

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica

Tesis

**Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero HNOS S. A. C. de Huancayo, Junín
2021**

Eben Rosell Cajahuanca Quijada
Jair Miguel Montiveros Rojas

Para optar el Título Profesional
de Ingeniero Electrónico

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DEDICATORIA

A mis padres y familiares, quienes me apoyaron desinteresadamente para lograr estos objetivos profesionales planteados.

Eben Rosell

A mi familia, principalmente a mis padres, quienes me brindan su apoyo incondicional, siempre.

Jair Miguel

AGRADECIMIENTOS

A nuestros docentes de la E. A. P de Ingeniería Electrónica, así como también a los asesores que contribuyeron en gran medida al desarrollo de esta tesis, personas de gran conocimiento que se esforzaron al igual que nosotros para llegar hasta estas instancias.

A nuestros padres, familiares y amistades quienes contribuyeron en cierta medida con su apoyo, el resultado de esta tesis nos llena de satisfacción y motivación para seguir logrando futuros objetivos profesionales que contribuyan con nuestra sociedad y con el país.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	xii
CAPÍTULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	13
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Problemas específicos	16
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificación	17
1.3.1. Técnica.....	17
1.3.2. Económica.....	17
1.3.3. Teórica	18
1.3.4. Ambiental	18
1.4. Importancia	18
1.5. Limitaciones	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del problema.....	20
2.1.1. Artículos científicos.....	20
2.1.2. Tesis.....	27
2.2. Bases teóricas	30
2.2.1. Telemetría	30
2.2.2. Electrónica de control	31

2.2.3. Módulo GSM	33
2.2.4. Microcontrolador	34
2.2.5. Sensor magnético.....	34
2.2.6. Sensor de movimiento.....	35
2.2.7. Sensor de temperatura.....	35
2.2.8. Actuadores	36
2.3. Definición de términos básicos	37
CAPÍTULO III.....	39
METODOLOGÍA	39
3.1. Metodología	39
3.1.1. Evaluación técnica.....	39
3.1.2. Tipo de investigación.....	39
3.1.3. Método de investigación.....	40
3.1.4. Diseño de investigación.....	40
3.1.5. Operacionalización de variables.....	41
3.1.6. Evaluación de alternativas de solución.....	42
3.1.7. Diseño de alternativas (Ingeniería).....	43
3.1.8. Simulación de alternativas y matriz de resultados de las soluciones ..	44
3.1.9. Análisis estadístico de soluciones	49
3.1.10. Selección de la mejor solución	53
3.1.11. Evaluación técnica (Cumplimiento de las normativas en el sector)...	55
3.1.12. Cumplimiento de objetivos generales y específicos	57
3.1.13. Especificaciones técnicas de la mejor solución.....	58
3.1.14. Discusión de resultados	65
CAPÍTULO IV.....	69
CONSTRUCCIÓN	69
4.1. Proceso de construcción	69
4.1.1. Planeación.....	69
4.1.2. Concepción	69
4.1.3. Proyecto	70
4.1.4. Desarrollo	70
4.1.5. Implementación de circuito.....	77

4.1.6. Pruebas	78
4.2. Presentación de resultados.....	81
Conclusiones.....	83
Trabajos futuros	84
Lista de referencias.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo y nivel de investigación.....	39
Tabla 2. Matriz de diseño factorial completo	40
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	41
Tabla 4. Factores de la variable independiente.....	42
Tabla 5. Matriz de soluciones.....	43
Tabla 6. Matriz de tratamientos.....	43
Tabla 7. Matriz de soluciones con réplicas.....	48
Tabla 8. Matriz de soluciones con réplicas adaptada para Minitab	49
Tabla 9. Análisis de varianza.....	50
Tabla 10. Ecuación de regresión en unidades no codificadas.....	54
Tabla 11. Configuración	54
Tabla 12. Estándares nacionales de calidad ambiental	56
Tabla 13. Cumplimiento de objetivos	57
Tabla 14. Discusión de resultados de antecedentes (artículos)	65
Tabla 15. Discusión de resultados de antecedentes (tesis)	67
Tabla 16. Costo de materiales.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de un sistema de telemetría aplicada a un sistema de control de tránsito.....	31
Figura 2. Sistema de control.....	31
Figura 3. Redes de comunicación para monitoreo y control en líneas de distribución de energía.	33
Figura 4. Módulos GSM.	33
Figura 5. Microcontrolador PIC18F2550.	34
Figura 6. Sensor de movimiento PIR-8.	35
Figura 7. Sensores de temperatura.....	36
Figura 8. Actuadores varios.....	37
Figura 9. Proceso del método VDI2222	40
Figura 10. Diagrama de caja negra	40
Figura 11. Diagrama de caja blanca.....	41
Figura 12. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A1B1C1	44
Figura 13. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A1B1C2	45
Figura 14. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A1B2C1	45
Figura 15. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A1B2C2	46
Figura 16. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B1C1	46
Figura 17. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B1C2	47
Figura 18. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B2C1	47
Figura 19. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B2C2	48
Figura 20. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados	49

Figura 21. Residuos para eficiencia (s)	50
Figura 22. Gráfica de efectos principales para eficiencia (s)	51
Figura 23. Gráfica de interacción para eficiencia (s)	51
Figura 24. Gráfica normal de los efectos estandarizados	52
Figura 25. Gráfica de cubos	53
Figura 26. Gráfica de optimización de la mejor solución	54
Figura 27 Módulo GSM Sim900.	59
Figura 28. PinOut PIC18F2550.	61
Figura 29. Sensor MLX90614.....	62
Figura 30. Sensor magnético MC-38.....	63
Figura 31. Sensor de movimiento Opalux.	64
Figura 32. Relé de contacto Q4100F.	65
Figura 33. Diagrama de bloques del sistema de monitoreo y control.....	72
Figura 34. Conexión entre Sim900 y módulo TTL.....	73
Figura 35. Opciones de configuración en Tera Term	73
Figura 36. Comandos que indican comunicación exitosa con Sim900.....	74
Figura 37. Diagrama eléctrico final del sistema de control y monitoreo	75
Figura 38. Diseño de PCB en Altium Designer.....	75
Figura 39. Implementación de componentes en tarjeta electrónica	77
Figura 40. Soldado de compones en PCB	78
Figura 41. Tarjeta electrónica final en base de gabinete metálico.....	78
Figura 42. SMS de encendido y apagado de antena microondas	79
Figura 43. SMS de encendido y apagado de cerco eléctrico	79
Figura 44. SMS de alerta de apertura de gabinete.....	79
Figura 45. SMS para lectura de temperatura	80
Figura 46. SMS de alerta de movimiento	80
Figura 47. SMS de alerta de energía eléctrica	81
Figura 48. Sistema final implementado en el gabinete de la antena microondas.	81

RESUMEN

La tesis de investigación tiene como objetivo principal diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C., ya que surgió a partir de una necesidad auténtica de controlar y monitorizar equipos de la empresa en periodos cortos de tiempo, todo esto ocasionado por factores externos, ambientales, entre otros y que en muchas ocasiones provocaba dificultades tanto a la empresa como a los usuarios. Por lo tanto, se planteó elaborar un sistema que solucione puntualmente dichas necesidades, además, de implementar adicionalmente un sistema de seguridad para los equipos que utilizan las antenas microondas de la empresa, para lo cual se tomó de referencia a artículos y trabajos de investigación relacionados con la automatización remota utilizando la tecnología GSM. El presente trabajo de investigación es del tipo tecnológico, utiliza el nivel de investigación aplicada, de esta manera se toma el diseño factorial 2^3 , usando la metodología VDI 2222 siendo la ideal para este trabajo. Así mismo, se usó el software Isis Proteus para la simulación de los componentes electrónicos, el software MikroC para el desarrollo de la programación microcontrolador, Altium Designer para el desarrollo de la tarjeta PCB, donde están soldados los componentes electrónicos y finalmente el programa Minitab para el procesamiento estadístico de todos los datos estadísticos. De esta forma los resultados obtenidos muestran que se puede controlar y monitorizar el sistema por medio del módulo GSM en lapsos de tiempo menores al minuto, lo cual soluciona en gran medida las dificultades y necesidades de la empresa.

Palabras claves: actuadores, control, eficiencia, microcontrolador, monitoreo, sensor de temperatura

ABSTRACT

The main objective of the research thesis is to design and implement a monitoring, and control system with GSM modules for microwave antennas in the company Soto Guerrero Hnos. S. A. C. since this arose from an authentic need to control and monitor the company's equipment in short periods of time, all this caused by external factors, environmental among others, which often caused difficulties for the company and its users. Therefore, it was proposed to develop a system that would provide timely solutions to these needs in addition to implementing a security system for equipment using the company's microwave antennas, for which reference was taken from articles and research papers related to remote automation using GSM technology. The present research work of the technological type uses the level of applied research, in this way the 23 factorial design is taken, using the VDI 2222 methodology being the ideal one for this work. The ISIS PROTEUS software was used for the simulation of the electronic components, the MikroC software for the development of the microcontroller programming, as well as the Altium software for the development of the PCB board where the electronic components are soldered, and finally the Minitab program for the statistical processing of all the statistical data. In this way, the results obtained show that the system can be controlled and monitored by means of the GSM module in time lapses of less than a minute, which solves largely the difficulties and needs of the company.

Keywords: actuators, control, efficiency, microcontroller, monitoring, temperature sensor

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis "*Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. de Huancayo, Junín 2021*", está estructurado en cuatro capítulos.

En el capítulo I se presentan, el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación, importancia y limitaciones para la incógnita: ¿Cómo diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas?, el objetivo principal es diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. Esto con la finalidad de solucionar los principales problemas de la empresa, que son los daños, desperfectos y pérdidas de antenas microondas.

En el capítulo II se describen los antecedentes internacionales y nacionales de sustenten el estudio, para ello se tomaron en cuenta artículos científicos e investigaciones semejantes, además, se desarrollan las bases teóricas del sistema de control y monitoreo con módulos GSM, descripción de cada uno de los componentes y dispositivos que se incluyen en el sistema.

En el capítulo III se muestra la metodología a emplear, tipo de la investigación, método, diseño, evaluación de alternativas de solución e instrumentos de recolección y procesamiento de datos.

En el capítulo IV se presentan resultados y el análisis de estos, basados en la eficiencia y la obtención de los resultados de la implementación en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C.

Finalmente, se establecen las conclusiones y trabajos futuros.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Controlar sistemas a distancia en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. es una necesidad, ya que las antenas microondas que brindan el servicio de internet se encuentran ubicadas a gran altura o en las zonas periféricas de la ciudad. Esto demora en gran medida el traslado del personal de la empresa hacia estos puntos cuando se necesita reiniciar, apagar, monitorizar y controlar los equipos que brinda el servicio de internet. Además, en ciertos meses se tiene en la región central intensas lluvias y descargas eléctricas, que en ocasiones dañan los equipos de comunicación cuando están encendidos, aun cuando estos cuentan con protecciones de pozos a tierra o pararrayos en algunos casos, esto por el rango de alcance que tiene la descarga atmosférica, lo cual ocasiona que en varios sectores de la ciudad se corten las señales de internet que a su vez genera un problema para la empresa y a los usuarios que cuentan con el servicio, ya que solucionar estos problemas demanda un tiempo.

Por otro lado, en los últimos años la delincuencia y la inseguridad ciudadana ha tenido un incremento significativo en el país, así como en la zona central a comparación de otros años; esto afecta no solo a los ciudadanos en particular, sino también a las empresas, en este caso los equipos con los que la empresa brinda los servicios de internet tienen un costo relativamente alto. Así

también esto afecta directamente a los usuarios que dependen de este servicio, ya que en ocasiones toma tiempo corregir estos problemas o restablecer algunos equipos iniciales.

De igual forma, dentro de los problemas que se quiere resolver están los daños causados por fenómenos electrostáticos cuando el equipo está encendido, las descargas eléctricas ocasionan la presencia de campos electrostáticos y el movimiento de cargas estáticas pueden producir distintos tipos de fallos, que reciben las designaciones siguientes: se consideran como fallos directos (*hard failures*) aquellos de tipo catastrófico, debido a zonas fundidas o recalentadas; los fallos indirectos (*soft failures*) consisten en el disparo de dispositivos sensibles a flancos, como consecuencia del flanco de la descarga. Los fallos más frecuentes (hasta de un 90 % de los casos) son los denominados fallos potenciales o latentes, consistentes en la perforación de dieléctrico, fracturas superficiales. aleación de aluminio de una conexión con una resistencia difundida en oblea semiconductora, etc., estos fallos suelen asociarse a descargas de nivel insuficiente para provocar destrucción, y pueden hacer que algún parámetro del componente quede fuera del margen especificado, o llevar a cambios importantes en su valor, o a que el componente sea proclive a una degradación notable, o simplemente si se le somete a una nueva descarga electrostática (1).

Por lo tanto, el sistema GSM comprende de hasta 160 caracteres de mensajes cortos SMS de tipo alfanuméricos y toda una variedad de servicios complementarios, como lo son: ocultación de la propia identidad, desvío hacia cualquier otro número de la red móvil o de la red fija, identificación de la línea llamante, restricción y retención de llamadas, indicaciones de llamadas en espera multiconferencia, etc. Por lo tanto, el espectro es utilizado de forma mucho más eficiente que los sistemas analógicos, con dispositivos más pequeños, y otorga un menor consumo de energía. El objetivo del GSM fue de hacer un nuevo modelo para comunicaciones móviles en el rango de los 900 MHz y en la actualidad se cuenta con otros rangos más dentro de la banda de trabajo en el espectro electromagnético (2).

