

Diseño de un sistema de supervisión y control del centro de datos del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL

Design of a system of supervision and control of the data center of the CUBANICKEL Business Group

DOI: 10.17981/ladee.03.01.2022.1

Fecha de recibido 01/02/2022. Fecha de aceptado 04/03/2022

Analia Cobas García

Grupo Empresarial CUBANÍQUEL. Moa, Holguín (Cuba)
analia.cobas@uic.cu

Alexander Rodríguez Castillo

Grupo Empresarial CUBANÍQUEL. Moa Cuba)
arcastillo1234@gmail.com

Israel F. Benítez Pina 

Universidad de Oriente. Santiago de Cuba (Cuba)
benitez.israel@gmail.com

Robert Pérez Pérez

Grupo Empresarial CUBANÍQUEL. Moa, Holguín (Cuba)
rperezperez406@gmail.com

Maikel Abreu Peña 

Grupo Empresarial CUBANÍQUEL. Moa, Holguín (Cuba)
mabreu5000@gmail.com

Para citar este artículo:

A. Cobas, A. Rodríguez, I. Benítez, R. Pérez y M. Abreu, "Diseño de un sistema de supervisión y control del centro de datos del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL", *LADEE*, vol. 3, no. 1, pp. 1–24, 2022. <https://doi.org/10.17981/ladee.03.01.2022.1>

Resumen— El Nodo del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL, Centro de servicios telemáticos, administrado por la Empresa SERCONI, necesita la incorporación de servicios inmóticos, donde se controle y se supervise la temperatura, la presencia de personal, la luminaria interior y la fuente de suministro eléctrico. Así mismo, la empresa SERCONI requiere del control del consumo energético en horarios de alta demanda, y la luminaria exterior para minimizar los gastos a la empresa y al país. En el presente trabajo se diseña e implementa una aplicación para teléfonos inteligentes que funcionan con el sistema operativo Android para la monitorización de una instalación domótica. En la investigación se estudian los diferentes entornos de desarrollo de aplicaciones Android y las características de una red inalámbrica existente, seleccionando como red de área local a utilizar la Red de Área Local Inalámbrica (WLAN), por las ventajas que ofrece y las ventajas de la misma y las características del proyecto. Además, se elige la topología "Cliente y punto de acceso" para realizar la conexión inalámbrica y se identifica la tecnología Wi-Fi a utilizar. Por último, se diseña la aplicación analizando el entorno de desarrollo de Android, se realiza la interfaz de la App "Android Home" y la conexión de Arduino con Android Studio vía WiFi. Con el trabajo "Diseño e implementación de una aplicación Android para el control de una casa inteligente", los alumnos y profesores de la facultad de Ingeniería Eléctrica pueden contar con la aplicación inalámbrica para controlar el modelo de laboratorio de la Domótica.

Palabras clave— Inmótica; domótica; automatización; control; Arduino Mega Pro; EMM-4L; sensor; SCADA EROS-XD; centro de datos

Abstract— The CUBANÍQUEL Business Group Node, a telematic services center managed by SERCONI, needs the incorporation of inmotoc services, where the temperature, the presence of personnel, the interior lighting and the power supply source are controlled and supervised. Likewise, SERCONI needs to control energy consumption during high-demand hours, and the exterior lighting to minimize costs for the company and the country. In the present work, an application is designed and implemented for smartphones that work with the Android operating system for the monitoring of a home automation. The research studies the different Android application development environments and the characteristics of existing wireless a network, selecting as local area network to use the Wireless Local Area Network (WLAN) because of the advantages it offers and the advantages of it and the characteristics of the project. In addition, the "Client and access point" topology is chosen to make the wireless connection and identifies the Wi-Fi technology to be used. Finally, the application is designed analyzing the development environment of Android, it realizes the interface of the App "Android Home" and the connection of Arduino with Android Studio via WiFi. With the work "Design and implementation of an Android application for the control of a smart home", students and professors of the Faculty of Electrical Engineering can count on the wireless application to control the laboratory model of the Home Automation.

Keywords— Inmotics; home automation; automation; control; Arduino Mega Pro; EMM-4L; sensor; SCADA EROS-XD; data center; data center

I. INTRODUCCIÓN

La riqueza y calidad de vida de la sociedad moderna está directamente relacionada con el uso de los recursos energéticos. El consumo de energía se ha tomado como indicador de desarrollo: a más consumo, más desarrollo. Una relación que tendrá que cambiar en el futuro sobre nuevos conceptos [1].

Sobre las distintas fuentes de energía que se emplean en Cuba para la generación eléctrica, el Ministro de Energía y Minas (MINEM), Liván Arronte Cruz en la Revista Granma del Órgano Oficial del Partido Comunista de Cuba, explicó que el 95% corresponde a los combustibles fósiles [2], [3].

Por eso es necesario utilizar los avances tecnológicos de la ciencia para automatizar procesos los cuales permitan el control y ahorro de los recursos energéticos. Existen tecnologías capaces de controlar sistemas y dispositivos que proporcionan algún nivel de automatización dentro de los locales, ya sean residenciales o no, pudiendo ser desde un simple temporizador para encender y apagar una luz o un equipo de climatización programado para encender o apagarse a una hora determinada, hasta los más complejos sistemas capaces de interactuar con cualquier elemento eléctrico. Estos automatismos aplicados a edificios, dirigidos a mejorar la comodidad, la seguridad, el bienestar y el ahorro energético, es a lo que se le llama Inmótica [4], [5].

Hugo Martín Domínguez y Fernando Sáez Vacas en su libro: “*Domótica: un enfoque socio técnico*”, define Inmótica para referirse a la automatización de edificios terciarios o de servicios (hoteles, oficinas, hospitales, plantas industriales, universidades...), como la combinación de la voz latina ‘immobilis’, aquello que está fijo, de donde deriva el término castellano *inmueble* [6]. Hoy en día la crisis energética ha impulsado la búsqueda de nuevas alternativas de ahorro para alargarle la vida al planeta, ya que no solo utilizando las fuentes renovables de energía se rectifica el sobreconsumo.

Basado en lo antes expuesto, en este proyecto se propone una variante práctica y objetiva de un sistema inmótico para el centro (Nodo) de servicios telemáticos del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL, administrado y gestionado por la Empresa SERCONI, como parte de sus funciones en dicho Grupo Empresarial ya que es donde se brindan los servicios de Correo e Internet a todas las empresas del Grupo, así como a la propia empresa. Se pretende garantizar la seguridad del Nodo a partir del control de presencia de personal, mantener el clima apropiado para lograr la durabilidad de los equipos mediante el control de temperatura, supervisar la fuente de suministro de energía para evitar fallo en la alimentación al Nodo y controlar el sistema de iluminación interior para aportar al ahorro de energía de la empresa. Se incluye además el control del consumo energético en nivel general en horarios picos o de alta demanda y el control de la luminaria exterior de la empresa.

II. METODOLOGÍA

La automatización del hogar o domótica se puede describir como la introducción de ciencia y tecnología dentro del entorno doméstico para proporcionar comodidad y seguridad a sus usuarios. Eso también se puede indicar como el control sobre los electrodomésticos, ya sea de forma remota o automática [4]. Por tanto, la domótica e inmótica expresan 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 [5], y la inmótica se dirige a la solución de la automatización en los edificios administrativos en las empresas.

El surgimiento de la Inmótica busca dar mayor énfasis a la etapa de planeación de un edificio, de tal forma en la que se puedan incorporar todos los elementos necesarios para conseguir un ambiente productivo y de esta forma llegar al concepto de “edificio inteligente”.

En la actualidad existen muchos protocolos y sistemas los cuales se especializan en la automatización de construcciones, sin embargo, el auge y crecimiento de la inmótica está más enfocada en la responsabilidad empresarial que se imparta por parte de los actuadores principales en el mercado de la industria en general, es decir, un proyecto inmótico busca de muchas formas automatizar no únicamente para generar mayor plusvalía dentro de la industria de la construcción, sino para lograr mejorar de alguna forma las condiciones de los trabajadores de dicha empresa [6].

Muchas naciones alrededor del mundo ya han establecido políticas que exigen que toda edificación debe ser energéticamente eficiente, por ejemplo, en el año 2010 la Unión Europea decreta directivas referentes a la Eficiencia Energética en Edificios (EEE) donde se establece que cualquier edificación debe tener un consumo energético casi nulo [7]. En estas mismas directrices se anima a que los países miembros apoyaran el establecimiento de tecnologías que provean alternativas concretas para que el ahorro energético se haga de maneras más eficientes, ya bien sea para la construcción de cero o para la realización de reformas a edificaciones ya existentes [7]. La Directiva EEE en España fue asumida y resultó en el año 2013 en un decreto en el cual toda edificación debe contar con un certificado de eficiencia energética que debe siempre estar a disposición en cualquier transacción comercial que se realice sobre el inmueble [7].

Cuba es dirigida actualmente para aumentar el ahorro energético, factor importante dentro de la sociedad cubana, para mejorar el confort de los trabajadores o clientes de las instalaciones (por ejemplo en el sector turístico), y en algunos casos para fortalecer la seguridad de las instalaciones, como bien se evidencia en el proyecto en cuestión.

Existen ejemplos de sistemas inmóticos en el país, tal es el caso del sector del turismo donde se han construido, específicamente en La Habana, hoteles “inteligentes” como el Saratoga, el Manzana de Gómez y el Pacart, reduciendo considerablemente su consumo energético. Por otra parte, el Complejo de Investigaciones Tecnológicas Integradas (CITI) es una institución que cuenta con sistemas para la gestión de seguridad y ahorro de energía, brindando el confort adecuado a sus trabajadores [8].

Actualmente se desarrollan novedosos sistemas de monitorización en Cuba, como es el caso del trabajo desarrollado por la CUJAE [8], los cuales diseñaron e implementaron un sistema para monitorear el consumo de energía eléctrica a partir de elementos de control y supervisión de la empresa Schneider Electric. En la actualidad los sistemas inmóticos requieren de diseños con equipos de control, sensores y actuadores, que no solo sirvan para la supervisión o el monitoreo, sino también para poder leer y manipular las señales con el fin de realizar acciones inteligentes las cuales permitan lograr el ahorro energético, aumentar el confort y la seguridad, entre otros beneficios, para transformar un edificio residencial o de servicios en un edificio verdaderamente inteligente.

Desde entonces hasta los momentos actuales han surgido empresas dedicadas a la automatización en general, que han desarrollado trabajos inmóticos en diferentes estructuras no residenciales, básicamente en las instalaciones del turismo.

En toda sociedad existen leyes y reglas que definen y establecen el orden y control, por lo que en casi todo ámbito existe un organismo regulador con el objetivo de fungir como ente normalizador y certificador. El campo de la domótica e inmótica no escapa a esta realidad, y si bien es un campo relativamente reciente, también lo es el hecho de la necesidad de estas disciplinas en el mundo actual, no obstante, es importante conocer las principales normativas en esta rama de la tecnología a nivel mundial y nacional [9], [10].

Las normas técnicas son realizadas por los denominados Organismos de Normalización [9]. Estos organismos son entidades privadas, sin ánimo de lucro, reconocidas a tal efecto. En la Fig. 1 se muestran aquellos Organismos de Normalización clasificados según su campo técnico de competencia y según su aplicación geográfica, donde es importante destacar que el ente rector a nivel mundial es la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el nacional es la Oficina Nacional de Normalización (Normalización Cubana-ONN) [9].

Organismos de Normalización	GENERAL	ELÉCTRICO	TELECOMUNICACIONES
INTERNACIONAL	 Organización Internacional de Normalización	 Comisión Electrotécnica Internacional	 Unión Internacional de Telecomunicaciones
EUROPEO	 Comité Europeo de Normalización	 Comité Europeo de Normalización Electrotécnica	 Instituto de Estándares Europeos de Telecomunicaciones
CENTRO AMERICA	 COPANT Comisión Panamericana de Normas Técnicas		 Unión de Telecomunicaciones del Caribe
NACIONAL	 Oficina Nacional de Normalización (ONN) +  Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba	 Comité Electrotécnico Cubano	

Fig. 1. Organismos de Normalización y Certificación.
Fuente: Autores.

