



***Trabajo final presentado  
en opción al Título de  
Máster en Automática***

Autora: Analia Cobas García

Tutores: Dr. Rafael Trujillo Coderniú

Dr. Israel F. Benítez Pina

Consultantes: MSc. José Ricardo Núñez A.

Ing. Iván Rodríguez Pacín

**Santiago de Cuba  
2021**



UNIVERSIDAD  
DE ORIENTE

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Ingeniería en Automática

*Trabajo final presentado  
en opción al Título de  
Máster en Automática*

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

Autor: Analia Cobas García

Tutores: Dr. Rafael Trujillo Coderniú

Dr. Israel Benítez Pina

Consultantes: MSc. José Ricardo Núñez Álvarez

Ing. Iván Rodríguez Pacín

## Pensamientos

¡Y te declarará los secretos de la sabiduría, que son de doble valor que las riquezas! [...]

Job 11:6

Con Dios está la sabiduría y el poder; suyo es el consejo y la inteligencia.

Job 12:13

# Dedicatoria

A Dios, por escogerme como su hija.

A mi familia, por ser una parte importante en mi vida.

A mis amigos, por estar ahí siempre para mí.

## Agradecimientos

Gracias al apoyo de mis compañeros de trabajo: Claudio, Robert, Maikel, Yoelvis, mi compañera y jefa Carmen Mulet y mis consultantes Armando, Iván y Rolando (mi padre) que me ayudaron y enseñaron lo necesario para poder desarrollar esta tesis de maestría.

Gracias a mis tutores Ricardo Núñez e Israel Benítez, que con sus bien recibidas correcciones me incitaban a dar un paso más largo en el desarrollo de la tesis.

A mi familia amorosa y maravillosa que me permitió una estabilidad emocional lo suficientemente fortalecida como para lograr un resultado óptimo en los estudios.

Gracias a mi Dios incomparable por la victoria.

## Resumen

La automática en sentido general está ocupando espacio en el desarrollo de la sociedad. La inmótica está cogiendo auge a nivel mundial dentro de esta ciencia debido a las posibilidades tangibles que representa para el confort y ahorro de recursos energéticos. En Cuba, esta especialidad no ha alcanzado el nivel requerido a pesar de su importancia en el ahorro de portadores energéticos, siendo un país del tercer mundo que depende de la importación de estos recursos. El Nodo del Grupo Empresarial CUBANÍQUEL, es el centro de servicios telemáticos administrado por la Empresa SERCONI, el cual 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 misma y al país. Es por ello que en este trabajo se propone una estrategia que controle los aspectos antes mencionados cumpliendo con las exigencias técnicas requeridas. Para dar respuesta a esta problemática, en la investigación se realizó un análisis de las funciones básicas del Nodo de CUBANÍQUEL, y consecuentemente un estudio de los automatismos de inmuebles dentro del campo de la inmótica, y las características de las conexiones de los elementos que permiten el control en la instalación. La tecnología propuesta consiste fundamentalmente en una plataforma de creación electrónica de código abierto de tipo Arduino Mega Pro, además del analizador de red EMM-4L, los sensores de presencia, de temperatura, fotoeléctricos y el SCADA EROS-XD, para la implementación más fácil y económica del control. Con la implementación de esta propuesta se logrará alcanzar primeramente, el nivel de automatismo que requieren estos tipos de centros por sus especificidades y al utilizar parte de la tecnología Familia de Productos EROS para la automatización, se sustituirían importaciones por un valor de 20050 USD. La empresa podrá contar con una visión relativamente novedosa de la inmótica, contando con una instalación inteligente que aporta mayor seguridad, eficiencia,

---

fiabilidad y efectividad del servicio de redes telemáticas ubicado en el Nodo de SERCONI y consecuentemente mejora del servicio de redes telemáticas.

## Abstract

Automatic in the general sense is taking up space in the development of society. The immotic is booming globally within this science due to the tangible possibilities it represents for comfort and saving energy resources. In Cuba, this specialty has not reached the required level despite its importance in saving energy carriers, being a third world country that depends on the import of these resources.

The CUBANICKEL Business Group Node is the telematics service center managed by the SERCONI Company, which needs the incorporation of immotic services, where temperature, staff presence, interior luminaire and power supply are monitored and monitored. Likewise, the company SERCONI requires the control of energy consumption during high demand hours, and the exterior luminaire to minimize expenses to the company itself and the country.

That is why this work proposes a strategy that controls the aforementioned aspects in compliance with the technical requirements required.

To respond to this problem, the research carried out an analysis of the basic functions of the CUBANICKEL Node, and consequently a study of the automations of real estate within the field of immotic, and the characteristics of the connections of the elements that allow control in the installation. The proposed technology consists mainly of an Arduino Mega Pro open source electronic creation platform, in addition to the EMM-4L network analyzer, presence sensors, temperature sensors, photoelectric sensors and the SCADA EROS-XD, for the easiest and most economical implementation of the control.

With the implementation of this proposal, the level of automation required by these types of centers will be achieved first by their specificities and by using part of the EROS Product Family technology for automation, imports worth USD 20050 would be replaced. The company will be able to have a relatively novel view of the immotic, having an intelligent installation that provides greater security, efficiency, reliability and effectiveness of the telematics network service located in the SERCONI Node and consequently improvement of the telematics network service.

---

---

ÍNDICE	
Introducción .....	9
Capítulo 1. Marco teórico .....	16
Introducción.....	16
1.1. Inmótica. Caracterización .....	16
1.1.1. Historia.....	18
1.1.2. Antecedentes de la domótica/inmótica en Cuba.....	19
1.1.3. La inmótica en la actualidad .....	21
1.1.4. Legislación. Normativa.....	22
1.1.5. Impacto económico, social y medio ambiental de la Inmótica .....	26
1.2. Arquitectura, medios de transmisión y topología .....	28
1.3. Comunicaciones.....	33
1.4. Tecnologías utilizadas en el proyecto .....	33
1.4.1. Arduino Mega Pro Embed CH340G / ATmega2560.....	33
1.4.1.1. Comunicación en Arduino.....	35
1.4.2. Sensor de movimiento PIR + Consola ADEMCO 6148SP Honeywell.	36
1.4.3. Termorresistencia.....	39
1.4.4. Interruptor crepuscular Exterior. Focélula. Sensor fotoeléctrico Día/noche. Ajustable. Protección contra Lluvia (Ip65).....	40
1.4.5. Analizador dered, EMM-4L .....	41
1.4.6. SCADA EROS-XD.....	42
1.5. Algoritmo del cálculo de la carga térmica total para la refrigeración .....	45
Conclusiones Parciales .....	46
Capítulo 2. Diseño del Sistema de Supervisión y Control de la empresa .....	47
Introducción.....	47

---

---

2.1. Antecedentes del Nodo.....	47
2.1.1. Requisitos específicos .....	48
2.2. Planteamiento del sistema de control general en el Nodo y la empresa .....	49
2.2.1. Topología diseñada .....	50
2.2.2. Cálculo de la carga térmica total para la refrigeración.....	51
2.2.3. Control de temperatura en el Nodo .....	56
2.2.4. Control de presencia en el Nodo .....	61
2.2.5. Control del sistema de iluminación interior del Nodo y la Oficina del Nodo	64
2.2.6. Supervisión del sistema de iluminación exterior en la empresa.....	67
2.2.7. Supervisión de la fuente de alimentación al Nodo .....	69
2.2.8. Control del consumo energético en horarios picos a nivel de empresa. .....	74
2.2.9. Visualización en el SCADA EROS-XD.....	80
2.2.10. Especificación para la importación y exportación de mapas de variables al SCADA EROS-XD.....	85
2.3. Valoración económica e impacto en la sustitución de importaciones.....	86
Conclusiones Parciales .....	88
Conclusiones Generales .....	89
Recomendaciones.....	90
Referencias Bibliográficas.....	91
Anexos .....	94
Anexo 1: Algoritmo de cálculo para determinar la carga térmica total de refrigeración [16], [25] .....	94
Anexo 2: Estudio de carga en los equipos instalados en el Nodo .....	101

---

---

Anexo 3: Tabla de Mapa de Variables .....	102
---	-----

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: ARQUITECTURAS DE LAS REDES .....	30
ILUSTRACIÓN 2: TIPOS DE TOPOLOGÍAS DE LAS REDES .....	32
ILUSTRACIÓN 3: VISTA FRONTAL Y TRASERA DEL ARDUINO MEGA PRO.....	34
ILUSTRACIÓN 4: SENSOR DE MOVIMIENTO 5800PIR.....	37
ILUSTRACIÓN 5: CONSOLA ADEMCO 6148 SP.....	38
ILUSTRACIÓN 6: ALARMA LUMÍNICA SONORA SSX-52S.....	39
ILUSTRACIÓN 7: TERMORRESISTENCIA PT100.....	40
ILUSTRACIÓN 8: SENSOR FOTOELÉCTRICO .....	41
ILUSTRACIÓN 9: EMM-4L. ANALIZADOR DE REDES ELÉCTRICAS .....	42
ILUSTRACIÓN 10: SCADA EROS –XD .....	45
ILUSTRACIÓN 11: ESQUEMA DEL BALANCE TÉRMICO DE UNA EDIFICACIÓN. FUENTE: SZOKOLAY (2014). INTRODUCTION TO ARCHITECTURAL SCIENCE.....	46
ILUSTRACIÓN 12: SITUACIÓN REAL DEL NODO.....	48
ILUSTRACIÓN 13: ESQUEMA GENERAL DE CONEXIONES DEL SISTEMA INMÓTICO.....	50
ILUSTRACIÓN 14: TOPOLOGÍA DE SISTEMA INMÓTICO PROPUESTO DE TIPO ESTRELLA .....	51
ILUSTRACIÓN 15: DATA CENTER.....	57
ILUSTRACIÓN 16: LAZO DE CONTROL DE TEMPERATURA .....	58
ILUSTRACIÓN 17: CONEXIÓN DE LA TERMORRESISTENCIA RTD-PT100 AL ARDUINO.....	60
ILUSTRACIÓN 18: LAZO DE CONTROL DE PRESENCIA.....	62
ILUSTRACIÓN 19: ALCANCE DEL SENSOR PIR Y UBICACIÓN PROPUESTA.....	63

---

ILUSTRACIÓN 20: CONTROL SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR NODO. ENCENDIDO .....	65
ILUSTRACIÓN 21: CONTROL SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR OFICINA. ENCENDIDO .....	66
ILUSTRACIÓN 22: CONTROL SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR NODO Y OFICINA. ENCENDIDOS .....	66
ILUSTRACIÓN 23: CONTROL SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTERIOR NODO Y OFICINA. APAGADOS.....	67
ILUSTRACIÓN 24: PROTEUS. CONTROL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR. DE DÍA .....	68
ILUSTRACIÓN 25: PROTEUS. CONTROL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR. DE NOCHE.....	69
ILUSTRACIÓN 26: UBICACIÓN DEL NODO EN LA PARTE DELANTERA DERECHA DE SERCONI.....	70
ILUSTRACIÓN 27: ESQUEMA ELÉCTRICO EN EL GRUPO ELECTRÓGENO.....	70
ILUSTRACIÓN 28: CONTROL DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN AL NODO. ALIMENTADO POR LA RED.....	72
ILUSTRACIÓN 29: CONTROL DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN AL NODO. ALIMENTADO POR EL GE.....	73
ILUSTRACIÓN 30: DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS Y TRAZAS DE CABLES EN LA EMPRESA.....	75
ILUSTRACIÓN 31: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ZONAS EN LA EMPRESA .....	75
ILUSTRACIÓN 32: CONTROL CONSUMO ENERGÉTICO EMPRESA, LÍNEA 220V .....	77
ILUSTRACIÓN 33: CONTROL CONSUMO ENERGÉTICO EMPRESA, LÍNEA 110V .....	78
ILUSTRACIÓN 34: VENTANA DE CONFIGURACIÓN.....	81
ILUSTRACIÓN 35: VENTANA DEL DISEÑADOR .....	82
ILUSTRACIÓN 36: VENTANA DEL VISUALIZADOR. INMÓTICA NODO.....	84
ILUSTRACIÓN 37: VENTANA DEL VISUALIZADOR. INMÓTICA SERCONI .....	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN.....	23
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE ARDUINO MEGA PRO.....	35
TABLA 3: CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACIÓN.....	52
TABLA 4: ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DE TEMPERATURA.....	59
TABLA 5: MAPA DE VARIABLE SENSOR DE PRESENCIA_1 .....	86
TABLA 6: SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES .....	87
TABLA 7 : CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS [26-29].....	98
TABLA 8: MAPA DE VARIABLES PARA LA COMUNICACIÓN DEL SCADA EROS –XD .....	102

## INTRODUCCIÓN

---

---

La energía ha significado un elemento importante para el desarrollo de la humanidad. El hombre desde su existencia, ha necesitado la energía para sobrevivir. Este término constituye la capacidad de los cuerpos para realizar trabajo, la cual se manifiesta de diferentes formas. La explicación detallada de las diferentes manifestaciones energéticas se trata con claridad en los cursos elementales de la enseñanza. En este trabajo solo se hará referencia a la energía eléctrica que se utiliza para el funcionamiento de los procesos industriales y tecnológicos en la sociedad en sentido general.

Se puede decir entonces que la energía es el motor de nuestro mundo: mueve nuestros cuerpos, calienta nuestras casas, ilumina nuestras calles, alimenta nuestras industrias, desplaza nuestros vehículos y en esencia, es la base de toda actividad que se produce a nuestro alrededor. 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].

El espectacular desarrollo industrial y tecnológico que experimenta la sociedad en los últimos años se debió en gran medida a la posibilidad de acceder a fuentes masivas y poco costosas de energía. En un principio fue el carbón, el agua de los ríos, luego el petróleo y el gas, la energía nuclear entre otras. La producción industrial a gran escala, el transporte transcontinental y el confort que disfrutamos en nuestros hogares dependen en cierto modo de la utilización de energía. Esto ha generado la creación de un modelo de vida asociado a la utilización de los combustibles fósiles mayoritariamente como fuente de energía. Sin embargo, las bases de este modelo ya no podrán sobrevivir por un largo período.

De acuerdo con estimaciones realizadas por la Agencia Internacional de la Energía (IEA), si los patrones actuales de consumo de energía se mantienen, las necesidades energéticas serán un 60% superior en el 2030 [1].

---

En Cuba todavía un porcentaje considerable de la energía que se utiliza tiene como fuente de generación los combustibles fósiles, que en su mayoría es importando cargando con las consecuencias de la inestabilidad del mercado internacional y las acciones genocidas del bloqueo de los EEUU sobre nuestro país.

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].

Se han implementado estrategias para cubrir la demanda y evitar la interrupción de los servicios básicos de la población: primero se utilizan los combustibles menos costosos, y luego se van incorporando los demás al proceso de generación, hasta llegar al diésel, que es el más caro. También afirmó que ya se empieza a notar la participación de las fuentes renovables de energía dentro de la matriz de generación en el país.

Además, se emplea el gas natural que se extrae de los pozos de petróleo, el cual constituye la segunda fuente menos costosa, el crudo nacional para alimentar las termoeléctricas, y el fuel-oil y el diésel para las baterías de grupos electrógenos, que resultan los más caros. Advirtió que el 48 % de los combustibles empleados en la generación es importado, a precios que, además del producto, tienen incluidos valores de primas impuestas por los suministradores para resarcirse del posible riesgo de ser sancionados, debido a la aplicación del bloqueo económico de EE.UU contra Cuba, a lo cual se suman los costos de los fletes y seguros. «El combustible hay que traerlo de lugares que no están cercanos al país», afirmó.

«En resumen, la generación, la transmisión y la distribución de la electricidad son procesos costosos, en los cuales el Presupuesto del Estado utiliza una masa de subsidio alta para cubrir los costos de la electricidad», a pesar del reordenamiento en la economía que se lleva a cabo. «Por eso es que seguimos enfrascados en transformar la matriz de generación, con una participación de las fuentes renovables de energía y la utilización de los combustibles nacionales», añadió[2].

---

Por eso es necesario utilizar los avances tecnológicos de la ciencia para automatizar procesos que permitan el control y ahorro de los recursos energéticos. Existen tecnologías capaces de controlar sistemas y dispositivos que proporcionan determinado 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 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.

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 combinación de la voz latina immobilis, aquello que está fijo, de donde deriva el término castellano inmueble [3]. 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 a nivel general en horarios picos o de alta demanda y la supervisión de la luminaria exterior de la empresa.

En aras de evitar costosas inversiones en dicho proyecto se han utilizado algunos de los dispositivos existentes en los inventarios de la empresa para su aprovechamiento y otros producidos por la misma, aun conociendo que en la actualidad, en el mercado existen otras ofertas de igual o menor costo.

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 [4]. De estas Arduino Mega es la placa seleccionada por las prestaciones que posee que 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.

A partir de lo antes señalado, y en aras de brindar una posible solución a las problemáticas planteadas, se evidencia la necesidad de desarrollar una investigación, la cual considera como problema, la necesidad de diseñar un sistema de supervisión y control que proporcione la seguridad del Nodo para evitar las altas temperaturas que puedan dañar a los equipos, detectar la presencia de personal no autorizado al mismo, controlar el sistema de iluminación interior, supervisar la fuente de alimentación al Nodo ya sea por la red nacional o el Grupo Electrónico y controlar el consumo energético en toda la empresa en los horarios picos y el sistema de iluminación exterior.

En base a lo anteriormente planteado se considera como objeto de la

---

investigación el diseño del hardware y software del sistema de control del centro de datos del Grupo Empresarial Cubaníquel utilizando la placa Arduino Mega Pro, sensores de movimiento, termoresistencias, sensores fotoeléctricos, analizador de red y el SCADA EROS-XD, precisándose como campo de acción el control y supervisión de parámetros físicos (temperatura, presencia, iluminancia) y eléctricos (tensión, potencia, energía) en la empresa SERCONI.

El objetivo de la investigación consiste en diseñar un sistema inmótico que supervise y controle parámetros físicos y eléctricos en el centro de datos de la empresa SERCONI.

Como hipótesis se plantea que, si se contara con un sistema automatizado instalado en el Nodo de SERCONI, que controlara y supervisara los parámetros de temperatura, presencia, nivel de iluminación interior y exterior, suministro de energía y consumo eléctrico en horarios pico, se lograría obtener un sistema robusto que asegurara la confiabilidad y seguridad de los servicios telemáticos de toda una red de empresas y al mismo tiempo contribuiría al ahorro energético del país.

Para el cumplimiento del objetivo propuesto se han asumido las siguientes tareas de investigación:

1. Caracterizar desde el punto de vista epistemológico, histórico y actual los sistemas inmóticos.
2. Describir la placa Arduino Mea Pro, la termorresistencia como sensor de temperatura, el sensor PIR, el sensor fotoeléctrico, el analizador de red EMM-4L y el SCADA EROS-XD.
3. Exponer las exigencias técnicas del proyecto.
4. Proponer diseño del sistema inmótico.

Estas tareas han sido desarrolladas utilizando como base las siguientes técnicas y métodos de investigación:

1. Análisis de documentos. Para realizar la consulta de bibliografía de diferentes autores que trabajan la temática.
2. Método histórico-lógico. Para realizar un análisis histórico sobre la evolución de la Inmótica y las tecnologías utilizadas en esta rama.
3. Método de análisis-síntesis. Para analizar las diferentes fuentes sobre el diseño y la implementación de sistemas inmóticos utilizando tecnologías como: la placa Arduino Mega Pro, termorresistencia, sensor PIR, sensor fotoeléctrico, el analizador de red EMM-4L y el SCADA EROS-XD.

#### Aporte de la investigación:

La empresa podrá contar con un sistema automatizado que controle y supervise la temperatura, la presencia de personal, el sistema de iluminación interior y fuente de alimentación en el Nodo, y el consumo eléctrico en horarios picos y el sistema de iluminación exterior a nivel de empresa, constituyendo una visión relativamente novedosa de la inmótica en Cuba, gracias al diseño y posterior implementación del sistema automatizado de una instalación inteligente que aporta mayor seguridad, eficiencia, fiabilidad y efectividad del servicio de redes telemáticas ubicado en el Nodo de SERCONI y al mismo tiempo, la disminución del consumo energético en la empresa en general.