Los servicios de telefonía GSM se pueden catalogar de manera extensa en tres clases: servicio de portador, servicios suplementarios y teleservicios. Es posible que el servicio más básico siendo este el teleservicio que provee GSM es el de telefonía. En el servicio GSM, se codifican digitalmente las señales de voz y posteriormente se transmiten mediante la red siendo corriente de datos digitales. La función ideal de GSM con la cual no cuentan otros sistemas analógicos es el servicio de mensajería corta (SMS, de *Short Message Service*), la cual es bidireccional y sirve para enviar mensajes alfanuméricos de 160 bytes. Los mensajes SMS son acarreados por el sistema en manera de almacenamiento y envío. Del mismo modo se puede usar como radioemisión celular, para el envío de mensajes múltiples, también se ofrece en GSM múltiples servicios adicionales, como las notificaciones e impedimentos de llamadas(3).

De acuerdo con la tesis efectuada por Urgiles y Calle *“Monitoreo y control mediante mensajes de texto (GSM) para un sistema de automatización de propagación vegetativa de plantas de ornato”* (1). Se plantea como objetivo diseñar e implementar un sistema de automatización para mejorar la propagación de plantas ornamentales, que además se pueda controlar y monitorear mediante mensajes de texto GSM (SMS); de esta tesis se toma el ejemplo del control y monitoreo de un invernadero, en este caso, plantas ornamentales mediante mensajes de texto vía GSM con la finalidad de mejorar la producción del invernadero (1). Además, en la tesis de Méndez y Campos *“Desarrollo del prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa familia Castro y Baca S. A. C.”* (2), se menciona como objetivo configurar e implementar un prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa FC&B S. A. C. de esta tesis se toma como ejemplo la implementación de la red de comunicación entre los elementos que integran el sistema y la ejecución de ciertas tareas que el sistema realizará a petición del usuario (2). Finalmente, en la tesis de Bedoya et al. *“Control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS”* (3), se menciona como objetivo implementar un sistema de control y monitoreo para la seguridad vehicular

mediante redes GSM/GPRS, de esta tesis se obtiene como ejemplo la selección de los protocolos de comunicación que permitan un canal bidireccional de información de los diferentes dispositivos vinculados a la red GSM/GPRS (3).

Esta investigación busca automatizar el control y monitorización de las antenas microondas de la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. que brindan el servicio de internet mediante módulos GSM, mensajes de texto o llamadas, esto con el fin de controlar el encendido o apagado de las antenas remotamente con el fin de reducir el tiempo de traslado a estas, así como el daño producido por descargas eléctricas cuando estén encendidas, a la vez monitorizar los equipos cuando son forzados, retirados o si la caja de alimentación de estas antenas son abiertas por personas que no pertenecen a la empresa, utilizando sensores para detectar la presencia y los problemas que pueden afectar el desempeño normal de las antenas.

1.1.1. Problema general

- ¿Cómo diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Se podrá controlar el equipo de energía que alimenta a la antena microondas mediante módulo GSM?
- ¿Se podrá mejorar el servicio de radio frecuencia de las antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. mediante este sistema?
- ¿Será posible implementar sensores en el sistema para fines de seguridad de las antenas y demás dispositivos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C.

1.2.2. Objetivos específicos

- Controlar el equipo de energía que alimenta a la antena microondas mediante módulo GSM.
- Mejorar el servicio de radio frecuencia de las antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. mediante este sistema.
- Implementar sensores en el sistema para fines de seguridad de las antenas y demás dispositivos.

1.3. Justificación

1.3.1. Técnica

Este trabajo de investigación busca solucionar los principales problemas de la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. que son los daños, desperfectos y pérdidas de sus antenas microondas y componentes de las mismas; para ello se plantea realizar un sistema con módulos GSM; lo que permitirá que todo el control y monitoreo se realice a través de un móvil o celular utilizando la red GSM de una empresa cualquiera que brinde servicios de telefonía móvil en la región, usando mensajes de texto, ya que suelen ser más confiables y rápidas, lo que permitirá en lo posible solucionar los problemas que tiene la empresa.

1.3.2. Económica

Este trabajo de investigación tiene un costo de implementación accesible a pequeñas empresas que quieran implementar un sistema de control y monitoreo mediante mensajes de texto, que a diferencia de otros

sistemas que existen en el mercado tienen un costo alto, ya que el proceso de monitoreo y control de un sistema incorpora varios dispositivos y sensores electrónicos dentro de su implementación.

1.3.3. Teórica

Dentro del campo de la automatización existen muchas herramientas que pueden manejar sistemas de control y monitoreo, ya sea el ejemplo de una planta, una vivienda, departamentos u otros campos de aplicación, este trabajo de investigación tiene como objetivo realizar el control y monitoreo de antenas microondas utilizando la red GSM de comunicación celular y unificar una serie de objetivos que requiere la empresa para disminuir sus pérdidas y daños en sus equipos de comunicación.

1.3.4. Ambiental

Este trabajo de investigación no afecta al medio ambiente, ya que al trabajar con los gabinetes que se utilizan en las torres de las antenas microondas, no se realizará ninguna modificación o impacto al medio ambiente.

1.4. Importancia

Este trabajo de investigación es importante porque permitirá evaluar nuevas alternativas de monitoreo y control, esto aplicado en lugares o condiciones donde no sea posible el uso de otros métodos, ya sea por el medio, el costo u otros aspectos; dentro de la región y localidad se toma por conveniente utilizar el sistema planteado, ya que existen aspectos dentro de la localidad y de la empresa que lo requiere. Además, con esta investigación se pretende que sirva de ejemplo o modelo para nuevas aplicaciones que no necesariamente sea parecidas o iguales al del problema que se tiene, esto con el fin de contribuir al conocimiento de la región y del país. Los resultados servirán como prueba de que el sistema de control y monitoreo, utilizando módulos GSM, es una alternativa más dentro de los problemas de automatización que requieren solución; ya que tal vez otros sistemas no puedan ser accesibles o tener un buen desempeño, esto por diversos aspectos.

El resultado de este trabajo de investigación ayudará a la empresa a innovar en telecomunicaciones, ya que disminuirán en gran medida los daños, pérdidas y desperfecto de sus equipos de telecomunicaciones, las antenas y sus componentes.

1.5. Limitaciones

Las limitaciones para este trabajo de investigación radican principalmente en la adquisición de los dispositivos electrónicos, esto a causa de que se tiene que pedir de importación o solicitarlos con tiempo desde la capital del país.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Artículos científicos

En el artículo *“Estudio y diseño de un sistema de detección de temperatura basado en un microcontrolador junto con una interfaz de sistema global para móviles (GSM) y un mecanismo de alarma para su uso en diferentes almacenes sensibles a la temperatura”* (4), el objetivo fue desarrollar un sistema de monitorización de la temperatura, que detecta dicho parámetro en un almacén. Si va más allá de un cierto punto crítico, alerta al usuario encendiendo el zumbador y enviando un texto de alerta al número de teléfono registrado para que el responsable pueda tomar las medidas necesarias de control de la temperatura. Utilizando el microcontrolador Atmega328p-pu basado en Arduino Uno, el sensor de temperatura LM35, el sensor de humedad DHT22, el módulo GSM - SIM900, los relés SPDT y el zumbador 5V se ha desarrollado el sistema de detección y control de la temperatura. Se realizaron varias pruebas estableciendo la temperatura máxima permitida (como 30 °C, 40 °C, 50 °C, etc.). Cuando la temperatura aumentaba artificialmente, se mostraba la temperatura indicada, se activaba la alarma y se enviaba con éxito un SMS al personal afectado (cuyos números de móvil están grabados en la memoria del

programa) para informarle del aumento de la temperatura. Se obtuvo como resultado, un sistema que controlará la temperatura en los almacenes y enviará un mensaje a la persona interesada cuando la temperatura supere el nivel máximo de almacenamiento. Se ha intentado construir un sistema eficiente de monitorización y control de la temperatura con una placa Arduino basada en un microcontrolador. Utilizando el microcontrolador Atmega328p-ppu basado en Arduino Uno, el sensor de temperatura LM35, el sensor de humedad DHT22, el módulo GSM - SIM900, los relés SPDT y el zumbador 5V, se ha desarrollado el sistema de detección y control del parámetro temperatura. Durante el trabajo del proyecto, la salida se verificó mediante el establecimiento de la temperatura en diferentes niveles. Cuando la temperatura se incrementaba artificialmente, se mostraba la temperatura indicada, se activaba la alarma y se enviaba con éxito un SMS al personal afectado para alertarlo. Sin embargo, todavía hay espacio para el desarrollo futuro que mejoraría el rendimiento del sistema para ser utilizado en el aspecto comercial si se encuentra necesario (4).

En el artículo *“Diseño e implementación de un sistema de monitorización a distancia del nivel de pH en las redes de agua potable de Bagdad”* (5), se determina como objetivo a seguir un sistema eficaz, robusto, de bajo coste y en tiempo real para medir el nivel de pH, el sistema propuesto consta de sensores de pH distribuidos, que toman automáticamente muestras de agua del grifo, el sensor de pH y envían la información medida al microcontrolador Arduino para ser procesada y luego envían mensajes periódicos sobre el estado del nivel de pH al centro de autorización a través del módulo GSM. Finalmente, el teléfono móvil del centro de mantenimiento recibe información sobre el nivel de pH y toma la acción correcta cuando el nivel de pH está en el nivel de riesgo; ácido (por debajo de 6,5) o alcalino (por encima de 8,5). Por lo tanto, en este artículo se obtuvo como resultado, que el prototipo de sistema propuesto logró medir exitosamente el pH del agua de grifo en lugares centrales y lateral de la ciudad de Bagdad, la información se envió periódicamente al centro de mantenimiento a través del

módulo GSM con SMS, para posteriormente analizar el nivel de pH obtenido en los distintos lugares de análisis, ya que en la mayoría de estos se obtuvo un pH de aproximadamente 9, por lo tanto, el centro de control de agua potable de Bagdad debe tratar la calidad alta de alcalinidad del agua potable y convertirla en agua neutra (5).

En el artículo *“Gestión de la demanda mediante un contador de energía inteligente con tecnología GSM”* (6), se plantea como objetivo desarrollar un sistema en tiempo real, utilizando la placa de desarrollo Arduino uno, el medidor de energía y el módulo GSM en la cual el consumidor reduzca la carga y sea informado permanentemente mediante SMS por el módulo GSM, o de algún tipo de violación dentro del contrato de suministro de energía del control de carga directa (DCL). En tal sentido, se obtuvo como resultado que, los consumidores reciben información sobre el uso de la energía y las sanciones a través de una red de servicios basada en GSM. Por lo tanto, este esquema es un "enfoque impulsado por el consumidor de energía" a diferencia de otros métodos que solo se controlan en el extremo de la utilidad. El rendimiento del marco completo se ha probado en diferentes condiciones de carga y en diferentes fases del algoritmo. La simplicidad y la rentabilidad del esquema propuesto hacen que sea el más adecuado para implementar aplicaciones a gran escala para consumidores comerciales e industriales (6).

En el artículo *“Implementación de la comunicación de datos sobre inundaciones basada en GSM en el sistema de información sobre la ubicación de las inundaciones”* (7), la investigación está destinada a crear un sistema de información sobre la localización de las inundaciones que implementa un sistema de comunicación GSM. El programa de desarrollo del sistema de información se desarrolló debido a los programas gubernamentales que prestan atención a las agencias gubernamentales y privadas para poder desarrollar una investigación centrada en el desarrollo de sistemas de mitigación de desastres con el fin de minimizar las futuras

víctimas de desastres. Y se obtuvo como resultado, el sistema de información de localización de inundaciones que utiliza la comunicación GSM ha sido probado con éxito enviando los datos de la altura de la inundación desde el sistema detector de inundaciones al sistema de información de localización de inundaciones a través de GSM, utilizando los servicios de SMS para que los usuarios puedan ver los cambios en la altura de la inundación, basados en la ubicación a través del sistema de información de localización de inundaciones, basado en la web de forma remota. A partir de las pruebas de los dos prototipos producidos, esto puede proporcionar beneficios a las agencias gubernamentales que tienen áreas de mitigación de desastres de inundación en la anticipación de las víctimas de las inundaciones en las zonas propensas a este fenómeno. El sistema que se ha construido está limitado al ser capaz de enviar datos, siempre y cuando la cuota de SMS esté disponible, el nivel de inundación no es mayor que la construcción de un sistema de detección de inundaciones y en el momento de los recursos del experimento utilizar un banco de energía o batería. En cuanto a la investigación futura, es necesario desarrollar un detector de inundación más alto, utilizando la tecnología de Internet de las cosas (IoT) que se acompaña de recursos utilizando células solares (7).

En el artículo *“Ciudades y edificios inteligentes: sistema de facturación de contadores eléctricos inteligentes basado en GSM”* (8), se busca como objetivo crear un sistema de facturación de contadores de energía inteligentes seguro, automatizado y de bajo costo. Se espera que los resultados de este estudio ayuden a reducir el desperdicio de energía mediante el uso de un sistema de facturación de contadores de energía inteligentes basado en GSM, utilizando Arduino a través del comando AT de un microcontrolador. A partir de ello se obtuvo como resultado, implementar una red de lectura mecánica de contadores a distancia y facturación directa basada en GSM. El contador diseñado puede enviar un mensaje al cliente a una hora predeterminada y también el informe se muestra en la pantalla LCD digital. La potente factura envía un mensaje al móvil del usuario por un

periodo exacto. El sistema propuesto es un dispositivo más pequeño, más barato y rápido en lugar de un dispositivo de solicitud de contador de energía ofrecido. Es relativamente económico y sencillo de utilizar y al mismo tiempo fiable y barato. Sin embargo, si la pantalla digital puede omitir del dispositivo, entonces el consumo de la instalación aún como el valor, cada uno se reduce y depende de las necesidades del usuario. Si los usuarios no necesitan visualizar el consumo de energía del dispositivo para reducir los precios, va a ser factor para colocar el dispositivo sin una pantalla LCD. Además, haciendo varios cambios, será el potencial para gestionar el sistema de medidor de energía completa por el módulo Wi-Fi y el módulo Bluetooth. Se puede determinar que el sistema de medidor de energía tiene alcance adicional para cualquier análisis y pronto desarrollo (8).

