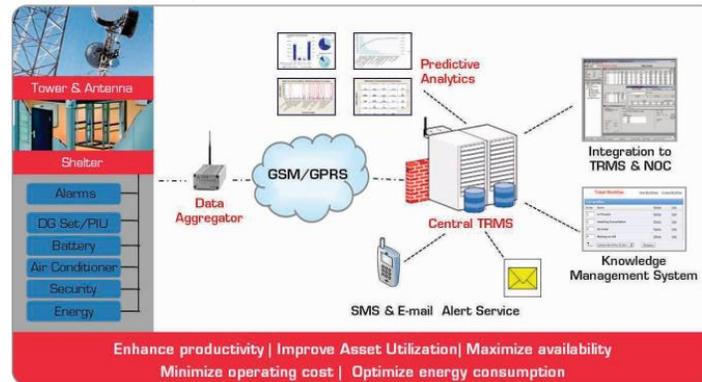


Figura 44 Arquitectura del sistema de TECH MAHINDRA.

Para la concepción de este diseño se emplearon diferentes sensores/transductores, en la Figura 45 se hace mención visual de alguno de ellos (Mahindra 2014).



Figura 45 Sensores transductores de temperatura y combustible, medidor de energía, manejo de acceso al local y operadores remotos de ON/OFF utilizados en la implementación de TECH MAHINDRA.

ANEXO 2: Detalles del sistema SPEMS

La Figura 46 relaciona las diferentes variables que son controladas en el sistema ofrecido por UTRANSCOM.

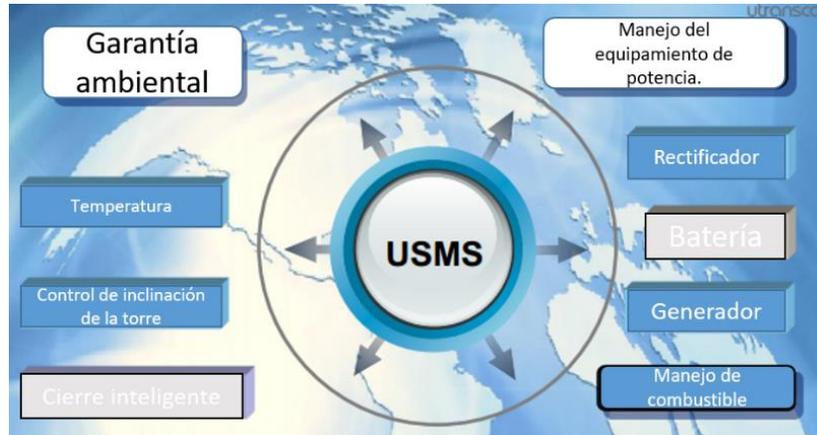


Figura 46 Objeto de las mediciones del sistema de UTRANSCOM.

El centro de supervisión posee la arquitectura que se muestra en la Figura 47:



Figura 47 Características del centro de supervisión.

La interfaz para el cliente (SCADA) contiene tanto el control de las diferentes variables, como el manejo de alarmas de todo el sistema. A continuación, en la Figura 48 se aprecia esta interfaz con alguna de sus funcionalidades (UTRANSCOM 2018).



Figura 48 Interfaz del SCADA del sistema UTRANSCOM.

ANEXO 3: Especificaciones Técnicas Unitronics V350-TR-20.**Especificaciones Técnicas:**

- **Entradas:**
 - Digitales: 12(HSC (Contador de alta velocidad) /Shaft-Encoder: 3).
 - Analógicas: 2 (10-bit, 0-10V, 0-20mA, 4-20mA).
- **Salidas:**
 - Digitales: 6 relé (Salidas de alta velocidad/PWM: 2 npn, (2 PTO) 200 kHz máx.)
 - Analógicas: Ninguna.
- **Programa:**
 - Memoria de aplicaciones:
 - ..1 Aplicaciones lógicas: 1 MB.
 - ..2 Imágenes: 6 MB.
 - ..3 Fuentes: 512 KB.
 - Operandos de memoria: 8192 bobinas, 4096 registros, 512 enteros largos (32-bits),256 palabras dobles (32-bits sin signo), 64 flotantes, 384 temporizadores, 32 contadores.
- **Tarjeta SD:**
 - Almacenamiento de registros, historial de alarmas y tablas de datos.
 - Capacidad de exportación de datos a Excel.
 - Respaldo de la programación, tanto del PLC como la del HMI.
- **Panel del operador:**
 - Tipo y colores:
 - TFT (Transmisor de película fina).
 - 65 536 colores.
 - Resolución de 16 bit.
 - Brillo ajustable mediante software o a través de la pantalla táctil.
 - Pantalla:
 - Resolución: 320 x 240 píxeles.
 - Tamaño: 3.5 pulgadas.