#### Significación práctica de la investigación:

Al diseñar un sistema inmótico asistido por la placa Arduino Mega Pro, junto a los sensores de temperatura y presencia, el analizador de red EMM-4L y el SCADA EROS-XD para la toma de decisiones inteligentes, se lograría establecer un sistema de seguridad para evitar el sobrecalentamiento de los servidores, la entrada de personal ajeno al Nodo, conocer la fuente de alimentación al Nodo si es por la red nacional o por el Grupo Electrógeno, apagar y encender las luces exteriores según el horario del día y menguar el consumo energético gracias a la disminución de corriente consumida en los horarios picos, significando esto un aporte a la economía nacional, obteniendo además una nueva variante

tecnológica más eficiente, confortable y eficaz para el control de un Centro de Datos.

#### Organización del Trabajo:

Este trabajo se encuentra organizado de la siguiente forma: una introducción general, dos capítulos con sus introducciones y conclusiones parciales, conclusiones generales, recomendaciones, bibliografías y anexos.

En el Capítulo I “Marco teórico”, se presenta el estudio teórico del trabajo de maestría. Se realiza la caracterización de los sistemas inmóticos, las normativas por las que se rigen y las tecnologías utilizadas. Se profundiza además en el dispositivo de control, la placa Arduino Mega Pro, los sensores de temperatura y de presencia que se proponen para el desarrollo del sistema, el analizador de red y el SCADA EROS-XD.

En el Capítulo II “Diseño del Sistema de Supervisión y Control de la empresa” se explica primeramente los requisitos tecnológicos que debe tener el sistema inmótico propuesto, que constituyen las exigencias del Nodo. Luego se plantea el principio de funcionamiento de cada parte del desarrollo del sistema inmótico propuesto, desde el control de temperatura, el de presencia, el sistema de iluminación interior y la supervisión de la fuente de alimentación al Nodo; el control de la corriente y el sistema de iluminación exterior en la empresa en horarios picos, hasta la visualización en el EROS-XD.

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

---

---

### INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza un breve estudio sobre la Inmótica, su caracterización, su historia y actualidad. Además, se define la arquitectura, topología y clasificación de las redes y se profundizan en las tecnologías aplicadas al proyecto: Arduino Mega Pro, sensor de temperatura, de movimiento, el analizador de red y el SCADA EROS XD.

#### *1.1. INMÓTICA. CARACTERIZACIÓN*

En la sociedad actual es común apreciar y utilizar sistemas automatizados que cada vez abarcan mayor cantidad de esferas. Para una mejor comprensión de tales sistemas, es preciso tener presente el concepto "automatización": que es la creación de sistemas donde se hacen funcionar objetos, de forma semindependiente o independiente del control humano. Dichos sistemas se encuentran dispersos en varios campos: industrias, producción, servicios públicos, electrodomésticos, etc. La importancia de contar con una comunicación efectiva y rápida; la necesidad de ahorrar energía; la disposición de los espacios y equipos; la posibilidad de dar un mayor ciclo de vida a un edificio; la seguridad, confort y comodidad de los trabajadores, han dado lugar al concepto de "edificios inteligentes".

Estos se caracterizan por ser una estructura equipada con materiales y tecnologías innovadoras que permita que todos sus sistemas estén automatizados y autorregulados, proporcionan un ambiente de confort y seguridad para el aumento de la productividad y medios para el mantenimiento eficiente y oportuno minimizando los costos y facilitan el cuidado del medio ambiente[4].

El progreso en paralelo de tres grandes áreas de la tecnología (telecomunicaciones, electrónica e informática) hizo posible en los años setenta el desarrollo de lo que actualmente se conoce como domótica. Resulta imposible precisar una fecha concreta para el nacimiento de la domótica e inmótica, ya que

no se trata de un hecho puntual, sino de todo un proceso evolutivo que comenzó con las redes de control de los edificios inteligentes y se ha ido adaptando a las necesidades propias de la vivienda.

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 [5]. 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 [6] y la inmótica se dirige a la solución de la automatización en los edificios administrativos en las empresas.

FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid) nos define la inmótica como “la incorporación de sistemas de gestión técnica automatizada a las instalaciones del sector terciario como son plantas industriales, hoteles, hospitales, aeropuertos, edificios de oficinas, parques tecnológicos, universidades, instalaciones comunitarias en edificios de viviendas, etc...” [7].

DOMODESK, una consolidada empresa del sector, afirma en su portal web que la inmótica “es aquella que incorpora a los edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteles, empresas y similares) sistemas de automatización y control electrónico con el objetivo de gestión técnica para el ahorro energético, el confort y la seguridad” [7].

Podemos concluir, que si bien es cierto considerar que la inmótica es la domótica de los edificios, no se debe olvidar que las aplicaciones de la domótica y la inmótica se enfocan de formas distintas. Uno de los motivos que justifican esta división es que las necesidades de los habitantes de edificios y viviendas suelen diferir. En edificios por ejemplo, la gestión de la energía, el control de accesos o la

---

regulación de la climatización son prioritarios. Sin embargo, en el ámbito doméstico, prima más la necesidad de controlar el acceso a personas ajenas, las telealarmas, o la gestión del confort y los equipos de multimedia, entre otros.

Las características de la institución no residencial y el enfoque del control orientado a la calidad del servicio telemático y el ahorro de energía, justifica la identificación del sistema automatizado dentro de la Inmótica y no así en la Domótica.

### **1.1.1. HISTORIA**

El término comercial del concepto de edificios inteligentes comienza a utilizarse a partir de los años 80 y para el sector doméstico hay que trasladarse a los años 90 en Japón, EEUU y algunos países del norte de Europa, cuando comenzó el desarrollo de las pasarelas residenciales. Era la época en la que los sistemas domóticos de los hogares no tenían prácticamente comunicación con el exterior, siendo éste básicamente el envío de mensajes de texto a teléfonos móviles a modo de aviso o alerta. Ya en la década de los 90 fue cuando empezó el verdadero desarrollo de estos sistemas, auspiciados por el auge de los ordenadores personales, y por la instalación de cableados estructurados principalmente en oficinas de edificios. Esto permitió la ansiada comunicación entre diferentes lugares dentro del edificio. Se llamaron edificios inteligentes y dieron lugar a un nuevo concepto llamado inmótica (automatización aplicada a edificios) [8].

Ya en los comienzos del siglo XXI se comienzan a crear las bases necesarias para el despegue del Hogar Digital. El desarrollo de nuevos estándares y sobre todo la introducción paulatina de nuevos medios de transmisión tanto a través de cable como inalámbrica, hicieron posible la creación de nuevos servicios y aplicaciones, lo que lógicamente incrementó la complejidad de los sistemas y el consiguiente aumento de los costes.

Con el boom inmobiliario de principios del 2000, el sector empieza a crecer y se augura una fuerte demanda en el futuro. Con la construcción de cada vez más

---

viviendas, se crea la necesidad de dar mayor valor añadido a éstas para incentivar las compras y producir más beneficios, fue así como surgieron las casas inteligentes y a su estudio se llamó Domótica. El resto de la historia ya es conocido, cuando a partir del año 2007 estalla la burbuja inmobiliaria y provoca la caída en picado de las ventas de viviendas y por ende del desarrollo creciente de los sistemas domóticos [8].

Cuba se ha mantenido un poco retrasado en comparación con otros escenarios internacionales en cuanto la evolución de la inmótica dentro de las tecnologías de la información, las comunicaciones y la automática, ya que el desarrollo, tanto económico como tecnológico no ha avanzado al mismo ritmo que otros países.

Bajo este principio constituye un camino de avance el proceso de la automatización de centros de datos, y posteriormente su extensión a empresas, la cual es cubierta dentro del campo de la inmótica.

### **1.1.2. ANTECEDENTES DE LA INMÓTICA EN CUBA.**

El primer gran reto fue en enero de 1999, cuando los especialistas de la División de Edificios Inteligentes del CEDAI obtuvieron el proyecto del Novotel Miramar, entre 12 firmas licitantes. Su ejecución fue distinguida con el Premio en Informática 2000 al mejor proyecto realizado. Desde entonces a la fecha se han llevado a efecto más de 20 proyectos, incluyendo a edificios que ya existían, dentro de ellos por ejemplo los hoteles Palacio O'Farril, Los Frailes o edificios modernos como el Centro Gerencial Almendares, Habanazul (gerencia de SEISA). También se ganó la licitación en las obras que se acometen hoy en el antiguo edificio del MINED, a cargo de la inmobiliaria Santo Domingo, entre otros. Pero también no solo se ha proyectado hacia el interior, pues la División realizó los trabajos de automatización de la sede de la gobernación de Cundinamarca y de la Universidad Autónoma de Cali, ambos en Colombia; en la capital de Venezuela el City Bank, entre otros.

Por supuesto, la tarea es la de automatizar, de forma integrada, los sistemas fundamentales incorporados a la edificación. Esto se realiza con tres objetivos

---

básicos: garantizar el confort y la seguridad de los usuarios, el ahorro de energía y humanizar las labores de mantenimiento.

También en el 1993 se emprenden importantes obras de automatización en la rama de la biotecnología. En este mismo año la entidad se registra como miembro asociado de la Cámara de Comercio de la República de Cuba. El CEDAI, sustenta su filosofía en integrar sistemas dirigidos a industrias y edificios para el uso racional de la energía y el aumento de la eficiencia productiva.

Ya para el 1995, especialistas del CEDAI fueron invitados a participar en un seminario, organizado por el Instituto Mexicano de Edificios Inteligentes (IMEI), tras lo cual se concretó la idea de crear en la Empresa una División especializada en la Automatización de Edificios M. de Vivienda [9].

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 considerable 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 [10].

Actualmente se desarrollan novedosos sistemas de monitorización como es el caso del trabajo desarrollado por A. Socarras Córdova, A. V. Acosta Corzo y A. L. Arencibia Noda para el Hotel Nacional de Cuba [11], 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 que puedan leer y manipular las señales para realizar acciones inteligentes que 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 Cuba, la Inmótica debe ganar cada vez más terreno convirtiéndose en una necesidad para el desarrollo de la sociedad al trasladar a las instituciones públicas y otros entes inmobiliarios el uso de las novedosas TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) [10].

### **1.1.3. LA INMÓTICA EN LA ACTUALIDAD**

Hablar de inmótica en la actualidad es referirse básicamente a la incorporación al equipamiento de edificios, comprendidos en el mercado, sistemas de gestión técnica automatizada de las instalaciones de edificios de oficinas no dedicados exclusivamente al sector industrial.

El surgimiento de la Inmótica busca dar mayor énfasis a la etapa de planeación de un edificio, de tal forma 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 que 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 [12].

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. 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. La Directiva EEE en España fue asumida y resultó en el año 2013 en el decreto de que 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 [13].

En Cuba es dirigida generalmente 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.

#### **1.1.4. LEGISLACIÓN. NORMATIVA**

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[14].

Las normas técnicas son realizadas por los denominados Organismos de Normalización. Estos organismos son entidades privadas, sin ánimo de lucro, reconocidas a tal efecto. En la siguiente tabla 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).

Tabla 1: Organismos de Normalización y Certificación

<b>Organismos de Normalización</b>	<b>GENERAL</b>	<b>ELÉCTRICO</b>	<b>TELECOMUNICACIONES</b>
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	 <b>COPANT</b> 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

La rapidez con la que día a día ha crecido la aplicación y uso de la domótica e inmótica no ha sido igual en lo que respecta a la normativa de la misma. La domótica ha recibido un impulso tangible en el campo de la edificación gracias a la necesidad de construir edificios energéticamente eficientes, a raíz de compromisos adquiridos por la sociedad ante el cambio climático. Es por esto que es primordial apuntar hacia la eficiencia energética de las edificaciones buscando lograr edificios autosuficientes, y en dicha labor la domótica e inmótica es una gran aliada.

Algunas de las normativas relacionadas con este tema a nivel internacional son:

- BS EN 60730-2-8:2002

En el catálogo de normas de la ISO (Organización Internacional de Normalización) se define la norma número BS EN 60730-2-8:2002 publicada el 27 de agosto del 2002 que incluye la ICS 97.120 como “Controles automáticos para uso domésticos” la cual contiene las especificaciones para los controles automáticos eléctricos de uso domésticos, enmendada por AMD 14826 de diciembre del 2003.

- REBT ITC-BT-51

El REBT (Reglamento Electrotécnico para baja tensión) establece las condiciones técnicas y garantías necesarias que deben reunir las instalaciones de baja tensión para preservar la seguridad de las personas y de los bienes y asegurar el normal funcionamiento de las instalaciones y servicios.

En su revisión del 2002, aprobado en el Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto, que entró en vigor en septiembre del 2003, un año después de su publicación en el BOE (Boletín Oficial del Estado) [[www.boe.es](http://www.boe.es)] incluyen de forma clara, y expresan las instalaciones de gestión de la energía y del control de dispositivos. Se trata por lo tanto de la primera normativa que contempla la domótica de forma específica, lo hace en su ITC-BT-51 “Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios”. La instrucción técnica 51 define lo que se puede denominar una “instalación domótica” en las

viviendas de nueva construcción, sentando las bases del futuro de este tipo de instalaciones y recogiendo todas las directivas europeas que atañen al contexto domótico.

En concreto la ITC-BT-51 introduce una nueva terminología, expone los posibles tipos de sistemas de instalación utilizados y determina los requisitos de la instalación así como las condiciones particulares [15].

□ AENOR EA 0026:2006

En noviembre del año 2006, AENOR publicó la especificación EA 0026:2006 “Instalaciones de sistemas domóticos en viviendas”. Prescripciones generales de instalación y evacuación” que establece los requisitos mínimos que deben cumplir las instalaciones de sistemas de automatización o domóticos para su correcto funcionamiento y los requisitos generales para la evaluación de su aptitud en viviendas. Este documento ha sido preparado por el subcomité SC25, Sistemas Electrónicos en Viviendas y Edificaciones, perteneciente al Comité Técnico AEN/CTN202, Instalaciones Eléctricas de AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) [www.aenor.es].

Se aplica a las instalaciones de sistemas domóticos en las viviendas desde y hasta el acceso a la red exterior, sea cual sea el medio de transmisión utilizado en sus comunicaciones y sirve tanto a instalaciones nuevas como a reformas y ampliaciones de las existentes. Igualmente la especificación abarca aquellas instalaciones de sistemas domóticos que incluyen aplicaciones de automatización y control integrado de dispositivos eléctricos y/o electrónicos, y a las redes utilizadas para la interconexión del propio sistema. Esta certificación es de suma importancia para conseguir la confianza de los diferentes colectivos presentes en el mercado de la domótica y en especial de los promotores y constructores [15].

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”.
- La Norma Cubana 220:2009 “Edificaciones - Requisitos de diseño para la Eficiencia Energética”.
- La Norma Cubana 8001:2017 “Reglamento electrotécnico cubano para instalaciones eléctricas en edificaciones”.

#### **1.1.5. IMPACTO ECONÓMICO, SOCIAL Y MEDIO AMBIENTAL DE LA INMÓTICA.**

- Impacto económico

En los momentos actuales no se puede hablar de un mercado de masas para los sistemas inmóticos, tampoco hay un verdadero mercado de élite por lo menos en Cuba, que en general los automatismos son de menor nivel que otros países más desarrollados. Lo que sucede es que las instituciones estatales y la población no están sensibilizadas con las innovaciones por la falta de estudio de mercado por parte de las empresas especializadas en esta área. No se ha hecho un estudio de información efectiva y la escasa publicidad ha conllevado al desconocimiento de esta rama de la automática.

- La débil presencia de forma general, de sistemas inmóticos en Cuba se debe atribuir primeramente al sector profesional implicado directamente con los edificios inteligentes: la construcción. En la cadena de diseño de las edificaciones, falta el incentivo por promover las ventajas que traen la implementación de estos tipos de sistemas.
- La carencia de dispositivos eléctricos y electrónicos pertenecientes a las tecnologías implicadas en la Inmótica en las ventas mayoristas y minoristas, imposibilitan la implementación de los automatismos en

cualquier área de la sociedad, ya sea en la industria, el turismo, los servicios, entre otros.

- o El bajo conocimiento del mercado y hasta la cultura por parte de la sociedad influyen indirectamente en la promoción de este avance de la ciencia y la técnica, sin olvidar que el tema economía anticipa como el eslabón más débil.

Si se empezara a medir el nivel de inteligencia, no solo en los nuevos edificios que se creen administrativos estatales, sino también en los no estatales, se lograría aumentar la demanda de los sistemas inmóticos, proporcionando entre tantas cosas ahorro energético que es lo más imperioso en estos momentos en el país.

- Impacto social

En los edificios inteligentes, la automatización, inevitablemente lleva al movimiento de los trabajadores hacia otros puestos de trabajo, lo cual aumenta la producción y obliga también a la creación de nuevos empleos. Por otro lado, si se particularizan las ventajas, las condiciones en los puestos de trabajo, mejorarían con los sistemas orientados al confort, y algunos empleos serían menos complejos de desarrollar con la ayuda del control integrado [9].

El ansia de agilizar la producción, ahorrar energía y aumentar la seguridad de las instalaciones, es lo que potencia la implantación de nuevas tecnologías en los edificios.

Por otro lado las instituciones públicas deberían ser las primeras en gozar de los avances que la inmótica puede ofrecer a los usuarios, del ahorro de energía, y por ende la optimización de los recursos energéticos del Estado, permitiendo la financiación de otros proyectos inmóticos.

- Impacto medio-ambiental

Tanto o más importante que el incremento del bienestar personal es el bienestar ambiental que afecta a todos. Toda innovación, estructura o actividad debe obedecer al respeto con el medio ambiente con el que interacciona, y la

implementación de los sistemas inmóticos está a la altura de las circunstancias, respondiendo a necesidades que priman sobre el confort, ahorro energético y seguridad de los recursos [9].

Al mismo tiempo que se ahorra energía, lo cual es uno de los objetivos fundamentales de la aplicación de la inmótica, disminuye la emisión de gases contaminantes a la capa de ozono [16], ya que una de las maneras más implementadas para producir energía es a partir de los combustibles fósiles.

Cabe señalar que los sistemas inmóticos no son agresivos con el medio ambiente, ya que son sistemas sencillos que no incluyen procesos industriales que puedan influir directa o indirectamente en el medio que les rodea.

### ***1.2. ARQUITECTURA, MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y TOPOLOGÍA.***

#### ARQUITECTURA

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

- Distribuida
- Centralizada
- Descentralizada

Arquitectura Distribuida: Es una arquitectura basada en nodos, no existe un único elemento principal, sino que cada nodo administra una o varias tareas de control en particular y estos van relacionados directamente con los elementos básicos. Estos sistemas se comunican por medio de un bus, el que posee un protocolo de comunicación establecido en cada uno de los nodos, con técnicas de direccionamiento definidas para mantener el intercambio de información entre ellos [17].

Ventajas:

- Seguridad de funcionamiento.
- Posibilidad de rediseño de la red.

- Fiabilidad de productos. Fácil empleabilidad.
- Sensores y actuadores de tipo universal (económicos y gran oferta).
- Coste moderado.
- Cableado moderado.

Inconvenientes:

- Requiere programación.

Arquitectura Descentralizada: Es una combinación entre los sistemas con arquitectura centralizada y distribuida. Está basada en una o varias unidades de control de gestión y unos o varios módulos receptores o actuadores. Es la arquitectura en que todos los sistemas son totalmente independientes en su funcionamiento, pero deben estar comunicados entre sí por medio de un bus compartido, ver Ilustración 1: Arquitecturas de las Redes [17].

Ventajas:

- Seguridad de funcionamiento.
- Posibilidad de rediseño de la red.
- Reducido cableado.
- Fiabilidad de productos.
- Fácil empleabilidad.