En el artículo *“Desarrollo de un sistema embebido basado en Arduino para la detección de gases tóxicos en el aire”* (9), se presenta como objetivo desarrollar el hardware y el software del sistema de información y medición basado en la plataforma barata Arduino que detecta los gases y vapores tóxicos en el aire, y cuando supera su concentración máxima permitida, notifica la señal sonora, la indicación luminosa y la salida del mensaje de alerta: Para lo cual se obtuvo como resultado que el sistema desarrollado monitoriza en tiempo real la concentración de gases y vapores tóxicos en el aire. En ausencia de gases tóxicos o de su concentración permitida, el sistema se encuentra en el modo de funcionamiento normal de monitorización, como lo demuestra el brillo del LED verde. Cuando se supera la tasa máxima permitida de gases tóxicos, el sistema pasa al modo de alarma. En el modo de alarma, el sistema enciende el zumbador, ilumina el diodo de luz roja, muestra un mensaje de alarma en el módulo LCD y en el monitor del puerto serie, también envía SMS sobre la superación de la concentración permisible de gas al número especificado de dispositivo móvil a través del módulo GSM (9).

En el artículo *“Medidor digital basado en un microcontrolador con sistema de alerta mediante GSM”* (10), se presenta como objetivo utilizar la técnica de domótica en el medidor digital para controlar la temperatura y la humedad de la vivienda, incluyendo el sistema de alerta de incendios, puesto que estos siniestros son los accidentes que se producen con mayor frecuencia, cuyas causas son las más diversas y que requieren métodos y técnicas de intervención adaptados a las condiciones y necesidades de cada incidente. En tal caso, la temperatura y la humedad son los parámetros que hay que controlar dentro del hogar. En verano, la temperatura aumenta, mientras que, en invierno, el nivel de humedad aumenta. Ambos causan molestias y pueden causar algunos problemas de salud. Esto hace que sea necesario controlar ambos parámetros cuando sus respectivos niveles aumentan. Esto puede hacerse midiendo los parámetros, utilizando sensores como el LM35 para la temperatura y el DHT11 para la humedad. Estos sensores están interconectados con los microcontroladores. En este trabajo, la idea propuesta incluye la medición de la temperatura y el nivel de humedad, utilizando sensores interconectados con el microcontrolador PIC y se muestran a través de pantallas LCD. Este medidor también controla el ventilador mecánico que enfría la habitación cuando el límite de temperatura supera el valor normal. Además, se enviará un SMS de alerta mediante un módulo GSM a las personas de la casa y a los bomberos, que les avisa para que luchen contra el fuego antes de que todo se queme. El control automático de la humedad, utilizando un deshumidificador con relé se proporciona como una idea propuesta. La respuesta rápida a los accidentes de incendio y el control automático de los ventiladores se puede lograr con este medidor digital. Por lo anteriormente expuesto, se obtuvo como resultado que, se demuestra claramente que el medidor digital basado en un microcontrolador junto con el sistema de alerta puede implementarse como un producto de bajo coste y es posible utilizarlo en todos los hogares. Pueden ser útiles para mantener la temperatura y la humedad dentro de los límites. Estos medidores son de tamaño compacto y no necesitan mucho espacio. Se pueden pegar en la pared o se pueden colocar en la mesa. Son

más sencillos, rentables, consumen menos energía y se pueden fabricar de forma sencilla. El objetivo principal de esta investigación es desarrollar e implementar un medidor inalámbrico simple y de bajo coste para el hogar y la seguridad contra incendios que obtenga los detalles de la temperatura y la humedad de forma continua y los procese basándose en esos cálculos. GSM es la comunicación más extendida en todo el mundo y puede comunicarse desde cualquier zona remota, por lo que GSM es la mejor opción para comunicar la alerta de incendio. La idea de enviar la dirección de la casa a los bomberos reduce el tiempo de retraso en su llegada y puede asegurar la operación eficiente de controlar los accidentes de incendio (10).

En el artículo *“Diseño e implementación de detección y capacidad de reporte automático de manipulaciones para un contador de energía monofásico”* (11), se busca como objetivo reducir el robo de energía, ya que es una práctica común en todo el mundo y está haciendo mella en los ingresos de las empresas de servicios públicos. En Nigeria son habituales muchas formas de robo de energía. Entre ellas, destacan la rotura del precinto y la apertura de la tapa del contador, ya sea para puentear el contador en el terminal o para manipular el circuito del contador. Algunos de los contadores de prepago existentes en Nigeria no pueden detectar la manipulación cuando se produce y esto da la oportunidad a los consumidores de electricidad dudosos de manipular el contador para robar energía. Esta condición de manipulación o derivación puede permanecer durante mucho tiempo a la espera de que el autor sea sorprendido por los funcionarios de inspección de la empresa de servicios públicos. Otros contadores con capacidad de detección de manipulaciones, sin embargo, no disponen de la posibilidad de informar de la manipulación en tiempo real. Una vez más, la reactivación de los contadores manipulados se realiza únicamente a través del teclado con un código de la empresa de servicios públicos. Del mismo modo, los contadores existentes no pueden conectarse a distancia a la carga ni desconectarse de ella. Esto subraya la necesidad de encontrar una mejora en estos aspectos de los contadores de prepago.

En tal sentido se obtuvo como resultado que, el sistema automático de notificación de manipulaciones desarrollado, junto con la propuesta de detección de *bypass* y el sistema de conexión y desconexión remota de contadores de energía, es muy importante para las empresas de distribución de electricidad, ya que ayudará a frenar el robo de energía y la manipulación de contadores. En particular, cuenta con un sistema de alerta por SMS que se activa en el momento de la manipulación y el establecimiento de la derivación. Además, permitirá a las empresas de distribución llevar a cabo rápidamente la investigación de la infracción si el infractor se niega a informar. Una vez más, gracias al resultado de este trabajo, las empresas de distribución pueden conectar y desconectar eficazmente los contadores a distancia, según sea necesario. Por lo tanto, es muy pertinente que las partes interesadas en el subsector de la medición de la electricidad incorporen la tecnología en su tecnología de medición en Nigeria para maximizar el beneficio de la reducción de las infracciones de los contadores (11).

2.1.2. Tesis

En la tesis *“Implementación de un sistema de control y monitoreo a distancia en procesos de ensamblaje con robot industrial Kawasaki RS003 por medio de la red GSM en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de Mecánica”* (12), se plantea como objetivo implementar un sistema de control y monitoreo a distancia en proceso de ensamblaje con robot industrial Kawasaki RS003N por medio de la red GSM en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (12).

En la tesis *“Análisis e implementación de un sistema de geolocalización, monitoreo y control de vehículos automotrices basado en protocolos GPS/GSM/GPRS para la ciudad de Puno”* (13), se plantea implementar un sistema de geolocalización, monitoreo y control de vehículos automotrices basado en protocolos GPS/GSM/GPRS. Además, diseñar e implementar una red de comunicación para la transferencia de datos por la

red GPRS entre un servidor central y el dispositivo GPS. Y finalmente, diseñar e implementar una base de datos para el almacenamiento y procesamiento de datos obtenidos del GPS y la red GPRS (13).

En la tesis *“Sistema de localización monitoreo y control vehicular basado en los protocolos GPS/GSM/GPRS”* (14) se menciona que el equipo de rastreo utilizado captura las diferentes señales de los sensores del vehículo, que se envían a través de la red GSM/GPRS hacia los servidores para ser procesadas y luego almacenadas en una base de datos. Con la construcción de una plataforma web se posibilita a los usuarios en el monitoreo de dispositivos de rastreo GPS desde cualquier computadora personal o dispositivo móvil que tenga acceso a internet (14).

En la tesis *“Estudio y diseño de un radio enlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena Alfa y Omega, utilizando equipos Airmax de Ubiquiti”* (15), se menciona como objetivo demostrar que es posible levantar un radioenlace de comunicación a un costo relativamente económico, que permitirá compartir el servicio de internet e información útil para la localidad de la cooperativa indígena Alfa y Omega (15).

En la tesis *“Monitoreo y control mediante mensajes de texto (GSM) para un sistema de automatización de propagación vegetativa de plantas de ornato”* (1), se plantea como objetivo diseñar e implementar un sistema de automatización para mejorar la propagación de plantas ornamentales, que además se pueda controlar y monitorear mediante mensajes de texto GSM (SMS); de esta tesis se toma el ejemplo del control y monitoreo de un invernadero, en este caso plantas ornamentales mediante mensajes de texto vía GSM, con la finalidad de mejorar la producción del invernadero (1).

En la tesis *“Desarrollo del prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa familiar Castro y Baca*

S. A. C.” (2), se menciona como objetivo configurar e implementar un prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa FC&B S. A. C. de esta tesis se toma como ejemplo la implementación de la red de comunicación entre los elementos que integran el sistema y la ejecución de ciertas tareas que el sistema realizará a petición del usuario (2).

En la tesis “*Control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS*” (3), se menciona como objetivo implementar un sistema de control y monitoreo para la seguridad vehicular mediante redes GSM/GPRS, de esta tesis se obtiene como ejemplo la selección de los protocolos de comunicación que permitan un canal bidireccional de información de los diferentes dispositivos vinculados a la red GSM/GPRS (3).

En la tesis “*Diseño e implementación de un sistema domótico remoto vía GSM para el hotel San Miguel*” (16), se describe como objetivo general diseñar una aplicación domótica basada en la automatización de una habitación con microcontrolador y tecnología GSM que contribuya al ahorro de energía, recursos, y brinde un ambiente confortable. Se obtuvo como resultados, un nivel de satisfacción de los administrados de un 90 % y una reducción de pérdidas en los bienes de los huéspedes, así mismo, un ahorro de energía del 20 %, como se menciona en dicha tesis (16).

En la tesis “*Sistema de alarma remota por falta de energía eléctrica para 8 contenedores refrigerados mediante SMS y aplicativo Android*” (17), se plantea diseñar y construir un sistema de alarma remota por falta de energía eléctrica para 8 contenedores refrigerados mediante SMS y el uso de un aplicativo Android, se cubrirá la necesidad que tiene el mercado, de un adecuado sistema de alarma sin costo elevado. Con esto se logrará que todos los contenedores de la empresa Ransa se podrán monitorear de manera rápida (17).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Telemetría

Existen diversas magnitudes físicas que son medibles, algunas de ellas son: temperatura, presión, posición, velocidades relativas, aceleración entre distintos ejes y humedad. Para adquirir datos de las mencionadas magnitudes, es necesario hacer uso de un transductor o sensor. Los sistemas de telemetría que hacían uso de cable, fueron de los primeros en utilizarse, su uso se limita a cortas distancias o cuando era necesaria la fidelidad y velocidad en la transmisión. La exigencia para la unión de la magnitud medible y sistema de control mediante cable o varios puede ser una opción viable en principio, para ciertas aplicaciones, por ejemplo, monitorear la posición de un auto y transmitirla inmediatamente, no obstante, resulta sencillo realizar la medición con estabilidad ante la rotura de vidrios para una alarma (18).

Actualmente, los sistemas de telemetría tienen tendencia hacia una transmisión de tipo inalámbrica, por diferentes factores. En inicio, existen situaciones exclusivas por las que usar cables en la transmisión no resulta práctico, por ejemplo, realizar la medición para conocer la posición de un auto o avión mencionado anteriormente, por lo tanto, es evidente en este particular la necesidad de transmitir información, a través de ondas electromagnéticas. Además, con los avances tecnológicos actuales se ha logrado alcanzar excelente estabilidad y velocidad en la transferencia de datos inalámbricos y a bajo costo. Finalmente, con la ayuda de la implementación multiplataforma no resulta complicado desarrollar proyectos donde se pueda unir tecnologías como WI-FI, GPS o 3G para determinado objetivo y que sea posible el monitoreo desde un teléfono móvil u otro dispositivo de similar característica (18).

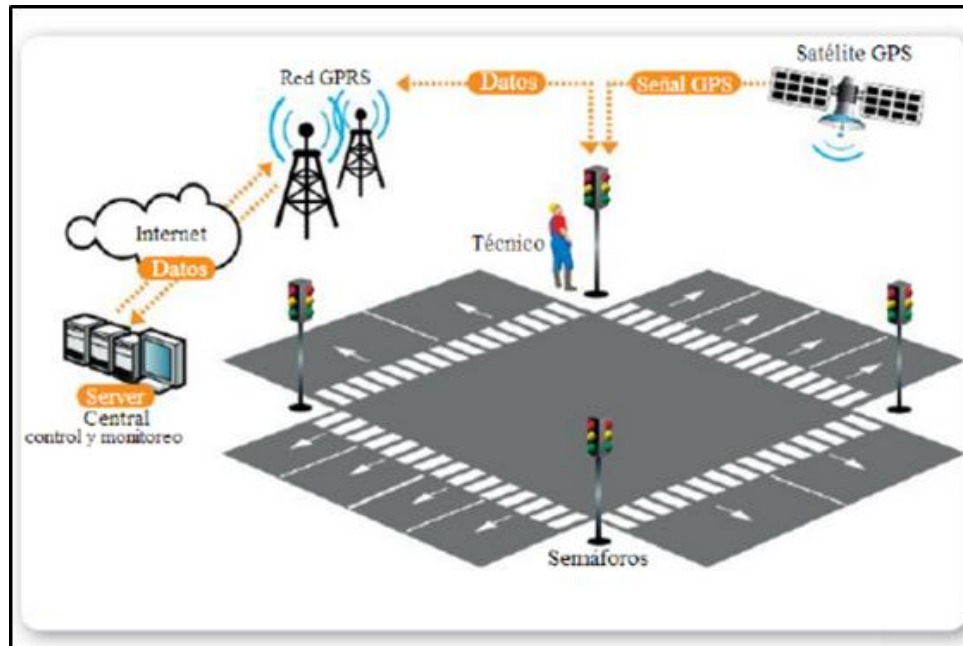


Figura 1. Diagrama de un sistema de telemetría aplicada a un sistema de control de tránsito. Tomada de Electrónica: plataformas Arduino y Raspberry Pi

2.2.2. Electrónica de control

El sistema de control se tiene como finalidad conseguir la salida esperada de un proceso o sistema. Un sistema habitual cuenta con una serie de entradas que se consiguen del propio sistema, y se elabora un sistema para que, a partir de las entradas se obtenga variaciones de parámetros en el sistema de planta, por tanto, los resultados de las señales anteriores regresaran a su estado habitual ante cualquier cambio o variación (19).