- Táctil: Resistivo, analógico.
- Botones: 5 botones programables.
- **Generales:**
 - Suministro de energía: 24VCC.
 - Batería: Batería de respaldo para todas las secciones de memoria con durabilidad de 7 años.
 - Reloj: Funciones de reloj en tiempo real (fecha y hora).
- **Comunicación:**
 - Ethernet TCP/IP.
 - Web server: Permite confeccionar páginas HTML sobre él, o diseñar páginas complejas para ver y editar los datos del PLC vía Internet.
 - Envío de correo electrónico.
 - Servicio de mensajería SMS.
 - Utilidades de acceso remoto.
 - Soporta los protocolos MODBUS y CANbus.
 - Puertos: RS232/485 (Unitronics 2015).

ANEXO 4: Configuraciones de Unitronics V350-TR-20.

- **Configuración física en el hardware de las entradas:**

Mediante el uso de saltadores (*jumpers*), ubicados físicamente en el PLC como se muestra en la figura 49, quedaron configuradas las entradas con las siguientes características:

1. Todas las entradas son de lógica positiva (saltador(*jumper*) 1).
2. Las últimas dos entradas (I10, I11) fueron establecidas para señales analógicas (Saltadores(*jumpers*) 5 y 6).
3. Las señales analógicas en las entradas analógicas (AN0, AN1) deberán ser señales de corriente (Saltadores(*jumpers*) 3 y 4) (Unitronics 2015).

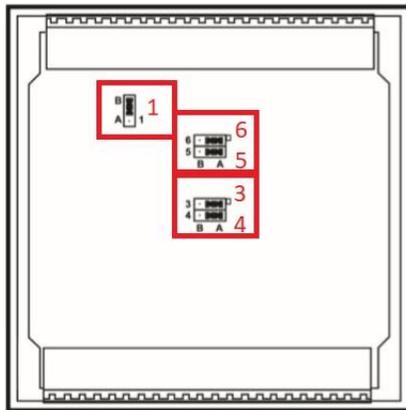


Figura 49 Distribución de los saltador(*jumper*)es una vez retirados los plásticos del PLC.

- **Configuración física en el hardware de la comunicación vía protocolo ModBus:**

El PLC+HMI Unitronics V350 posee la capacidad de comunicación serial mediante los estándares RS-232 y RS-485. En el diseño de este Sistema de Control Inmótico se empleó el estándar RS-485, debido a que los dispositivos empleados que integran la red ModBus establecida solo cuentan con los estándares RS-422 y RS-485, siendo este el último el común para todos (Unitronics 2015).

La configuración física de la comunicación serial en el PLC es establecida mediante saltadores (*jumpers*), como se muestra a continuación en la Figura 50.

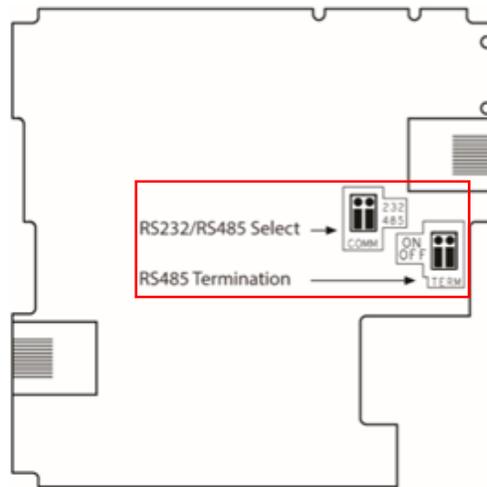


Figura 50 Saltadores (jumpers) utilizados para la configuración física de la comunicación serial bajo el estándar RS-232 o RS-485.

En la figura anterior el *saltador(jumper)* RS232/RS485 es colocado en la posición 485 para utilizar este estándar de comunicación serial, mientras que el *saltador(jumper)* de la terminación de la red RS-485, es colocado en la posición de apagado, debido a que la resistencia necesaria para finalizar físicamente la comunicación bajo el estándar RS-485 la posee el último elemento de la red ModBus, en este caso el analizador de redes eléctricas Carlo Gavazzi WM14-Din *Advanced* (Unitronics 2015).