Inconvenientes:

- Elementos de red no universales y limitados a la oferta.
- Coste elevado de la solución.
- Capacidad del sistema (canales o puntos).
- Necesidad de un interfaz de usuario.
- Sistemas adecuados para edificios terciarios.
- Complejidad de programación.

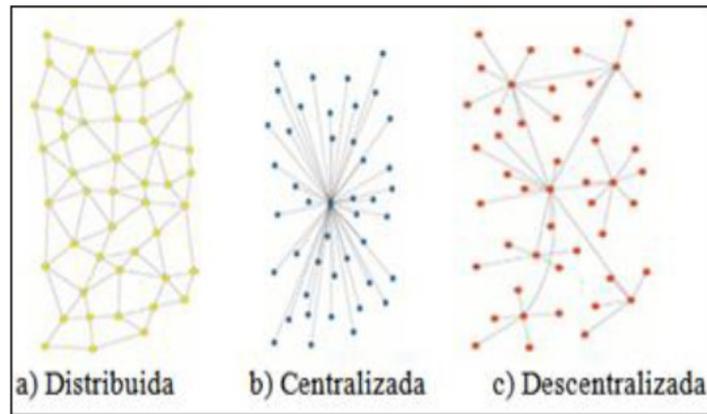


Ilustración 1: Arquitecturas de las Redes

Arquitectura 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 [17]. Los elementos que la componen no necesitan módulos adicionales para el direccionamiento ni interfaces de comunicación para distintos buses. Ver Ilustración 1: Arquitecturas de las Redes b).

Ventajas:

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

Inconvenientes:

- Cableado significativo.
- Sistema dependiente del funcionamiento óptimo de la central.
- Capacidad del sistema (canales o puntos)
- Necesidad de un interfaz de usuario.

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.

- MEDIOS DE TRANSMISIÓN
  - Transmisión por Corrientes Portadoras
    - Uso en viviendas existentes como en obra nueva.
    - Coste nulo en la instalación de la red.
    - Gran facilidad de conexionado de los elementos del sistema.
    - Velocidad de transmisión de datos reducida
  - Transmisión Cableada
    - Par de cables: Puede transportar voz, datos y corriente continua para distribuir:
      - Señales telefónicas
      - Señales de audio.
      - Sonido de alta fidelidad.
      - Interconexión de equipos de automatización y control.
    - Cable Coaxial
      - Distribución de señal de televisión.
  - Transmisión por Fibra Óptica
    - Fiabilidad en la transferencia de datos.
    - Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y de radio frecuencias.
    - Alta seguridad en la transmisión de datos.
    - Elevadas velocidades de comunicación, llegando a 10Gb/s.
    - Coste elevado.
  - Transmisión inalámbrica
    - Movilidad.
    - Fácil instalación.
    - Flexibilidad.
    - Adaptabilidad.
-

- Coste elevado.
- Necesidad de autenticación.
- Alta sensibilidad a las interferencias.

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

#### □ TOPOLOGÍA

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, ver Ilustración 2: Tipos de topologías de las redes

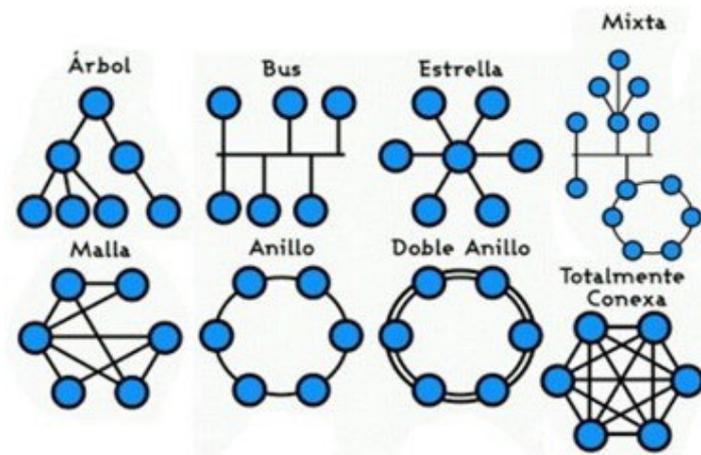


Ilustración 2: Tipos de topologías de las redes

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.

### ***1.3. COMUNICACIONES***

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.

Las aplicaciones más comunes son [18]:

- Gestión de equipos e instalaciones a distancia, usando sistemas de control remoto a través de la red telefónica o medios dispositivos inalámbricos.
- Petición de ayuda, aun estando ausente, programando los sistemas domóticos para ser avisado de cualquier anomalía.
- Uso de teleservicios proporcionados por operadores de telecomunicaciones y basados principalmente en internet: telecompra, teletrabajo, telemantenimiento, servicios de seguridad, video bajo demanda, etc.
- Comunicación automática con un supervisor previniendo riesgos detectados. Este es el caso del diseño del sistema inmótico propuesto para el Nodo de CUBANÍQUEL.

### ***1.4. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO.***

#### **1.4.1. ARDUINO MEGA PRO EMBED CH340G / ATMEGA2560.**

La placa Mega Pro Embed CH340G / ATmega2560, como se muestra en la ilustración 3, se basa en el microcontrolador ATmega2560 y el adaptador USB-UART CH340. La placa es compatible con Arduino Mega 2560.

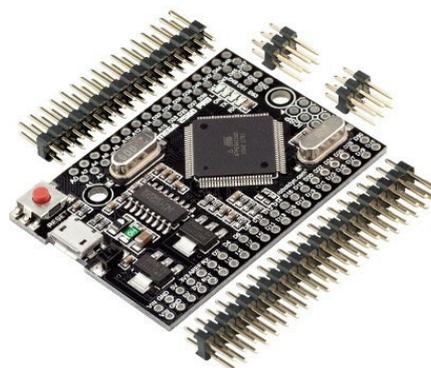
La placa tiene un factor de forma compacto de 38X55mm y es una excelente solución para desarrollar proyectos basados en ATmega2560 [19].

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, y otras características como se muestra en la tabla 3.

La placa tiene un conector Micro USB que le permite conectar el microcontrolador al ordenador a través del adaptador USB-UART CH340 (Puede ser necesaria una instalación del controlador). La placa se puede alimentar directamente a través del conector Micro USB, o a través del contacto correspondiente en la placa (Vin). El regulador de voltaje utilizado funciona en un rango de 6 a 9V DC.

La corriente de salida máxima en 5V es de alrededor de 800mA, mientras que en el 3.3V es de aproximadamente 800mA.

El regulador de voltaje permite utilizar hasta 18V como valor de entrada, sin embargo no recomendamos exceder los valores recomendados antes mencionados, ya que esto puede conducir a calor excesivo y dañar el dispositivo.



*Ilustración 3: Arduino Mega Pro.*

Tabla 2: Características específicas de Arduino MegaPro

Microcontroller	ATmega2560
USB-TTL converter	CH340
Power Out	5V-800mA
Power IN.	5V
Power IN. VIN/DC Jack	9-12V
Power Consumption	5V 220mA
Logic Level	5V
USB	Micro USB
Clock Frequency	16MHz
Operating Supply Voltage	5V
Digital I/O	54
Analog I/O	16
Memory Size	256kb
Data RAM Type/Size	8Kb
Data ROM Type/Size	4Kb
Interface Type	ISP
Operating temperature	-40C°/+85C°
Length×Width	38×54mm

Se escogió este tipo de placa Arduino por su capacidad de entradas/salidas analógicas/digitales y porque se puede importar para proporcionarle mayor resistencia a la placa, en una tarjeta adicional con los componentes necesarios para cualquier acondicionamiento de señal sin tener que usar cables para la interconexión de señales. De esta forma todo queda más rígidamente instalado.

#### **1.4.2. Comunicación en Arduino.**

##### Arduino y el puerto serie

Prácticamente todas las placas Arduino disponen al menos de una unidad UART. Las placas Arduino UNO y Mini Pro disponen de una unidad UART que operan a nivel TTL 0V / 5V, por lo que son directamente compatibles con la conexión USB. Por su parte, Arduino Mega y Arduino Due disponen de 4 unidades UART TTL 0V / 5V.

Los puertos serie están físicamente unidos a distintos pines de la placa Arduino. Lógicamente, mientras usamos los puertos de serie no podemos usar como entradas o salidas digitales los pines asociados con el puerto serie en uso.

En Arduino UNO y Mini Pro los pines empleados son 0 (RX) y 1 (TX). En el caso de Arduino Mega y Arduino Due, que tienen cuatro puertos de serie, el puerto serie 0 está conectado a los pines 0 (RX) y 1 (TX), el puerto serie 1 a los pines 19 (RX) y 18 (TX) el puerto serie 2 a los pines 17 (RX) y 16 (TX), y el puerto serie 3 a los pines 15 (RX) y 14 (TX).

Muchos modelos de placas Arduino disponen de un conector USB o Micro USB conectado a uno de los puertos serie, lo que simplifica el proceso de conexión con un ordenador. Sin embargo algunas placas, como por ejemplo la Mini Pro, prescinden de este conector por lo que la única forma de conectarse a las mismas es directamente a través de los pines correspondientes [20].

El diseño inmótico del Nodo utilizando la placa Arduino Mega Pro, utiliza el puerto serie para la comunicación a la PC (RS232) y al sensor de presencia, junto su consola numérica de la misma marca del sensor (rx y tx). Las demás comunicaciones son directamente por los pines de entradas salidas mediante el voltaje.

#### **1.4.3. SENSOR DE MOVIMIENTO PIR + CONSOLA ADEMCO 6148SP HONEYWELL.**

Honeywell Home Security and Communications es un fabricante líder de sistemas de alarmas de seguridad para los mercados industrial, comercial y doméstico.

---

Situada Honeywell Home entre los líderes del mercado, incluye: la gama Galaxy, la completa gama de sensores, PIRs, detectores de rotura de cristales y de sonido de IntelliSense Dual Tec, el sistema de alarma inalámbrico Domonial para aplicaciones residenciales. La amplia gama de la oferta en seguridad doméstica también incluye paneles Captiv-8, Optima y Logic, así como el equipo de detección, señalización y observación Viper, líder en el mercado.

De ellos se escoge el sensor 5800PIR + Consola 6148SP, y el estrobo SSX-52S, los cuales se explican a continuación.

### Sensor 5800PIR

La serie 5800PIR, de detectores de movimiento inalámbricos de Honeywell son sensores de alto rendimiento y fáciles de instalar con diseños elegantes y compactos que son ideales para aplicaciones donde la estética o la discreción son críticas. En 5800PIR 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. Otros beneficios notables incluyen menos llamadas de servicio gracias a una batería de larga duración y estuches vacíos que permiten a los diseñadores y usuarios finales pintar a medida los detectores de movimiento para que coincidan con cualquier entorno residencial o comercial, ver ilustración 4.



*Ilustración 4: Sensor de movimiento 5800PIR.*

### Consola ADEMCO 6148SP

La consola numérica con pantalla LCD 6148 SP, ver ilustración 5, 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. Dentro de sus características están:

- Consola de fácil manejo
- Teclas de plástico retroiluminadas
- Zumbador piezoeléctrico con pitidos audibles para notificar:
- Tiempos de entrada/salida
- Situaciones de alarma
- Estado del sistema indicado mediante textos prefijados en español
- Teclas de funciones del sistema claramente identificadas
- Tapa blanca extraíble para cubrir teclas



*Ilustración 5: Consola ADEMCO 6148 SP*

### 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.

La combinación de sirena / luz estroboscópica viene en muchos colores diferentes, incluidos azul (SSX-52SB), ámbar (SSX-52SA), transparente (SSX-52SC) y rojo (SSX-52SR). Esto debería satisfacer las necesidades de cualquiera que necesite el dispositivo estroboscópico adicional. Su carcasa está fabricada con un material de policarbonato y su placa trasera es de aluminio. La sirena para exteriores SSX-

52S puede soportar casi cualquier condición climática. Su exterior fuerte asegurará que no se deforme o agriete cuando se somete a tensión, ver ilustración 6.



*Ilustración 6: Alarma Lumínica Sonora SSX-52S*

#### **1.4.4. TERMORRESISTENCIA**

La termorresistencia consiste en una resistencia especialmente diseñada para trabajar según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura.

Conocidas también como termómetros de resistencia, las termorresistencias de uso más común se fabrican de alambres finos soportados por unos materiales aislantes y luego encapsulados. El elemento encapsulado se inserta luego dentro de una vaina o tubo metálico cerrado en un extremo que se llena con un polvo aislante y se sella con cemento para impedir que absorba humedad.

El método de medición de la temperatura no es directo, ya que lo que se mide es una resistencia mediante un puente de Wheastone, luego se lee el valor de la temperatura correspondiente de tabla de comportamiento de la citada resistencia. Este proceso, en la actualidad, ya está automatizado, gracias a los sistemas de control avanzados y la electrónica digital.

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, ver ilustración 7.



*Ilustración 7: Termorresistencia pt100.*

#### 1.4.5. INTERRUPTOR CREPUSCULAR EXTERIOR. FOTOCÉLULA. SENSOR FOTOELÉCTRICO DÍA/NOCHE. AJUSTABLE. PROTECCIÓN CONTRA LLUVIA (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 máx. 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 [21].

Características del sensor, ver ilustración 8.

- El umbral crepuscular se puede configurar individualmente de 5 a 50 LX
- Capacidad de conmutación 10A, 2300W, clase de protección IP65 a prueba de lluvia.
- Iluminación automática nocturna de frentes de edificios, terrenos, jardines y otras áreas.
- Las luces conectadas se encienden automáticamente cuando se alcanza el umbral del crepúsculo y se apagan nuevamente al amanecer.
- Calidad profesional.
- LED ATOMANT, S.L.



*Ilustración 8: Sensor fotoeléctrico.*

#### **1.4.6. 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, ver ilustración 9 [22].

Características del EMM-4L:

- Multímetro LCD.
- Montaje en panel 96×96 mm.
- Mediciones realizadas en TRMS (verdadero valor efectivo).
- Montaje en panel, contenedor estándar 96×96 mm.
- Display LCD retroiluminado
- Salida de pulsos
- 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).
- Configuración de protección a través de contraseña.
- Interfaz de comunicación RS485 incorporada (Modbus RTU).
- Montaje sin necesidad de herramientas.



*Ilustración 9: EMM-4L. Analizador de redes eléctricas.*

#### **1.4.7. SCADA EROS-XD**

SCADA EROS es un Sistema de Supervisión y Control de Procesos Industriales cubano, desarrollado por la empresa SERCONI, localizada en el municipio Moa de la provincia Holguín, que 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. Tiene en cuenta todas las características de las variables medidas y realiza un potente tratamiento estadístico y determinístico de las mismas con sólo configurarlo. Su ambiente de trabajo es amistoso y la presentación agradable. Se configura de forma muy fácil (en línea) lo que permite que un usuario no especializado, con orientaciones sencillas, pueda configurarlo sin tener que depender de especialistas. Este Sistema contiene la experiencia acumulada de 25 años en 102 entidades de diversos sectores [23].

- Posee una capa de red poderosa que, a través del protocolo TCP-IP, habilita la comunicación entre diferentes computadoras que ejecutan el EROS lo que permite la operación remota. Soporta el protocolo OPC v 2.0 para la Integración con otros SCADA y es compatible con el RDP lo que viabiliza la administración remota y facilita los servicios de postventa. Ofrece además un módulo que implementa una interface ActiveX para facilitar la interacción del EROS con cualquier sistema, por ejemplo;

pueden crearse páginas Web activas y documentos de Microsoft Office que muestren en “caliente” la información del Proceso.

- El eros se comunica con los dispositivos por medio de manejadores, lo que le aporta mayor flexibilidad y capacidad de adaptación a nuevos entornos. Actualmente se conecta con Servidores OPC, Redes MODBUS, Autómatas (Siemens, Modicom, Nova, Saia, Nodorem, Omron, Siscal, LG, EROSPLC), Reguladores autónomos (CD600, DR20, DR24), Analizadores de redes (Circuitores SMOR) y Sistemas de Pesaje.
- El Sistema de Reportes aprovecha todas las facilidades que ofrece la plataforma ErosNet para comunicar al eros con el Microsoft Excel. La idea básica es: “La apariencia y potencia del Excel con los datos del eros”. Esta combinación permite crear Reportes periódicos y progresivos que pueden incluir análisis estadísticos, gráficos, etc. Configurar los reportes es tan sencillo como hacer una Hoja de Excel.
- El entorno de programación eros permite programar bloques que se ejecutan dentro del Sistema en cada ciclo de medición para realizar una tarea determinada (scripts), lo que permite ampliar sustancialmente las posibilidades del Sistema e introducir las expresiones que definen las variables internas. El Sistema posee un compilador para un lenguaje de alto nivel similar al PASCAL. Este compilador convierte el código fuente en un código intermedio, altamente optimizado, que es ejecutado luego por una máquina virtual diseñada a tales efectos.
- Está soportado sobre NT/2000/Xp/Vista lo cual permite utilizar todas sus facilidades. Se trabaja en una nueva versión compatible con Linux.
- Está soportado sobre NT/2000/Xp/Vista lo cual permite utilizar todas sus facilidades. Se trabaja en una nueva versión compatible con Linux.
- Tablas de variables “plug and play” que visualizan los valores puntuales y el estado de las mismas. Desde ellas se pueden ejecutar mandos, cambios

temporales de configuración y acceder a los cálculos estadísticos configurados.

- Mímicos que posibilitan visualizar las variables y la interacción física de los diferentes elementos del proceso. Pueden ejecutarse comandos para el control manual y para realizar cambios de parámetros y acción de los reguladores.
- La configuración de las variables se realiza de una manera sencilla y en línea, es decir que no es necesario salir del SCADA, para agregar dispositivos y variables. Admite incluir en la configuración de una estación, variables de estaciones remotas. Permite un número prácticamente ilimitado de variables, con procesamiento estadístico de las mismas. Se tienen experiencias de sistemas midiendo más de 1000 variables.

En este caso se utiliza el SCADA EROS-XD como muestra la ilustración 10, para la visualización y control de la inmótica del edificio en cuestión, última versión rediseñada por nuestra empresa en conjunto con la empresa XETID. Que tiene como ventajas especiales y nuevas las siguientes:

- La principal diferencia de esta versión del Configurador Eros-XD con respecto a la anterior radica en que la configuración está orientada a objetos de control, a diferencia de la anterior que estaba orientada a variables. El hecho de que la configuración se base en objetos de control, permite reflejar de forma más adecuada el proceso a controlar.
- Ahorra tiempo de trabajo ya que las facilidades de copiar y pegar objetos de control permite evitar tediosas repeticiones de atributos de variables existentes.
- Los objetos de control pueden anidarse indefinidamente por lo que pueden ser tan complejos como sea necesario.
- Los objetos de control pueden ser reflejados en los visualizadores permitiendo crear bibliotecas gráficas que reflejan diferentes objetos de control preestablecidos.

- Otro aspecto importante agregado en la nueva versión es la posibilidad de configurar redundancias a todos los niveles del sistema o sea a nivel de recolector, a nivel de dispositivo físico y a nivel de variable lo cual permite crear configuraciones tolerantes a fallos, requisito indispensable en sistemas que controlan procesos sensibles desde el punto de vista económico o de seguridad.