Un sistema de control básico se presenta en la siguiente figura:

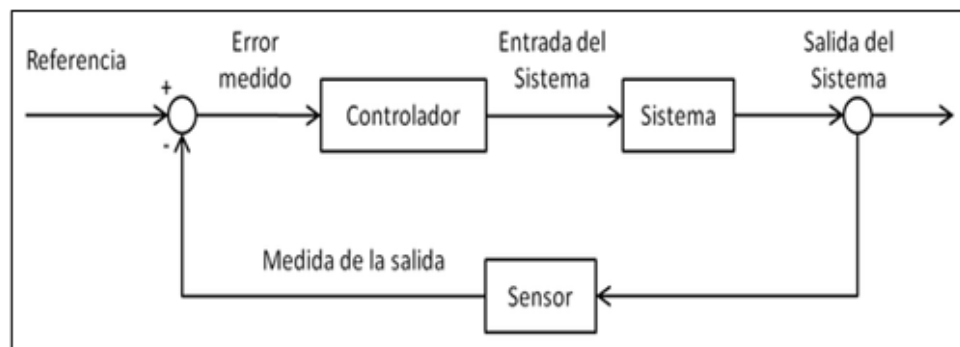


Figura 2. Sistema de control. Tomada de <https://www.isamex.org/intechmx/index.php>

Clasificación

Se presentan diferentes clasificaciones de los sistemas de control. Analizando su origen se presentan como analógicos, digitales o mixtos; analizando su estructura son de control clásico o moderno; analizando su esquema se plantea como lógica difusa, redes neuronales. Los ejemplos principales de un sistema de control de dos grupos más relevantes son (19):

Sistema de lazo abierto: sistema donde la salida no tiene repercusión sobre ninguna acción de control.

- Se identifica debido a que la información o la variable que registra el proceso transita en una única dirección, del sistema hacia el proceso.
- El sistema de control no recoge la validación de las acciones, en tal caso si se realizaron de manera correcta.

Ejemplo: idealicemos el proceso de encendido y apagado de una lámpara en los pasillos de un departamento. Cuando subimos por las escaleras y los pasillos se hallan a oscuras, encendemos las luces, estas se mantienen encendidas durante un lapso de tiempo y posteriormente se apagan inmediatamente durante el tiempo que requerimos. En este caso no existe ningún dispositivo que advierta al sistema si aún existe presencia de gente en el pasillo o si no lo hay. No existe una retroalimentación, debido a que no hay presencia de un dispositivo que recoja datos sobre la presencia de personas en el pasillo y, por lo tanto, ninguna información de retroalimentación al sistema. La información va en un solo sentido (19).

Sistema de lazo cerrado: sistema en el cual la salida realiza una consecuencia directa sobre la tarea de control.

Se describe por la existencia de una relación de retroalimentación que inicia en el proceso hacia el sistema de control mediante sensores.

El sistema de control recoge la validez de las acciones y corrobora si éstas ha sido ejecutadas de manera correcta (19).

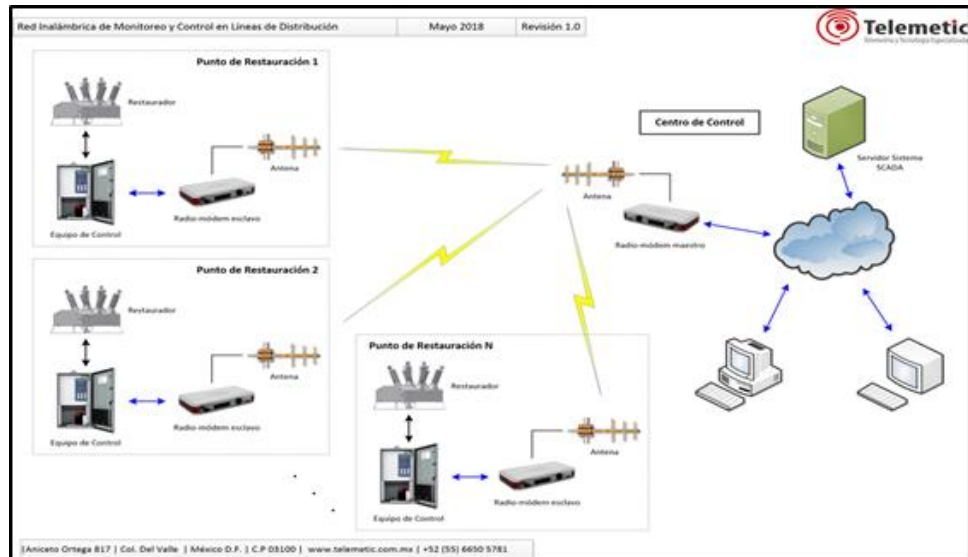


Figura 3. Redes de comunicación para monitoreo y control en líneas de distribución de energía. Tomada de <http://www.telemetric.com>

2.2.3. Módulo GSM

El módulo GSM recibe un mensaje de un número con algún texto o comando en específico, esto puede accionar dispositivos, recibir comandos o acciones que se activan mediante circuitos actuadores, enviar y mostrar datos recogidos por sensores de varias magnitudes físicas. Esto es menos costoso cuando se tiene números gratis con el servicio de red. También, puede ser usado para controlar circuitos a distancia y monitorizarlos; por ejemplo, para la activación de algún componente en el momento de una llamada o SMS (18).



Figura 4. Módulos GSM. Tomada de <https://n9.cl/vevqd>

2.2.4. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo complejo que tiene como función principal la ejecución de procesos lógicos. Dichos procesos deben cargarse al microcontrolador en lenguaje ensamblador, pero el usuario puede utilizar lenguajes de alto nivel y luego convertir el código a ensamblador para cargarlo.

Un microcontrolador no debe confundirse con un microprocesador. El primero, es un circuito integrado que incluye diversos periféricos como: memorias RAM, ROM o unidades de procesamiento, mientras que el segundo es un integrado que no incluye sus periféricos en un mismo encapsulado. Por lo mencionado anteriormente, un microcontrolador es mayormente usado en proyectos electrónicos (20).

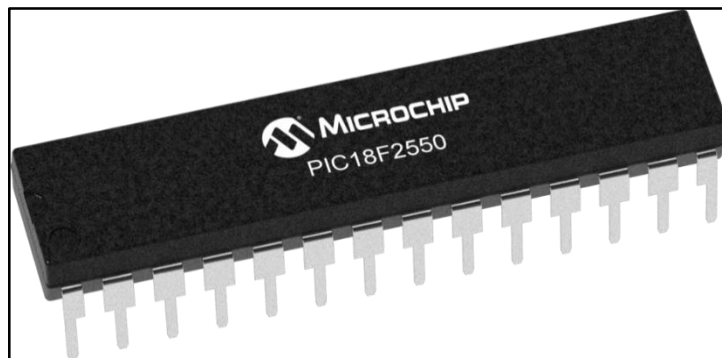


Figura 5. Microcontrolador PIC18F2550. Tomada de <http://www.telemetic.com>

2.2.5. Sensor magnético

El sensor magnético para la detección de una apertura o un cierre está compuesto de un imán y un interruptor magnético. Este sensor actúa como un contacto normalmente abierto cuando existe campo magnético. Cuando el mecanismo se apertura, cierra el circuito y se detecta el evento. El sensor está totalmente sellado en plástico, por ende, es resistente.

El sensor cuenta previamente con cables instalados para la conexión con otros sistemas, si es necesario se tendrá que unir con cables de mayor longitud. La instalación puede ser realizado mediante tornillos o cinta

adhesiva que viene incluida, se recomienda la primera opción si se desea una mejor sujeción (21).

2.2.6. Sensor de movimiento

El sensor de movimiento es un dispositivo capaz de detectar el movimiento en determinada zona por medio de un barrido a determinado ángulo. Actualmente, la captación del movimiento tiene gran variedad de tecnologías, existen los sensores pasivos (o de tipo PIR) y los activos (láser y ultrasónicos). Cada uno tiene un principio diferente, pero cumple la misma función. En el presente proyecto se utiliza el sensor PIR (*passive infra-red*), que percibe las variaciones en el infrarrojo térmico que pueden emitir los objetos dentro del campo de acción (22).

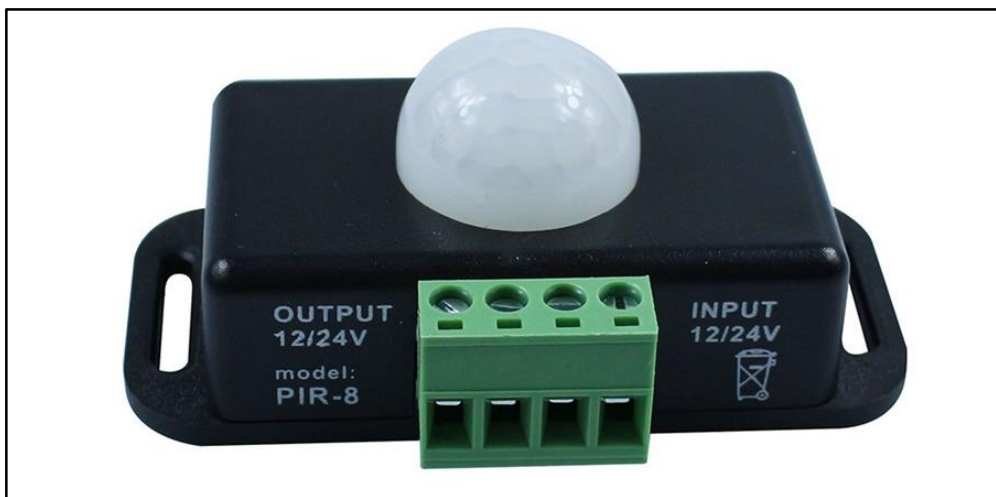


Figura 6. Sensor de movimiento PIR-8. Tomada de <https://www.sigmaelectronica.net/producto/pir8/>

2.2.7. Sensor de temperatura

En la actualidad existen muchas formas de medir la temperatura y diferentes tipos de dispositivos como: eléctricos, mecánicos, radiación térmica, entre otros. Los de tipo eléctrico son ampliamente usados en comparación a los otros y pueden ser de tipo infrarrojo, resistivo, termocupla, etc. Se utiliza para la medición de temperatura al dispositivo con principio infrarrojo y resistivo. Estos tienen la característica de que pueden medir la temperatura de un objeto o superficie sin tocarlo, todos los cuerpos emiten

una radiación con longitud de onda ubicado en el espectro infrarrojo del espectro electromagnético, estos dispositivos miden esta radiación y otorgan una señal de salida para ser tratada. Generalmente el rango de trabajo va desde los -50 °C hasta 3000 °C y las distancias de trabajo son variables (23).

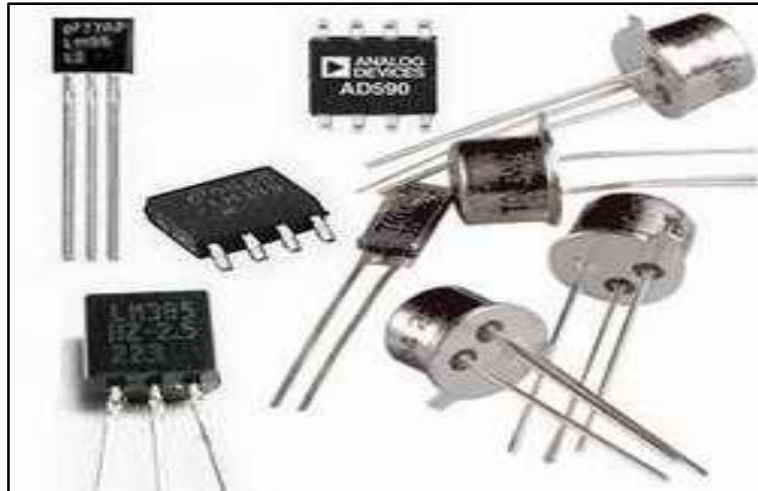


Figura 7. Sensores de temperatura. Tomada de <https://n9.cl/y3smc>

2.2.8. Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar las magnitudes físicas en otro tipo de magnitudes, para interactuar con su entorno. Estas interacciones generan un cambio en el estado del sistema. Las variables comunes involucradas son fuerza, posición, velocidad y aceleración. Una clasificación común para actuadores es según su funcionamiento y pueden ser eléctricos, neumáticos e hidráulicos (24).



Figura 8. Actuadores varios. Tomada de <https://n9.cl/i839d>

2.3. Definición de términos básicos

Sistema: conjunto ordenado de elementos que guardan relación entre sí, ya sea materiales o conceptuales, compuesto por una estructura, una composición y un entorno particular. Se trata de un término que encaja en diversas áreas de conocimiento, como la física, la biología y la informática o computación (25).

Control: es un proceso de comprobación o inspección, puede hacer referencia a la regulación de un sistema. Para que el mismo verifique que el producto cumpla con sus correspondientes legislaciones y objetivos planteados (26).

Monitoreo: se encarga eventualmente de detectar posibles anomalías. Con esto se llega a la conclusión que monitoreo es la acción y efecto de monitorizar, y se utiliza para dar nombre a la supervisión de una función a través de un monitor (27).

GSM: Sistema Global de Comunicaciones Móviles; estándar básicamente utilizado desde inicios del siglo XXI y también se le conoce como 2G ya que este mismo se consideró como un cambio de las comunicaciones de tipo análogas a digitales. La banda de frecuencia en la que trabaja el GSM se diferencia según la

ubicación geográfica. En Europa utilizan muy a menudo el espectro radioeléctrico de 900 a 1800 MHz, mientras tanto en EE. UU. la banda es la de 1900. Esto hace que no todos los equipos GSM puedan funcionar en todo el mundo, a no ser que su tecnología esté adaptada para poder conectarse a todas las bandas (28).