- **Configuración de la conexión vía protocolo TCP/IP:**

La configuración del puerto Ethernet del PLC+HMI Unitronics V350, para la comunicación TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet) fue establecida como sigue:

- Nombre del PLC: Vision1.
- Identificación del PLC en la red: ID = 0.
- Dirección IP: 10.8.3.41
- Máscara de sub-red: 255.255.255.0
- Pasarela(*gateway*) predeterminado: 10.8.3.33
- Zócalo(*socket*) utilizado: 0.
- Puerto Local: 80 (Unitronics 2015).

- **Configuración de la conexión vía protocolo HTTP:**

Para el empleo de la capacidad de servidor web del PLC+HMI Unitronics V350 es necesario adicionar a la configuración de la comunicación a través del protocolo TCP/IP, un zócalo(*socket*) ajustado para el estándar HTTP, en este caso fue elegido el zócalo (*socket*)1 (Unitronics 2015).

ANEXO 5: Especificaciones Técnicas Fuente de Voltaje UNO POWER UNO-PS

- Alimentación: 100-240 VAC.
- Voltaje de Salida: 24V o 28V.
- Potencia de Salida: 150 W.
- Rendimiento superior al 94%.
- Perdidas en vacío menores de 0.3 W.
- Densidad de Potencia: 325 W/dm³ (Contact 2015).

ANEXO 6: Especificaciones Técnicas y Configuración Física STC-300.**Especificaciones Técnicas:**

- Señal de salida: 4 – 20 mA.
- Constante de tiempo: 75s.
- Materiales:
 - Bornes: acero.
 - Cable: silicona.
 - Caja de conexión: plástico poliamida.
- Grado de Protección: IP 65 (NEMA 4X).
- Voltaje a través del transmisor (U_G): máx. 36 VCC, min. 15 VCC.
- Dependencia de voltaje: 0.1 °C cuando $15 \text{ VCC} < U_G < 36 \text{ VCC}$.
- Carga máxima (ohm): $R = (U_G - 9) / 0.02 \text{ A}$.
- Error: 0.4% de R a 25°C y $U_G = 24 \text{ VCC}$.
- Dependencia de carga: 0.1 °C cuando $R = 0$ a $R_{\text{máx}}$.

La Figura 51 muestra el cableado utilizado para poner en funcionamiento este dispositivo (Electric 2013).

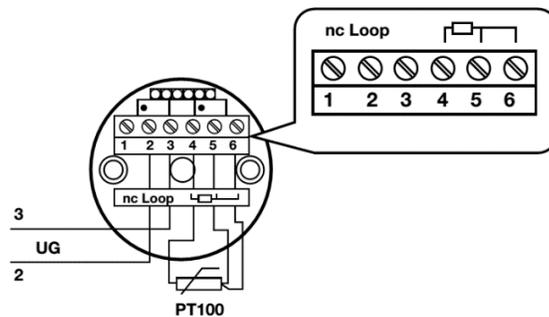


Figura 51 Conexiones realizadas para el empleo del transmisor STC 300.

ANEXO 7: Especificaciones Técnicas y Configuración Física DIXELL XH20P

Especificaciones Técnicas:

- Alimentación: 19 – 28 VCD, 9 – 18 VCD, 15 – 35 VCD, 12 – 24 VCA.
- Salida estandarizada: 4 - 20 mA o 0 - 10 V.
- Rango de humedad relativa de 0 - 99 %.
- Consumo: 20mA máx.
- Máximo ancho de los hilos: 2.5 mm².
- Temperatura de trabajo: 0 – 70 °C.
- Tiempo de respuesta estándar: 15 segundos con poco movimiento de aire a 25°C.
- Precisión a 25 °C: 3%.

La Figura 52 muestra las configuraciones posibles a establecer para la alimentación eléctrica de este sensor, así como la instalación necesaria para diferenciar la salida en voltaje o corriente, según se desee. Al igual que la sonda de temperatura, fue configurada la salida de esta sonda de humedad relativa para obtener su salida de 4 – 20 mA (Dixell 2011).