Cuba carece de normas y regulaciones relacionadas con la inmótica pero existen algunas que indirectamente forman parte de la base de un sistema de este tipo, ya que para realizar las acciones anteriormente mencionadas dentro de esta rama de la automática se necesita consultar de una forma consciente las normas cubanas vigentes que actúan como documentos rectores e instituyentes de los requisitos que debe cumplir un sistema que de una forma u otra gestione la energía para lograr un mayor ahorro.

- La norma ISO 50001 y su adecuación nacional: “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso” [22].
- La Norma Cubana 220:2009: “Edificaciones - Requisitos de diseño para la Eficiencia Energética” [23].
- La Norma Cubana 8001:2017: “Reglamento electrotécnico cubano para instalaciones eléctricas en edificaciones” [24].

A. Tecnologías utilizadas en el proyecto

Las tecnologías que se proponen para el diseño son: la placa Arduino Mega Pro, que pertenece a una compañía de desarrollo de software y hardware libres, la cual se escoge primeramente porque según estudios estadísticos de publicaciones relacionadas al tema señalan que “Arduino Uno” y “Arduino Mega” son las placas más utilizadas, con porcentajes de aproximadamente el 65% y el 30% del total de publicaciones respectivamente [11]. De estas Arduino Mega es la placa seleccionada por las prestaciones que posee las cuales responden a las necesidades del diseño de control por su capacidad de pines de entradas y salidas analógicas (54) y digitales (16), el sensor PIR, detector de movimiento por rayos infrarrojos, el sensor de temperatura de tipo termorresistencia, fabricada por la misma empresa SERCONI, el analizador de red EMM-4L, también llamado central de medición digital que aporta una visión clara e inmediata de la red eléctrica, el sensor fotoeléctrico para la detección del día y la noche y el SCADA EROS-XD diseñado por la empresa también, para visualizar el proceso en cuestión. Estas tecnologías son ideales para la aplicación de automatización residencial y no residencial que se caracterizan por la máxima facilidad de uso y funcionalidad.

1) *Arduino Mega Pro Embed CH340G / ATmega2560*

La placa Mega Pro Embed CH340G / ATmega2560, se basa en el microcontrolador ATmega2560 y el adaptador USB-UART CH340. La placa es compatible con Arduino Mega 2560. La placa tiene un factor de forma compacto de 38×55 mm y es una excelente solución para desarrollar proyectos basados en ATmega2560. Las funcionalidades de Mega Pro Embed son idénticas al Arduino Mega 2560. A pesar de que es una placa de inserción, es sólido estable como el Mega Board. Utiliza el chip original, y un resonador de cuarzo de alta calidad de 16 MHz está presente en la placa.

2) *Dispositivos de seguridad*

- *Sensor 5800PIR*: La serie 5800PIR, de detectores de movimiento inalámbricos de Honeywell son sensores de alto rendimiento y fáciles de instalar. La sensibilidad PIR se puede habilitar mediante la programación local o desde la estación central. La instalación es fácil, sin puentes, interruptores o desmontaje, menos restricciones de montaje y un modo de prueba de caminata automática que enciende el LED de prueba de caminata durante diez minutos, lo que ahorra a los instaladores una subida de la escalera para cada sensor, añadiendo como ventaja menos llamadas de servicio gracias a una batería de larga duración.
- *Consola ADEMCO 6148SP*: La consola numérica con pantalla LCD 6148 SP, es fácil de instalar y utilizar. Los mensajes prefijados en español facilitan el control del sistema. El atractivo diseño blanco de la consola se adapta perfectamente a cualquier entorno, y además incorpora una tapa contorneada extraíble que oculta las teclas retroiluminadas.
- *Sistema de alarma SSX-52S*: El SSX-52S de AMSECO es una sirena eficaz y bien hecha que viene completamente ensamblada y lista para instalar. El dispositivo produce un sonido de gorjeo de 120 decibelios cuando se activa, que es lo suficientemente fuerte como para asustar a cualquiera que esté cerca. El SSX-52S consume un máximo de 748 mA cuando se alimenta con 12VDC.

3) *Termorresistencia*

Los sensores Pt100 son un tipo específico de detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). La característica más importante de los elementos Pt100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0°C y es con diferencia el tipo más común de sensor RTD.

4) *Sensor fotoeléctrico. Interruptor crepuscular (IP65)*

Interruptor crepuscular con clase de protección IP65 a prueba de lluvia adecuado para uso en interiores y exteriores con clase de protección II, aislamiento protector con capacidad de conmutación máxima de 2300 W, la sensibilidad al anochecer se puede configurar desde $< 5 - 50$ lux, tecnología de 3 hilos y ahorro de energía fácil. Diseñado además para una instalación simple y rápida, no apto para conexiones bidireccionales o cruzadas, con soporte de montaje, 2 tornillos con tacos e instrucciones de funcionamiento.

5) *Analizador de red, EMM-4L*

Los analizadores de redes son instrumentos capaces de analizar las propiedades de las redes eléctricas. Los EMM, son multímetros multifunción que sirven para el control y monitorización de todos los parámetros eléctricos presentes en la red. En este caso el EMM-4L, posee una amplia gama de mediciones disponibles, incluida la tensión de corriente THD (Total Harmonic Distortion - Distorción armónica total: es un parámetro técnico utilizado para definir la señal de audio que sale de un sistema), mediciones realizadas en TRMS (verdadero valor efectivo), un display LCD retroiluminado, con salida de pulsos e interfaz de comunicación RS485 incorporada (Modbus RTU).

6) SCADA EROS-XD

SCADA EROS-XD es un Sistema de Supervisión y Control de Procesos Industriales cubano, desarrollado por la empresa SERCONI en conjunto con la empresa XETID, el cual realiza variadas funciones dentro del entorno de la dirección de los procesos. Facilita a los operadores, ingenieros, supervisores y directivos operar y dirigir cualquier proceso con eficiencia y productividad. Puede trabajar acoplado a diversos sistemas de colección de datos, como elemento único o formando parte de una red industrial.

B. Diseño de un sistema de supervisión y control de la empresa

1) Antecedentes del Nodo

El Nodo se encuentra ubicado en la parte lateral izquierda a la entrada de la Empresa SERCONI, en un local de 8 m × 4 m donde estarán ubicados tres gabinetes que alojarán entre PC y servidores, 29 equipos, con una alta disipación de calor; en la Fig. 2 se muestra la situación actual del Nodo.

- En el local existe actualmente un split, equipo de climatización instalado para mantener la temperatura entre los 20°C - 25°C.
- En la Norma Cubana 220:2009 “Edificaciones - Requisitos de diseño para la Eficiencia Energética” [23].
- La Norma Cubana 8001:2017 “Reglamento electrotécnico cubano para instalaciones eléctricas en edificaciones” [24].



Fig. 2. Situación actual del Nodo.
Fuente: Autores.

2) Requisitos específicos

El proyecto diseñado cumple los siguientes requisitos:

- Controlar la presencia de personal en el local y la oficina del Nodo.
- Controlar la temperatura del Nodo, principalmente en la zona de los servidores.
- Emitir alarma sonora y lumínica cuando la temperatura se encuentre por debajo de los 17°C y por encima de los 21°C.
- Opcionalmente mandar a arrancar o parar un Split u otro por tiempo de operación prefijado.
- Supervisar el cambio del suministro de la fuente de alimentación eléctrica, de la red nacional o del Grupo Electrónico al Nodo.
- Controlar el sistema de iluminación interior en el Nodo.
- Controlar el consumo energético en la empresa en general principalmente en los horarios picos o de alta demanda.

- Supervisar el sistema de iluminación exterior de la empresa.
- Transmitir hacia una PC local o remota con el SCADA EROS-XD el estado de todos los parámetros medidos.

3) *Planteamiento del sistema de control general en el Nodo y la empresa*

Se diseña un sistema automatizado en el Nodo que incluya 4 lazos de control y 2 de supervisión, respectivamente (Fig. 3):

1. El Control de temperatura en el Nodo.
2. Control de presencia en el Nodo.
3. Control del sistema de iluminación interior en el Nodo y la oficina del Nodo.
4. Supervisión del sistema de iluminación exterior en la empresa.
5. Supervisión de la fuente de alimentación al Nodo.
6. Control del consumo energético en horarios picos en la empresa.

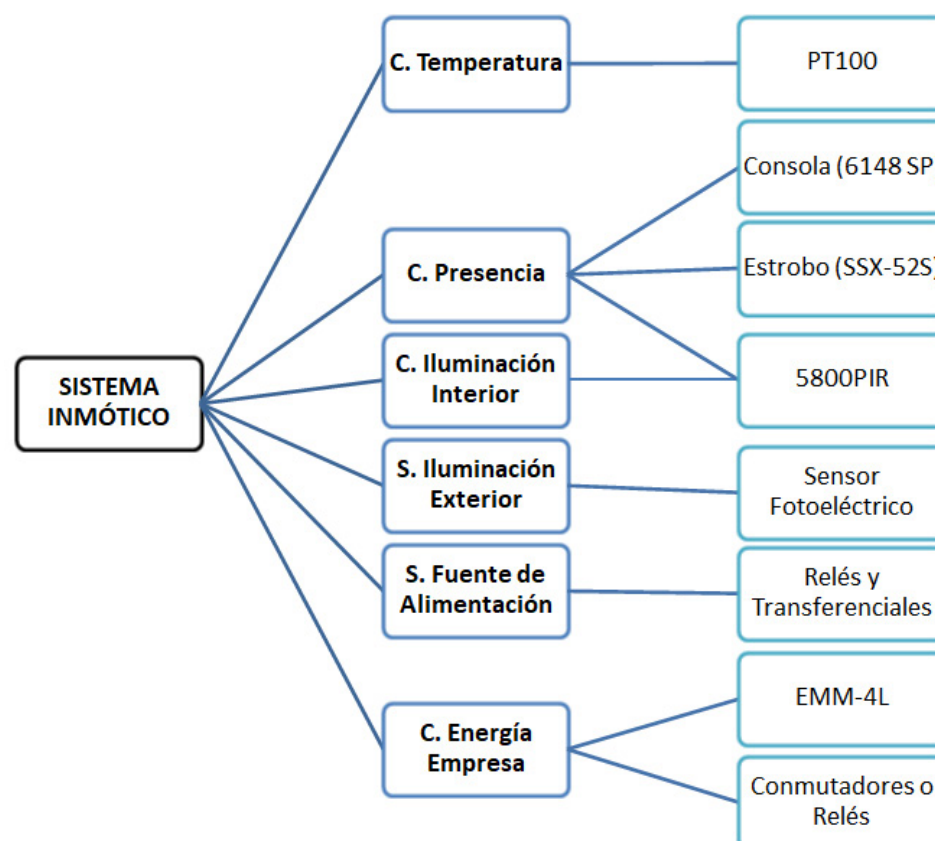


Fig. 3. Esquema general de conexiones del sistema inmótico.
Fuente: Autores.

4) *Arquitectura, topología y medios de transmisión*

En un sistema domótico/inmótico la manera en que sus elementos de control se ubican se define como arquitectura. Existen tres tipos:

- Distribuida.
- Descentralizada.
- Centralizada.

La Centralizada es donde el control y la supervisión de los elementos y componentes se deben cablear hasta un sistema de control, el cual puede ser un computador personal o un autómata. Este sistema es el principal control ya que recibe y reúne la información de los sensores, toma las decisiones y se las envía a los actuadores para que realicen la tarea designada. Ante cualquier falla que presente deja fuera de servicio el sistema en su totalidad y sus reconfiguraciones son muy costosas [12]. Los elementos que la componen no necesitan módulos adicionales para el direccionamiento ni interfaces de comunicación para distintos buses.