Antena: una antena es un sistema metálico capaz de conducir, radiar y recibir ondas electromagnéticas. Cuenta con una guía de onda que es un tubo metálico conductor que se encarga de la propagación de la energía electromagnética de alta frecuencia entre una antena y un receptor o viceversa. La antena se usa como interfaz entre un transmisor y el espacio libre y de manera recíproca adapta la energía de salida del transmisor a la atmósfera de la tierra. Además de ser un dispositivo recíproco pasivo; porque no puede amplificar una señal de forma independiente, pero sí puede tener una ganancia (28).

Microondas: ondas electromagnéticas que usualmente tienen su rango de frecuencia entre 300 MHz y 30 GHz con un periodo de oscilación de 3×10^{-9} a 33×10^{-12} segundos y una longitud de onda de 1 metro a 10 milímetros. Según la definición de la IEEE sitúa el rango de frecuencia electromagnética 1 GHz y 30 GHz con longitudes de onda entre los 30 centímetros a 10 milímetros.

El rango de las señales microondas está incluida en las bandas de radiofrecuencia, UHF (Frecuencia Ultra Alta) 0.3-3 GHz, SHF (Frecuencia Súper Alta) 3-30 GHz y EHF (Frecuencia Extremadamente Alta) 30-300 GHz (28).

En las telecomunicaciones son usadas en la radiodifusión, ya que tienen la capacidad de atravesar la atmósfera con menor interferencia que otro tipo de ondas, además hay un mayor ancho de banda en el espectro electromagnético de la señal microondas que el resto de los espectros, usualmente la señal microondas es usada para la televisión por cable y el acceso a internet, ya que la frecuencia de estos servicios se encuentra dentro del rango del espectro electromagnético de la señal microondas.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Metodología

3.1.1. Evaluación técnica

En la zona centro del país no existe un sistema específicamente diseñado para el control y monitoreo de antenas GSM. En base a la necesidad planteada en la formulación del problema, se plantea elaborar un sistema que solucione las necesidades, así como también sea confiable y desarrolle un buen trabajo en campo.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad. Sus niveles son la experimentación y la aplicación (29).

Tabla 1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación	Nivel de investigación
Investigación básica	Investigación descriptiva
	Investigación explicativa
Investigación tecnológica	Investigación experimental
	Investigación aplicada

Nota: tomada de Metodología de la investigación tecnológica (29)

3.1.3. Método de investigación

El presente trabajo utiliza la metodología VDI 2222. Este método desarrollado por la asociación de ingenieros alemanes es utilizado en diseños mecánicos, civiles y electrónicos, además consta de cuatro grandes etapas (30):



Figura 9. Proceso del método VDI2222

3.1.4. Diseño de investigación

3.1.4.1. Diseño factorial 2^3 (2 x 2 x 2)

Se eligió trabajar con el diseño factorial 2^3 , en cada simulación se obtienen datos de salida que se usarán para la toma de decisiones. En este diseño factorial se manipulan 3 variables, cada una con dos niveles, obteniendo 8 combinaciones, los cuales se representan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Matriz de diseño factorial completo

Variables independientes			Combinaciones de tratamientos
A	B	C	
A1	B1	C1	$A_1B_1C_1$
		C2	$A_1B_1C_2$
	B2	C1	$A_1B_2C_1$
		C2	$A_1B_2C_2$
A2	B1	C1	$A_2B_1C_1$
		C2	$A_2B_1C_2$
	B2	C1	$A_2B_2C_1$
		C2	$A_2B_2C_2$

3.1.4.2. Black Box



Figura 10. Diagrama de caja negra

3.1.4.3. C. White Box

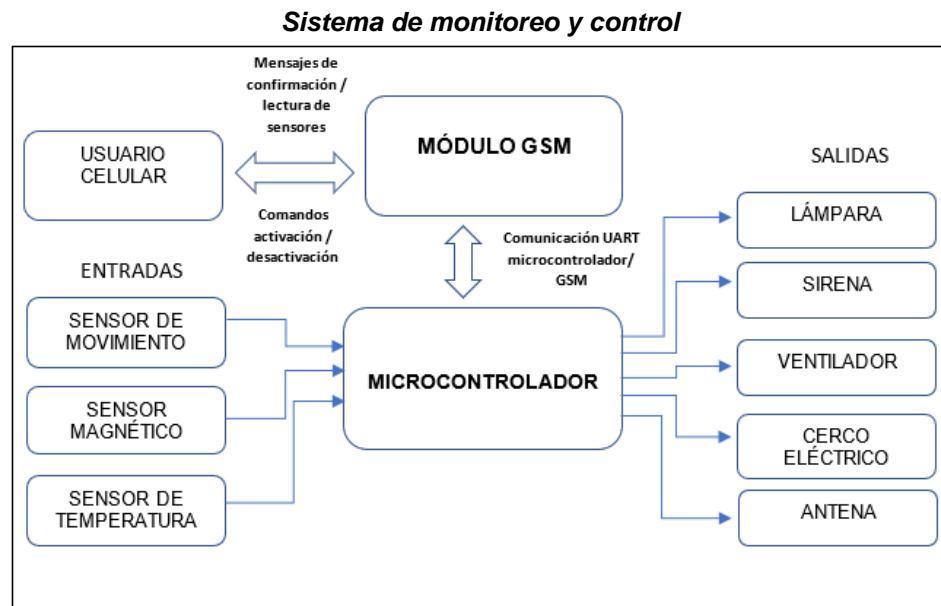


Figura 11. Diagrama de caja blanca

3.1.5. Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variables

Operacionalización de variables		
Autores:	Cajahuanca Quijada, Rosell – Montiveros Rojas, Jair	
Título:	Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S.A.C. de Huancayo, Junín 2021	
Problema	¿Cómo diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo con módulos GSM para antenas microondas?	
	Independiente	Dependiente
VARIABLES	Sistema de monitoreo y control con módulos GSM	Eficiencia en el control y seguridad
Definición conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema: conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto. • Monitoreo y control: el monitoreo es una actividad que muestra cuándo y dónde existieron desviaciones al plan y pone en marcha las acciones correctivas para que el proyecto retorne a su camino normal. Para realizar un control efectivo se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales: la función del control debe centrarse más en prevenir los problemas que en arreglarlos y debe relacionarse 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia: capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. • Control: regulación, manual o automática, sobre un sistema. • Seguridad: se define a la seguridad como la ausencia de peligro, daño o riesgo.

tanto con la calidad del producto, como con su cantidad y oportunidad.

- **Módulos GSM:** el módulo GSM es un terminal pequeño de tarjeta SIM (tarjeta de telefonía móvil). De hecho, su función es muy similar a la de un teléfono móvil, y consiste básicamente en realizar llamadas y enviar mensajes de texto. Para realizar el envío el módulo tiene una antena GSM que comunica con las antenas base del operador móvil.

Definición operacional	Variable que expresa la variación de las acciones de los dispositivos, también de las magnitudes físicas que son captadas por sensores y la variación del control de un circuito a distancia y sus acciones.	Variable que expresa el tiempo de respuesta del sistema.
-------------------------------	--	--

Variable independiente	Sistema de monitoreo y control con módulos GSM			
Dimensiones o subvariables	Indicador	Unidad	Tipo de variable	Instrumento
Sensor de movimiento	Estado alto/bajo	V	Numérica continua	Multímetro
Sensor magnético	Estado alto/bajo	V	Numérica continua	Multímetro
Sensor de temperatura	temperatura	°C	Numérica continua	Termómetro
Módulo GSM	Envío y recepción de mensajes	Unidades	Numérica continua	Ficha de registro
Microcontrolador	Potencia	mW	Numérica continua	Multímetro
Variable dependiente	Eficiencia en el control y seguridad			
Dimensiones o subvariables	Indicador	Unidad	Tipo de variable	Instrumento
Rapidez de respuesta del sistema	Tiempo	s	Numérica	Cronómetro

3.1.6. Evaluación de alternativas de solución

En este apartado se han identificado los factores y niveles de la variable independiente, para realizar la matriz de soluciones que se muestra a continuación.

Tabla 4. Factores de la variable independiente

Factor	Representación	Nivel 1 (-1)	Nivel 2 (1)
Módulo GSM	A	SIM800	SIM900
Microcontrolador	B	Arduino Uno	PIC 18F2550
Sensor de temperatura	C	DHT22	MLX90614

Tabla 5. Matriz de soluciones

Matriz de soluciones			
Variables independientes			Combinaciones de tratamientos
A	B	C	
A1	B1	C1	$A_1B_1C_1$
		C2	$A_1B_1C_2$
	B2	C1	$A_1B_2C_1$
		C2	$A_1B_2C_2$
A2	B1	C1	$A_2B_1C_1$
		C2	$A_2B_1C_2$
	B2	C1	$A_2B_2C_1$
		C2	$A_2B_2C_2$

3.1.7. Diseño de alternativas (Ingeniería)

En la siguiente tabla se muestran los tratamientos que fueron sometidos a simulación de acuerdo a la matriz de soluciones descrito en el apartado anterior.

Tabla 6. Matriz de tratamientos

Matriz de tratamientos			
Variables independientes			Variable dependiente
Sistema de monitoreo y control con módulos GSM			
Módulo GSM A	Microcontrolador B	Sensor de temperatura C	Eficiencia en el control y seguridad
DHT22	Arduino Uno	SIM800L	DHT22-ARDUINO UNO-SIM800L
		SIM900	DHT22-ARDUINO UNO-SIM900
	PIC18F2550	SIM800L	DHT22-PIC18F2550-SIM800L
		SIM900	DHT22-PIC18F2550-SIM900
MLX90614	Arduino Uno	SIM800L	MLX90614-ARDUINO UNO-SIM800L
		SIM900	MLX90614-ARDUINO UNO-SIM900
	PIC18F2550	SIM800L	MLX90614-PIC18F2550-SIM800L
		SIM900	MLX90614-PIC18F2550-SIM900

Para mejor entendimiento de la matriz de tratamientos, se procura la ayuda de la figura 11, que representa la caja blanca del proyecto, con el que se sabe los elementos a cambiar y las combinaciones a realizar.

Instrumentos utilizados en la investigación

- **Proteus 8 Professional:** herramienta de simulación de circuitos electrónicos.
- **MikroC:** herramienta de programación para microcontroladores PIC.
- **Altium Designer:** herramienta para diseño de la tarjeta electrónica.

- **Tera Term:** terminal de lectura de datos seriales, entre otros.
- **Excel:** herramienta para realizar hojas de cálculo.
- **Cronómetro:** instrumento que permite medir el tiempo.

Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Espinoza, menciona que existen dos técnicas generales para la recolección de datos: la empírica y documental (29). En esta investigación se utilizó la técnica empírica, en específico, la observación, ya que permite la interacción directa con el objeto de estudio, además del recojo de testimonio que permita confrontar la teoría y práctica en búsqueda de la verdad científica. Como instrumento se utilizó la ficha de registro.