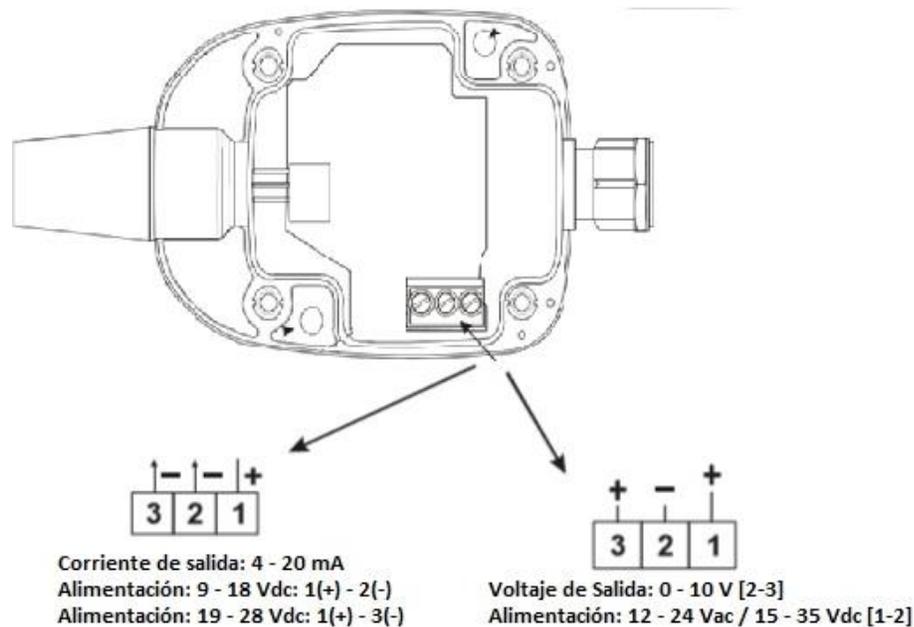


Figura 52 Configuración de instalación del sensor XH20P para las salidas de corriente o voltaje.

ANEXO 8 Especificaciones Técnicas y Configuración Física Zelio-RXM4AB2P7

Especificaciones Técnicas:

- Resistencia a picos de tensión: 2.5 kV para 1,2/50 μ s
- Tensión máxima de conmutación: 250 V
- Capacidad de conmutación máxima 1500 VA/168 W.
- Corriente nominal de empleo: 3 A en 28 V DC (NC), 3 A en 250 V AC (NC), 6 A en 28 V DC (NA), 6 A en 250 V AC (NA), 6 A en 277 V AC, 8 A en 30 V DC.
- Durabilidad mecánica: 10000000 ciclos.
- Durabilidad eléctrica: 100000 ciclos.
- Promedio de consumo de la bobina en VA: 1.2 en 60 Hz.
- Tiempo de operación: 20 ms.
- Tiempo de estabilización: 20 ms.
- Temperatura ambiente de funcionamiento: -40...55 °C (Electric 2019).

El cableado empleado para el uso de estos relés es mostrado en la siguiente figura:

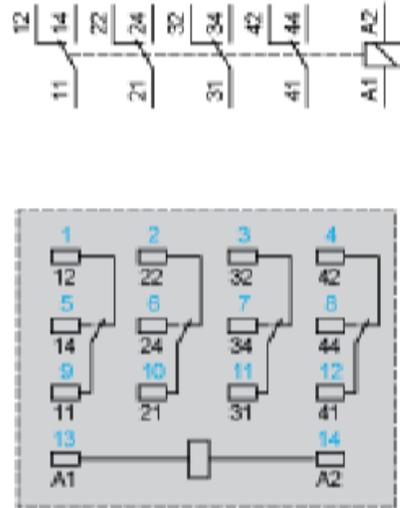


Figura 53 Pines y conexiones realizadas.

ANEXO 9: Especificaciones Técnicas y Configuración Física Honeywell 7940WH.**Características Generales:**

- Contactos magnéticos para el control de apertura de puertas y ventanas.
- Montaje disponible en la variante con tornillo, montaje adhesivo o rebaje (huecos).
- Espacio pequeño de 51mm estándar o 25mm en caso de estar en huecos.
- Los terminales eliminan el pelado o la soldadura, solo se debe insertar el cable, logrando un mayor grado de aislamiento.

Especificaciones Técnicas:

- Tipo de interruptor: Tipo A (SPST).
- Contacto: 100 mA @ 28 VCC (Honeywell 2017).

ANEXO 10: Especificaciones Técnicas y Configuración Física OPTeX® LX-402.**Especificaciones Técnicas:**

- Área de detección: 12m x 15m, 120° de ancho desde el centro del dispositivo.
- Velocidad de detección: 0.3-1 m/s.
- Salida de la alarma: 28 VCC 0.2 A máx.
- Ajuste de modo día/noche: 10 – 10000 lx.
- Alimentación: 10.8 – 13.2 VCC.
- Temperatura de operación: -20°C - +50°C.
- Humedad relativa máxima: 95%.