- *Ventajas*

En un sistema domótico/inmótico la manera en que sus elementos de control se ubican se define como arquitectura. Existen tres tipos:

- Los elementos sensores y actuadores son de tipo universal.
- Coste reducido o moderado.
- Instalación sencilla.

Se propone una arquitectura de red centralizada donde serían comandadas y dirigidas todas las señales de control desde un panel general, es decir un controlador y este a su vez conectado al SCADA EROS-XD, visualizador del control.

Se emplea la transmisión cableada normal por par de cables, la cual es más factible para sistemas sencillos de interconexión de equipos de automatización y control.

- *Tipos de la Transmisión Cableada*

- *Por par de cables:* Se puede transportar voz, datos y corriente continua para distribuir: señales telefónicas, señales de audio, sonido de alta fidelidad e interconexión de equipos de automatización y control.
- *Por cable coaxial:* Es para la distribución de señal de televisión.

La conexión de los componentes (sensores, unidades lógicas de control, actuadores) se aconseja que se defina por la topología de su red. Las topologías físicas más comunes son: bus, malla, árbol, ducto, estrella, anillo, y las híbridas.

- *Topología de tipo estrella*

Este tipo de topología constituye un control central en el cual sale una línea para cada sensor y para cada actuador, este control central realiza las funciones de supervisión y control. Las principales ventajas es que un error de algún sensor o actuador no afectará al resto de elementos de la instalación, una desventaja es que el cableado es muy extenso.

Una manera efectiva para la comunicación en el Nodo es por una topología de tipo estrella, determinada por la configuración de las conexiones de manera que todos los controles son dirigidos por el controlador Arduino y comandado por el SCADA.

Todo el sistema de control y supervisión es dirigido por un núcleo ubicado en la placa Arduino Mega Pro, capaz de procesar todos los automatismos al mismo tiempo y enviarlo de forma instantánea para el SCADA, herramienta intermediaria entre el usuario y el sistema general. En caso de que algún control fallara, no influiría en los demás, ya que este diseño de tipo estrella permite aislar a cada lazo independiente de los demás pero dependiente de su centro de control. Es por ello que su alimentación vendrá directamente del sistema de respaldo de la batería del Nodo.

Las comunicaciones son necesarias para el intercambio de información entre personas y entre equipos hecho que convierte a los sistemas inmóticos en no simples automatismos, sino en elementos “inteligentes”.

Dentro de las comunicaciones se encuentran las transmisiones de voz y datos, incluyendo textos, imágenes, sonidos (multimedia) con redes locales (LAN) compartiendo acceso a Internet, recursos e intercambio entre todos los dispositivos, acceso a nuevos servicios de telefonía sobre IP, televisión digital, televisión por cable, diagnóstico remoto, videoconferencias, entre otros.

En el proyecto se aplica la comunicación automática con un supervisor previniendo riesgos detectados. Este es el caso del diseño del sistema inmótico propuesto para el Nodo de CUBANÍQUEL a partir de la placa Arduino Mega Pro.

5) *Cálculo de la carga térmica total para la refrigeración*

Para determinar la temperatura correcta que debe tener el local donde se encuentra el Nodo, es importante conocer primeramente la carga térmica que demanda el local. En la [Tabla 1](#) se muestran los resultados del cálculo de la carga térmica total del local con el apoyo del tutorial no. 255 de la Biblioteca de tutoriales Web de [\[13\]](#), [\[14\]](#).

TABLA 1. CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACIÓN.

0. Potencia del Equipo de Climatización		
Split (TAYSHI 16 SEER INVERTER)		
Capacidad: (uno)	35 906.0 [14]	BTU/H
U	2,0	
Capacidad: (Total)	71 812.0	
Res =	11.1	Reserva (%)

1. Cálculo de la carga térmica para refrigeración (Qr)		
$Q_r = Q_s + Q_l$	18 723.6	Carga térmica para refrigeración (W = J/s)
	63 847.4	Carga térmica para refrigeración (BTU/h)
$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$	18 560.3	2. Carga térmica sensible (W)
$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$	163.3	3. Carga térmica latente (W).

2- Cálculo de la carga térmica sensible		
Q_{sr}	0,0	2.1 Carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W);
Q_{str}	50.6	2.2 Carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W);
Q_{st}	50.6	2.3 Carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W);
Q_{si}	45.5	2.4 Carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);
Q_{sai}	18 413.5	2.5 Carga sensible debida a aportaciones internas (W).

2.1 Carga por radiación solar a través de cristal "Qsr"		
Q_{sr}	0.00	
S	0.00	Superficie traslúcida o acristalada expuesta a la radiación, en m ² .
R	513.00	Radiación solar que atraviesa la superficie, en W/m ² , correspondiente a la orientación, mes y latitud del lugar considerado.
F	1.17	Factor de corrección de la radiación en función del tipo de vidrio empleado en la ventana, efectos de sombras que pueda existir, etc. Este valor se puede obtener de las tablas incluidas en el documento CTE-DB HE de Ahorro de energía.

2.2- Carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores "Qstr"		
Q_{str}	50.63	Carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores, en W.
K	1.35	Coefficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en W/m ² C.
S	6.25	Superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas, en m ² .
Ti	24.00	Temperatura interior de diseño del local (°C).
Te	30.00	Temperatura exterior de cálculo al otro lado del local (°C).

2.3- Carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores "Qst".		
Q_{st}	50.63	Carga por transmisión a través de los cerramientos interiores, en W.
K	1.35	Coefficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en W/m ² C.
S	6.25	Superficie del cerramiento interior, en m ² .
Ti	24.00	Temperatura interior de diseño del local (°C).
Te	30.00	Temperatura de diseño al otro lado del cerramiento (°C).

2.4- Carga transmitida por infiltraciones de aire exterior "Qsi"		
Q_{si}	45.53	Carga térmica por infiltración y ventilación de aire exterior (W).
	39.15	kcal/h.
V	18.75	Volumen del local a calefactor (m ³).
N	1.2	Número de renovaciones Horarias (1/h).
cpv	0.29	Calor específico del aire base al volumen (kcal/m ³ C).
ΔT	6.00	Diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior.
Ti	24.00	Temperatura en el interior (°C).
Te	30.00	Temperatura en el exterior (°C).

2.5- Carga sensible por aportaciones internas "Qsai"		
Qsai	18413.5	Carga sensible por aportaciones internas.
Qsil	118.4	Ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W); (según estudio de carga). $Q_{sil,descarga} = 1.25 \cdot Pot_{Lámp}$.
Qsp	60.0	Ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local (W).
Qse	20261.3	Ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, como aparatos eléctricos, ordenadores, etc. (W) (según estudio de carga). Se considera la potencia de funcionamiento integra de las máquinas y equipos presente en ese recinto se transformará en calor sensible. Se tomó 90%, considerando que es una sala de cómputo según bibliografía (DCiE) [15].
DciE	0.90	DCiE (Data Center infrastructure Efficiency).

3- Cálculo de la carga térmica latente		
Qli	63.3	3.1 Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W).
Qlp	100.0	3.2 Carga latente debida a la ocupación del local (W).

3.1- Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior "Qli"		
Qli	63.3	3.1 Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W).
V	6	Caudal de aire infiltrado y ventilación (m ³ /s).
ρ	1.1796	Densidad del aire, de valor 1,18 kg/m ³ .
Cl,agua	2257	Calor específico del agua, de valor 2257 kJ/kg.
Δw	0.0040	Diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior.

3.2- Carga latente por ocupación "Qlp"		
Qlp	100	3.2 Carga latente debida a la ocupación del local (W).
n	2	Número de personas que se espera que ocupen el local.
Clatente,persona	50	Calor latente por persona y actividad que realice (Oficina, actividad Ligera).

Fuente: Autores [14], [15].

Resulta que la Carga térmica para la refrigeración es de 63 847.4 BTU/h y la capacidad en ambos split en funcionamiento es de 71 812.0 BTU/h, por lo que la reserva es de un 11.1%, por tanto, se considera óptima.

Se concluye a partir del análisis planteando que la idea inicial de alternar los dos split según el cálculo de la carga térmica no sería lo ideal ya que el estudio arrojó que sí serían suficientes los split seleccionados, pero trabajando en su conjunto. Por tanto, se propone que se instalen tres split y no dos, dos en funcionamiento continuo y uno de reserva.

C. Control de temperatura

El Nodo (Data Center o Centro de Datos) tiene características especiales en cuanto al clima, ya que su objetivo de desarrollo es mantener un sistema de servidores de un conjunto de empresas conectadas las 24 h, los cuales incluyen dispositivos altamente consumidores de energía.

La norma técnica TIA/EIA-942 [15] recoge los valores de las temperaturas de operación de un Data Center, donde el rango aceptable se encuentra entre 15°C y 25°C, y el margen óptimo entre 17°C y 21°C. Cualquier temperatura mayor a 25°C deberá ser corregida de manera inmediata, ya que implica poner en riesgo el equipamiento instalado en el data center o Nodo [16].

En el caso del Nodo se debería establecer como vida útil de sus servidores cuando máximo de siete años, donde en un rango de operación de temperatura bajo, prolongaría la duración de la vida de los equipos.

Para ello se diseña un automatismo donde luego de medir la temperatura con una sola toma ubicada estratégicamente en el local, cerca de los servidores, ya que son los equipos que mayor temperatura alcanzan; la programación que tiene instalado el controlador Arduino le permite decidir el arranque o parada del split 1 o el split 2 alternadamente por tiempos previamente determinados. La temperatura se puede mover del margen establecido por dos razones:

1. Rotura del equipo de climatización activo. (En el montaje por prueba experimental se debe determinar el tiempo que demora el aire acondicionado o consola en alcanzar la temperatura, se establece un margen posible y se define en la programación del Arduino, creando un comparador de tiempo donde si la temperatura deseada no ha llegado en el tiempo determinado, mandar alarma de revisión de equipo por posible rotura).
2. Demanda mayor de los servidores, provocando aumento en la temperatura.

Para ambas situaciones se enciende el segundo split como apoyo, de manera que se logre mantener la temperatura entre los 17°C y 21°C (Fig. 4).

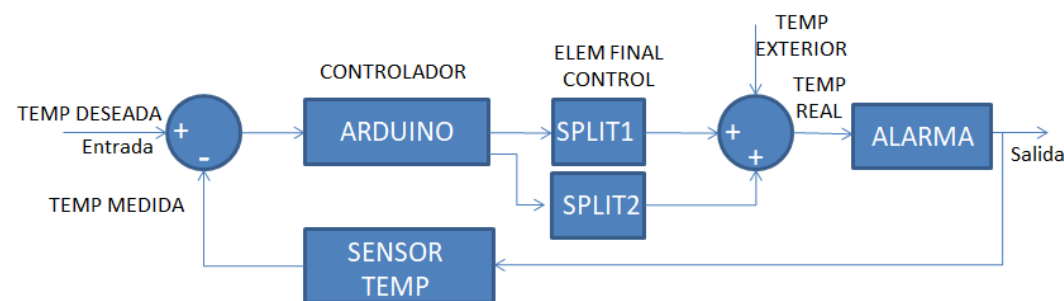


Fig. 4. Lazo de control de temperatura.
Fuente: Autores.

Se utiliza una sonda PT100 con un encapsulamiento metálico que protege el sensor, y un transmisor programable de 4 mA – 20 mA en el rango de 0°C a +50°C. Para convertir la señal de corriente en una señal de voltaje que el arduino pueda convertir, se utiliza una resistencia de 249 Ohm, de forma tal que cuando la señal este en 4 mA se obtenga 0.996 V en el acondicionamiento de la señal (ADC) y cuando la señal este en 20 mA se obtenga 4.98 V. La alimentación del lazo se realiza con una fuente de 24 V DC. Para convertir la señal de voltaje en temperatura, el arduino realiza un mapeo de los valores mínimos y máximos de la señal. En este caso el valor de 0°C corresponde a 0.996 V, el valor numérico que arroja el ADC es 204 conteos o unidades del convertidor (UC) y para 50 °C el valor numérico que arroja el ADC para 4.98 V es 1019 UC (Fig. 5).