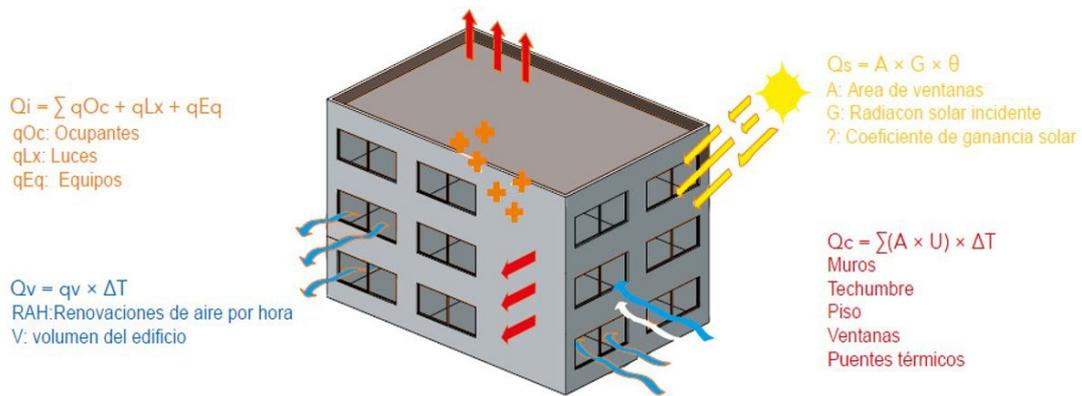
*Ilustración 10: SCADA EROS –XD.*

### **1.5. ALGORITMO DEL CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA TOTAL PARA LA REFRIGERACIÓN.**

El cálculo de la carga térmica para el acondicionamiento de aire de un local es un problema complejo por la diversidad de factores variables a tener en cuenta. Todo acondicionamiento de aire es un proceso a seguir para tratar ese aire a fin de conseguir un grado de confort en las personas que ocuparán el local acondicionado y preservar la durabilidad de los equipos responsables del acondicionamiento.

En este caso, el Data Center o Nodo requiere de un control de temperatura, por lo que es necesario determinar primeramente si los equipos encargados de esta función son lo suficientemente capaces de llevar esta tarea.

Para realizar un balance térmico, se deben determinar una serie de parámetros, los cuales algunos aparecen resumidos en la ilustración 11.



*Ilustración 11: Esquema del balance térmico de una edificación. Fuente: Szokolay (2014). Introduction to Architectural Science.*

Por ello, se calcula la carga térmica total para la refrigeración, donde el resultado en BTU/h se compara con el de los equipos que mantendrán la temperatura acondicionada y se determina el % de reserva entre ambos. Si dicho porcentaje da positivo, significa que los equipos soportan la carga y tienen un margen de reserva, ver anexo 1 y 2.

## CONCLUSIONES PARCIALES

- El estudio de los fundamentos teóricos de los sistemas inmóticos permitió valorar las ventajas que presentan los mismos para ser aplicados en diferentes instalaciones, entre ellas las del sector estatal.
- La evolución histórica de las funcionalidades y posibilidades de las aplicaciones inmóticas para controlar y manipular las variables tratadas en esta investigación demostró el avance y la importancia de las mismas para aumentar el ahorro energético.
- La caracterización teórica de Arduino Mega Pro, como microcontrolador principal del automatismo junto a los sensores de temperatura, fotoeléctrico y de presencia, el analizador de red EMM-4L, como sensor de parámetros de la red eléctrica y el SCADA EROS-XD como visualizador, demostró las potencialidades como tecnologías aplicables en la inmótica.

## **CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA EMPRESA**

---

---

### **INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se plantea la propuesta del diseño de control y supervisión de la temperatura con la pt100, de la presencia con un sensor PIR, del sistema de iluminación interior y de la fuente de alimentación en el caso del Nodo; el control del consumo eléctrico en horarios picos y el sistema de iluminación exterior a partir de un sensor fotoeléctrico a nivel de empresa con el objetivo de aumentar la eficiencia y seguridad del Nodo y lograr una disminución de los portadores energéticos de la empresa.

#### ***2.1. ANTECEDENTES DEL NODO.***

El Nodo se encuentra ubicado en la parte lateral izquierda a la entrada de la Empresa SERCONI, en un local de 8x4m donde estarán ubicados 3 gabinetes que alojarán entre PC y Servidores, 29 equipos, con una alta disipación de calor, ver ilustración 12.

- En el local existe actualmente 1 Split , equipo de climatización instalado para mantener la temperatura entre los 20-25°C.
- La energía eléctrica es suministrada por la red nacional y en caso de fallo de la misma se inicia la generación de electricidad a partir de la conexión al Grupo Electrónico existente con esos fines en la empresa.



*Ilustración 12: Situación real del Nodo.*

### **2.1.1. 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.
- Encender o apagar algunos de los equipos que forman el sistema de climatización del centro de datos de acuerdo con el tiempo de operación predefinido.
- 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.

***2.2. 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, ver ilustración 13:

1. 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.

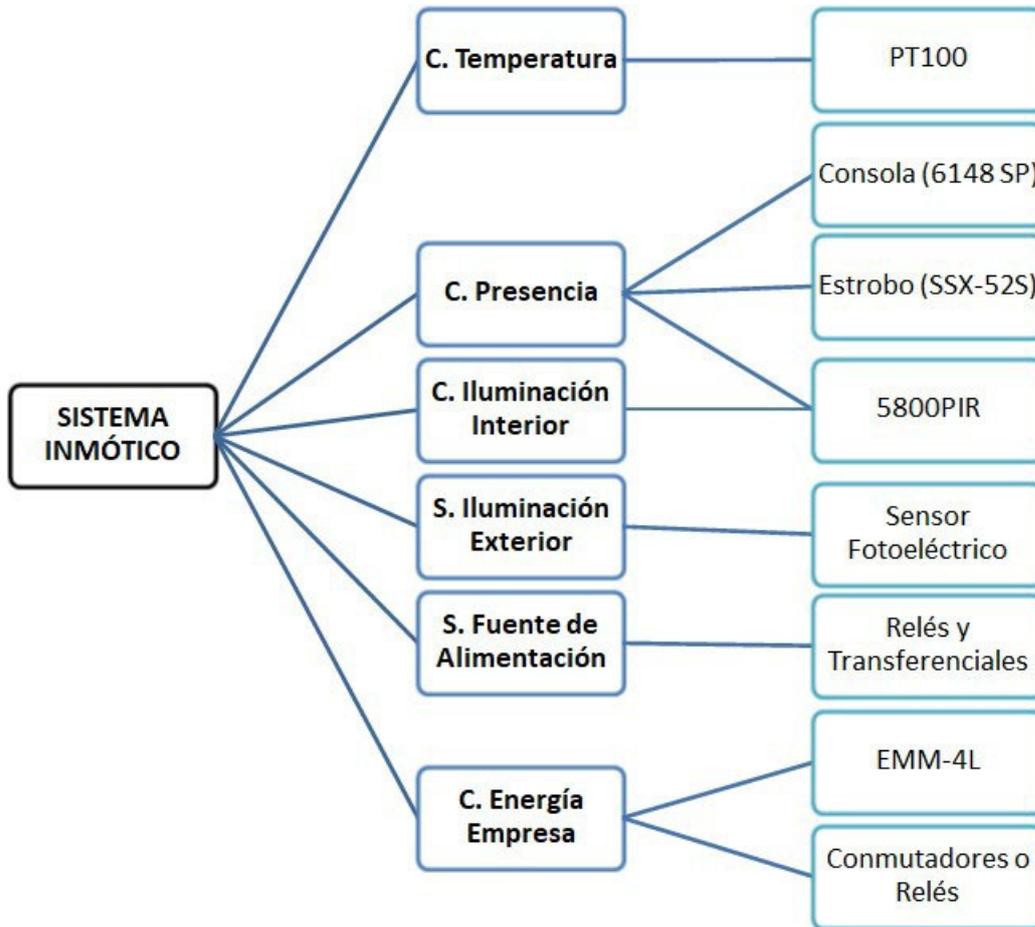


Ilustración 13: Esquema general de conexiones del sistema inmótico.

### 2.2.1. TOPOLOGÍA DISEÑADA.

La topología escogida es la de tipo estrella, donde los sistemas de control y supervisión son procesados desde la placa Arduino Mega Pro y comandados por el SCADA EROS-XD, ver ilustración 14.



*Ilustración 14: Topología de sistema inmótico propuesto de tipo estrella.*

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 en tiempo real 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.

### **2.2.2. 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 3 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 [24].

Tabla 3: Cálculo de la carga térmica para refrigeración.

0. Potencia del Equipo de Climatización		
Split (TAYSHI 16 SEER INVERTER)		
Capacidad: (uno)	35.906,0[25]	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)
$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$	18560,3	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);

Capítulo 2. Diseño del Sistema de supervisión y control de la empresa

$Q_{si}$	45,5	2.4 Carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);
$Q_{sai}$	18413,5	2.5 Carga sensible debida a aportaciones internas (W).
2.1 Carga por radiación solar a través de cristal " $Q_{sr}$ "		
$Q_{sr}$	0,00	
S	0,00	Superficie traslúcida o acristalada expuesta a la radiación, en m <sup>2</sup> .
R	513,00	Radiación solar que atraviesa la superficie, en W/m <sup>2</sup> , 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 Ahorro de energía.
2.2- Carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores " $Q_{str}$ "		
$Q_{str}$	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 <sup>2</sup> °C.
S	6,25	Superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas, en m <sup>2</sup> .
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 " $Q_{st}$ "		
$Q_{st}$	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 $W/m^2\text{°C}$ .
S	6,25	Superficie del cerramiento interior, en $m^2$ .
$T_i$	24,00	Temperatura interior de diseño del local ( $\text{°C}$ )
$T_e$	30,00	Temperatura de diseño al otro lado del cerramiento ( $\text{°C}$ )
2.4- Carga transmitida por infiltraciones de aire exterior " $Q_{si}$ "		
$Q_{si}$	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) (ver Tabla)
cpv	0,29	Calor específico del aire base al volumen ( $kcal/m^3\text{°C}$ )
$\Delta T$	6,00	Diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior.
$T_i$	24,00	Temperatura en el interior ( $\text{°C}$ )
$T_e$	30,00	Temperatura en el exterior ( $\text{°C}$ )
2.5- Carga sensible por aportaciones internas " $Q_{sai}$ "		
$Q_{sai}$	18413,5	Carga sensible por aportaciones internas
$Q_{sil}$	118,4	Ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W); (según estudio de

		carga). $Q_{sil,descarga} = 1,25 \cdot PotLámp.$
$Q_{sp}$	60,0	Ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local (W);
$Q_{se}$	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) [26].
DciE	0,90	DCiE (Data Center infrastructure Efficiency)
<b>3- Cálculo de la carga térmica latente</b>		
$Q_{li}$	63,3	3.1 Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);
$Q_{lp}$	100,0	3.2 Carga latente debida a la ocupación del local (W).
<b>3.1- Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior "<math>Q_{li}</math>"</b>		
$Q_{li}$	63,3	3.1 Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);
V	6	Caudal de aire infiltrado y ventilación ( $m^3/s$ );
$\rho$	1,1796	Densidad del aire, de valor 1,18 $kg/m^3$ ;
$C_{l,agua}$	2257	Calor específico del agua, de valor 2257 $kJ/kg$ ;
$\Delta w$	0,0040	Diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior.
<b>3.2- Carga latente por ocupación "<math>Q_{lp}</math>"</b>		

$Q_{lp}$	100	3.2 Carga latente debida a la ocupación del local (W).
n	2	Número de personas que se espera que ocupen el local;
$C_{latente,persona}$	50	Calor latente por persona y actividad que realice, según la tabla 3. (Oficina, actividad Ligera)

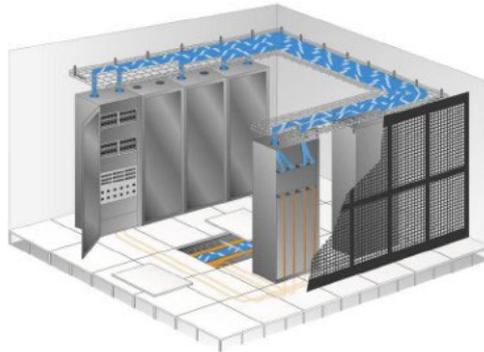
Resulta que la Carga térmica para la refrigeración es de 63.847,4 BTU/h y la capacidad en ambos split en funcionamiento es de 71.812,0 BTU/h, por lo que la reserva es de un 11.1%, por tanto se considera óptima.

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 3 split y no dos, 2 en funcionamiento continuo y 1 de reserva.

### 2.2.3. CONTROL DE TEMPERATURA EN EL NODO.

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 24h, los cuales incluyen dispositivos altamente consumidores de energía.

La norma técnica TIA/EIA-942 [27] 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 que se encuentra instalado en el Data Center, ver ilustración 15. [28].



*Ilustración 15: Data Center*

El principal impulsor para ampliar los límites provino de la necesidad de la industria de tener mayor flexibilidad, y al mismo tiempo, de reducir costos en enfriamiento, para lo cual se debe tener un claro conocimiento de la edad de los servidores y su política de renovación. No es lo mismo renovar los equipos cada tres, cinco o siete años, si bien cuando se compran los equipos nadie lo hace pensando que van durar 10 años; en la práctica termina siendo mucho más habitual de lo que creemos, ya sea por razones presupuestarias o dificultades de migración.

La Ley de Arrhenius [Svante August Arrhenius (1859-1927) Científico físico-químico sueco, galardonado con el Premio Nobel de Química, en 1903] o también conocida como la Regla de los 10 grados plantea: que la vida de un componente o material se reduce a la mitad por cada 10°C de aumento en la temperatura; aplicado inversamente: por cada 10°C de disminución de temperatura, la vida útil de un semiconductor se duplicará.

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, a través de los relés conectados a ellos alternamente, por tiempos previamente determinados. Para ellos se propone un relé de 5V en la bobina, ideal para la automatización de su uso con Arduino (ejemplo SRD-5VDC-SL-C), con salida en correspondencia con el otro relé en cascada de mayor potencia que sea capaz de accionar sobre el split (se recomienda este último relé capaz de trabajar a 20A, para 220V, donde los más usados por la empresa SERCONI son de marca SCHNEIDER, libre de potencial).

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, ver ilustración 16.

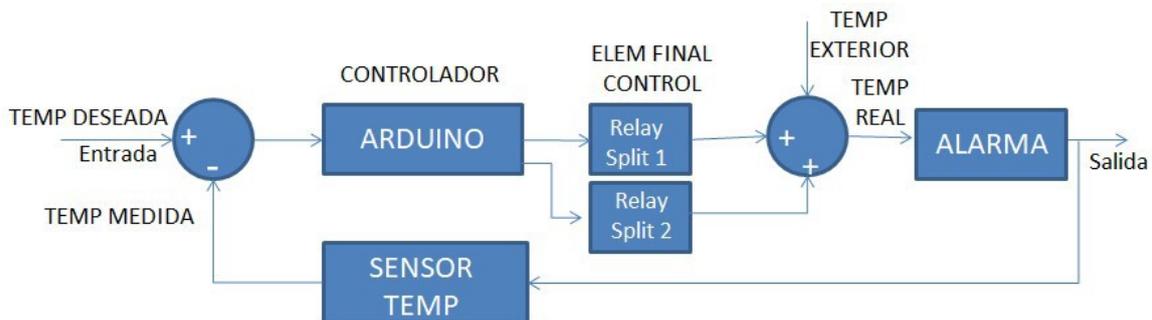


Ilustración 16: Lazo de control de temperatura.

Trasmisor de la PT 100.

Determinar la temperatura a partir de la resistencia de un RTD es una tarea algo compleja, pues la variación de la resistencia es de unas cuantas decimas de Ohm

por cada °C. Para ello se requiere circuitos de precisión como el puente de Wheatstone. El principal inconveniente en el mundo industrial es que generalmente el sitio de medición de la temperatura (el proceso) se encuentra considerablemente lejos de los gabinetes donde se encuentra los equipos de medición y control. Esta distancia requiere de largos cables, cuya resistencia puede afectar considerablemente la medida de temperatura.

Para solucionar este problema, existe un antiguo dispositivo conocido del mundo industrial: el transmisor de 4- 20 mA. Dicho transmisor contiene la electrónica de precisión para la lectura del RTD y se ubica lo más cerca posible a este, el cual hace un ajuste automático de la resistencia del cable del RTD, mediante el uso del tercer terminal. Este transmisor convierte las señales del sensor de temperatura, en señales de corriente, que van en el rango de 4 a 20 mA. Al ser ya una señal de corriente, esta puede enviarse por cables de gran longitud, sin que la resistencia de estos afecte la señal [29].

PT100, 4-20 mA, ARDUINO.

Se utiliza una sonda PT100 con un encapsulamiento metálico que protege el sensor, y un transmisor programable de 4-20 mA en el rango de 0 a +50 °C. Para convertir la señal de corriente en una señal del 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 0.996V en el acondicionamiento de la señal (ADC) y cuando la señal este en 20mA se obtenga 4.98V. 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 0.996V, 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 4.98V es 1019 UC, ver tabla 4, ver ilustración 17 [29].

*Tabla 4: Acondicionamiento de la señal de temperatura.*

<b>Corriente</b>	<b>Voltaje (249 Ohm al .1%)</b>	<b>ADC(UC)</b>	<b>Temperatura</b>
------------------	---------------------------------	----------------	--------------------

---

4 mA	0.996 V	204	0 °C
20 mA	4.98 V	1019	+50 °C

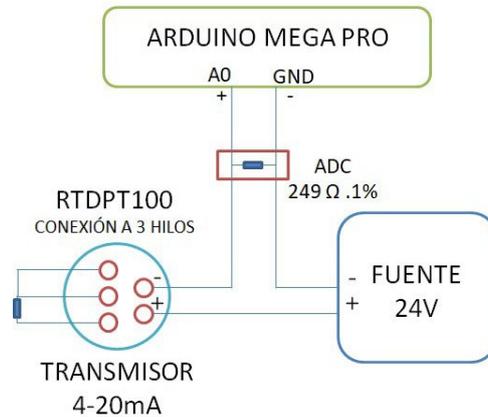


Ilustración 17: Conexión de la termorresistencia RTD-PT100 al Arduino.

Código en el Arduino.

```

const int EntradaAnalogica = A0; // Entrada analógica donde estará la resistencia
de conversión de corriente a voltaje
int sensorValor = 0;
int temperatura = 0;
int ByteRecibido = 0;
float f1 = 0;
void setup() {
// inicializa comunicación serial a 9600 bps:
Serial.begin(9600);
}
void loop() {
// Esperar que se reciba un byte por el puerto serial para enviar la lectura
if(Serial.available() > 0)
{
ByteRecibido = Serial.read();
// Obtener la lectura de ADC
sensorValor = analogRead(EntradaAnalogica);

```

```
// Hacer el mapeo de las señales por cifras multiplicadas por 10 para
// Obtener decimales, pues la función map no recibe números flotantes
  Temperatura = map(sensorValor,204,1019,0,500);
  f1 = temperatura; // convirtiendo a flotante
  t1 = f1/10.0; // dividiendo entre 10 ahora se tiene la lectura correcta
// Con una cifra decimal
// Imprimiendo el resultado por el puerto serial
  Serial.print(t1);
  Serial.print("\n");
}}
```

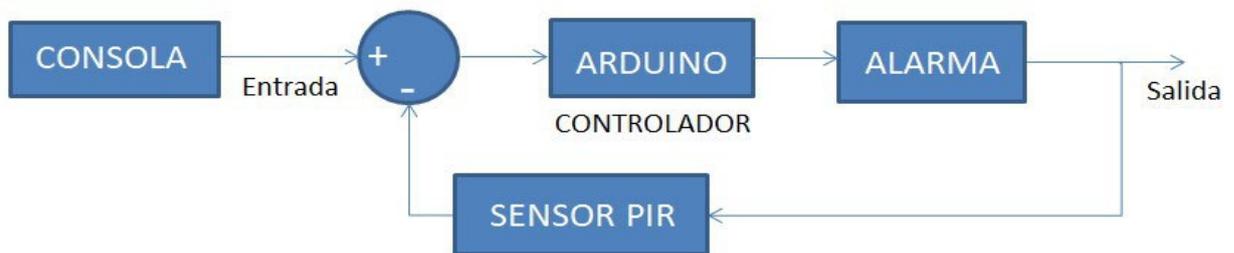
#### **2.2.4. CONTROL DE PRESENCIA EN EL NODO.**

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, ver ilustración 18. 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).