3.1.8. Simulación de alternativas y matriz de resultados de las soluciones

Simulación A₁B₁C₁

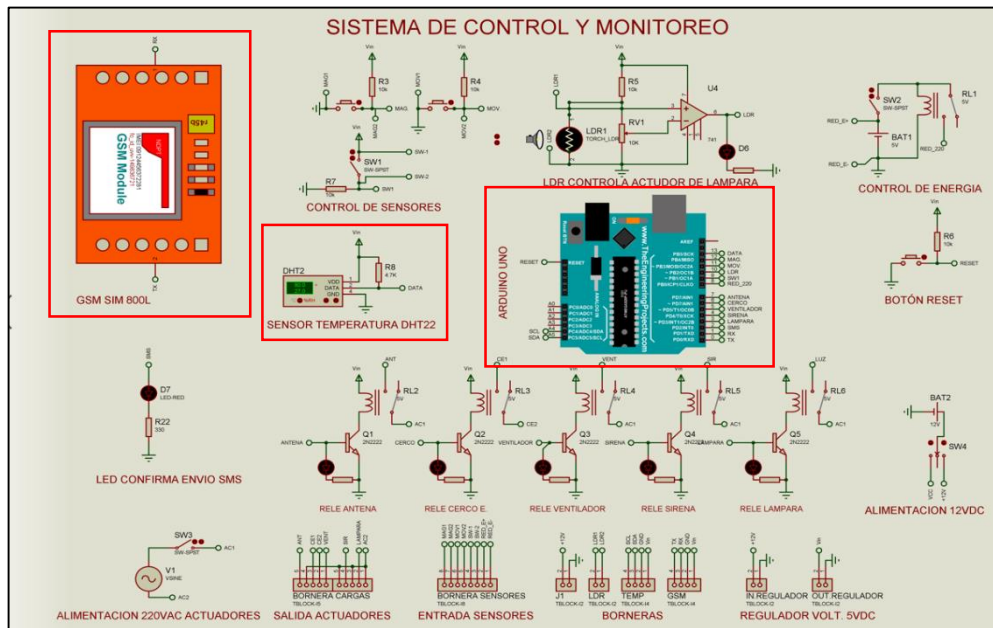


Figura 12. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A₁B₁C₁

Simulación A1B1C2

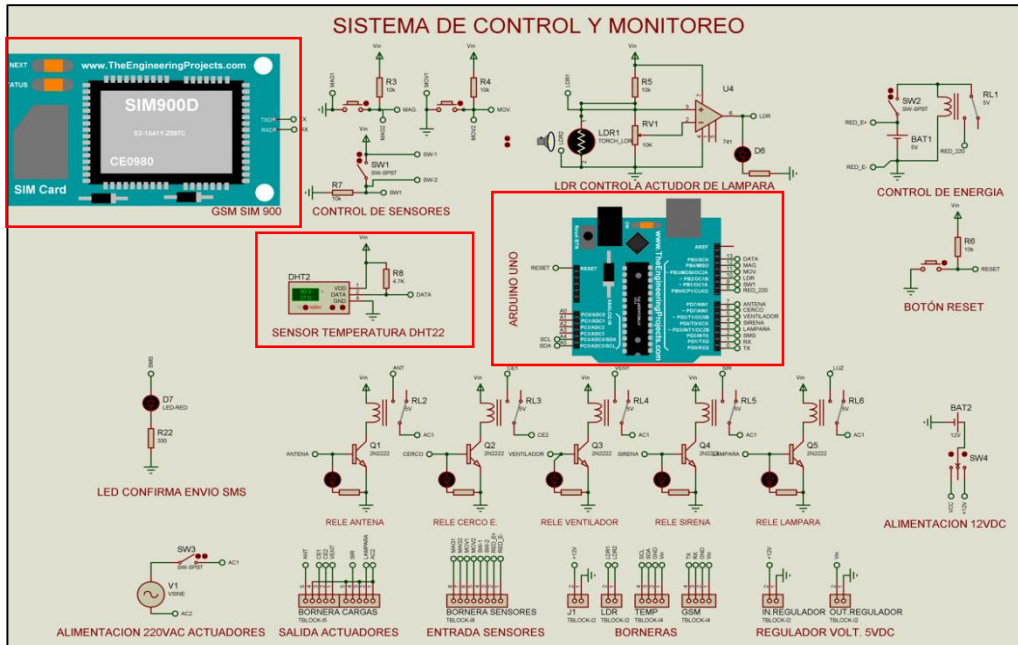


Figura 13. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A1B1C2

Simulación A1B2C1

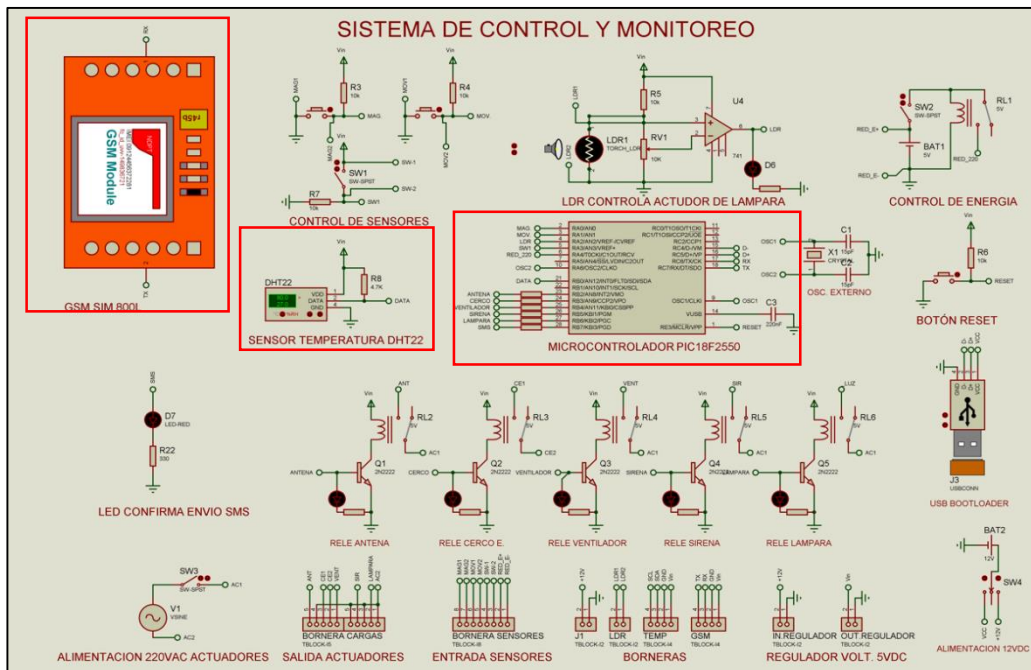


Figura 14. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A1B2C1

Simulación A1B2C2

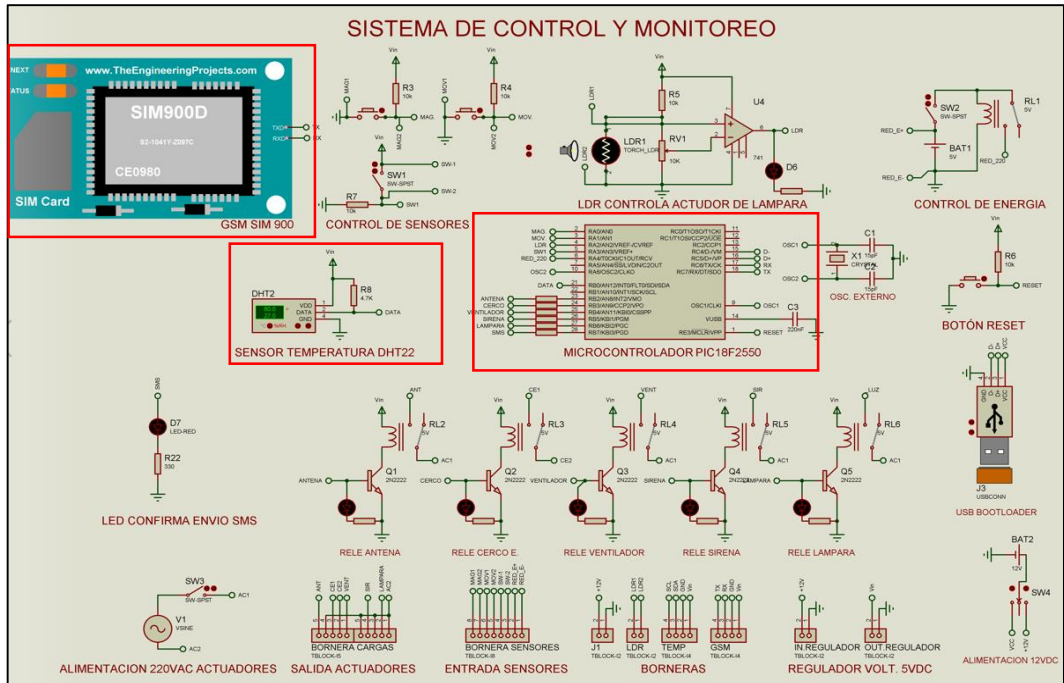


Figura 15. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A1B2C2

Simulación A2B1C1

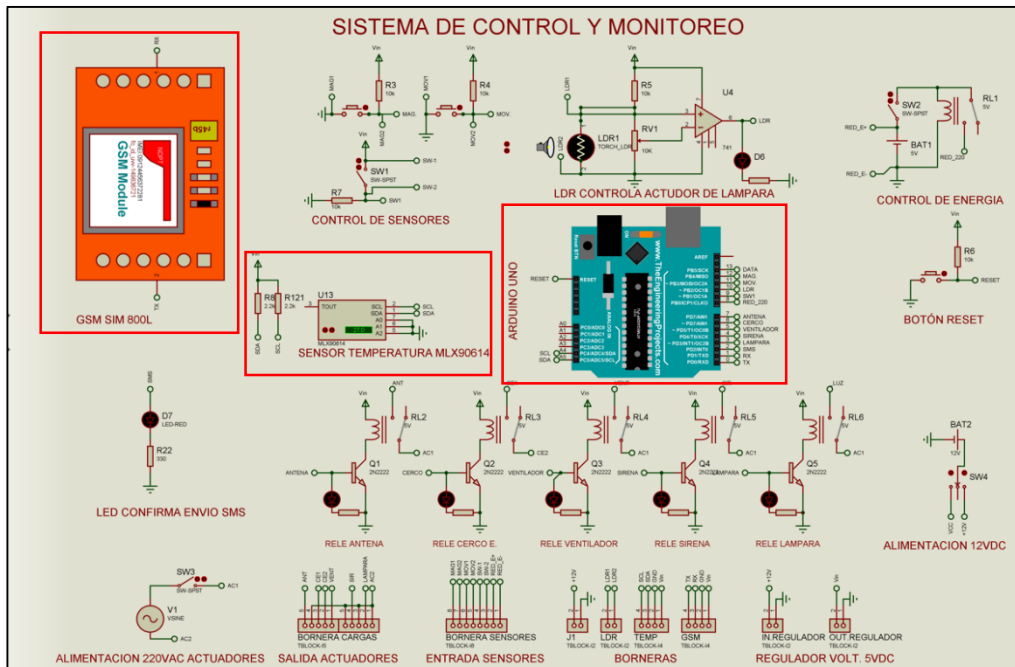


Figura 16. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B1C1

Simulación A2B1C2

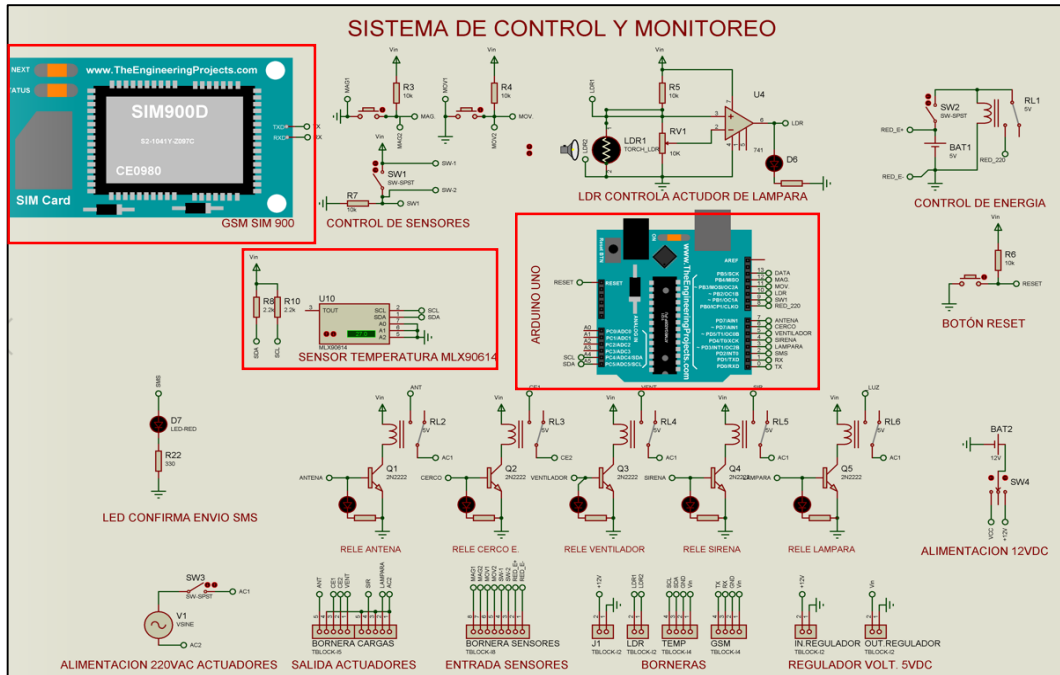


Figura 17. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B1C2

Simulación A2B2C1

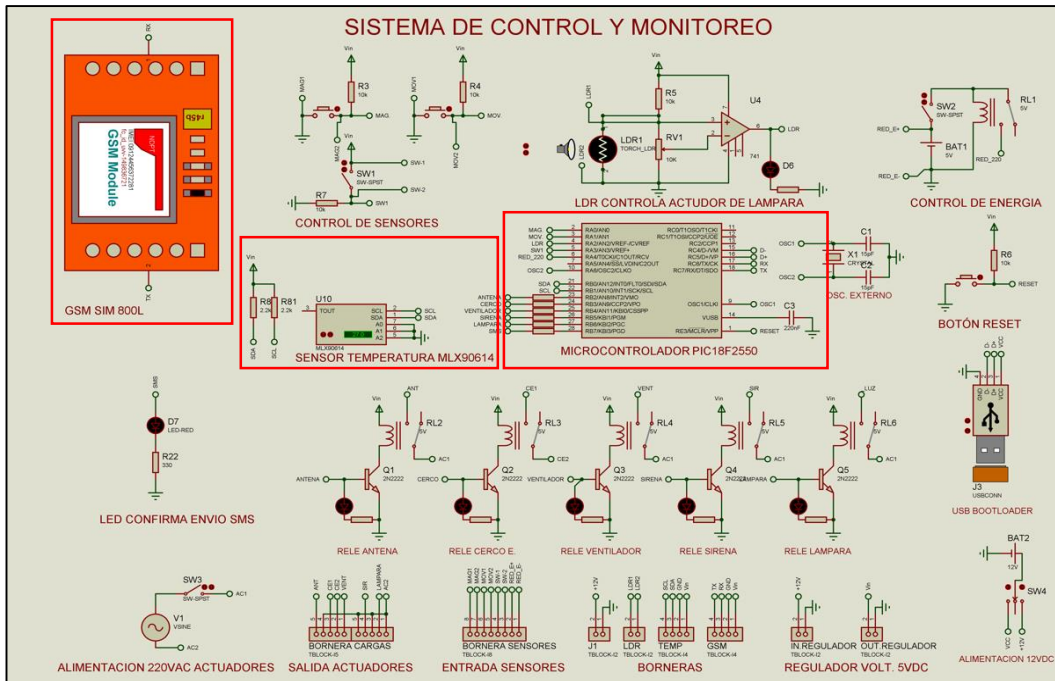


Figura 18. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B2C1

Simulación A2B2C2

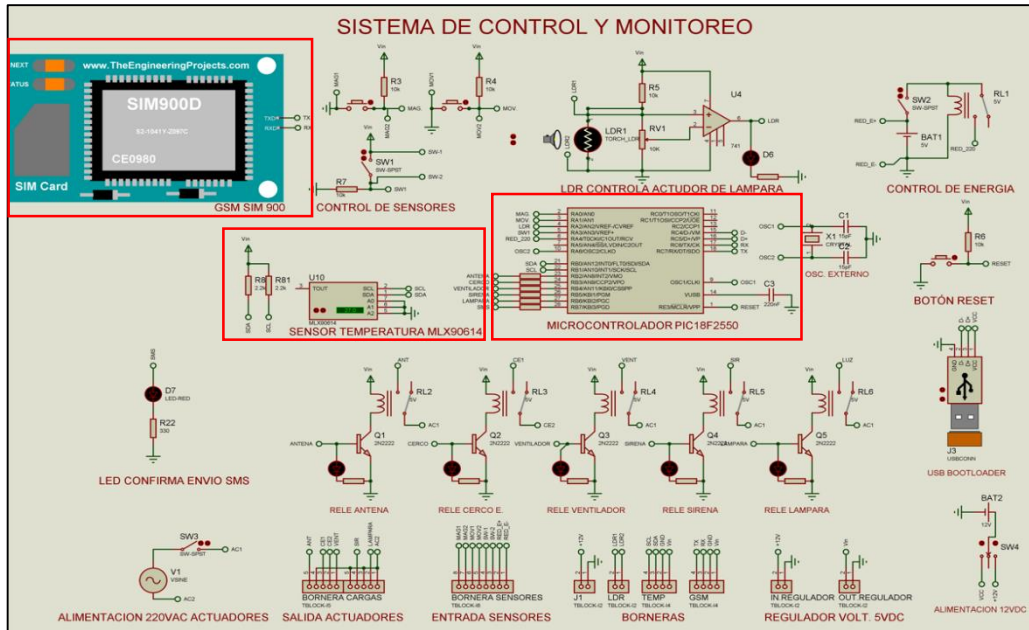


Figura 19. Diagrama eléctrico de sistema de control y monitoreo, combinación A2B2C2