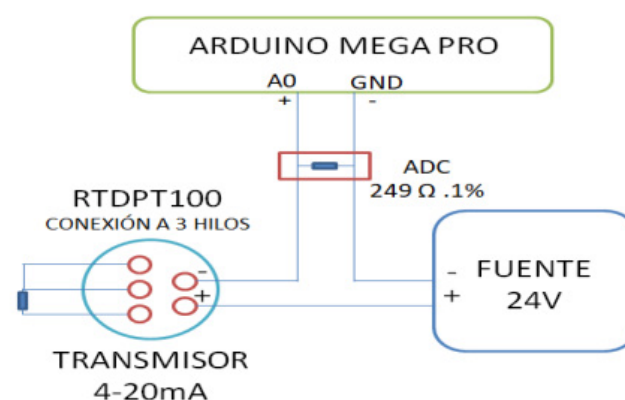


Fig. 5. Conexión de la termorresistencia RTD-PT100 al Arduino.
Fuente: Autores.

D. Control de presencia en el nodo

La entrada de personal a cada local debe estar limitada por la seguridad del Nodo, ya que, en dicho local se realiza el manejo y tránsito de información a nivel de grupo empresarial. Para proporcionarle seguridad al Nodo se plantea un control de presencia donde el sensor capta el movimiento de personas, transfiere la información al microcontrolador, se analiza y se decide activar la alarma lumínica y sonora, en caso de ser personal autorizado se desactiva la alarma y se registra en el microcontrolador (Fig. 6). El código de acceso se inserta a través de una consola numérica conectada directamente al arduino por los pines de transmisión y recepción (TX y RX).

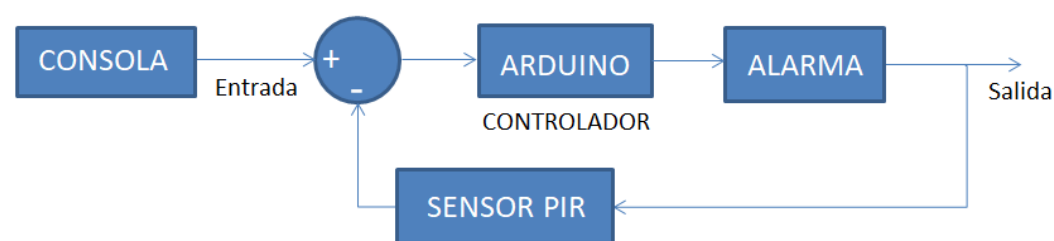


Fig. 6. Lazo de control de presencia.
Fuente: Autores.

Los dispositivos físicos reales, los cuales pertenecen a la línea de dispositivos para control de seguridad de la marca Honeywell son:

- Sensor 5800PIR.
- Consola 6148SP.
- Estrobo SSX-52S.

La cantidad de los sensores a utilizar se determinó por la forma del local y alcance del sensor, es decir, su menor recorrido es de 2 m que pertenece a la vista inferior, y el ancho del local es de 4 m, por lo cual para mayor efectividad y por el tamaño de los armarios que se encuentran dentro del Nodo, más las paredes internas las cuales pueden hacer interferencia en el rastreo se determinó: Un sensor colocado frente a la puerta del Nodo, uno en 2 de las esquinas del local, y un cuarto de reserva por si alguno falla, en una posición estratégica. En correspondencia con las dimensiones físicas, aproximadamente 6 m × 6 m, se instalaron dos sensores (Fig. 7).

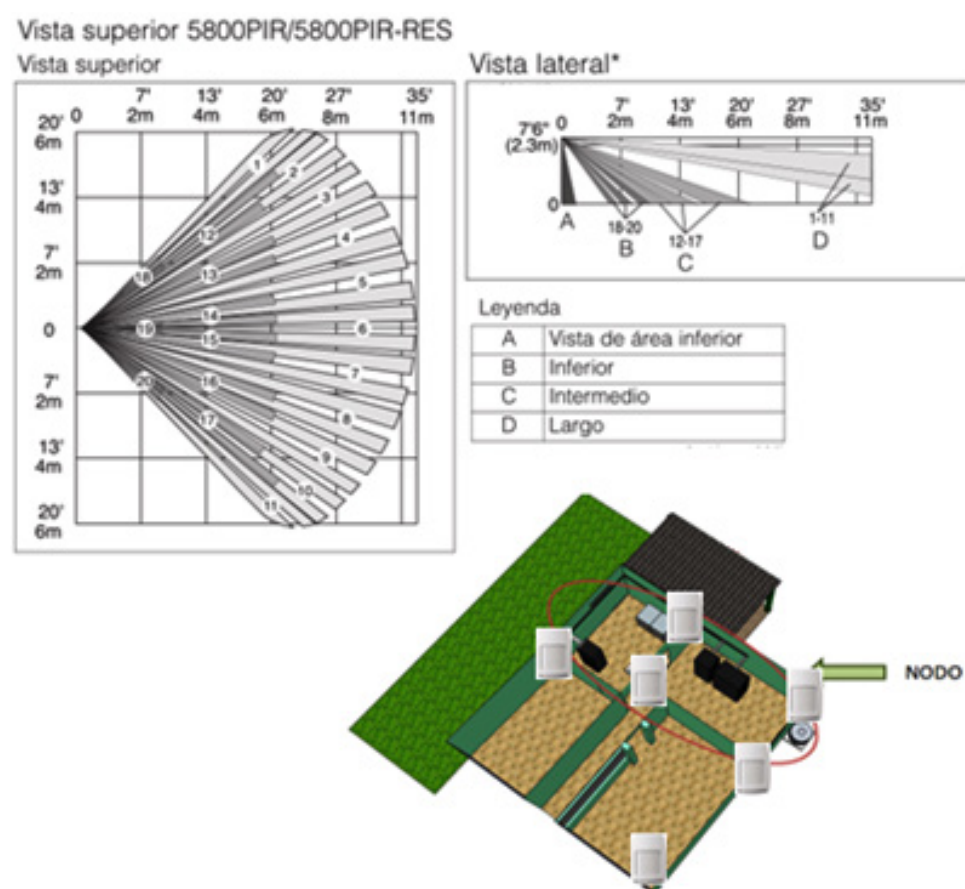


Fig. 7. Alcance del sensor PIR y ubicación propuesta.
Fuente: Autores [25].

E. Control del sistema de iluminación interior del Nodo y la Oficina del Nodo

El control de las luces del Nodo y de la oficina donde trabajan los administradores de la red constituye un aporte más al ahorro de energía. Este control depende directamente del control de presencia.

Los sensores de presencia ubicados en el Nodo o en la oficina envían una señal al Arduino, la cual es utilizada para el control del sistema de iluminación. En el Nodo hay instalados 4 sensores, y en la oficina 2, los cuales tienen una codificación para que el programa que se

encuentra en el microprocesador del Arduino conozca cual sensor envía la señal y de la orden de encender las luces (Fig. 8 y Fig. 9). Al menos uno que esté activo de cada local, será suficiente para que se enciendan las lámparas. Para apagarlas, todos los sensores deberán estar inactivos, es decir que no detectan a nadie [17].

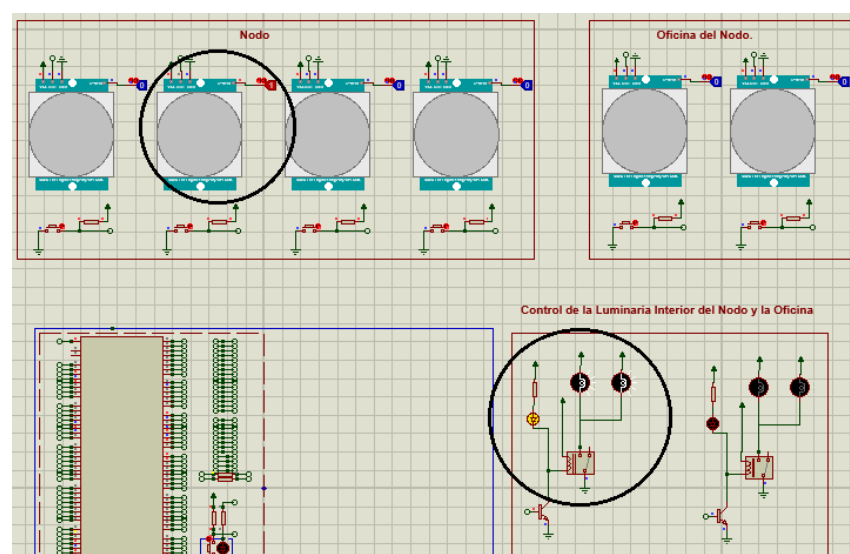


Fig. 8. Control sistema de iluminación interior Nodo. Encendido.
Fuente: Autores.

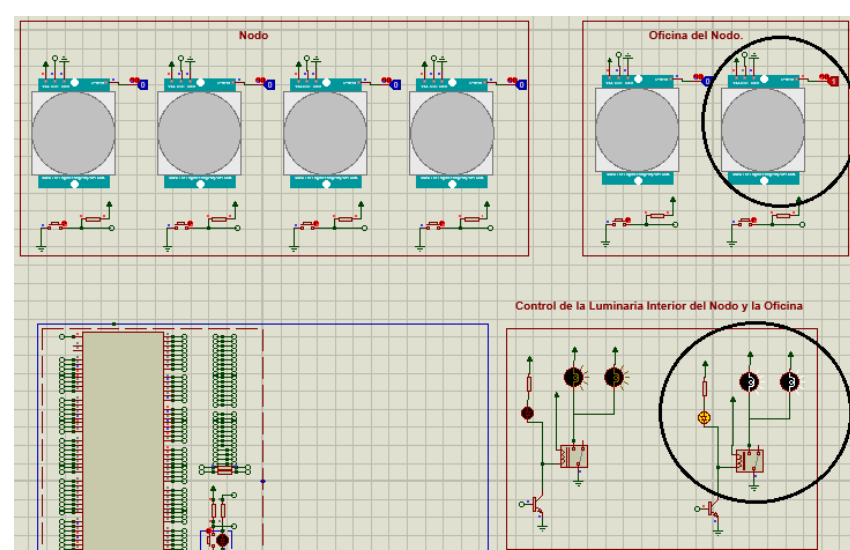


Fig. 9. Control sistema de iluminación interior Oficina. Encendido.
Fuente: Autores.

La simulación se realiza en el software Proteus, donde se simbolizan las lámparas que tienen los locales (en la realidad son más de 2 lámparas, pero como todas están en serie significa lo mismo colocar 2 que 4). Aclarar que el relé que se simula en el programa no cambia su estado en la simulación, solo se evidencia por los pequeños puntos azules (nivel bajo del voltaje) y rojos (nivel alto del voltaje) en sus entradas y salidas.

F. Supervisión del sistema de iluminación exterior en la empresa

La empresa cuenta con 6 lámparas LED en los exteriores. Para contribuir con el ahorro energético de la entidad se propone el control del sistema de iluminación exterior donde, a través de un sensor fotoeléctrico, que por un sistema resistivo detecta cuando es de día y de noche, es programado para permitir la circulación de corriente a través de un breaker conectado a él para encender o apagar todas las lámparas. En este caso la programación insertada en el Arduino permite que solo se supervise el control, ya que el mismo sensor actúa sobre el conmutador.

En el Proteus se construyó todo el circuito lo más cercano posible a la realidad de cómo debería estar instalado en la empresa. En la Fig. 10 se muestra como cuando es de día (simulado por la linterna cerca del sensor) las lámparas se apagan automáticamente y el voltaje

en el pin de entrada digital del Arduino es de 0V, significando para el controlador la inactividad de las lámparas. En caso de que sea de noche, se encienden las lámparas y el voltaje que existe en el Arduino es de 5V, equivalente a una señal de actividad, como se muestra en la Fig. 11.