Los dispositivos físicos reales son:

- Sensor 5800PIR
- Consola 6148SP
- Strobe SSX-52S,



*Ilustración 18: Lazo de control de presencia.*

Para el código del control de presencia se emplearon ciclos con estructuras y arreglos, donde con un mismo procedimiento se manipulan todos los sensores PIR, de manera que se recorren al mismo tiempo para detectar si en alguno se alteró su estado de inactivo (sin presencia) a activo (con presencia). Si al menos un sensor se activa significa que hay personal en el Nodo o en la Oficina según el número del sensor donde estén instalados (los primeros 4 en el nodo y los otros 2 en la Oficina).

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 2m que pertenece a la vista inferior, y el ancho del local es de 4m, por lo que para mayor efectividad y por el tamaño de los armarios que se encuentran dentro del Nodo, más las paredes internas que 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 6x6 m, se instalaron 2 sensores, ver ilustración 19.

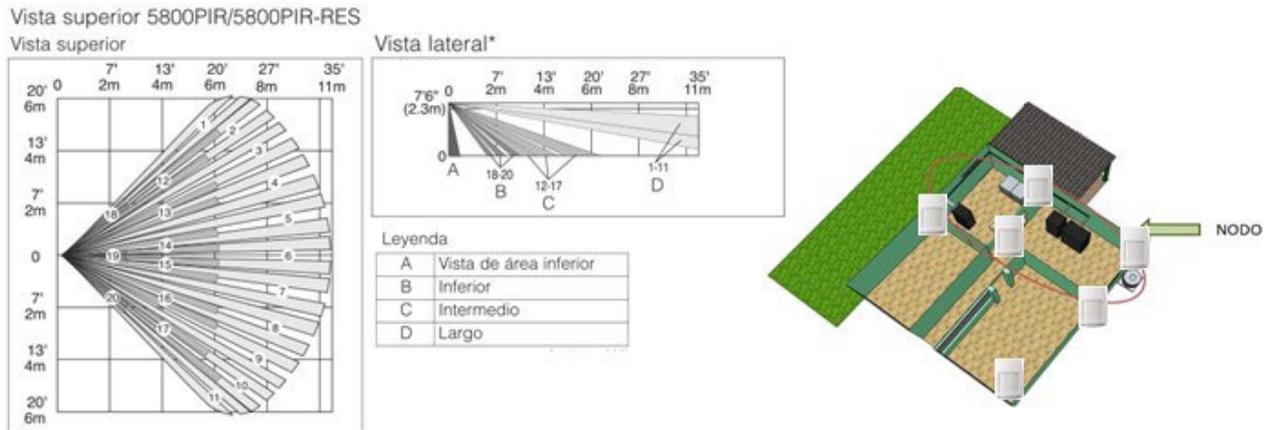


Ilustración 19: Alcance del sensor PIR y ubicación propuesta.

También se incluye en la programación el control del sabotaje, es decir, el mismo sensor internamente tiene un interruptor que si se abre, por uno de los pines del dispositivo envía corriente y significa que hay intento de sabotaje al forzar el sensor para abrirlo. Por tanto se simula también para que el arduino en su programación incluya este control.

A continuación se expone parte del código del control de presencia.

```
void PIRSensor(int indexPin)
{
  if (estaActivoNodo()) digitalWrite(luminariaNodo, HIGH);
  else      digitalWrite(luminariaNodo, LOW);
  if (estaActivoOficina()) digitalWrite(luminariaOficinaNodo, HIGH);
  else      digitalWrite(luminariaOficinaNodo, LOW);
}

boolean estaActivoNodo(){
  //Los sensores del nodo son desde el 0 al 3
  boolean activo = false;
  for(int i=0; i<4; i++){
    if (!activo) activo = (digitalRead(arrPir[i].pirPin) == HIGH);
    else break;
  }
}
```

```
return activo;
}
boolean estaActivoOficina(){
//Los sensores de la oficina son desde el 4 al 5
boolean activo = false;
for(int i=4; i<6; i++){
if(!activo) activo = (digitalRead(arrPir[i].pirPin) == HIGH);
else break;
}
return activo;
}
void verificarSabotaje(){
if(digitalRead(arrPir[0].sabotajePin) == LOW){
Serial.println("Ocurriencia sabotaje en Sensor 0");
digitalWrite(alarma, HIGH);
} else digitalWrite(alarma, LOW);
}
```

### **2.2.5. 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 que sensor envía la señal y de la orden de encender las luces, ver ilustración 20, 21 y 22. Si existe al menos uno activo de cada local será suficiente para que se enciendan las lámparas. Para el apagado todos los sensores deberán estar inactivos, es decir que no detecten presencia, ver ilustración 23.

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.

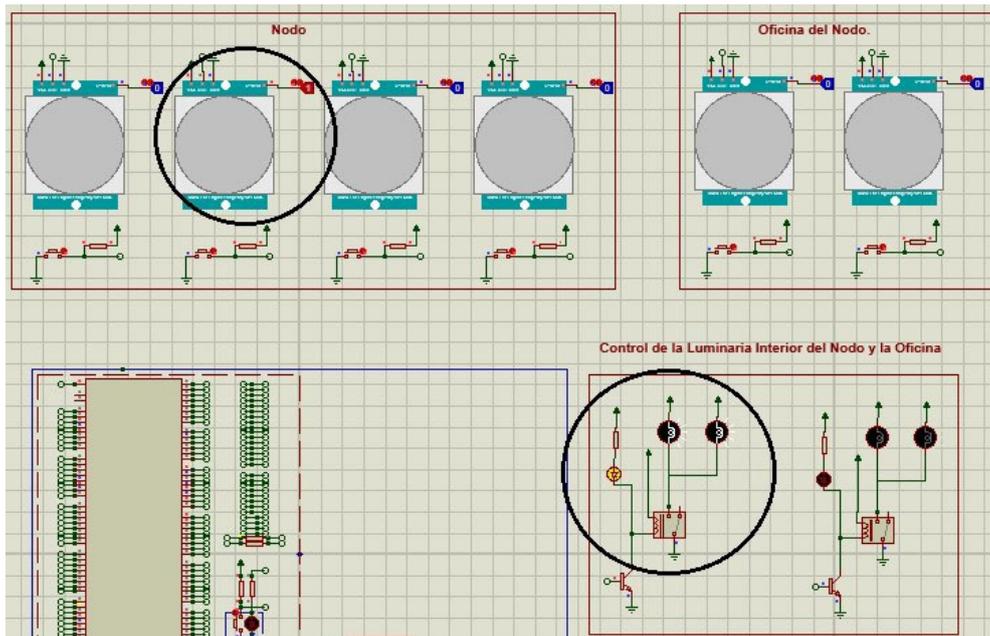


Ilustración 20: Control sistema de iluminación interior Nodo. Encendido.

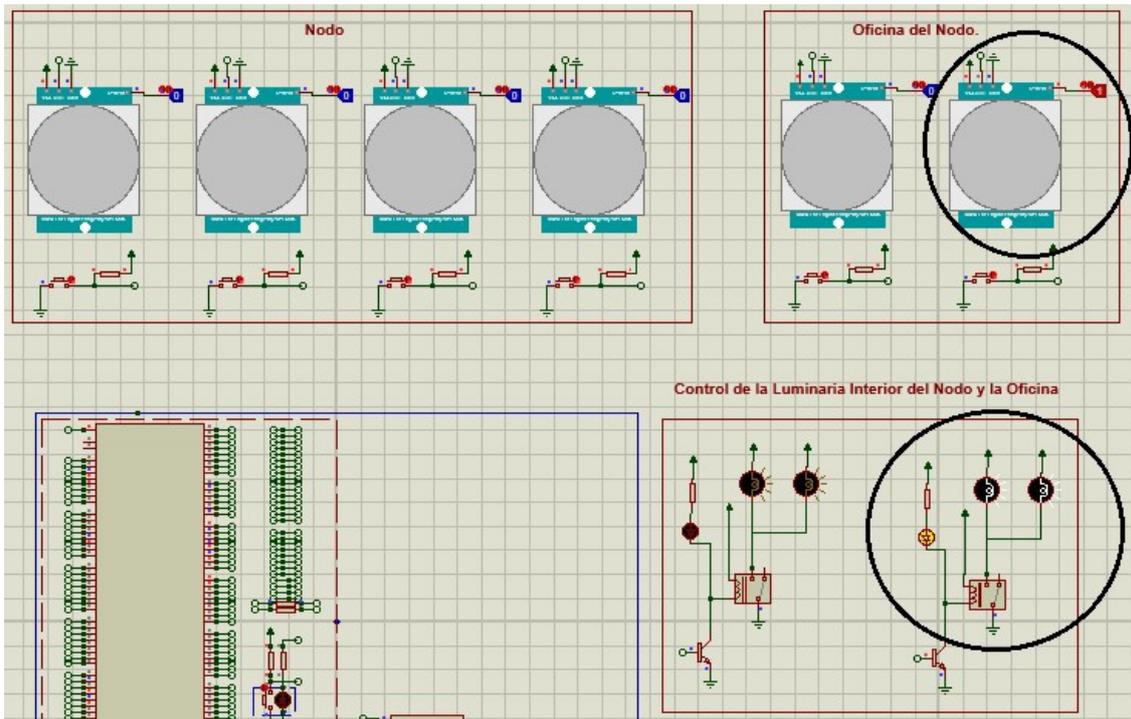


Ilustración 21: Control sistema de iluminación interior Oficina. Encendido.

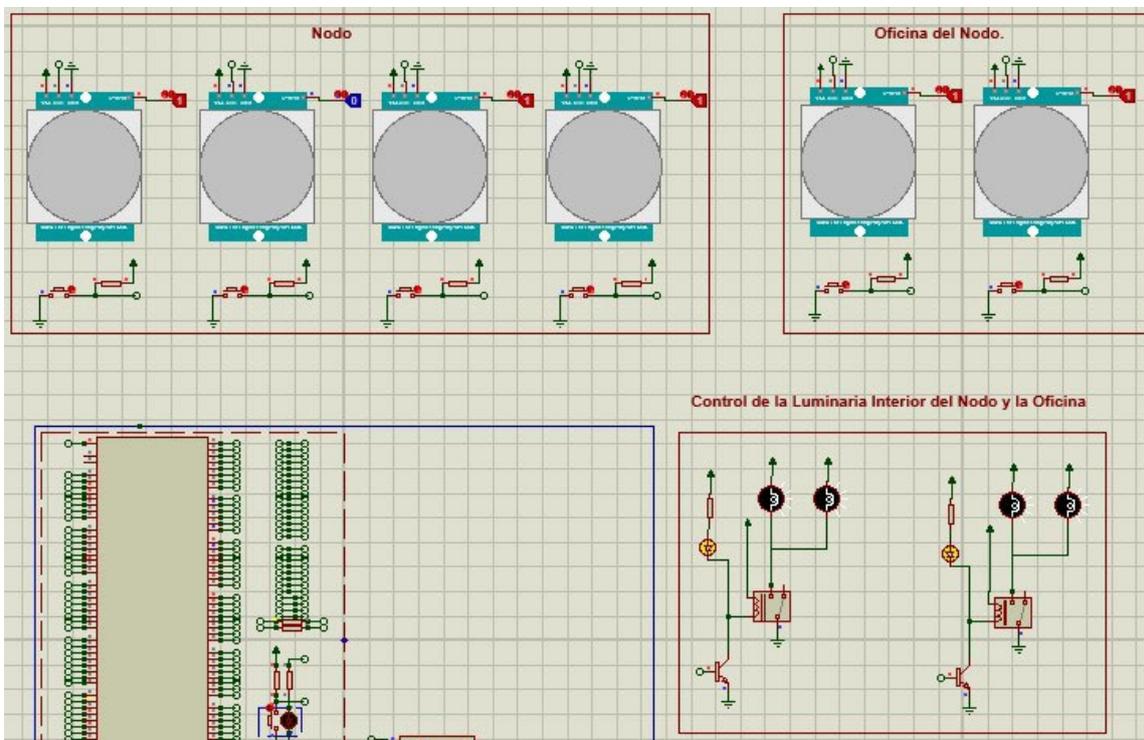


Ilustración 22: Control sistema de iluminación interior Nodo y Oficina. Encendidos.

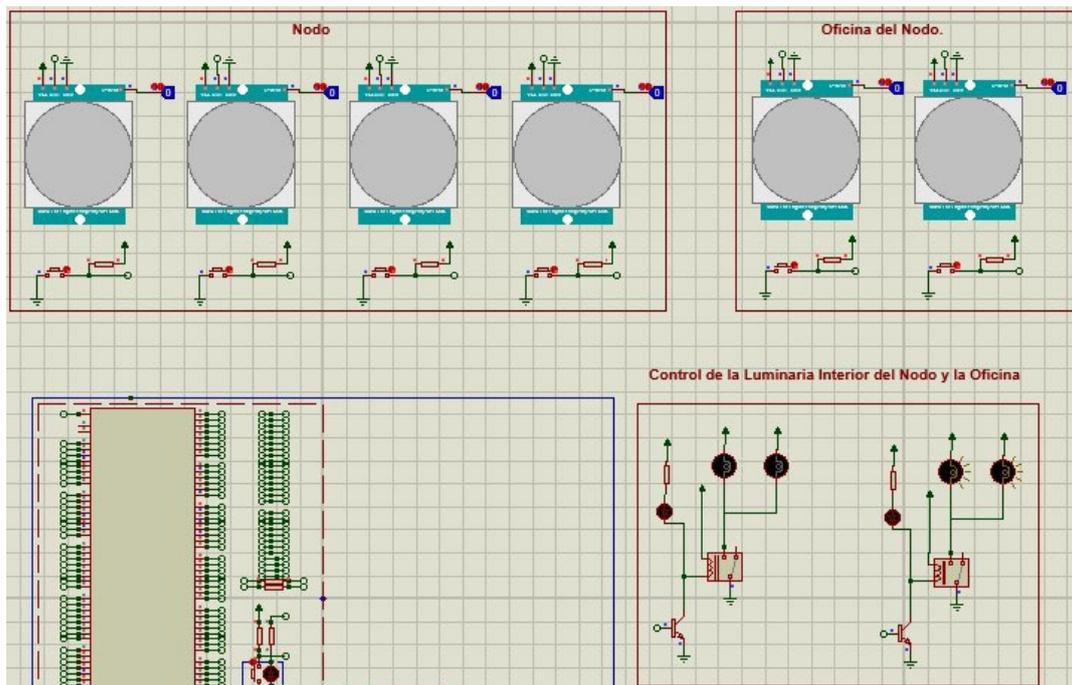


Ilustración 23: Control sistema de iluminación interior Nodo y Oficina. Apagados.

La programación del sistema de iluminación interior del Nodo y la Oficina está incluida en la parte del control de presencia, ya que depende de ese tipo de sensor.

### 2.2.6. 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, el sensor fotoeléctrico detecta el nivel de iluminación existente (día o noche) y se programa para permitir la circulación de corriente a través de un breaker conectado a él para encender o apagar todas las lámparas. En este caso el código de programación insertado en el microprocesador del 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 ilustración 24 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, ver ilustración 25.

Se utilizan relé de libre potencial, porque en la realidad las lámparas tienen un voltaje de 110V a 220V (en el programa se trabaja con 12V) y el Arduino opera con 5V, 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.

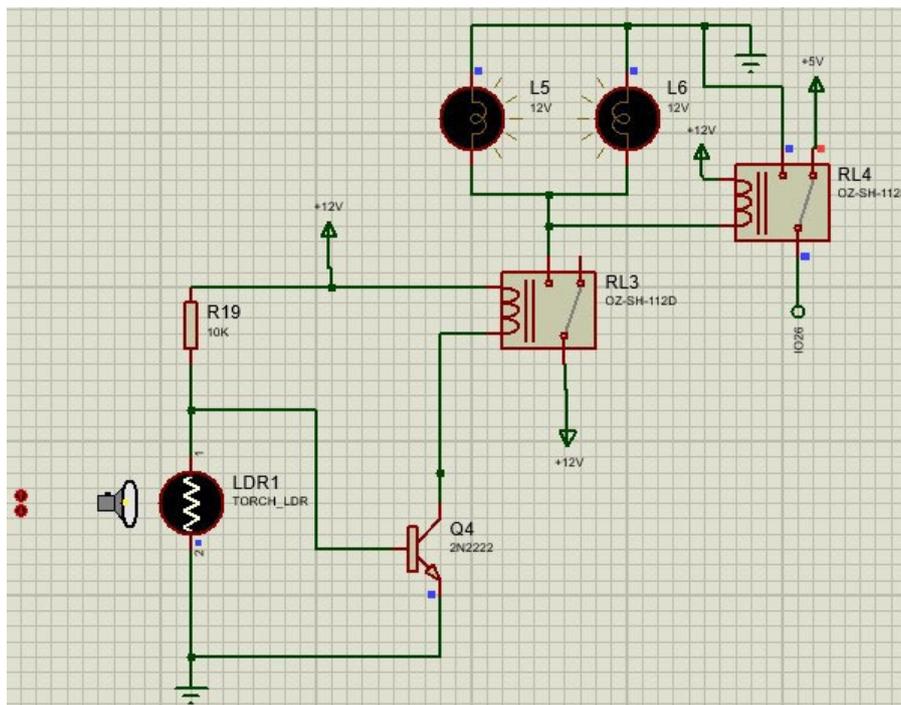


Ilustración 24: Proteus. Control del sistema de iluminación exterior. De día.

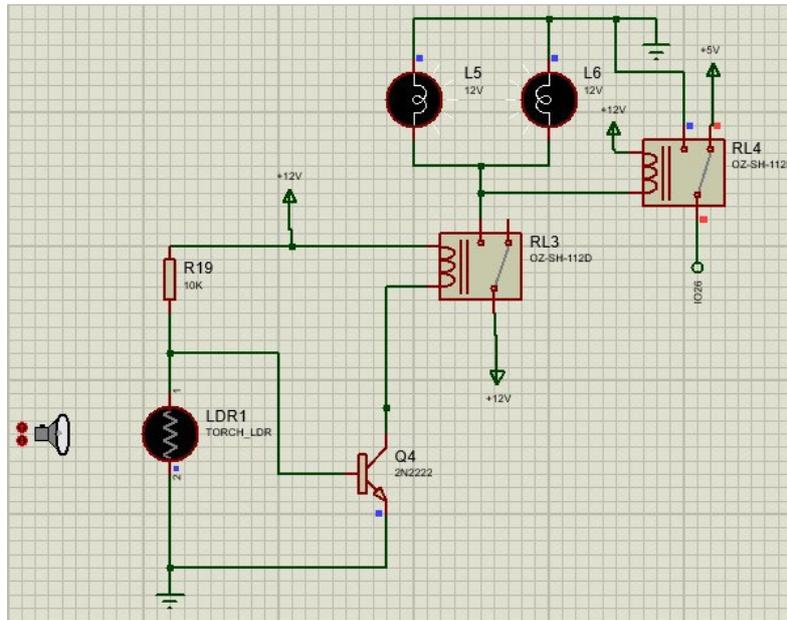


Ilustración 25: Proteus. Control del sistema de iluminación exterior. De noche.

En el caso de la programación que lleva el arduino, es sencilla, ya que solo actúa como supervisor.

```
void verificarLuminariaExterior(){
    if(digitalRead(luminariaExterior) == HIGH)
        Serial.println("Luces exteriores encendidas");
    else
        Serial.println("Luces exteriores apagadas");
}
```

### 2.2.7. 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, ver ilustración 26.

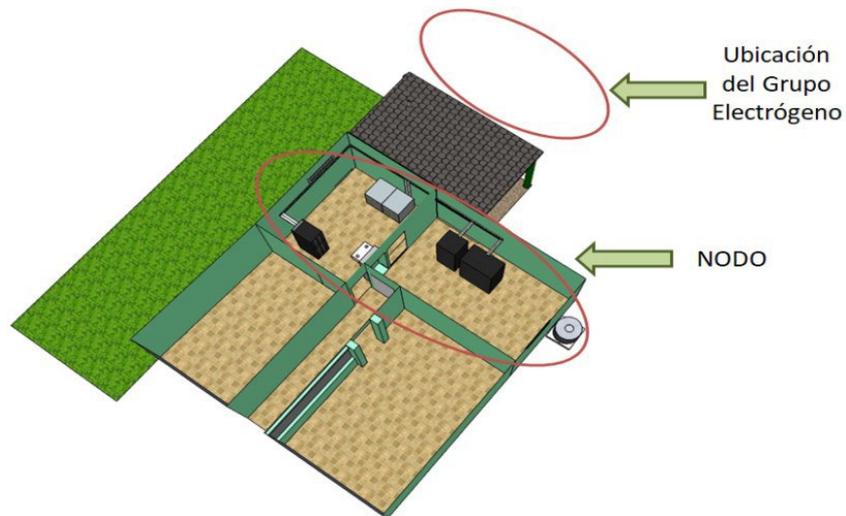


Ilustración 26: Ubicación del Nodo en la parte delantera derecha de SERCONI.