Consideraciones de montaje:

- Máxima altura de montaje: 2.5 m.
- Capacidad de montaje sobre paredes y techos con el soporte establecido.
- Pérdida de sensibilidad ante arboledas y vegetación exuberante.
- Seguridad de detección afectada en posiciones donde el vapor, o la incidencia directa de aires acondicionados o calefactores, incidan directamente sobre el dispositivo sensor (OPTeX 2018).

ANEXO 11: Especificaciones Técnicas y Configuración Física DSC® Acuity™ AC-100.**Especificaciones Técnicas:**

- Alimentación: 9 - 16 VCC.
- Corriente: 25 mA nominal/35 mA máx. @12 VCC.
- Relé de alarma: Clasificaciones de contacto: 0.1A @ 24 VCC.
- Tipo de micrófono: Electrec Unidireccional.
- Dimensiones (L x A x Al): 89 x 64 x 20 mm.
- Duración de alarma: 3s.
- Distancia mínima del piso: 1.8 m (DSC 2017).

La Figura 54 relaciona las conexiones empleadas para utilizar el detector de roturas de vidrios Acuity™ AC-100.

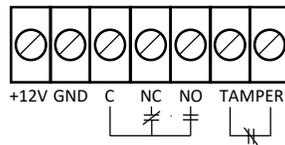


Figura 54 Conexiones empleadas para habilitar el detector de roturas de vidrios AC-100.

ANEXO 12: Especificaciones Técnicas y Configuración Física Carlo Gavazzi WM14-DIN-A.

Características generales:

- Analizador trifásico, con posibilidad de ser usado con 1, 2 o 3 fases balanceadas, con carga desbalanceada y/o con o sin neutro.
- Temperatura de operación: 0-50 °C (HR < 90%).
- Alimentación: 24V, 48V, 115V, 230V, 50-60Hz; 18 - 60VCC
- Aislamiento: 4000 VAC, 500 VCC entre la medición y la alimentación.
- Resistencia del dieléctrico: 4000 VAC (1 minuto).
- Grado de protección: IP40 (NEMA 2), conexiones IP20 (NEMA 2).

En la Tabla 3 se hace referencia a los diferentes datos de entrada ofrecidos por el fabricante del analizador de redes eléctricas WM14-DIN:

Tabla 3 Especificaciones de las entradas.

Deriva por la temperatura	$\leq 200 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$	Lectura de variables instantáneas	3x3 DGT
Tasa de muestreo	1400 samples/s @ 50Hz 1700 samples/s @ 60Hz	Lectura de energías	3+3+3 DGT (Máximo 999 999 99,9)
Display		Lectura del contador de horas	1+3+3 DGT (Máximo 9 999 99,9)
Tiempo de actualización	700 ms	Mediciones	Corriente, Voltaje, Potencia, Factor de Potencia, Frecuencia, Energía, TRMS de ondas distorsionadas
Tipo	LED, 9mm	Tipo de acoplamiento	Directo

ANEXO 13: Especificaciones Técnicas Carlo Gavazzi CTD-1X.300.5A

- Corriente primaria: 50 – 300^a.
- Corriente secundaria: 1 A o 5^a.
- Frecuencia de operación: 48 – 62 Hz.
- Máximo voltaje del sistema: 0.72 kV.
- Nivel de razón de aislamiento: 3 kV/1 min. @ 50Hz.
- Temperatura de trabajo: -25 °C a +60 °C, HR < 90%.
- Temperatura de almacenamiento: -30 °C a +70 °C, HR < 90%.
- Sin grado de protección.
- Diámetro máximo del cable: 23 mm (Gavazzi 2019).

El cableado utilizado para su empleo de este transformador se muestra en la siguiente imagen (Figura 56):

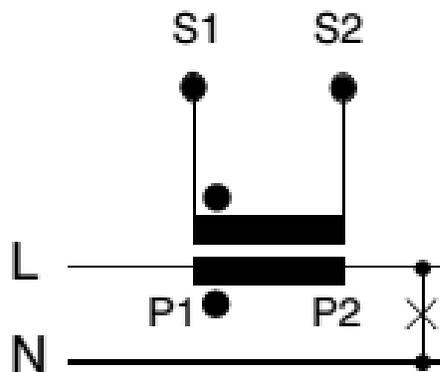


Figura 56 Cableado empleado para utilizar el transformador Carlo Gavazzi CTD-1X.