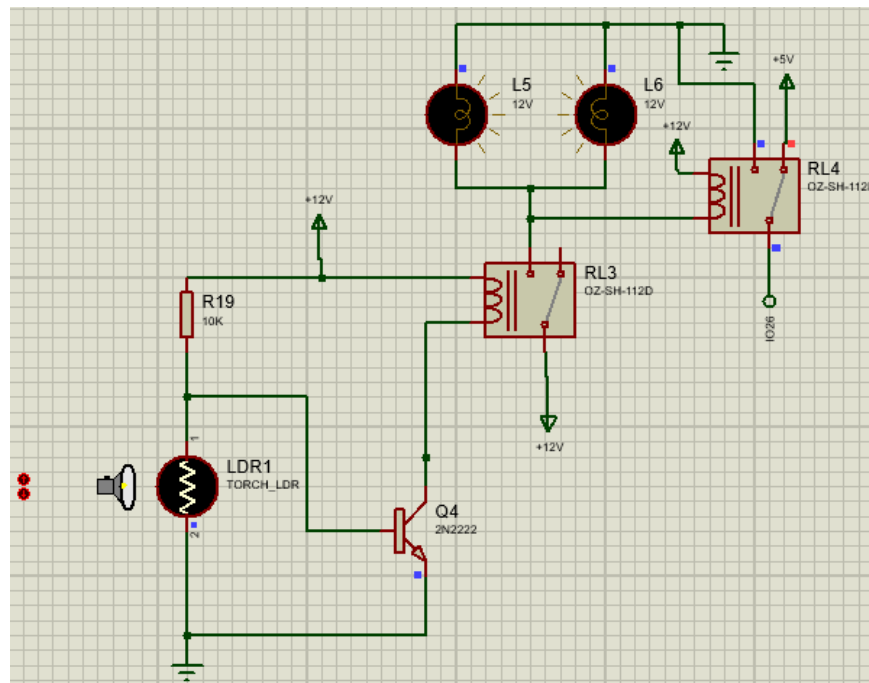


Fig. 10. Proteus. Control del sistema de iluminación exterior. De día.
Fuente: Autores.

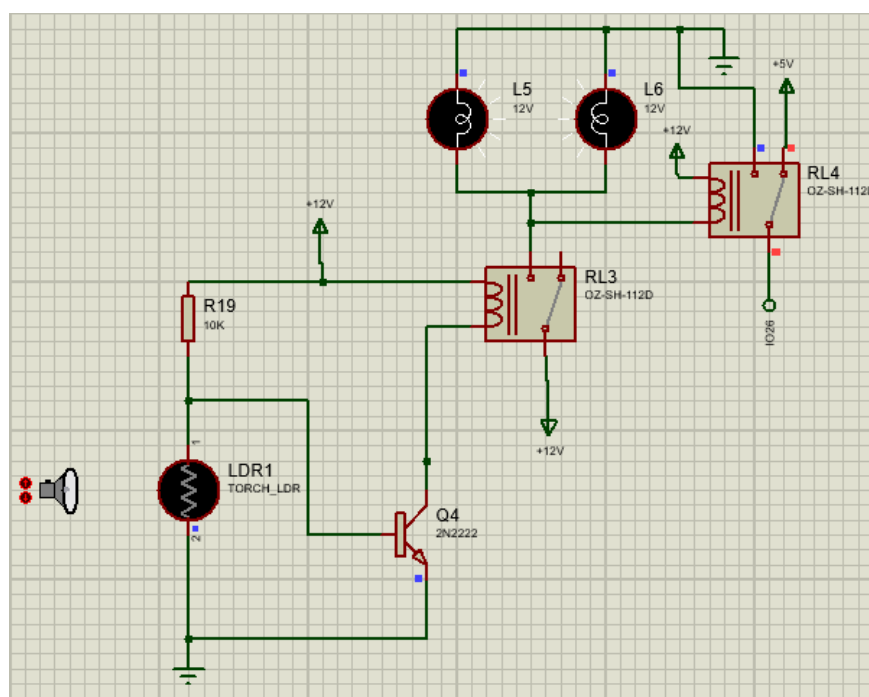


Fig. 11. Proteus. Control del sistema de iluminación exterior. De noche.
Fuente: Autores.

Se utilizan relé de libre potencial, porque en la realidad las lámparas tienen un voltaje de 110 V a 220 V (en el programa se trabaja con 12 V) y el Arduino opera con 5 V, por lo que hay que hacer un reajuste de voltaje. En esta simulación ocurre parecido que la simulación del control de luminaria interior del nodo. Los relés que se utilizan no simulan su estado, es decir que el interruptor no se mueve a pesar de que conmuta, solo se evidencia por los puntos rojos y azules, nivel alto y bajo del voltaje que existen respectivamente.

G. Supervisión de la fuente de alimentación al Nodo

El Nodo posee un apoyo en cuanto al suministro de energía que funciona como sistema de respaldo energético para casos donde la red central no puede abastecer por fallos en su propio sistema, es decir, falta de fluido eléctrico de corta o larga duración, que es el Grupo Electrógeno.

Dentro de las tareas asignadas está la supervisión de la fuente de suministro de energía eléctrica, ya sea de la red nacional o del Grupo Electrónico. Para ello se toma el estado de la línea de entrada al Nodo, por la red o el GE (Grupo Electrónico), como se muestra en el esquema de la Fig. 12.

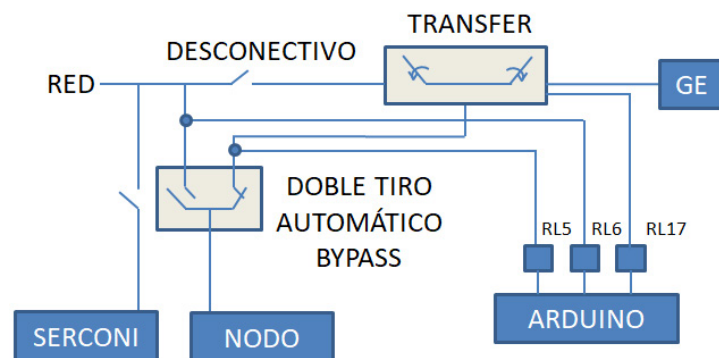


Fig. 12. Esquema Eléctrico en el Grupo Electrónico.
Fuente: Autores..

El Grupo Electrónico (GE) cuenta con un dispositivo llamado transfer mediante el cual se alimenta el Nodo de Cubaníquel [18]. Cuando falta el fluido eléctrico en el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), el propio mecanismo del transfer lo detecta, primeramente se desconecta de la red nacional y automáticamente activa el GE. Posterior a ello el transfer conmuta la alimentación que se toma de la red hacia el Nodo y la conecta a la salida de voltaje del GE. Cuando se vuelve a energizar la red del SEN la alimentación al Nodo conmuta del GE al SEN y luego se apaga el GE.

El Arduino es conectado a unos puertos auxiliares del mismo bypass para determinar si existe voltaje o no en cada línea y así determinar si el Nodo está siendo alimentado por la red o por el GE, a través de relé o conmutadores. Además de ser conectado al transfer para conocer el estado del transfer si está en funcionamiento o no, por la existencia de voltaje en él, como se muestra en la Fig. 13 y Fig. 14.

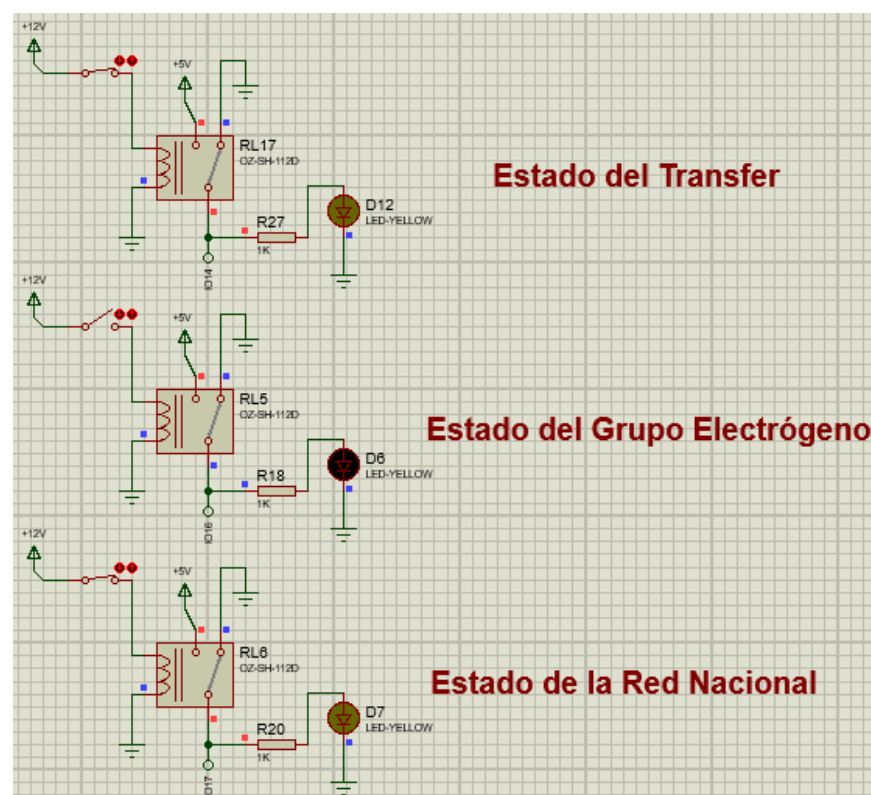


Fig. 13. Control de la fuente de alimentación al Nodo. Alimentado por la Red.
Fuente: Autores.

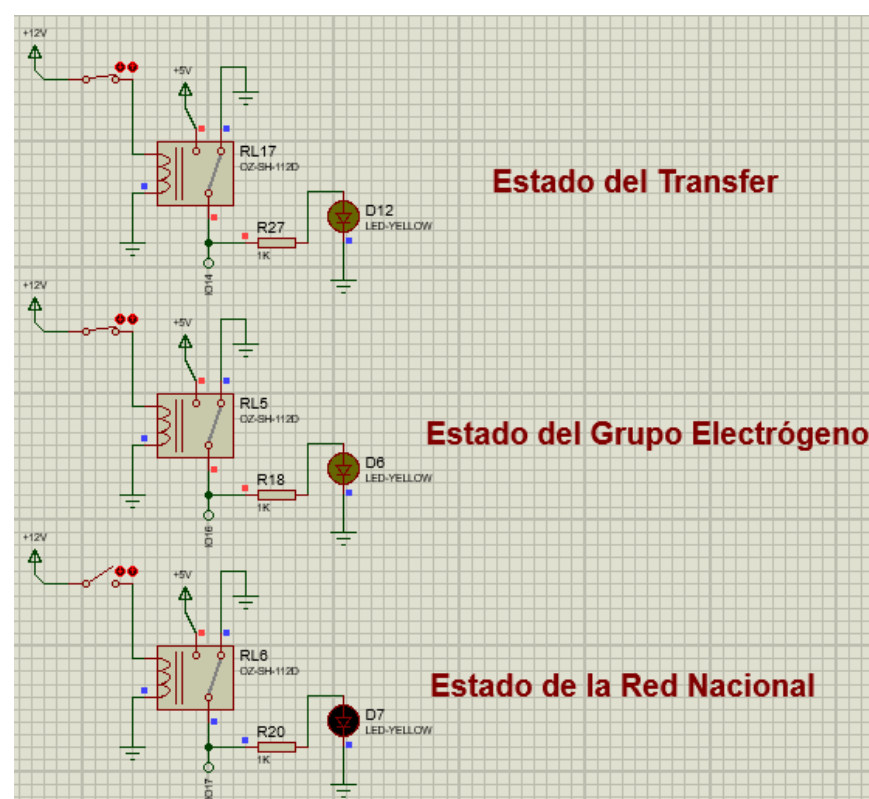


Fig. 14. Control de la fuente de alimentación al Nodo. Alimentado por el GE.
Fuente: Autores.