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 como se muestra en el esquema de la ilustración 27.

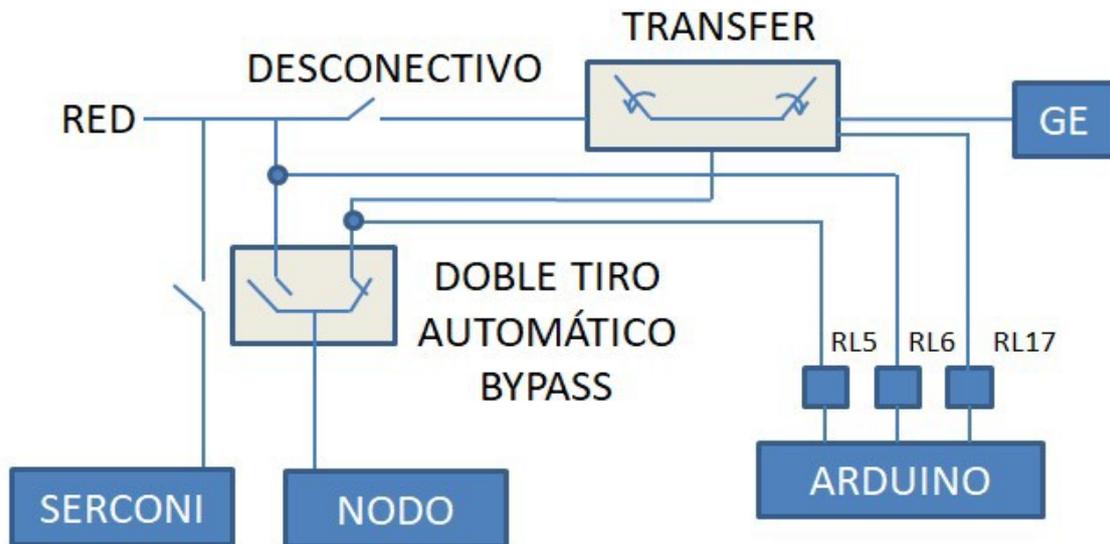


Ilustración 27: Esquema Eléctrico en el Grupo Electrónico.

El Grupo Electrónico (GE) cuenta con un dispositivo llamado transfer mediante el cual se alimenta el Nodo de Cubaníquel [30]. 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 alimentando 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.

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 ambas ilustraciones, la 28 y 29 se muestra el transfer en correcto funcionamiento, es decir, si existe voltaje en él. También se representa el estado del Grupo Electrónico (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 ilustración 28 es la Red la que alimenta al Nodo y en la 29 el GE.

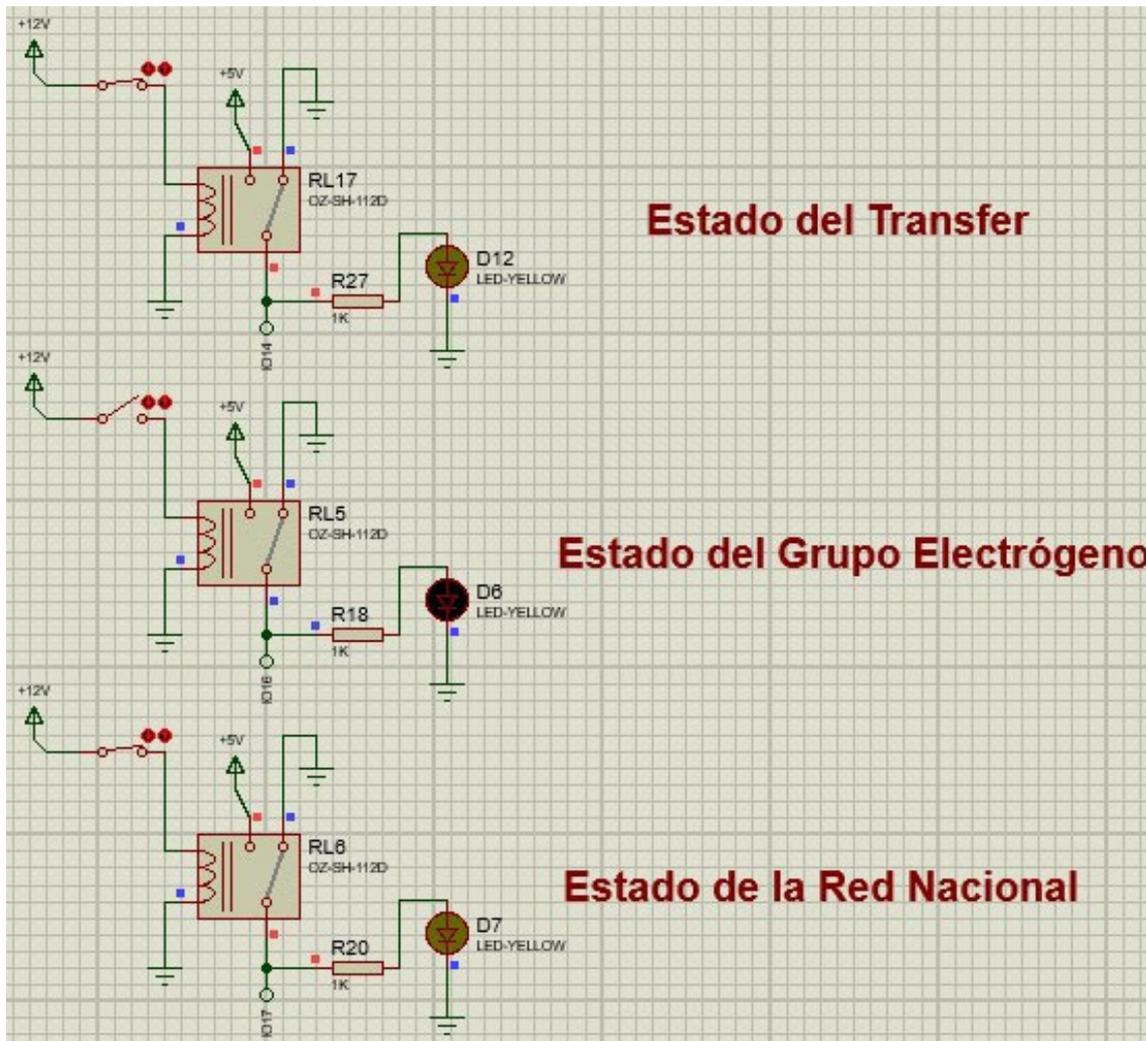


Ilustración 28: Control de la fuente de alimentación al Nodo. Alimentado por la Red.

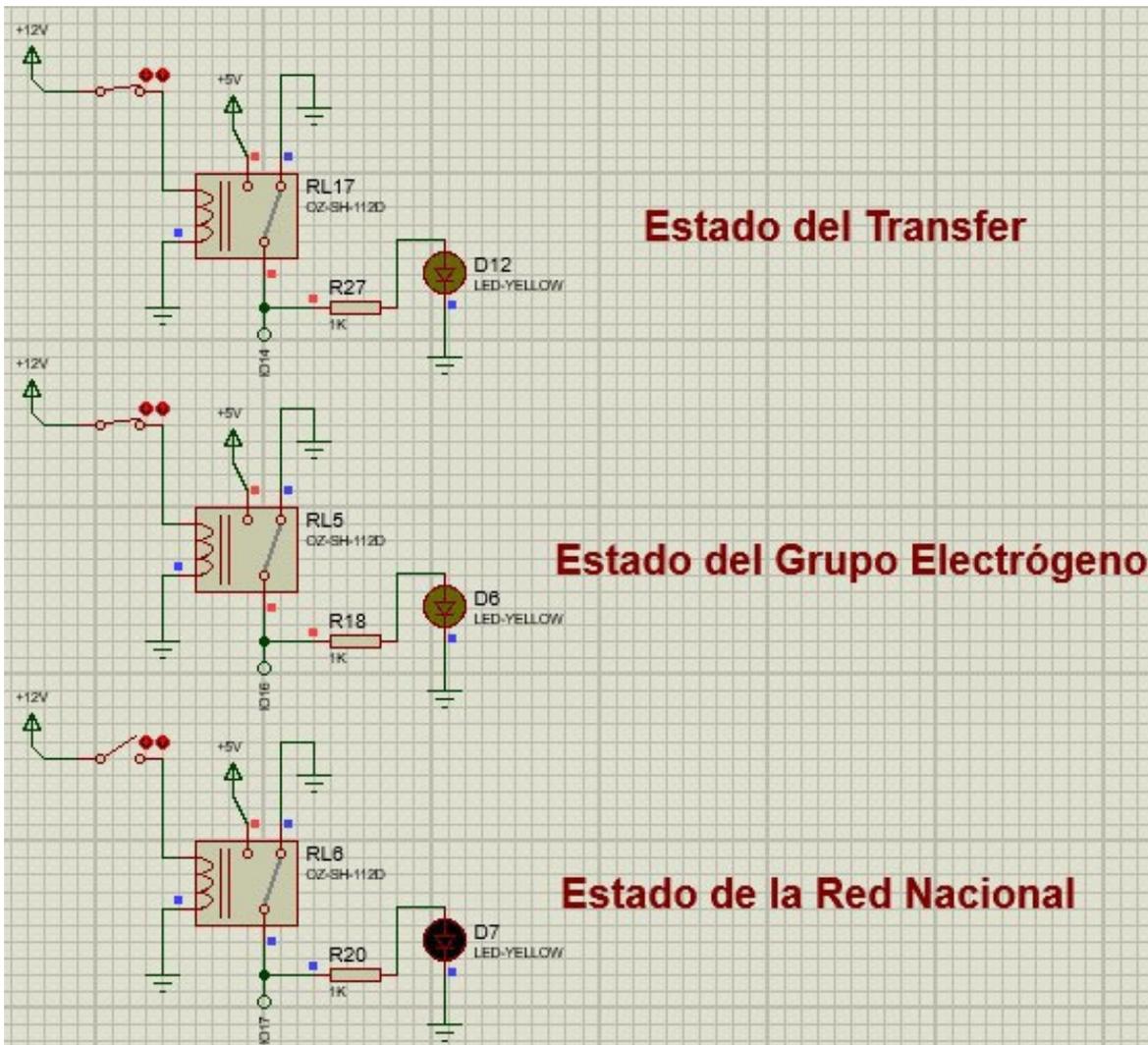


Ilustración 29: Control de la fuente de alimentación al Nodo. Alimentado por el GE.

### Código para el Arduino

```
void verificarFuenteNodo(){  
  if(digitalRead(EstadoTransfer) == HIGH)  
    Serial.println("TRANSFER ACTIVO");  
  else  
    Serial.println("TRANSFER NO ACTIVO");  
  if (digitalRead(EstadoRED) == HIGH) //en este código muestro el cartel si en el  
  pin de entrada EstadoRED existe voltaje, es decir si hay corriente por la red  
  nacional
```

```
Serial.println("RED CONECTADA");
else
Serial.println("RED DESCONECTADA");
if (digitalRead(EstadoGE) == HIGH) //en este código muestro el cartel si en el
pin de entrada EstadoGE existe voltaje, es decir si hay corriente por el Grupo
Electrógeno
Serial.println("GE CONECTADO");
else
Serial.println("GE DESCONECTADO"); }
```

### **2.2.8. 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:

- 110V
- 220V

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 110V y 220V, 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, ver ilustración 30 y 31.

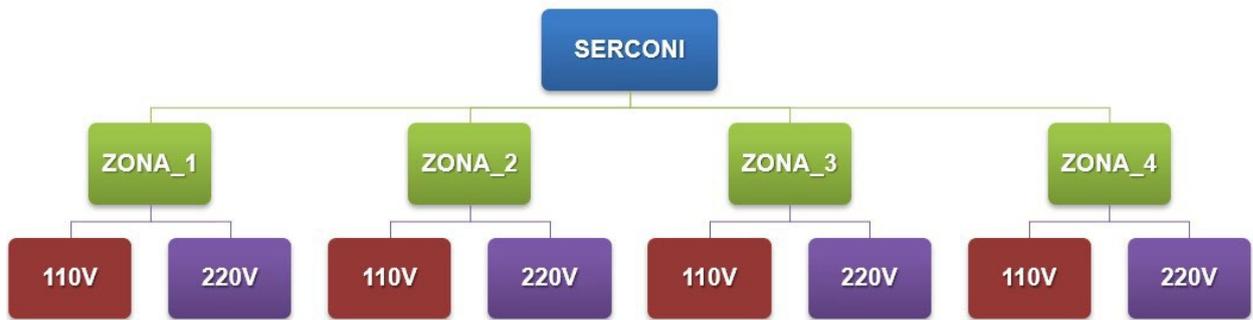


Ilustración 30: Diagrama de distribución de zonas y trazas de cables en la empresa.

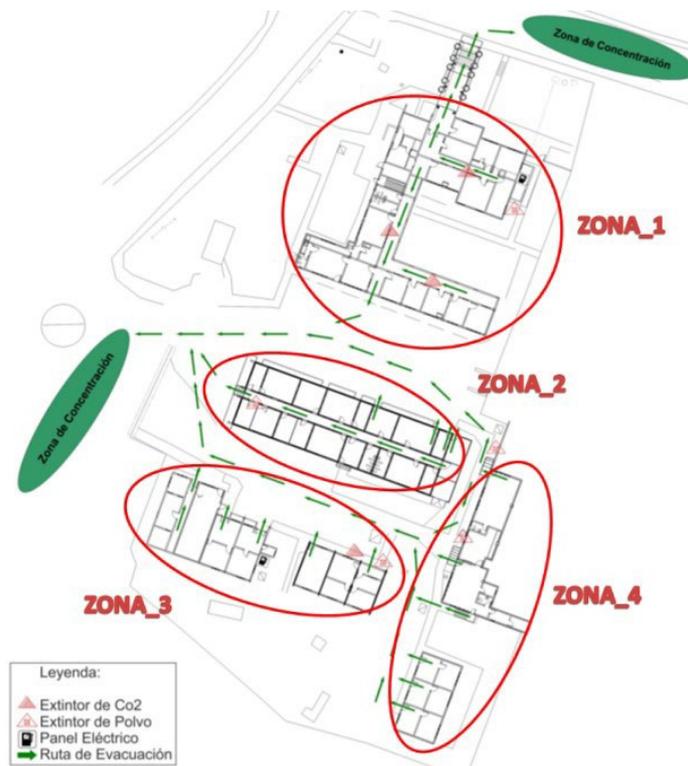


Ilustración 31: Mapa de distribución de zonas en la empresa.

Se plantea además la propuesta de usar los EMM-4L, analizadores de red que 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 10:00am – 1:00pm es inhabilitada la línea 220V, ver ilustración 32, donde son conectados generalmente equipos de climatización y de 11:00am - 1:00pm la línea 110V, ver ilustración 33, 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 5:30pm – 7:00am. 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 ilustración 32, y RL24, RL26, RL27, RL28 y RL29 en la ilustración 33) que activarán a los transferenciales de doble polo de libre potencial (estos sí conmutan visualmente: RL19, RL20, RL21, RL22 y RL23 en la ilustración 32 y RL31, RL14, RL15, RL16 y RL18 en la ilustración 33), donde por un lado conectan la línea de 220V o de 110V representada por 12V y por el otro envían 5V al Arduino significando que esta zona está conectada, la cual es señalizada además por el led conectado a cada zona.

Como se muestran en las ilustraciones 32 y 33, 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 ilustración 30, este se utiliza para activar o desactivar toda la línea 220V o 110V 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 220V o el de 110V.

El estado que se muestra en la ilustración 32 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 220V activa solo para la Zona 3. Así mismo ocurre en la ilustración 33, pero la zona que es activada es la 1 y la 4.

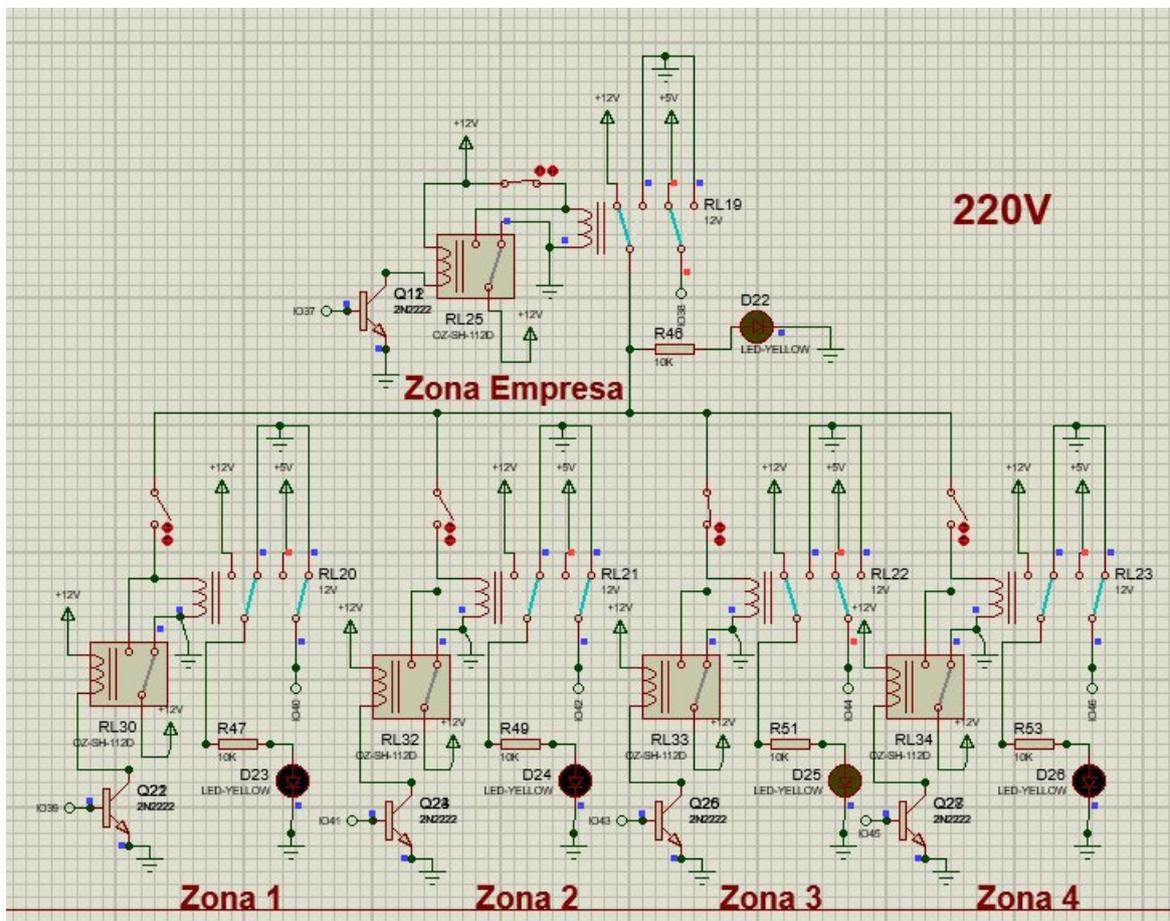


Ilustración 32: Control consumo energético empresa, línea 220V.