ANEXO 14: Características del CPE EG-860**Especificaciones Técnicas del CPE:**

Mode	Item	Description
LTE	Frequency	1447 MHz-1467 MHz 1785 MHz-1805 MHz 832 MHz-862 MHz (uplink)/791 MHz-821 MHz (downlink)
	Carrier configuration	5 MHz/10 MHz/20 MHz
	Maximum transmit power	23 dBm±2 dBm
	Output frequency spectrum template and stray specifications	3GPP TS 36.101-compliant
	Receiver sensitivity	<ul style="list-style-type: none"> ● 1.8G and 1.4G <ul style="list-style-type: none"> - -92dBm/20MHz - -95dBm/10MHz - -98dBm/5MHz ● 800M <ul style="list-style-type: none"> - -88dBm/20MHz - -92dBm/10MHz - -95dBm/5MHz
	Blocking	3GPP TS 36.101-compliant
Wi-Fi	Working mode	IEEE 802.11b/g/n: 2.4 GHz
	Output power	IEEE 802.11b: <16dBm IEEE 802.11g: <15dBm IEEE 802.11n: <13dBm
	Receiver sensitivity	IEEE 802.11b: ≤-76 dBm@11Mbps IEEE 802.11g: ≤-65 dBm@54Mbps IEEE 802.11n: ≤-75 dBm@54Mbps

Figura 57 Especificaciones Técnicas del EG-860 tomadas de su manual de usuario

Especificaciones Técnicas de la fuente de alimentación (PoE):

Item	Description
Dimension	171mm×62mm×30.6mm
Input voltage range	90V~264V
Output voltage	54V
Output current	0.65A
Output power	35W
Temperature Range	-40°C~50°C

Figura 58 Especificaciones Técnicas de la fuente de alimentación sobre Ethernet , tomadas de su manual de usuario

ANEXO 15: Seguridad Informática.

El PLC+HMI Unitronics V350 presenta numerosas opciones para brindar una adecuada seguridad informática:

- El proyecto desarrollado puede ser protegido por contraseña contra copia y escritura encriptada en el PLC. Lo cual garantiza la protección contra la alteración del código o programa; así como la protección contra la piratería informática.
- Existe una seguridad informática adicional, considerada una nueva capa de seguridad, la cual consiste en la restricción a 9 veces de colocación de clave incorrecta deshabilitando automáticamente la posibilidad de cargar el código o programa existente en el PLC y se mantiene activo este script hasta que se resetee el PLC. Con esto se contrarresta las posibles acciones de robots con algoritmos de jacking.

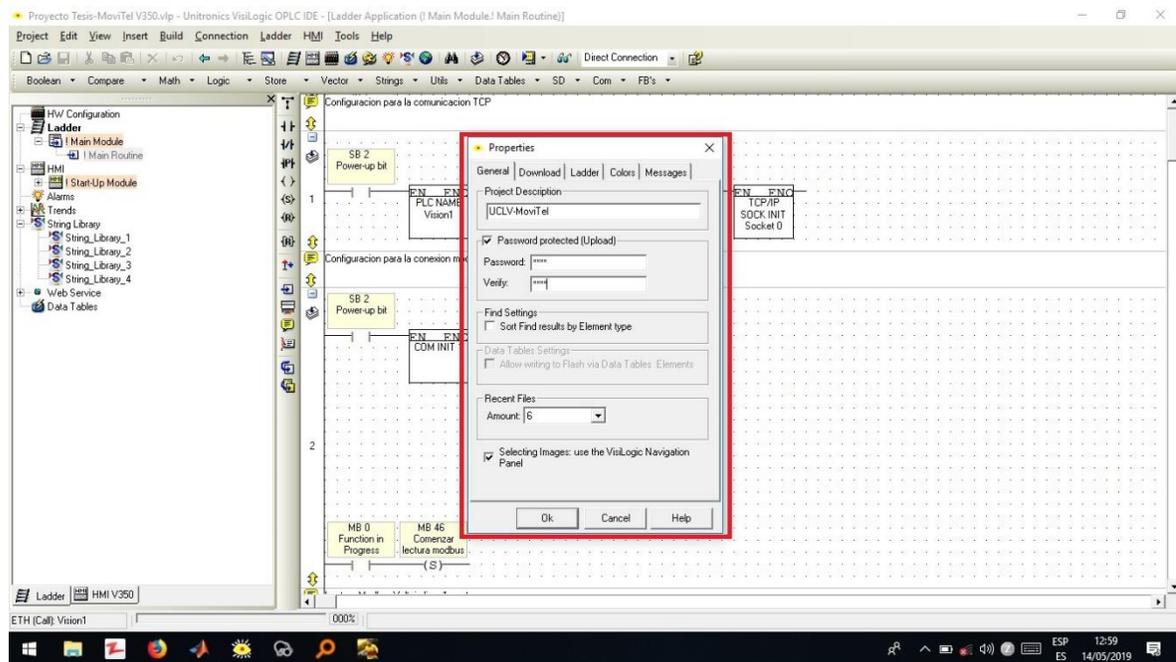


Figura 59 Captura de Pantalla donde se aprecia la interfaz del software VisiLogic y en ella el menú emergente donde se establece la clave para la subida del código.