En la simulación de la supervisión de la fuente de alimentación al Nodo, se reproduce la realidad de la instalación. En el transfer se conecta un relé (RL17) para conocer su estado (si existe voltaje o no en él), es decir activo o inactivo, en la Fig. 13 y Fig. 14 se muestra el transfer en correcto funcionamiento, es decir, si existe voltaje en él. También se representa el estado del Grupo Electrógeno (RL5) y la Red Nacional (RL6), con el objetivo de simular si existe voltaje en los pines del arduino según de donde sea la alimentación para que luego el Arduino le envíe la información al SCADA y este por su programación entienda por dónde se está alimentando al Nodo. Para ello se simbolizan los estados (activos o inactivos), donde por la lógica insertada por default en el sistema de respaldo, solo puede estar activo uno a la vez, o el GE o la Red Nacional. En la Fig. 13 es la Red la que alimenta al Nodo y en la Fig. 14 el GE.

H. Control del consumo energético en horarios picos a nivel de empresa

La empresa SERCONI está distribuida por zonas:

- Zona 1: Dirección General, Capital Humano e Informática.
- Zona 2: Economía y Técnico Productivo.
- Zona 3: Compra y Aseguramiento, Transporte y Caja.
- Zona 4: Taller de Electrónica, Comedor, Automática.

Niveles de tensión por zonas:

- 110 V.
- 220 V.

La situación actual de la empresa es que no existe una organización eléctrica capaz de permitir un control de dicho sistema. Resolviéndose este problema, de forma tal que la distribución del sistema eléctrico sea similar a la distribución administrativa de la empresa, y dividida por niveles de tensión en 110 V y 220 V, se propone realizar un control asociado al mismo Arduino ubicado en el Nodo para así enlazarlo a la PC del local utilizando el mismo SCADA, donde se controla el suministro de corriente eléctrica por horarios previamente definidos por cada zona, y por cada grupo de nivel de tensión, ya que entre las medidas implementadas por el país para el ahorro energético se implementa que en los horarios picos a nivel de empresas disminuya al máximo el consumo, por lo que se suspende la climatización, la iluminación y si es posible el uso de cualquier otro equipo encendido innecesariamente según el tipo de voltaje por el que son alimentados (Fig. 15 y Fig. 16).

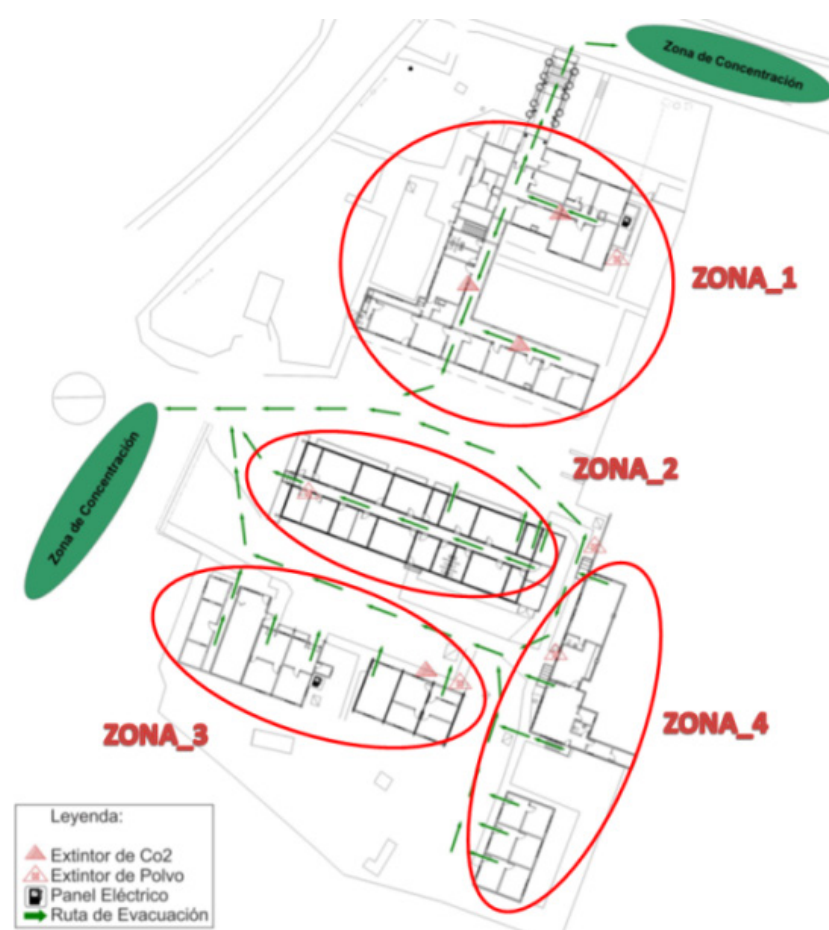


Fig. 15. Mapa de distribución de zonas en la empresa.
Fuente: Autores.

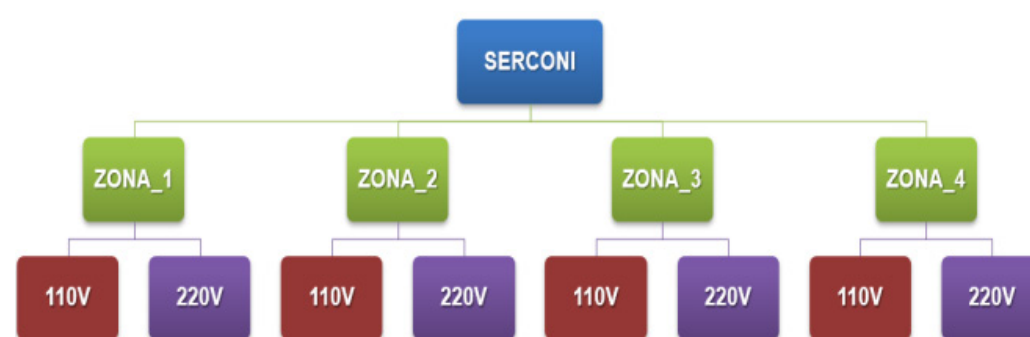


Fig. 16. Diagrama en bloque de distribución de zonas y trazas de cables en la empresa.
Fuente: Autores.

Se plantea además la propuesta de usar los EMM-4L, analizadores de red los cuales estén conectados a la línea de cables que entra a cada zona de la empresa. Con el objetivo de conectarlos al SCADA y tener registro del consumo energético mensual, poder comparar al final de mes en qué zona se consumió mayor energía, poder tener un balance de la carga energética y cuando se sobregira en que zona ocurrió.

El sistema favorece el ahorro de portadores energéticos de la empresa, ya que en los horarios de 10:00 am – 1:00 pm es inhabilitada la línea 220 V (Fig. 17), donde son conectados generalmente equipos de climatización y de 11:00 am – 1:00 pm la línea 110 V (Fig. 18), donde se conectan las luminarias, las computadoras, impresoras y otros equipos, en estos casos se implementa una variante manipulada desde el SCADA donde en caso autorizado y necesario se habilita una zona en específico en dichos horarios por tarea de prioridad para la empresa. Es por ello que el Arduino tiene salidas digitales hacia el relé de doble polo libre de potencial donde envía la orden del estado de las líneas según el horario, y tiene además entradas digitales desde el mismo relé hasta el Arduino que permite la verificación del estado ordenado. También se programa un horario a partir de que todos los trabajadores desalojan el edificio hasta la mañana siguiente, es decir de 5:30 pm – 7:00 am. Se tiene en cuenta además los fines de semana, donde los trabajadores no asisten a la empresa.

En la simulación del control de la energía de la empresa en los horarios de alta demanda, se representan los relés (estos no conmutan visualmente en la simulación pero sí internamente: RL25, RL30, RL32, RL33 y RL34 en la Fig. 17, y RL24, RL26, RL27, RL28 y RL29 en la Fig. 18) que activarán a los transferenciales de doble polo de libre potencial (estos sí conmutan visualmente: RL19, RL20, RL21, RL22 y RL23 en la Fig. 17 y RL31, RL14, RL15, RL16 y RL18 en la Fig. 18), donde por un lado conectan la línea de 220 V o de 110 V representada por 12 V y por el otro envían 5 V al Arduino significando que esta zona está conectada, la cual es señalizada además por el led conectado a cada zona.

Como se muestran en la Fig. 17 y Fig. 18 el primer dúo de elementos circuitales compuesto por un relé y un dispositivo transferencial ubicado jerárquicamente a la cabeza del sistema, representa la conexión de la empresa en general según el diagrama en bloque de la Fig. 16, este se utiliza para activar o desactivar toda la línea 220 V o 110 V simultáneamente. Los otros 4 dúos, compuestos igualmente por un relé y un transferencial, corresponden a la zona 1, 2, 3 y 4, ya sea para el esquema de 220 V o el de 110 V.

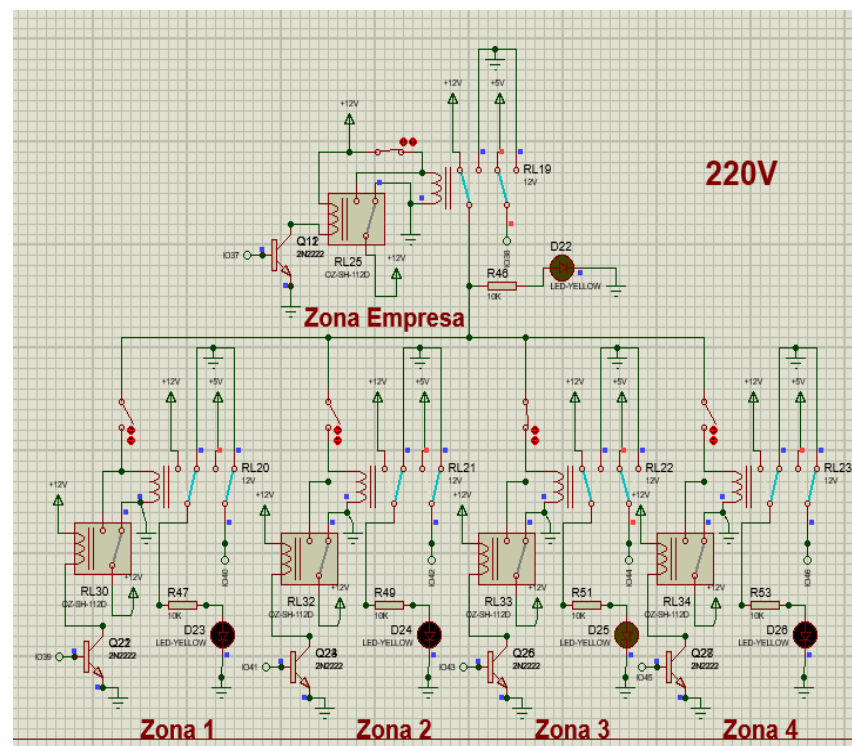


Fig. 17. Control consumo energético empresa, línea 220V.
Fuente: Autores.