La matriz de soluciones está compuesta por tres factores y dos réplicas las cuales fueron organizadas como se observa en la tabla 7:

Tabla 7. Matriz de soluciones con réplicas

Variables Independientes			Combinaciones de Tratamientos	Replicas	
A	B	C		I	II
A1	B1	C1	A ₁ B ₁ C ₁	17.00	17.30
		C2	A ₁ B ₁ C ₂	16.20	16.10
	B2	C1	A ₁ B ₂ C ₁	16.10	16.00
		C2	A ₁ B ₂ C ₂	15.80	15.90
A2	B1	C1	A ₂ B ₁ C ₁	16.80	16.70
		C2	A ₂ B ₁ C ₂	16.10	16.10
	B2	C1	A ₂ B ₂ C ₁	16.00	16.20
		C2	A ₂ B ₂ C ₂	15.70	15.60

La matriz de datos de diseño obtenidos a través de fichas de registro, se organizaron para obtener los resultados estadísticos usando el software Minitab.

Tabla 8. Matriz de soluciones con réplicas adaptada para Minitab
Nivel de respuesta tiempo de adquisición de datos del sistema (segundos)

Yates	A	B	C	Réplica 1	Réplica 2
[1]	-1	-1	-1	17.0	17.3
A	1	-1	-1	16.2	16.1
B	-1	1	-1	16.1	16.0
AB	1	1	-1	15.8	15.9
C	-1	-1	1	16.8	16.7
AC	1	-1	1	16.1	16.1
BC	-1	1	1	16.0	16.2
ABC	1	1	1	15.7	15.6

3.1.9. Análisis estadístico de soluciones

Para realizar la elección de la mejor solución, es necesario tener un estudio estadístico que permita ver con claridad la interacción de factores y en qué combinación se encuentra la solución mejor optimizada. Por ello, se utilizó el software Minitab, herramienta que permitió la obtención de los gráficos y ecuaciones necesarias. A continuación, se detalla el reporte estadístico.

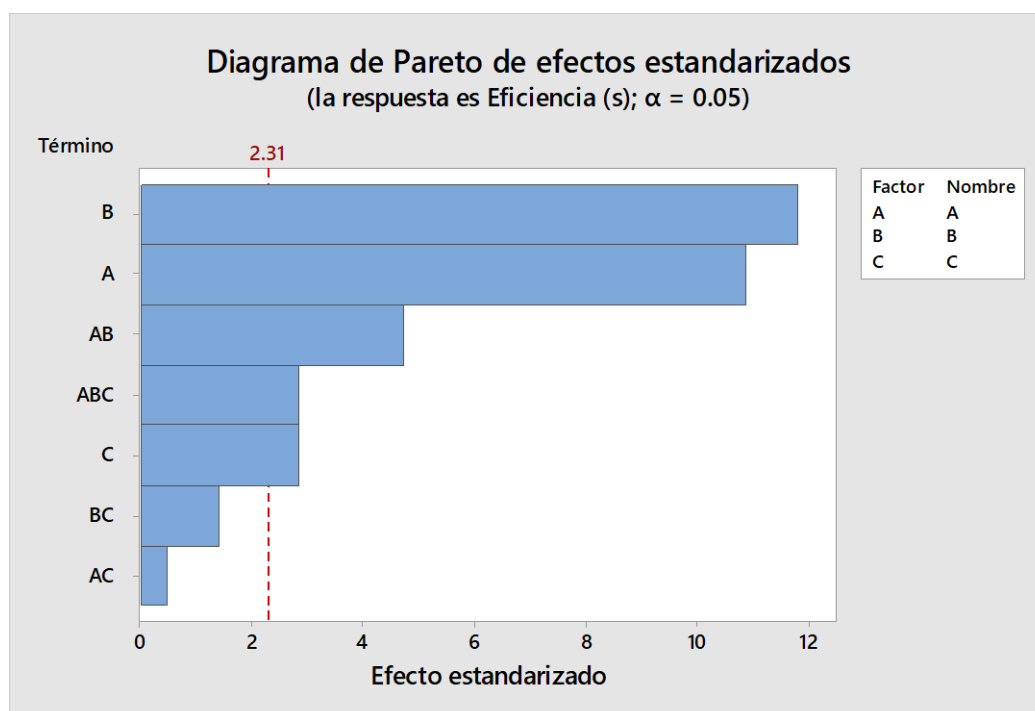


Figura 20. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

En la figura 20 se muestra el diagrama de Pareto que indica, a partir del diseño factorial 2^3 , las combinaciones más significativas. Con valor de significancia de 0.05 y un margen de error de 2.31 (línea vertical roja), se puede observar que, aquellas combinaciones que cruzaron dicha línea, son los más representativos o tienen significancia. De esta manera, solo dos combinaciones quedan descartadas (AC y BC). Además, la respuesta con la que se trabaja es la variable **eficiencia**, expresada en términos de tiempo (s).

Por otro lado, en la tabla 9 se muestra el análisis de la varianza, con las respectivas interacciones.

Tabla 9. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	3.34000	0.47714	42.41	0.000
Lineal	3	2.97500	0.99167	88.15	0.000
A	1	1.32250	1.32250	117.56	0.000
B	1	1.56250	1.56250	138.89	0.000
C	1	0.09000	0.09000	8.00	0.022
Interacciones de 2 términos	3	0.27500	0.09167	8.15	0.008
A*B	1	0.25000	0.25000	22.22	0.002
A*C	1	0.00250	0.00250	0.22	0.650
B*C	1	0.02250	0.02250	2.00	0.195
Interacciones de 3 términos	1	0.09000	0.09000	8.00	0.022
A*B*C	1	0.09000	0.09000	8.00	0.022
Error	8	0.09000	0.01125		
Total	15	3.43000			

Nota: tomada de Minitab

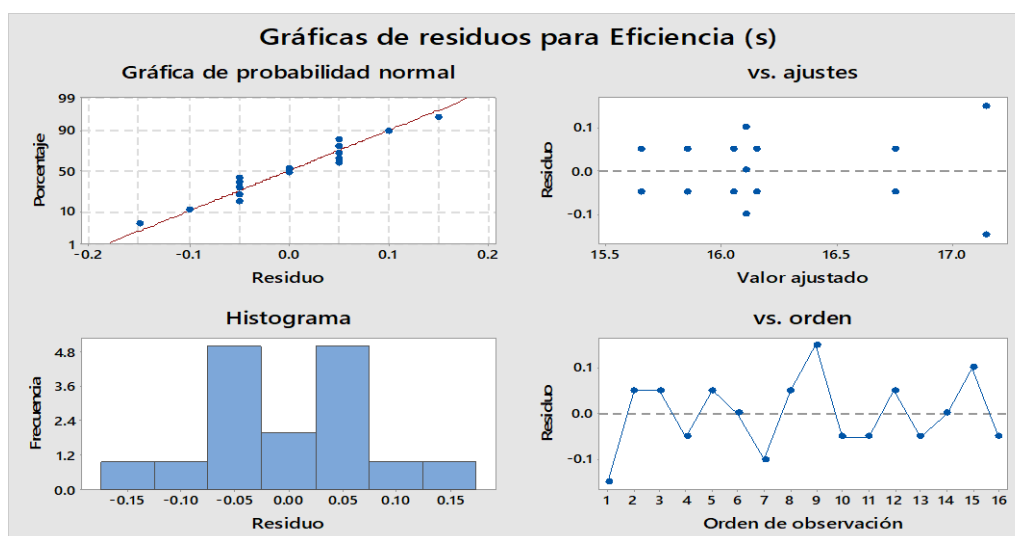


Figura 21. Residuos para eficiencia (s)

La figura 21 muestra las diferentes gráficas en cuanto la distribución de los resultados, por lo que se puede apreciar, tiene distribución normal. Además, posee un par de valores que escapan del rango, pero que no tienen mayor incidencia.

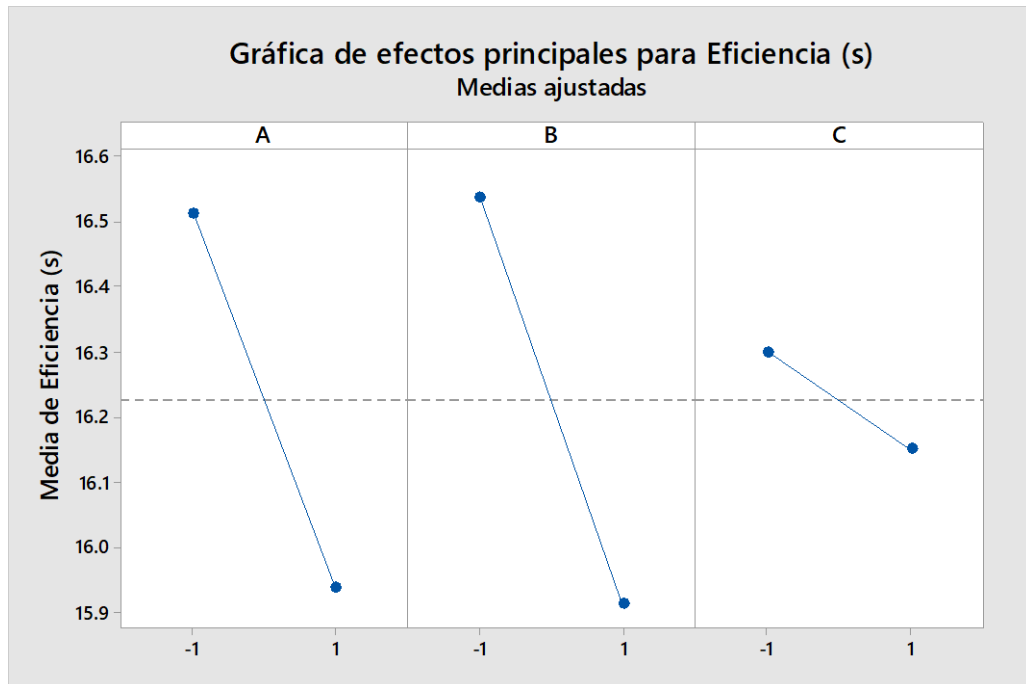


Figura 22. Gráfica de efectos principales para eficiencia (s)

La figura 22 muestra los efectos de los factores sobre la eficiencia, este análisis es individual. Por lo que, se observa que existe una reducción en los valores cuando cada factor pasa de un estado bajo a un estado alto.

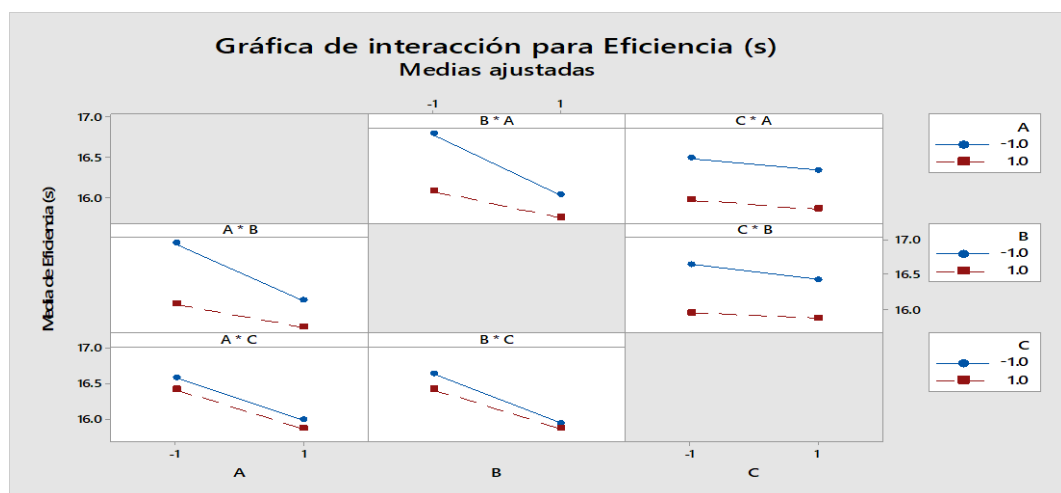


Figura 23. Gráfica de interacción para eficiencia (s)

La figura 23 da a conocer la interacción entre los factores. De dicho estadístico se infiere que existe mejor respuesta cuando se pasa de un nivel bajo a un nivel alto. Por ejemplo, en el caso de los factores A y B, se aprecia que, si ambos pasan sus niveles altos, el tiempo de respuesta se reduce.