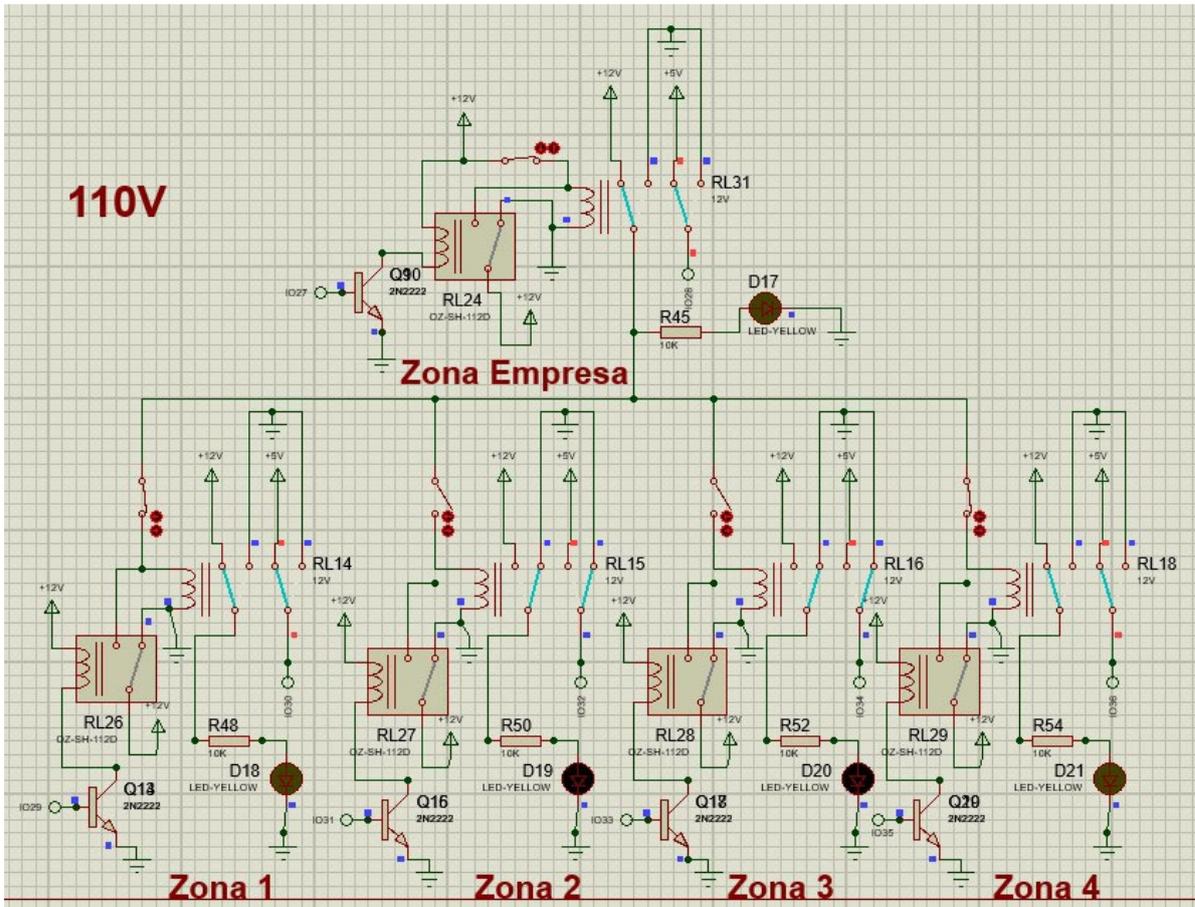


Ilustración 33: Control consumo energético empresa, línea 110V.

En el programa se utiliza la librería Time.h y arreglos para manipular los pines de todas las salidas y entradas al Arduino, con el fin de crear ciclos de alarmas por horarios establecidos. A continuación se presenta parte del código.

```

byte horaInicio220 = 10;
byte minutoInicio220 = 00;
byte horaFin220 = 13;
byte minutoFin220 = 00;
int momentoInicio110 = (horaInicio110 * 60) + minutoInicio110;
int momentoFin110 = (horaFin110 * 60) + minutoFin110;
int momentoAhora110 = (hour() * 60) + minute();
int momentoInicio220 = (horaInicio220 * 60) + minutoInicio220;
int momentoFin220 = (horaFin220 * 60) + minutoFin220;
    
```

```
int momentoAhora220 = (hour() * 60) + minute();
HorarioPico();
}
void HorarioPico(){
  if ((momentoInicio110 <= momentoAhora110) && (momentoAhora110 <
momentoFin110)) {
    for(int i=0; i<5; i++){
      digitalWrite(arrSwitch[i].switchPin110 == LOW);
    }
    Serial.print("Son las: ");
    Serial.println(String(hour()) + ": " + String(minute()));
    Serial.print("Estamos en Horario Pico. Linea 110 Apagada!!");
  }
  else {
    for(int i=0; i<5; i++){
      digitalWrite(arrSwitch[i].switchPin110 == HIGH);
    }
  }
  if ((momentoInicio220 <= momentoAhora220) && (momentoAhora220 <
momentoFin220)) {
    for(int i=0; i<4; i++){
      digitalWrite(arrSwitch[i].switchPin220 == LOW);
    }
    Serial.print("Son las: ");
    Serial.println(String(hour()) + ": " + String(minute()));
    Serial.print("Estamos en Horario Pico. Linea 220 Apagada!!");
  }
  else {
    for(int i=0; i<5; i++){
      digitalWrite(arrSwitch[i].switchPin220 == HIGH);
    }
  }
}
```

### **2.2.9. VISUALIZACIÓN EN EL SCADA EROS-XD.**

El EROS-XD se compone de cuatro subsistemas:

#### El Servidor 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 [23].

#### El Configurador EROS-XD

El Configurador se encarga de definir las características generales del proceso:

- 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.)

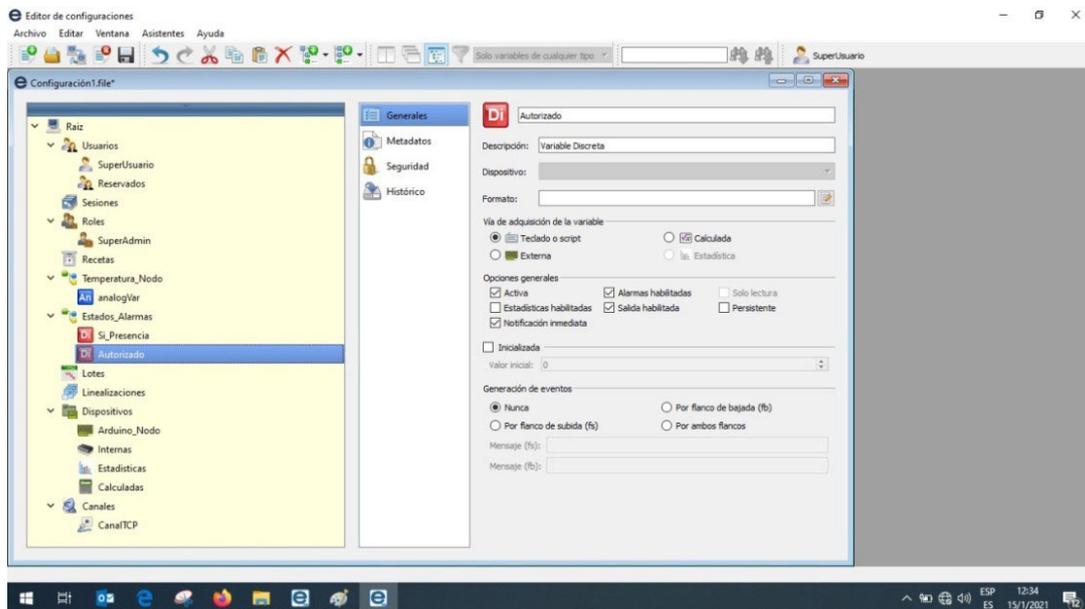
Es la aplicación donde se prepara el entorno para el inicio de la monitorización industrial.

Una vez identificadas las características del proceso donde se instalará el SCADA se realiza una representación abstracta del mismo a través de una estructura jerárquica donde se representan a través de Nodos, los dispositivos del campo que entregarán información al sistema, las variables que representarán las mediciones que se obtienen de estos y el enlace que los relaciona.

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 [23].

En el caso en cuestión, la linealización, juega un papel fundamental, por ejemplo en la medición de temperatura se realiza la linealización de ohm a °C, ya que lo que se recibe del sensor son valores de resistencias por los cambio de temperatura y se convierte a una escala de temperatura.

En la ilustración 34 se muestra la ventana de configuración del proceso real.

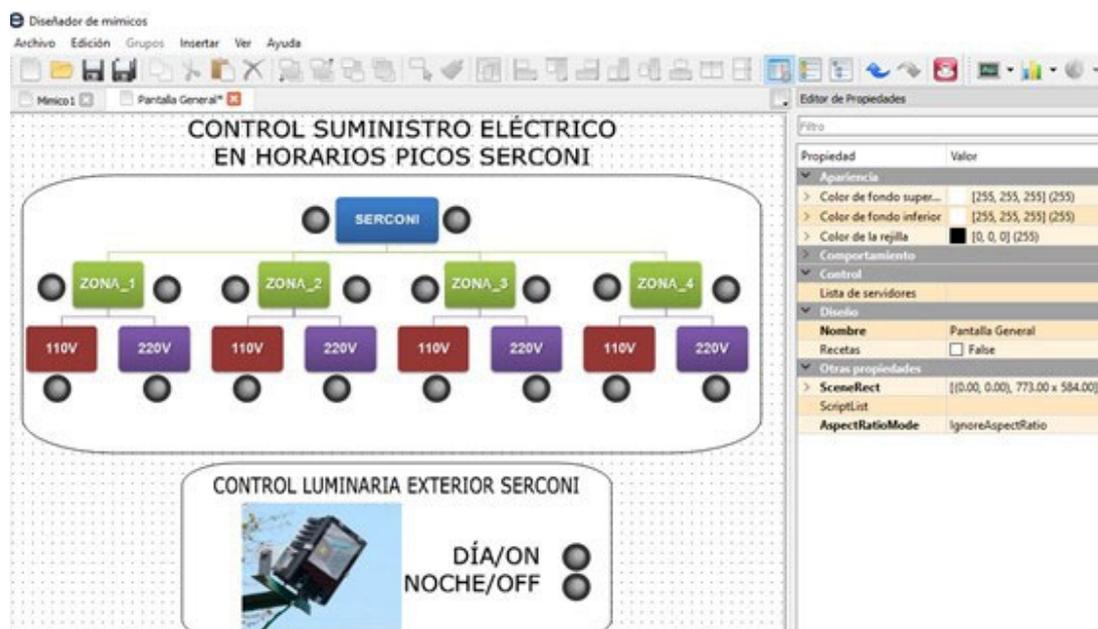


*Ilustración 34: Ventana de Configuración*

### El Diseñador 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 [23].

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, ver ilustración 35.



*Ilustración 35: Ventana del Diseñador.*

### El Visualizador EROS-XD

Este subsistema 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, ver ilustración 36 y 37.

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 [23].

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 Electrónico, 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, ver ilustración 36.

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 10:00am-1:00pm se desactive la energía de la línea 220V, de 11:00am-1:00pm la de 110V, y a partir de las 5:00pm-7:00am 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, ver ilustración 37.

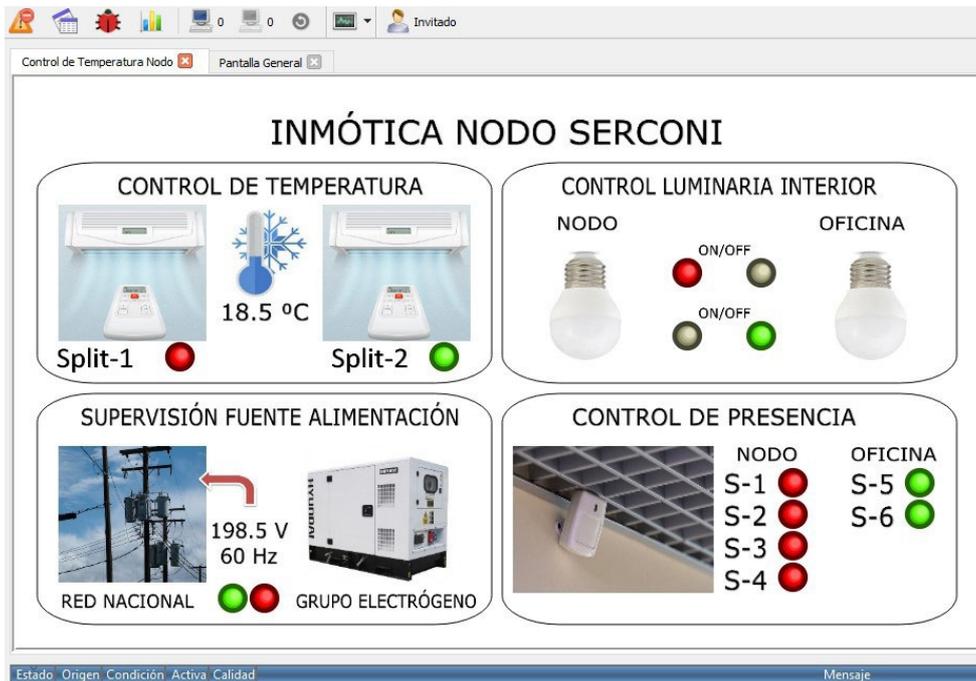


Ilustración 36: Ventana del Visualizador. Inmótica Nodo.

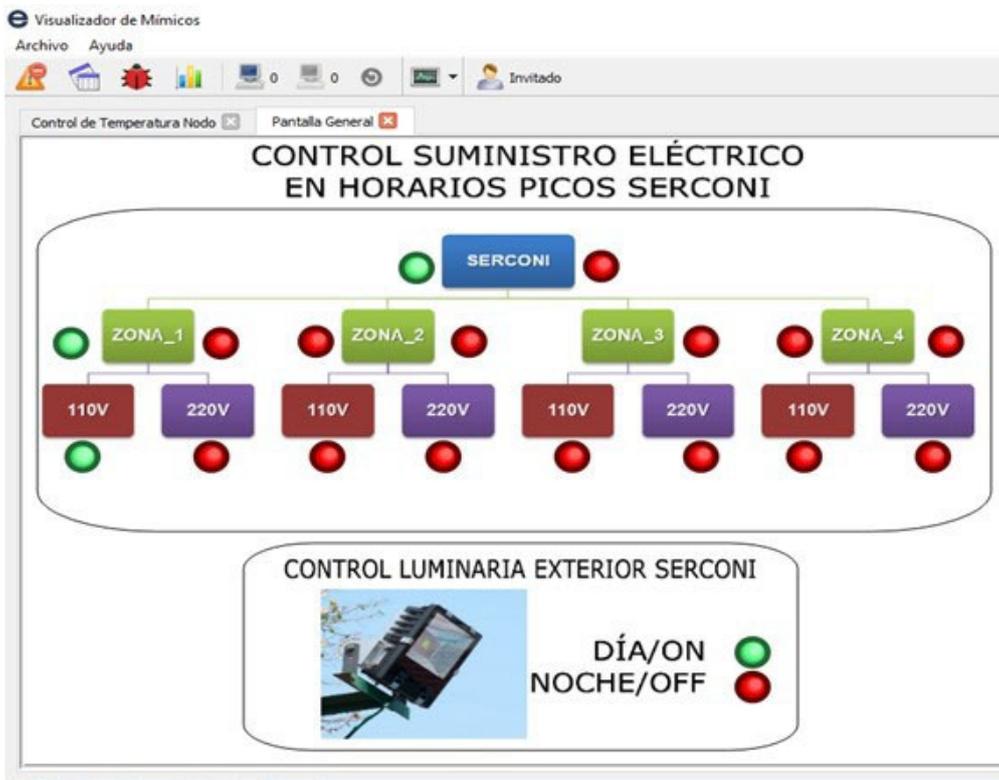


Ilustración 37: Ventana del Visualizador. Inmótica SERCONI.

### 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 [23].

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.

#### **2.2.10. ESPECIFICACIÓN PARA LA IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE MAPAS DE VARIABLES AL SCADA EROS-XD.**

El formato de los mapas de variables que maneja el EROS-XD es el de un texto en forma de tabla rectangular de cadenas. Cada fila de la tabla corresponde a una variable y cada columna corresponde a atributos de la variable. Las filas deben ir separadas por cambio de línea y las columnas por algún separador (preferiblemente tabulación). Es importante evitar el uso de la coma como separador pues puede aparecer en la representación de algunos atributos numéricos y provocar errores en la delimitación de las columnas. La tabla tiene que tener un encabezado que identifique el contenido de cada columna. El título de cada columna debe ser uno de los que aparecen en la tabla. El nombre del título es sensitivo a mayúsculas y minúsculas por lo que debe escribirse tal y como aparece en la tabla 6 del anexo 3.

A continuación planteamos un ejemplo de mapa de variables utilizado en el control de presencia, donde la variable corresponde a la entrada digital del primer sensor de presencia ubicado en el Nodo.

*Tabla 5: Mapa de variable sensor de presencia\_1.*

Títulos admisibles	Descripción
Nombre	Presc_PIR1
Descripcion	Sensor de presencia 1
Tipo	1
Frec	1
Direccion	1x0
TipoPunto	0
PosBit	
Mascara	0
Unidad	True
Representacion	Encendido/Apagado.
MaxNormal	
MinNormal	
Linealizacion	0
Escalonada	1
Invertida	0
Pulsada	1
DuracionPulso	1

### ***2.3. 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 [31]. 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 [...] [32].

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, ver tabla 6.

*Tabla 6: 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

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, 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.

#### **CONCLUSIONES PARCIALES**

- El estudio de la carga térmica total para la refrigeración demuestra que los dos split trabajando juntos soportan la carga que demanda el Nodo, pero para poder asegurar un funcionamiento óptimo del centro de redes se aconseja contar con un tercer equipo de climatización para que actuara como reserva.
- El desarrollo del diseño de control de la temperatura y de presencia en el Nodo, permitió valorar las ventajas que presentan los mismos para ser aplicados en diferentes instalaciones, y no solo del sector estatal.
- La elaboración del diseño de supervisión del suministro de alimentación en el Nodo proporcionó una alternativa de seguridad para evitar la inactividad del sistema de servicios telemáticos en el Grupo Empresarial Cubaníquel.
- La creación de una propuesta eficiente para el control del consumo energético en la empresa en los horarios picos, y del sistema de iluminación exterior, demostró una variante efectiva para contribuir con el ahorro de portadores energéticos en la empresa.

---

## CONCLUSIONES GENERALES

---

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” 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.
6. 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.

## RECOMENDACIONES

---

---

Se recomienda extender el diseño en cuanto al alcance de los enlaces alámbricos para integrar el resto de los subsistemas del Nodo y el resto de la empresa SERCONI al sistema de supervisión y control. Además, generalizar su uso en otras áreas de la empresa como en el departamento de movimiento monetario (Caja) que se ubicará en Nicaro y en los almacenes de Moa y de Nicaro.