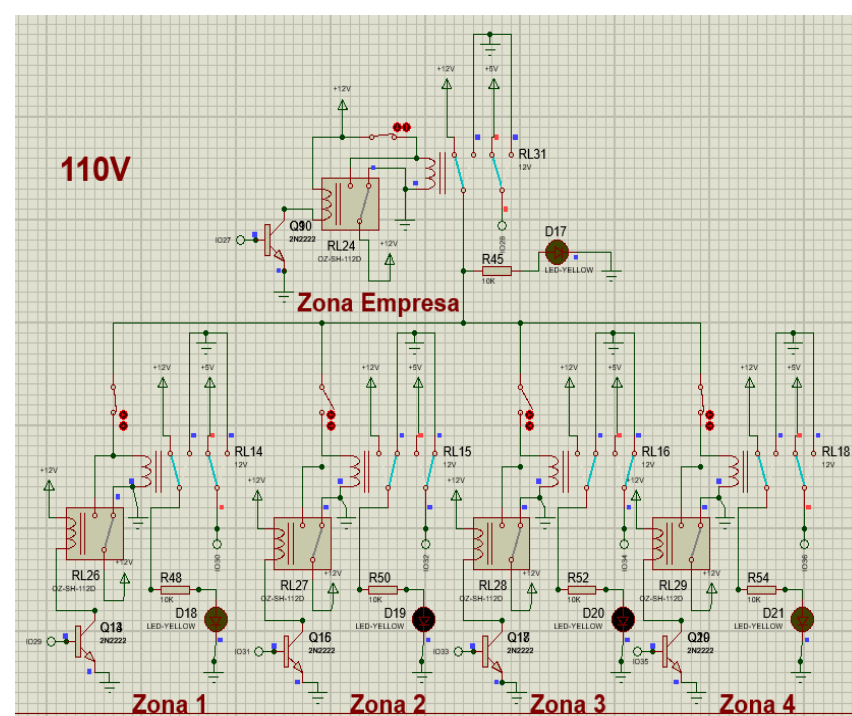


Fig. 18. Control consumo energético empresa, línea 110V.
Fuente: Autores.

El estado que se muestra en la Fig. 17 es cuando se transcurre por el horario pico definido y se necesita activar una zona específica por necesidad de la empresa, entonces se activa la Zona Empresa, y la Zona 3 en este caso. De esta manera se tiene la línea 220 V activa solo para la Zona 3. Así mismo ocurre en la Fig. 18, pero la zona que es activada es la 1 y la 4.

I. Visualización en el SCADA EROS-XD

El EROS-XD se compone de cuatro subsistemas:

- El Servidor EROS-XD.
- El Configurador EROS-XD.
- El Diseñador EROS-XD.
- El Visualizador EROS-XD.

El Servidor es el encargado de recolectar y procesar los valores que se miden en el campo; está orientado además a brindar servicios a las aplicaciones clientes para que estas publiquen las informaciones de interés facilitando así a los operadores la monitorización del proceso; también es el encargado de administrar los manejadores (drivers) que posibiliten la comunicación entre el software y los dispositivos del campo. Tiene la capacidad de sincronizarse con las aplicaciones clientes y actualizar en tiempo de ejecución los cambios de configuración sin que exista la necesidad de parar la visualización del proceso y se encarga además de la gestión de los datos históricos del proceso, procesamiento de script, las alarmas y los eventos [19].

El Configurador se encarga de definir las características generales del proceso. Es la aplicación donde se prepara el entorno para el inicio de la monitorización industrial.

- El conjunto de dispositivos del campo que entregarán información al sistema (en este caso, el sensor de temperatura, el de presencia, los interruptores y relés magnéticos).
- Los objetos y las variables que se manejan en el proceso con sus características (variables de temperatura, de presencia, del suministro de corriente eléctrica, de voltaje en la línea, entre otras)
- El enlace del software con los dispositivos del campo (enlace entre el SCADA ubicado en la PC y los dispositivos instalados dentro y fuera del Nodo y en las trazas de cable por toda la empresa).
- Los niveles de seguridad, entre otros elementos de interés (nivel del director de la empresa, del administrador de la red que atiende el Nodo, del técnico electrónico que atiende el consumo eléctrico en la empresa, etc.)

Otros elementos importantes que pueden definirse a través del configurador son los mecanismos para la conversión de los valores de los dispositivos, en caso de ser necesario denominados linealizaciones, la configuración de usuarios, roles y permisos para el manejo de la seguridad y otros elementos importantes como son los scripts y las recetas (Fig. 19) [19].

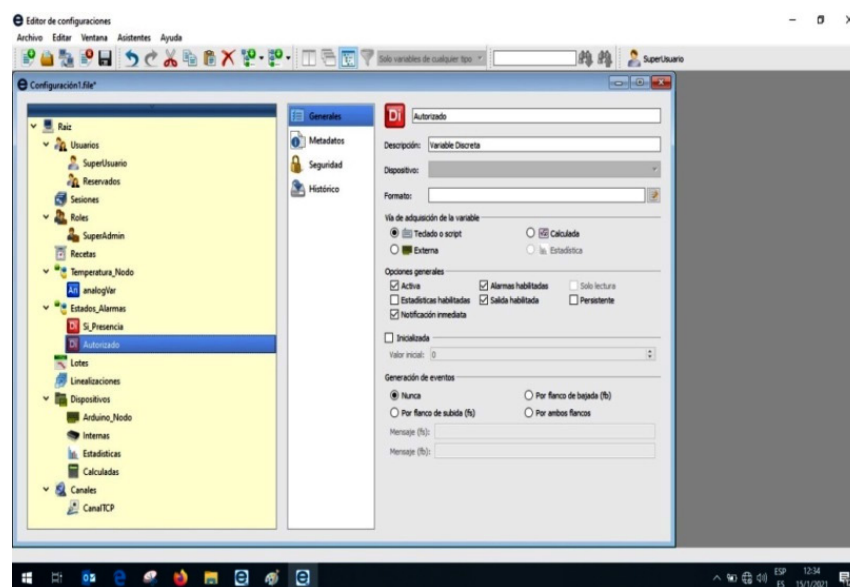


Fig. 19. Ventana de Configuración.
Fuente: Manual SCADA EROS-XD”.

El Diseñador es un subsistema que representa la parte del software donde se define la forma y contenido de los mímicos que representarán el proceso. Constituye una herramienta flexible que muestra a través de imágenes SVG cada Mega de los elementos que componen el proceso en el área de aplicación a través de los cuales se puede mostrar de manera dinámica el estado de los equipos, los valores de las variables e imitaciones de instrumentos [19].

En esta ventana se diseña el área de trabajo donde está aplicado el sistema automatizado. Por ello se incluyó un área para los automatismos instalados en el Nodo que son: el control de temperatura, de presencia, del sistema de iluminación interna y la supervisión de la fuente del suministro eléctrico (Fig. 20).

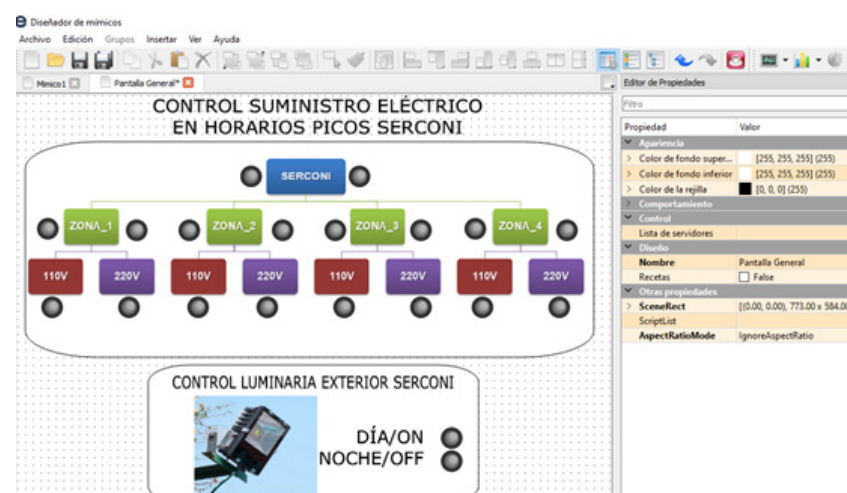


Fig. 20. Ventana del Diseñador.
Fuente: Autores.

El Visualizador muestra el mímico diseñado previamente en tiempo de corrida, refrescando los valores de las variables y representando a través de animaciones el estado de los componentes (Fig. 21 y Fig. 22).

Algunas funcionalidades del visualizador permiten a los operadores enviar comandos para hacer modificaciones de los parámetros de control o configuración del proceso y visualizar los datos históricos en tiempo real en forma de gráficos de tendencia; además de permitir un seguimiento al comportamiento de los eventos, las alarmas, las variables y las estadísticas de las variables. De esta manera facilita a los operadores la supervisión y el control del proceso en general [19].

En el primero se muestra el valor de la temperatura del local en °C, si está trabajando el split 1 o el 2; en el segundo, si la fuente de suministro de energía es de la red o del Grupo Electrógeno, en el tercero si las luces del nodo y de la oficina están encendidas o apagadas y el cuarto la detección de personal al local, en caso de no estar autorizado la señalización es por alarma (Fig. 21).



Fig. 21. Ventana del Visualizador. Inmótica Nodo.
Fuente: Autores.

También se añadió la parte del control de la corriente eléctrica en los horarios picos en la empresa, donde se visualiza claramente que trazas de cables están activas o no en los horarios pico. Lo normal es que en el horario de 10:00 am – 1:00 pm se desactive la energía de la línea 220 V, de 11:00 am – 1:00 pm la de 110 V, y a partir de las 5:00 pm – 7:00 am se desactiven todas las líneas de consumo en la empresa. Pero por ejemplo en caso de que haya que hacer una excepción por la importancia de algún trabajo específico o reunión, y si necesita restablecer la energía eléctrica para brindar el servicio a una determinada carga entonces, en una zona determinada, a través del modo Manual del sistema SCADA se energiza la zona que necesita del servicio eléctrico en esa zona y en esas líneas de cables, utilizando los botones respectivos (Fig. 22).

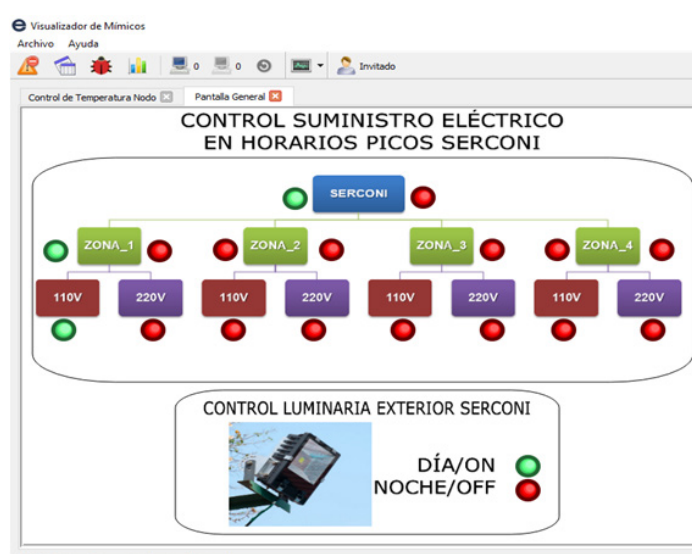


Fig. 22. Ventana del Visualizador. Inmótica SERCONI.
Fuente: Autores.

- *Seguimiento de eventos, alarmas y tendencias*

Eros-XD facilita el análisis de la información adquirida a través de los diferentes componentes y dispositivos de medida de manera gráfica con el Visualizador facilitando la labor de supervisión por parte de los usuarios a través de Sumario de Alarmas, paneles de eventos con el estado del tiempo correspondiente y gráficos de tendencias a través de los cuales se lleva el seguimiento constante de las medidas de las diferentes variables involucradas como voltajes, potencias, corrientes, temperatura y presencia [19].

EROS-XD implementa las herramientas necesarias para la interacción entre los operadores y el proceso inmótico, que funcionan de forma independiente pero que en conjunto representan el HMI del SCADA.

III. VALORACIÓN ECONÓMICA E IMPACTO EN LA SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES

El mundo se plantea como alternativa a las crisis económicas existentes la sustitución de importaciones. La balanza comercial de los países depende de lo exportado (que genera divisas) y lo importado (que las consume), por lo que una balanza comercial saludable implica una mayor exportación [20]. Por ello, (...) “hay que sustituir importaciones. Esto hace imperativo que de manera conjunta Estado, empresarios y universidades establezcan los nichos en donde es factible sustituir importaciones y elevar el valor agregado nacional” (...) [21, p. 1].