- Consta con la posibilidad de 3 maneras diferentes de descargar el código al PLC, que contribuyen a la seguridad y protección del código o programa:

- Descargar: Descarga solo cambios realizados en el programa, en caso de ser una cantidad considerable, se resetea el PLC. Esta opción no permite subir el proyecto desde el PLC, garantizando la protección contra la alteración del código o programa, pero si permite sobrescribir el proyecto que se encuentra en el PLC perdiéndose el original, lo cual pudiera ocasionar graves consecuencias.
- Detener-descargar-Correr: Detiene el proceso y automáticamente retorna el PLC al modo correr después de descargar, si son muchos cambios este se resetea. No permite subir el código desde el PLC, garantizando la protección contra la alteración del código o programa, pero si permite sobrescribir el proyecto que se encuentra en el PLC perdiéndose el original, lo cual pudiera ocasionar graves consecuencias.
- Descargar todo y quemar: descarga todo el código en la memoria del PLC. No se puede subir desde el PLC, garantizando la protección contra la alteración del código o programa, pero si permite sobrescribir el proyecto que se encuentra en el PLC perdiéndose el original, lo cual pudiera ocasionar graves consecuencias.

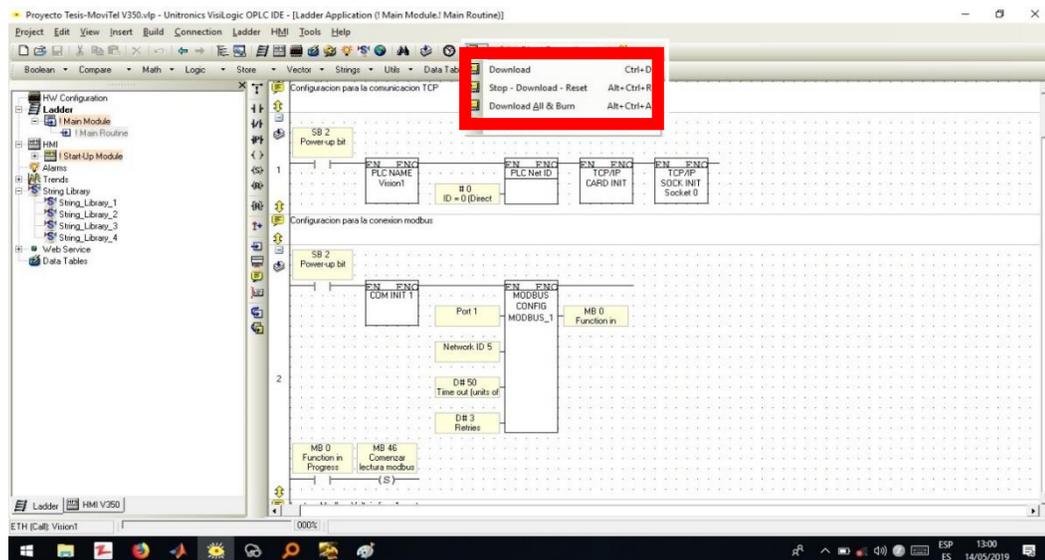


Figura 60 Captura de Pantalla donde se aprecia la interfaz del software VisiLogic y en ella se aprecian resaltado en rojos las distintas vías de descarga del código al PLC.

En el Sistema diseñado fue elegida la opción: descargar todo y quemar, la cual, brinda la seguridad de no poder ser subido el proyecto y que este no se perderá ante problemas en la batería, además de la colocación de una contraseña contra copia y escritura poniendo a muy alto nivel a la seguridad informática del Sistema de Control Inmótico.

Como otro nivel de seguridad, el proyecto cuenta en su interfaz gráfica la necesidad de autenticarse para interactuar con el Sistema de Control Inmótico. El administrador es el que asigna el código de autenticación, ejerciendo su rol a través de la clave para subir el código, o con el código, y ejerciendo modificaciones en este. Otro elemento del soporte de la seguridad informática lo constituye el CPE, lo cual para su configuración es necesario acceder a un servidor web almacenado en su interior, donde se coloca el nombre de usuario y la contraseña, encriptada con 64 bit, provista por el fabricante Huawei, la cual es aleatoria para cada uno de sus productos y puede ser personalizada una vez accedido a su configuración.