---

**BIBLIOGRAFÍAS**

---

- [1] L. R. T. P. Lic. Julio Torres Martínez, "Reflexiones sobre la problemática energética actual en el mundo y en Cuba," 2006.
- [2] Granma. (23 de abril de 2018). Cuba apuesta por el cambio en su matriz energética.
- [3] H. M. Domínguez and F. S. Vacas, Domótica: Un enfoque sociotécnico: Fundación Rogelio Segovia para el desarrollo de las Telecomunicaciones, 2006.
- [4] Q. I. SARHAN, "Systematic Survey on Smart Home Safety and Security Systems Using the Arduino Platform," Software Engineering and Embedded Systems (SEES) Research Group, Department of Computer Science, College of Science, University of Duhok, Duhok 42001, Iraq, vol. VOLUME 8, 2020, July 10, 2020.
- [5] A. R. Akash Mohta, Ankurita Chatterjee, Avijit Bose, "Design and Development of an Intelligent Home Automation and Security System," International Journal of Computer Science and Network, vol. Volume 5, August 2016
- [6] R. P. B. Balaji, R. Revathy, "Domestic Automation System Using Internet of Things and Arduino," Corporacion Universitaria de la Costa, 2020.
- [7] S. G. Vázquez, Configuración de instalaciones domóticas y automáticas: Ediciones Paraninfo, SA, 2013.
- [8] J. A. Pérez Giménez, "Control domótico con dispositivos móviles."
- [9] Y. C. Pupo, "Metodología para la integración de los elementos domóticos desde el diseño y proyección de edificios," 2013.
- [10] N. T. Pineda and D. L. Tamayo, "La modernización de la gestión pública. Una mirada desde la Inmótica," Folletos Gerenciales, vol. 24, pp. 265-274, 2020.
- [11] A. V. A. C. Alejandro Socarras Córdova, Ana Loreta Arencibia Noda, "Sistema de monitorización de consumo de energía eléctrica en el Hotel Nacional de Cuba," Revista Cubana de Ingeniería, vol. Vol. XI (3), 2020.
- [12] M. A. M. Jordán, "ANÁLISIS GENERAL DE UN PROYECTO INMÓTICO EN GUATEMALA, CON EL PROTOCOLO DE INSTALACIÓN EUROPEO KONNEX."
- [13] J. F. M. b. Diego Fernando Gutiérrez Martínez, Franz Wilhelm Strauch Gómez, "REVISIÓN DE LITERATURA: INMÓTICA Y DOMÓTICA.," Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Mecatrónica, Bogotá, D.C., 2017.
- [14] N. Peccisa, Y. J. Rodríguez, C. Morón, and A. García, "Normativa domótica en edificaciones = Building domotic legislation," 2015, vol. 1, p. 6, 2015-09-07 2015.
- [15] J. M. Huidobro and R. J. M. Tejedor, Manual de domótica: Creaciones Copyright SL, 2010.

- 
- [16] J. A. Sebastián Gutiérrez, Ramiro Velázquez, "Use of Automated Blinds in Smart Buildings for Energy Savings: A Mexican Case," Corporacion Universitaria de la Costa, 2021.
- [17] J. R. N. Álvarez, I. F. B. Pina, and D. M. C. Mestre, "Tools for the design of an inmotic system in the residential block of a five star plus hotel," 2016.
- [18] J. A. Pizarro Ruiz, "Aportación al desarrollo de las normas técnicas y reglamentación para la implantación de los sistemas electrónicos para viviendas y edificios: domótica, inmótica y hogar digital," 2014.
- [19] RobotDyn, "Mega 2560 PRO (Embed) CH340G/ATmega2560-16AU," RobotDyn, 2021.
- [20] L. LLamas, "Comunicación de Arduino con puerto serie," 16 abril, 2014.
- [21] L. A. S.L., "Interruptor crepuscular Exterior. Fococelula. Sensor fotoelectrico Dia/noche. Ajustable. Protección contra Lluvia IP65."
- [22] C. d. e. Inbisa, "EMM/TC, Analizadores de redes."
- [23] S. División de Automática, Nicaro – Mayarí – Holguín – Cuba, "Sistema de Supervisión y Control de Procesos."
- [24] H. R. Galbarro, "Guía para el Cálculo de las Cargas Térmicas en los Edificios," vol. Biblioteca de Tutoriales.
- [25] "Split Tayshi Tipo Pared Alta," 2004.
- [26] E. H. C. Marisa López-Vallejo, Juan Garbajosa Sopeña, "Informe de Vigilancia Tecnológica madri+d“Green IT: tecnologías para la eficiencia energética en los sistemas TI”,” vol. Fundación madri+d para el ConocimientoVelázquez, 76. E-28001 Madrid.
- [27] ANSI/TIA, "Centro de datos," vol. American National Standards Institute(ANSI) / Telecommunications Industry Association (TIA), 2005-04-12.
- [28] G. DATA, "Temperatura de Operación Correcta del Datacenter," Servicios especializados en telecomunicaciones Martes, 19 de Enero de 2021.
- [29] "Medición de temperatura con RTD PT100, Transmisor 4-20 mA y Arduino.."
- [30] R. S. Martínez, "Manual para el operador de Grupos Electrónicos de Emergencia," vol. Dirección de Energía, Oficina del Historiador de la Ciudad., 2009.
- [31] M. E. Raffino, "Modelo de Sustitución de Importaciones (ISI)," 7 de agosto de 2020, Argentina.
- [32] M. L. V. Maggio, "Revisión del modelo de sustitución de importaciones: vigencia y algunas reconsideraciones," Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía, mayo-junio 2017.
- [33] R. A. M. GONZÁLEZ, "CÁLCULO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DEL EDIFICIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN. ," vol. UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION Facultad de Ingeniería Ingeniería Civil Enero, 2017.
- [34] J. S. H. KEENAN, "Tables and Mollier Diagram," La Habana: Instituto del Libro, 1970.
- [35] L. G. RÍOS A., "Determinación del calor de vaporización del agua," Scientia et Technica, vol. 3(49), pp. 163 - 166
-

2011.

- [36] L. P. H. CRUZ VIERA, A., "Introducción a Ingeniería Química," La Habana: Pueblo y Educación, Cuba, p. p 390, 1985.
- [37] A. Rojas-Vargas, "Balance de energía en un horno de secar madera," vol. Revista Tecnología Química, pp. 30-35, 2016.

---

## ANEXOS

---

### ANEXO 1: ALGORITMO DE CÁLCULO PARA DETERMINAR LA CARGA TÉRMICA TOTAL DE REFRIGERACIÓN [24], [33].

1. La carga térmica total de refrigeración ( $Q_r$ ) de un local se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

donde,

- $Q_s$  es la carga térmica sensible (W);
- $Q_l$  es la carga térmica latente (W).

#### 2. Cálculo de la carga térmica sensible

Para el cálculo de la carga térmica sensible ( $Q_s$ ) se emplea la siguiente expresión:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

donde,

- $Q_{sr}$  es el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W);
- $Q_{str}$  es la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W);
- $Q_{st}$  es la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W);
- $Q_{si}$  es la carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);
- $Q_{sai}$  es la carga sensible debida a aportaciones internas (W).

##### 2.1 Carga por radiación solar a través de cristal " $Q_{sr}$ "

La radiación solar atraviesa las superficies traslúcidas y transparentes e incide sobre las superficies interiores del local, calentándolas, lo que a su vez incrementa la temperatura del ambiente interior.

La carga térmica por radiación a través de cristales y superficies traslúcidas ( $Q_{sr}$ ) se calcula como sigue:

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F$$

donde,

- $Q_{sr}$  es la carga térmica por radiación solar a través de cristal, en W.
- $S$  es la superficie traslúcida o acristalada expuesta a la radiación, en m<sup>2</sup>.
- $R$  es la radiación solar que atraviesa la superficie, en W/m<sup>2</sup>, correspondiente a la orientación, mes y latitud del lugar considerado.

## 2.2 Carga por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores "Q<sub>str</sub>"

La carga por transmisión y radiación que se transmite a través de las paredes y techos opacos que limitan con el exterior ( $Q_{str}$ ) se calcula como sigue:

$$Q_{str} = K \cdot S \cdot (T_{ec} - T_i)$$

donde,

- $Q_{str}$  es la carga por transmisión a través de paredes y techos exteriores, en W.
- $K$  es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en W/m<sup>2</sup>°C.
- $S$  es la superficie del muro expuesta a la diferencia de temperaturas, en m<sup>2</sup>.
- $T_i$  es la temperatura interior de diseño del local (°C)
- $T_{ec}$  es la temperatura exterior de cálculo al otro lado del local (°C)

## 2.3 Carga por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores "Q<sub>st</sub>"

La carga por transmisión a través de los cerramientos interiores del local que lo limitan con otras estancias del edificio ( $Q_{st}$ ) se calcula aplicando la expresión siguiente:

$$Q_{st} = K \cdot S \cdot (T_e - T_i)$$

donde,

- 
- $Q_{st}$  es la carga por transmisión a través de los cerramientos interiores, en W.
  - $K$  es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, también llamado transmitancia térmica, expresado en  $W/m^2\text{°C}$ .
  - $S$  es la superficie del cerramiento interior, en  $m^2$ .
  - $T_e$  es la temperatura de diseño al otro lado del cerramiento ( $\text{°C}$ )
  - $T_i$  es la temperatura interior de diseño del local ( $\text{°C}$ )

#### 2.4 Carga transmitida por infiltraciones de aire exterior " $Q_{si}$ "

La carga transmitida por infiltraciones y ventilación de aire exterior ( $Q_{si}$ ) se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{si} = V \cdot \rho \cdot C_{e,\text{aire}} \cdot \Delta T$$

donde,

- $Q_{si}$  es la carga térmica por infiltración y ventilación de aire exterior (W);
- $V$  es el caudal de aire infiltrado y de ventilación ( $m^3/s$ );
- $\rho$  es la densidad del aire, de valor  $1,18\text{kg}/m^3$ ;
- $C_{e,\text{aire}}$  es el calor específico del aire, de valor  $1012\text{J}/\text{kg}\text{°C}$ ;
- $\Delta T$  es la diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior.

#### 2.5 Carga sensible por aportaciones internas " $Q_{sai}$ "

La ganancia de carga sensible debida a las aportaciones internas del local ( $Q_{sai}$ ) se determina a su vez como suma de las siguientes tipos de cargas que se generan dentro del mismo:

$$Q_{sai} = Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

donde,

- $Q_{sil}$  es el valor de la ganancia interna de carga sensible debida a la iluminación interior del local (W);
- $Q_{sp}$  es la ganancia interna de carga sensible debida a los ocupantes del local (W);

- Qse es la ganancia interna de carga sensible debida a los diversos aparatos existentes en el local, como aparatos eléctricos, ordenadores, etc. (W).

### Carga sensible total "Qs"

La carga sensible total (Qs) aportada al local es la suma de todas las anteriores:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sil} + Q_{sp} + Q_{se}$$

### 3- Cálculo de la carga térmica latente

Para el cálculo de la carga térmica latente (Ql) se emplea la siguiente expresión:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$$

donde,

- Qli es la carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);
- Qlp es la carga latente debida a la ocupación del local (W).

#### 3.1 Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior "Qli"

La carga latente transmitida por infiltraciones y ventilación de aire exterior (Qli) se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{li} = V \cdot \rho \cdot C_{l,agua} \cdot \Delta w$$

donde,

- Qli es la carga térmica latente por ventilación de aire exterior (W)
- V es el caudal de aire infiltrado y ventilación (m<sup>3</sup>/s);
- ρ es la densidad del aire, de valor 1,18 kg/m<sup>3</sup>;
- Cl,agua es el calor específico del agua, de valor 2257 kJ/kg;
- Δw es la diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior.

#### 3.2- Carga latente por ocupación "Qlp"

La carga latente por ocupación del local (Qlp) se determina multiplicando la valoración del calor latente emitido por la persona-tipo y por el número de ocupantes previstos para el local.

La expresión para obtener el calor latente de aporte por la ocupación del local sería la siguiente:

$$Q_{lp} = n \cdot Cl_{atente, persona}$$

siendo,

- $n$  es el número de personas que se espera que ocupen el local;
- $Cl_{atente, persona}$  es el calor latente por persona y actividad que realice.

#### Carga latente total "Ql"

La carga latente total (Ql) aportada al local es la suma de todas las anteriores:

$$Ql = Q_{li} + Q_{lp}$$

Las propiedades físicas y termodinámicas como: humedad relativa (HR), humedad absoluta (Ha), densidad del aire ( $\rho_a$ ), fracción molar del vapor de agua ( $x_v$ ), presión de saturación a la temperatura de bulbo seco (Tbs) y de bulbo húmedo (Tbh), se determinaron según las ecuaciones reportadas en la bibliografía de la tabla 5.

*Tabla 7 : Cálculo de las Propiedades Físicas [34-37]*

Válido entre 15°C y 27 °C				Exterior
Tbs	24.0	(°C)		30.0
	297.15	(K)		303.15
Tbh	20.0	(°C)		
	293.15	(K)		
P	101325	(Pa)		101325
	1013.25	hPa		1013.25
HR	69.18	(%)	Humedad Relativa	76.00
Ha	0.010	(kg/m <sup>3</sup> )	Humedad Absoluta	0.0140
He	0.019		Humedad específica	
Densidad aire	1.1796	kg/m <sup>3</sup>		
Z	0.9992	(-)		
Fracción molar del vapor de agua				
xv	0.0205	Xmolar vap H <sub>2</sub> O (-)		

Ma	0.0289635 kg/mol	
Mv	0.0180154 kg/mol	
	8.31451 J.mol <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	
Psat (Tbs)	2985.63 Pa	4246.80Pa
Psat (Tbh)	2339.16 Pa	
psi	4.530E-04	
fi	7.590E-07	
Constante para calcular Pv		
A	1.24E-05	
B	-1.91E-02	
C	33.937	
D	-6.34E+03	
a0	1.581E-06 K.Pa <sup>-1</sup>	
	-2.933E-	
a1	08 Pa <sup>-1</sup>	
a2	1.104E-10 K <sup>-1</sup> .Pa <sup>-1</sup>	
b0	5.707E-16 K.Pa <sup>-1</sup>	
	-2.051E-	
b1	08 Pa <sup>-1</sup>	
c0	1.990E-04 K.Pa <sup>-1</sup>	
	-2.380E-	
c1	06 Pa <sup>-1</sup>	
d	1.830E-11 K <sup>-2</sup> .Pa <sup>-2</sup>	
E	7.650E-08 K <sup>-2</sup> .Pa <sup>-2</sup>	
Para Calcular xv		

---

Factor de intensificación		
(f)	1.004	
a	1.00062	
b	3.14E-08	Pa <sup>-1</sup>
g	5.60E-07	K <sup>-2</sup>
pvs	2985.63	Pa
A	1.24E-05	K <sup>-2</sup>
B	-1.91E-02	K <sup>-1</sup>
C	33.937	
D	-6.34E+03	K

---

ANEXO 2: ESTUDIO DE CARGA EN LOS EQUIPOS INSTALADOS EN EL NODO.

Equipo	Cantidad	Potencia nominal IV	Potencia nominal IV	Potencia instalada kW	Potencia demandada kW	Tension (V)	Corriente (A)	Nro. de Fases	Factor de Potencia	Potencia a Consumir (kW)	Energía anual a Consumir MWh	Capacidad demanda V/A
<b>NODO</b>												
Climatizadores y equipos de refrigeración	2		3110			220,00	14,9		0,85	3,8	8,0	5,8
SPLIT (AISHI 16 SEER INVERTER)	2	2815,3	3110,0	5,63	5,01	220	14,88		0,85	3,81	8,0	5,83
Equipos y medios de computación, telefónicos y comunicaciones	29	10559	2462			220,00	58,9		0,84	21,3	45,0	36,2
Server HP Proliant "L"	4	1870,0	500,0	7,48	6,86	220	19,05		0,85	5,08	10,7	7,83
Server HP Proliant "Desktop"	2	1689,9	725,0	3,37	3,00	220	8,90		0,85	1,99	4,2	3,49
Server Blade	5	1701,7	300,0	8,51	7,57	220	9,10		0,85	5,04	10,6	3,91
PC HP	7	721,6	160,0	5,05	4,50	220	4,00		0,82	3,42	7,2	5,48
Modem Router Linker	2	1034,9	170,0	2,07	1,84	220	5,60		0,84	1,22	2,6	2,19
Switch Linker	4	702,7	22,3	2,88	2,57	220	3,90		0,84	1,71	3,6	3,05
Switch Amdia	2	876,5	165,0	1,75	1,56	220	4,80		0,83	1,94	2,2	1,88
Switch H3C F175	1	786,9	100,0	0,77	0,88	220	4,20		0,83	0,45	1,0	1,82
Camera SAN HP Storage/Arts	2	1182,7	300,0	2,37	2,11	220	6,40		0,84	1,40	3,0	2,51
Alumbrado interior	4	40,0	18	0,2	0,1	120,00	0,15		0,92	0,1	0,3	0,2
Lamparas Led 18 W	4	40,0	18,0	0,16	0,142	120	0,15		0,92	0,08	0,35	1,15
<b>Total</b>	<b>35,0</b>	<b>10558,9</b>	<b>5590,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>					<b>25,23</b>	<b>53,4</b>	<b>42,1</b>

## ANEXO 3: TABLA DE MAPA DE VARIABLES.

Tabla 8: Mapa de variables para la comunicación del SCADA EROS –XD.

Títulos admisibles	Descripción
Nombre	Etiqueta de la variable. Debe comenzar por una letra y puede ser una combinación de letras números y guión bajo. No se permiten otros caracteres.
Descripcion	Descripción de la variable. Una cadena con formato libre.
Tipo	Entero que refleja si la variable es analógica, discreta, de texto de tiempo. Es un entero que va de 0 a 3 con la siguiente codificación:  0 = Variable Analogica  1 = Variable Discreta  2 = Variable de Texto  3 = Variable de Tiempo.
Frec	Periodo de medición de la variable en milisegundos
Direccion	Dirección de la variable en el dispositivo. Para dispositivos Modbus recomendamos usar las cadenas “0xN”, “1xN”, “3xN” y “4xN” que representan las direcciones de las bobinas, las entradas discretas, las entradas de 16 bits de solo lectura y los registros Holding de 16 bits. Por ejemplo la dirección del registro holding 34 sería la cadena “4x34”. Nota: Las comillas no deben aparecer en la dirección.
TipoPunto	El tipo del punto de medición en el dispositivo. Indica como se almacena el dato en el dispositivo (que no tiene que

	<p>coincidir con el tipo en el SCADA). Es un valor entero que codifica los diferentes tipos con la siguiente codificación:</p> <p>0 = BOOL  1 = SINT  2 = USINT,  3 = INT,  4 = UINT,  5 = DINT,  6 = UDINT,  7 = LINT,  8 = BCD4,  9 = BCD8,  10 = REAL,  11 = LREAL,  12 = TIMEOFDAY,  13 = TIME,  14 = DATE,  15 = DATEANDTIME,  16 = STRING,  17 = WSTRING</p>
PosBit	Indica la posición del primer bit en la palabra de lectura del dispositivo (Tiene sentido solo si Mascara > 0).
Mascara	Indica si el valor para lectura en el dispositivo es un conjunto de bits en la palabra o la palabra completa. Si Mascara = 0 el valor se obtiene o se establece en la palabra completa, en caso contrario este atributo indica la

	cantidad de bits que se toman de la palabra.
Unidad	Propiedad que especifica la unidad de Medida de la variable.
Representacion	Regula la forma en que se visualiza el valor de la variable en los mímicos. Si es una variable analógica puede ser un número que regula los puntos decimales usados en la representación del valor. Si es una variable discreta se pueden enumerar los textos que representan cada estado de la variable discreta separados por el slash. Por ejemplo:  Encendido/Apagado.
MaxNormal	Especifica el mayor valor que normalmente puede alcanzar la variable.
MinNormal	Especifica el menor valor que normalmente puede alcanzar la variable.
Linealizacion	Indica como se linealiza la variable. La codificación de este parámetro es la siguiente:  0 = No se linealiza la variable, 1 = El valor del dispositivo se multiplica por 100, 2 = El valor del dispositivo se multiplica por 10, 3 = El valor del dispositivo se multiplica por 0.1, 4 = El valor del dispositivo se multiplica por 0.01, 5 = El valor del dispositivo se multiplica por 0.001,  Si se requiere otro tipo de linealización debe hacerse en la configuración del SCADA.
Escalonada	Especifica si la reproducción en gráficos de tendencia de

	los históricos se hace escalonada (1) o interpolada (0).
Invertida	Esta propiedad especifica si el valor de la variable está invertido (1) o no (0).
Pulsada	Indica si la variable es de pulso (1) o no (0)
DuracionPulso	Indica la duración del pulso en ms.

Fuente: Dr. Rafael Trujillo Codorníu.

No necesariamente tienen que aparecer todos estos atributos en la tabla. Si el encabezamiento de una columna no coincide con algunos de los encabezamientos descritos se ignorará el contenido de la columna.

**ANEXO 4: RELÉ PARA CONEXIÓN DEL SPLIT EN EL CONTROL DE LA TEMPERATURA.**