En el proyecto se plantea la implementación de productos cubanos de la Familia de Productos EROS: El sistema de Supervisión y Control de Procesos Tecnológicos EROS-XD y termorresistencia PT-100.

Las licencias del SCADA EROS-XD se comercializan en 20 000 USD, mientras que sistemas con prestaciones similares de procedencia extranjera, se adquieren en precios que oscilan alrededor de los 25 000 USD, algunos de los cuales implican costos adicionales como adiestramientos en el extranjero y el servicio post-venta para el mantenimiento del sistema. Por otra parte, las termorresistencias PT-100 se fabrican y reciben el aseguramiento metrológico en SERCONI,

cuyo diseño se realiza adecuado a los requerimientos de la instalación, se comercializan en 50 USD, mientras que productos similares extranjeros alcanzan precios alrededor de los 385 USD. Para un puesto de supervisión del SCADA EROS-XD y una termorresistencia PT-100, representa una sustitución de importaciones de 20 050 USD (Tabla 2) (MN: Moneda nacional, MLC: Moneda Librementemente Convertible).

TABLA 2. SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES.

	U	Recursos		Impacto Económico	
		MN	MLC	MN	MLC
SCADA EROS-XD	2	1.2	0.1		40.0
PT-100	2	0.1	0.3		0.1

Fuente: Autores.

El impacto económico no solo incluye la sustitución de importaciones, sino además abarca todo el ahorro que implica la seguridad del Nodo. Actualmente su mayor déficit está en esta área, un solo servidor puede costar por encima de los 9 MUSD (miles de USD), y pueden alcanzar los 86 MUSD y en el caso del Nodo del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL cuenta con más de 10 servidores, eso sin mencionar los switches, routers y otros equipos de alto valor monetario, también necesarios para el proceso telemático.

El control de la temperatura a partir de un balance de carga justificando el número de equipos de climatización a emplear, garantiza una mayor durabilidad de los equipos del Nodo, así como la disminución de los fallos que actualmente presentan por incómodas condiciones de trabajo.

La aplicación del sistema de supervisión y control en no solo la empresa donde está ubicada el Nodo, sino en todas las empresas del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL, constituiría un aporte tangible a la economía del país a partir de su ahorro energético, ya que el mayor consumo de estos tipos de edificios administrativos para el que se proyecta el diseño, es por el alto consumo de los equipos de climatización encendidos en ocasiones hasta más de 8h, a pesar del llamado a ahorrar, de lo contrario si existiera un riguroso control de todo el sistema energético por empresa en los horarios picos o de alta demanda, aseguraría una disminución efectiva en el consumo energético.

IV. CONCLUSIONES

1. La caracterización de los edificios inteligentes desde los presupuestos teóricos de la inmótica a partir de las aplicaciones de las TIC en centros de datos y el empleo de diferentes contenidos de pre grado y post grado, sustentaron, el diseño del sistema de supervisión y control para el Nodo del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL, permisivo de la elevación de la seguridad, la eficiencia energética y la efectividad del servicio de redes telemáticas exigidos para su categoría.
2. La aplicación de las normas extranjeras para el diseño de instalaciones inmóticas, particularmente la REBT ITC-BT-51 “Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios” [26], determinaron los requisitos de la instalación, siendo la base oficial para el diseño del sistema de supervisión y control.
3. Las ventajas, características y clasificación de la arquitectura, la topología y los medios de transmisión posibilitaron la elección del diseño inmótico de tipo centralizado, estrella y cableado, respectivamente.
4. El estudio de las características del Nodo del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL posibilitó definir los sensores necesarios a utilizar y el cálculo de la carga térmica para la refrigeración determinó la capacidad de los equipos de climatización para soportar las altas temperaturas a la que trabajaban los equipos del Nodo, para mantener una adecuada temperatura en el local, según la norma TIA/EIA-942, donde el margen óptimo es entre 17°C y 21°C, en aras de mayor eficiencia energética y confort.

5. Las fortalezas de las ventajas del SCADA EROS-XD, de producción nacional, demostraron su importancia en el sistema de supervisión y control en el Nodo, alcanzando un sistema con una visión integradora, escalable, modular, sostenible y actualizable.

Para alcanzar niveles superiores en cuanto al ahorro energético, se extendió el control a la empresa donde está ubicado el Nodo, diseñando un sistema de supervisión de la iluminación exterior en la empresa y el control de su consumo en horarios de altas demandas.

REFERENCIAS

- [1] J. Torres y R. Torres, “Reflexiones sobre la problemática energética actual en el mundo y en Cuba”, 2006. [Online]. Recuperado de https://www.nodo50.org/cubasigloXXI/economia/torresmp_310307.pdf
- [2] C. Milanés, J. A. Planas, R. Pelot & J. R. Núñez, “A new methodology incorporating public participation within Cuba’s ICZM program,” *Ocean Coast Manag*, vol. 186, pp. 1–16, Mar. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105101>
- [3] C. Milanés-Batista, H. Tamayo-Yero, D. De Oliveira & J. R. Nuñez-Álvarez, “Application of Business Intelligence in studies management of Hazard, Vulnerability and Risk in Cuba,” presented at *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*, vol. 844, Expotecnología 2019, CTG, CO, 30 Oct.-1 Nov. 2019, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/844/1/012033>
- [4] J. Andramuño, E. Mendoza, J. Núñez & E. Liger, “Intelligent distributed module for local control of lighting and electrical outlets in a home,” presented at *9th IC-MSQUARE*, vol. 1730, AIP Publishing, Tinos island, GR, 7-10 Sept. 2020, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1730/1/012001>
- [5] E. Mendoza, J. Andramuño, J. Núñez & L. Córdova, “Intelligent multi-agent architecture for a supervisor of a water treatment plant,” presented at *10th IC-MSQUARE 2021*, vol. 2090, AIP Publishing, GR (Virtual), 6-9 Sept. 2021, pp. 1–15. Available from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2090/1/012124/pdf>
- [6] A. Mohta, A. Chatterjee & A. Bose, “Design and Development of an Intelligent Home Automation and Security System,” *IJCSN*, vol. 5, no. 4, pp. 599–603, Aug. 2016. Available: <http://www.socolar.com/Article/Index?aid=200185167171&jid=200000142023>
- [7] D. F. Gutiérrez, J. F. Martínez & F. W. Strauch, “Revisión de Literatura: Inmótica y Domótica,” *Proyecto de grado*, Fac Ing, Prog Imec, UPC, BO, CO, 2017. Recuperado de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003991.pdf>
- [8] A. Socarras, A. Acosta y A. L. Arencibia, “Sistema de monitorización de consumo de energía eléctrica en el Hotel Nacional de Cuba,” *RCI*, vol. 11, no. 3, pp. 22–32, Sep. 2020. Disponible en <https://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/756>
- [9] N. Peccisa, Y. J. Rodríguez, C. Morón & A. García, “Normativa domótica en edificaciones = Building domotic legislation,” *Anal Edif*, vol. 1, no. 2, pp. 48–53, Sep. 2015. <https://dx.doi.org/10.20868/ade.2015.3103>
- [10] Q. I. Sarhan, “Systematic Survey on Smart Home Safety and Security Systems Using the Arduino Platform,” *IEEE Access*, vol. 8, no. 1, pp. 128362–128384, Jul. 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008610>
- [11] J. R. Núñez, I. F. Benítez-Pina & D. M. Carbonell, “Tools for the design of an inmotoc system in the residential block of a five star plus hotel,” *ITEGAM-JETIA*, vol. 4, no. 13, pp. 166–175, Mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.5935/2447-0228.20180024>
- [12] S. Arif, M. A. Khan, S. U. Rehman, M. A. Kabir & M. Imran, “Investigating Smart Home Security: Is Blockchain the Answer?,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 117802–117816, Jun. 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3004662>
- [13] O. G. Pop, A. Abrudan, A. M. Dogeanu, A. G. Pocola, L. F. Tutunaru & M. C. Balan, “Dynamic thermal modeling of buildings and application to a hospital,” presented at *AQTR*, IEEE CS, Cluj-Napoca, RO, ITA, 24-26 May. 2018, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2018.8402769>
- [14] J. Cabrera, J. Caratt, G. Valencia, R. Ramírez & J. R. Nuñez, “A New Computational Tool for the Development of Advanced Exergy Analysis and LCA on Single Effect LiBr–H₂O Solar Absorption Refrigeration System,” *Lubricants*, vol. 9 no. 8, pp. 1–27, Aug. 2021. <https://doi.org/10.3390/lubricants9080076>
- [15] Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers, *TIA-942*, ANSI/TIA, Arlington, VA, USA, April 2005. Available: <https://manuais.iessanclemente.net/images/9/9f/Tia942.pdf>
- [16] J. R. Nuñez-Álvarez, I.F. Benítez-Pina & Y. Llosas-Albuérne, “Communications in Flexible Supervisor for Laboratory Research,” presented at *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*, vol. 844, Expotecnología, CTG, CO, 30 Oct. - 1 Nov. 2019, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/844/1/012016>
- [17] E. Mendoza, P. Fuentes, I. Benítez, D. Reina y J. Núñez, “Red de sensores inalámbricos multisalto para sistemas domóticos de bajo costo y área extendida,” *RIAI*, vol. 17, no. 4, pp. 412–423, Sep. 2020. <https://doi.org/10.4995/riai.2020.12301>
- [18] C. M. F. Hernández, A. N. Banza & E. Gock, “Recovery of metals from Cuban nickel tailings by leaching with organic acids followed by precipitation and magnetic separation,” *J Hazardous Mater*, vol. 139, no. 1, pp. 25–30, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.03.074>
- [19] J. R. Nuñez, Y. Pérez, I. Benítez & E. Noriega, “Demilitarized network to secure the data stored in industrial networks,” *IJECE*, vol. 11, no. 1, pp. 611–619, Feb. 2021. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i1.pp611-619>

- [20] F. A. Barrozo, G. Valencia, L. G. Obregon, A. Arango-Manrique & J. R. Núñez, “Energy, Economic & Environmental Evaluation of a Proposed Solar-Wind Power On-grid System Using HOMER Pro®: A Case Study in Colombia,” *Energies*, vol. 13, no. 7, pp. 1–19, Apr. 2020. <https://doi.org/10.3390/en13071662>
- [21] Y. Dong and G. Fu, “Comparison test and evaluation of imported and domestically produced DC-DC converters for military avionics use aiming at application and substitution,” presented at *ICRSE*, IEEE, BJ, CN, 21-23 Oct. 2015, pp. 1–5. <https://doi.org/1109/ICRSE.2015.7366444>
- [22] Energy management systems — Requirements with guidance for use, *ISO 50001:2011*, ISO, International Organization for Standardization, GE, CH, 2011. Disponible en <https://www.iso.org/standard/51297.html>
- [23] Edificaciones - Requisitos de diseño para la Eficiencia Energética, *NC 220-1:2009*, NC, Oficina Nacional de Normalización, HAB, CU, 2009. Disponible en <http://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2009/NC%20220-1%20a2009%2020p%20oxm.pdf>
- [24] Reglamento electrotécnico cubano para instalaciones eléctricas en edificaciones, *NC 8001:2017*, NC, Oficina Nacional de Normalización, HAB, CU, 2017.
- [25] Catálogo del sensor 5800PIR, *L/5800PIRSD/D|03/20*, Resideo Technologies, Doral, FL, USA, 2020. Recuperado de https://www.resideo-latam.com/pdfs/L_5800PIRSD_D_5800PIR_Series_Data_sheet_Spanish.pdf
- [26] Guía técnica de aplicación. Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios, *REBT ITC-BT-51*, MINCOTUR, ES, 2007. Disponible en http://www.construmecum.com/docsnormativa/2716_119.pdf