Se encuentra conectado a la red corporativa de la empresa Movitel, por lo cual se halla bajo sus políticas de seguridad informática. La Seguridad Informática de Movitel se rige por las políticas establecidas en el Plan de Seguridad Informática del cual presentamos las características que se refieren a los usuarios, contraseñas, direcciones IP y MAC:

- El usuario de la red informática tiene que pertenecer al directorio activo, para ello debe tener un contrato de trabajo en la entidad, asignada por recursos humanos y posterior a ello el departamento de seguridad informática, con autorización del presidente de la entidad, le asigna un nombre de usuario y una contraseña con la que puede validarse en la red de la empresa.
- Los equipos informáticos se autentican en la red con la validación de sus MAC (Control de Acceso al Medio).
- Cada computadora tiene establecida una dirección IP propia, con cuya configuración se puede acceder a la red con previa validación del usuario y contraseña.

Anexo 16: Pantalla de Alarmas en el Menú inicial I.

Figura 61 Menú inicial y panel de alarmas con incidencias en los objetos tecnológicos 1, 4, 5.

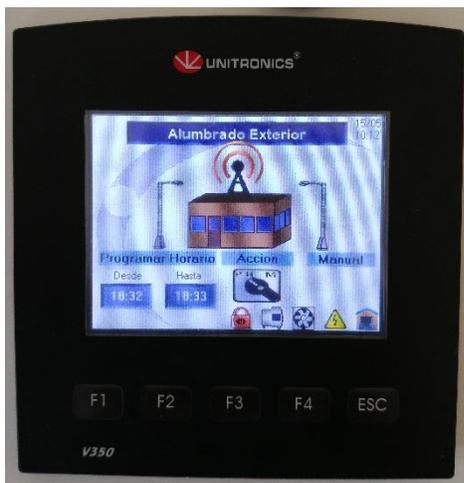
Anexo 17: Pantalla del Alumbrado Exterior II.

Figura 62 Pantalla del Alumbrado Exterior donde se encuentran las luces apagadas.

Anexo 18: Pantalla del Alumbrado Exterior III.

Figura 63 Pantalla del Alumbrado exterior donde está activado el modo manual y las luces apagadas.

Anexo 19: Pantalla de atención al Clima I.

Figura 64 Pantalla del Clima con el modo Automático activado.

Anexo 20: Pantalla de atención al Clima II.

Figura 65 Pantalla de atención al clima en modo Manual con ambos splits encendidos.

ANEXO 21: Resumen de la Tarea Técnica realizada por los especialistas de Movitel.**Grupo de Objetos Tecnológicos Identificados:**

Tabla 4 Objetos tecnológicos identificados en el Sitio.

Objeto Tecnológico	Lugar
Alumbrado Exterior	Exterior
Alumbrado Interior	Interior
Alumbrado de la Antena	Exterior
Clima Interno	Interior
Clima Externo	Externo
Control de Acceso y Seguridad	Interior
Grupo electrógeno	Exterior
Inclinación de la Antena	Exterior
Parámetros eléctricos	Interior

Grupo de variables acordadas a atender:*Tabla 5 Variables del Sistema de Control Inmótico y sus clasificaciones.*

Variables	Tipo de Variable	Entrada/Salida	Rango de Medición	Exactitud
Estado del sistema de climatización.	Digital	Entrada	-	-
Temperatura del Local	Analógica	Entrada	0-50°C	+3°C
Humedad Relativa del Local	Analógica	Entrada	0 - 99%	+3%
Estado del alumbrado exterior.	Digital	Entrada	-	-
Estado del Grupo Electrónico.	Digital	Entrada	-	-
Estado del Local (Abierto - Cerrado).	Digital	Entrada	-	-
Estado del Rack (Abierto - Cerrado).	Digital	Entrada	-	-
Estado del cristal del rack.	Digital	Entrada	-	-
Estado de las alarmas de los parámetros eléctricos.	Digital	Entrada	-	-

Requisitos para el Sistema de Control Inmótico:

- Información mediante acceso web y vía telefonía móvil.
- Almacenamiento de datos históricos.
- Graficado de variables en línea.
- Gestión del sistema local y remota.
- Facilidades Visuales de operación.

-
- Seguridad Informática de acorde a la Ley de Seguridad Informática de la República de Cuba.
 - Sistema de Control Basado en plataformas libres.