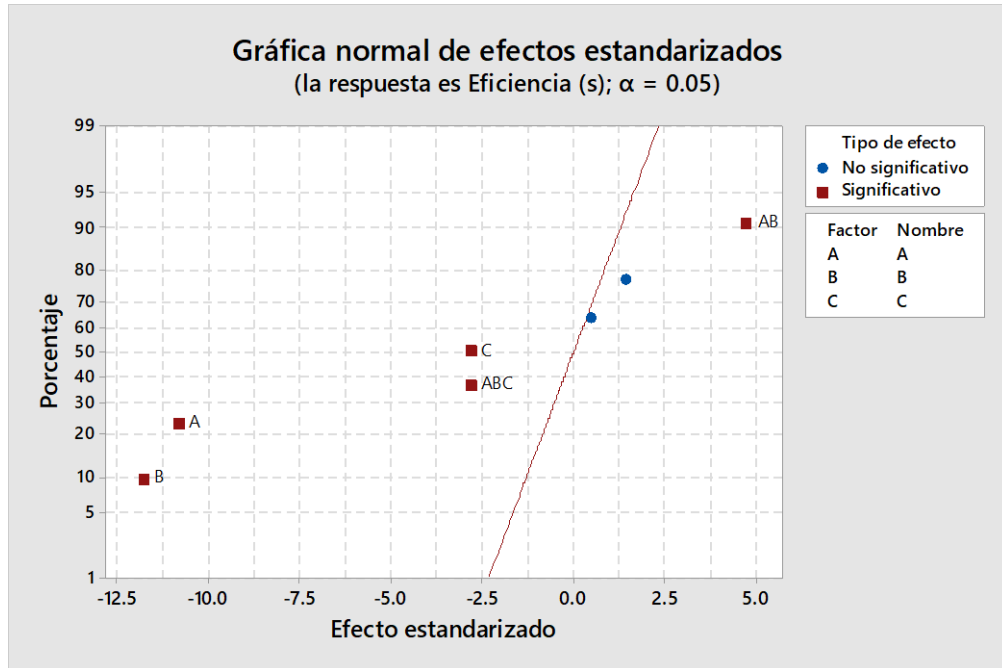


Figura 24. Gráfica normal de los efectos estandarizados

La figura 24 muestra el análisis de varianza, que permite observar qué tan influyente es cada combinación. Por ejemplo, la combinación de factores AB, tiene aproximadamente un 90 % de influencia en el resultado final (Eficiencia (s)), dicha combinación es la más alta, seguida por el factor C con 50 % y así sucesivamente. Es necesario mencionar que, existen dos combinaciones no significativas.

3.1.10. Selección de la mejor solución

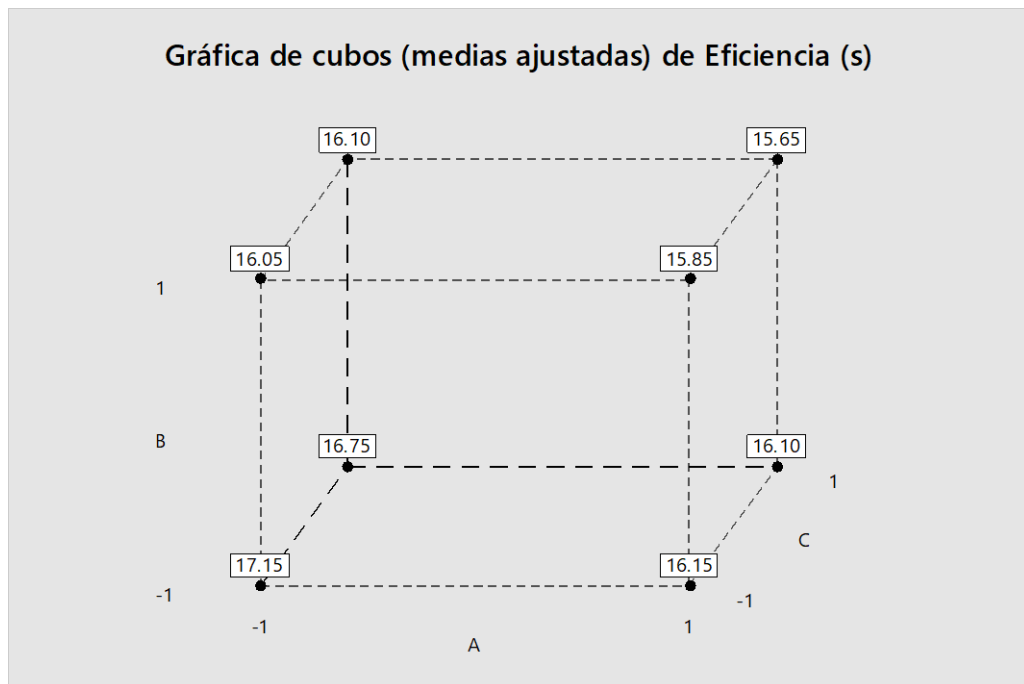


Figura 25. Gráfica de cubos

La figura 25 muestra la interacción de los tres factores (A, B y C) en sus dos niveles (bajo y alto), de forma tridimensional. La respuesta evaluada es eficiencia en términos de tiempo (s), por lo que se busca el menor tiempo posible. Dicho esto, se aprecia que existen dos valores que cumplen con la mencionada condición (15.85 y 15.65). De estos valores el óptimo es 15.65 y, a este lo acompañan los factores A, B y C, todos en nivel alto, por lo tanto, se ha encontrado que la mejor solución resulta de la combinación de: Sim900 (Factor A, Alto), PIC18F2550 (Factor B, Alto) y MLX90614 (Factor C, Alto). Para dar más consistencia a este resultado, se utilizó la herramienta de optimización en el software Minitab, y así comprobar dicha elección.

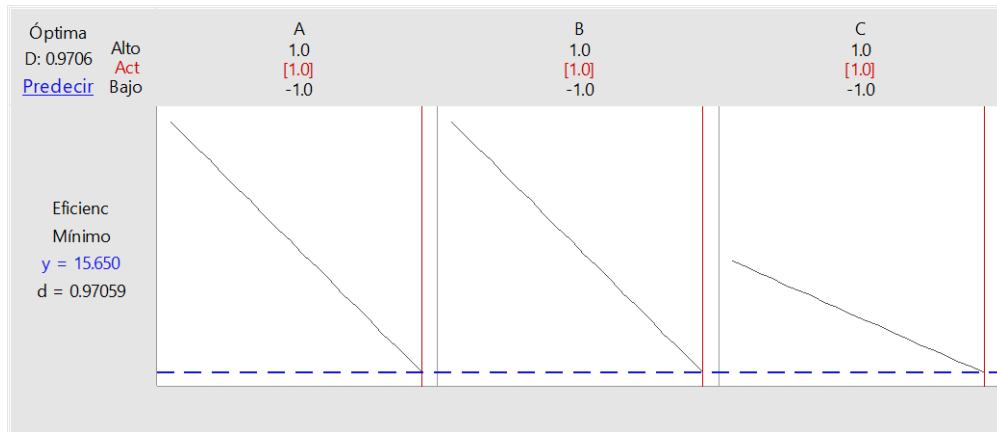


Figura 26. Gráfica de optimización de la mejor solución

Finalmente, la figura 26 muestra la optimización realizada, donde se observa que, para obtener el menor tiempo de respuesta, todos los factores deben estar en un nivel alto.

Además, en las tablas 2, 3 y 4 se detalla la ecuación de regresión, los valores de los factores y la predicción al 95 % de confianza, respectivamente.

Tabla 10. Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Eficiencia	=	16.2250 - 0.2875 A - 0.3125 B - 0.0750 C + 0.1250 A*B
(s)		+ 0.0125 A*C
		+ 0.0375 B*C - 0.0750 A*B*C

Nota: tomada de Minitab

Tabla 11. Configuración

Variable	Valor de configuración
A	1
B	1
C	1

Ajuste	EE de ajuste	IC de 95 %	IP de 95 %
15.65	0.075	(15.4770; 15.8230)	(15.3504; 15.9496)

A la decisión de haber elegido la mejor solución, le respaldan los criterios técnicos que se ha analizado mediante hojas de datos de los diferentes componentes. Los dispositivos: Sim900, PIC18F2550 y sensor MLX90614 han demostrado tener mejores características en velocidad de

respuesta, funciones y facilidad de uso; que los dispositivos: Sim800, Arduino UNO y DHT22.

3.1.11. Evaluación técnica (Cumplimiento de las normativas en el sector)

Estándares de calidad ambiental (ECA) para radiaciones no ionizantes - Decreto Supremo N.º 010-2005-PCM

Los estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes son herramientas en gestión ambiental preeminentes para contribuir en la prevención y planificación sobre el control de la contaminación por radiaciones no ionizantes con base en estrategias determinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y fomentar el desarrollo sostenible.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Radiaciones No Ionizantes, incluido en el anexo adjunto que es parte integrante del presente Decreto Supremo, donde se establecen los niveles máximos de las intensidades para las radiaciones no ionizantes, dicha presencia en el ambiente en su calidad de cuerpo receptor es aconsejable de no sobrepasar para evitar riesgo a la salud humana y el ambiente. Estas normas son prioritarias por estar destinados a la protección de la salud humana (31).

Tabla 12. Estándares nacionales de calidad ambiental

Estándares nacionales de calidad ambiental para radiación no ionizantes					
Rango de frecuencias (f)	Intensidad de campo eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de campo (H) (A/m)	Densidad de flujo magnético (B) (μT)	Densidad de potencia (Seq) (W/m ²)	Principales aplicaciones (no restrictiva)
Hasta 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-	Líneas de energía para trenes eléctricos, resonancia magnética.
1 – 8 Hz	10000	3,2 x 10 ⁴ / f ²	4 x 10 ⁴ / f ²	-	
8 – 25 Hz	10000	4000/f	5000/f	-	Línea de energía para trenes eléctricos.
0,025 – 0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-	Redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video.
0,8 – 3 kHz	250/f	5	6,25	-	Monitores de video
3 – 150 kHz	87	5	6,25	-	Monitores de video
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	-	Radio AM
	87/f ^{0.5}	0,73/f	0,92/f		Radio AM, diatermia
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2	Radio FM, TV VHF, Sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia.
400 - 2000 MHz	1,375 f ^{0.5}	0,0037 f ^{0.5}	0,0046 f ^{0.5}	f/200	TV UHF, telefonía móvil celular, servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal.
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10	Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas

Nota: tomada de <https://n9.cl/2ltn1>

Ley de promoción del uso eficiente de la energía Ley N.º 27345

Todos los equipos y artefactos que precisen suministro de energéticos deben contar en sus etiquetas, envases, empaques y publicidad los datos relevantes sobre su consumo energético respecto con estándares de eficiencia energética, bajo deber de sus importadores o productores.

La ejecución de este reglamento para cada tipo de equipo y artefacto necesitará la aprobación previa de las normas y lineamientos que se deben efectuar por parte de la Comisión de Represión de la Competencia Desleal del Instituto de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual (Indecopi); y la delimitación de sus estándares de consumo energético por parte de las correspondientes Direcciones Generales del Ministerio de Energía y Minas (32).

3.1.12. Cumplimiento de objetivos generales y específicos

Tabla 13. Cumplimiento de objetivos

		Descripción del cumplimiento
Objetivos específicos	Controlar el equipo de energía que alimenta a la antena microondas mediante módulo GSM.	Mediante el uso de relé como actuador se controla la alimentación de la antena microondas al enviar comandos, en el caso que se quiera encender o apagar el equipo.
	Mejorar el servicio de radio frecuencia de las antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. mediante este sistema.	Al controlar los posibles eventos de corte de energía, así mismo, monitorear posibles eventos externos la empresa mejora el servicio, ya que puede atender posibles eventos a la brevedad.
Objetivo general	Implementar sensores en el sistema para fines de seguridad de las antenas y demás dispositivos.	Se implementó sensores al sistema, con el fin de brindar seguridad a los equipos y antenas microondas de la empresa.
	Diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C.	Se diseñó e implementó un sistema de control y monitoreo con módulos GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C.

3.1.13. Especificaciones técnicas de la mejor solución

Módulo GSM

Descripción

Cuenta con 4 cuatro bandas los cuales se pueden usar en proyectos de control remoto inalámbrico y comunicación, con el propósito de recibir y enviar mensajes de texto SMS y llamadas o también contar con datos móviles de internet mediante GPRS. El módulo SIM900 cuenta con una ranura *flip* para *chips* SIM de cualquier operador móvil de telefonía celular esta relacionado con la tecnología 2G, adicional a ello cuenta con un conector de alimentación externa, añadiendo un circuito MAX232 para la interfaz RS232 y una antena SMA GSM.

Especificaciones técnicas y características

- Módulo Gsm Gprs
- Serie Sim900
- Medidas: 50 mm x 49 mm
- Voltaje de trabajo VCC 5 V
- Corriente de trabajo 1 A
- Control a través de comandos AT
- Texto SMS o PDU
- LED indicador de señal y RING
- Relacionado con Arduino, Raspberry PI, ARM, AVR, PIC, 8051.
- Tasa de baudios establecida: 9600 bps
- Pila de TCP / IP incorporada
- Clase 10/8 de ranuras múltiples GPRS
- Estación móvil GPRS clase B
- Clase 4 (2 W a 900 MHz)
- Clase 1 (1 W a 1800 MHz)
- Manejado mediante comandos AT (GSM 07.07, 07.05 y conjunto de comandos AT mejorado Simcom)
- Circuito de interfaz de antena puerto hembra SMA
- Circuito de la tarjeta ranura Flip SIM

- Rango de temperatura de trabajo: -40 °C a +85 °C

Pines

- VCC5 de 5 V
- GND o tierra
- TXD (salida, 3,3 V)
- RXD (entrada, 3,3 V)
- TXD(Salida, 5V): conecte este pin al pin de recepción del Microcontrolador
- RXD(Entrada, 5V): conecte este pin al pin de transmisión Microcontrolador
- VCC no se usa
- GND o tierra
- RS232 TX (salida)
- RS232 RX (entrada)
- GND o tierra

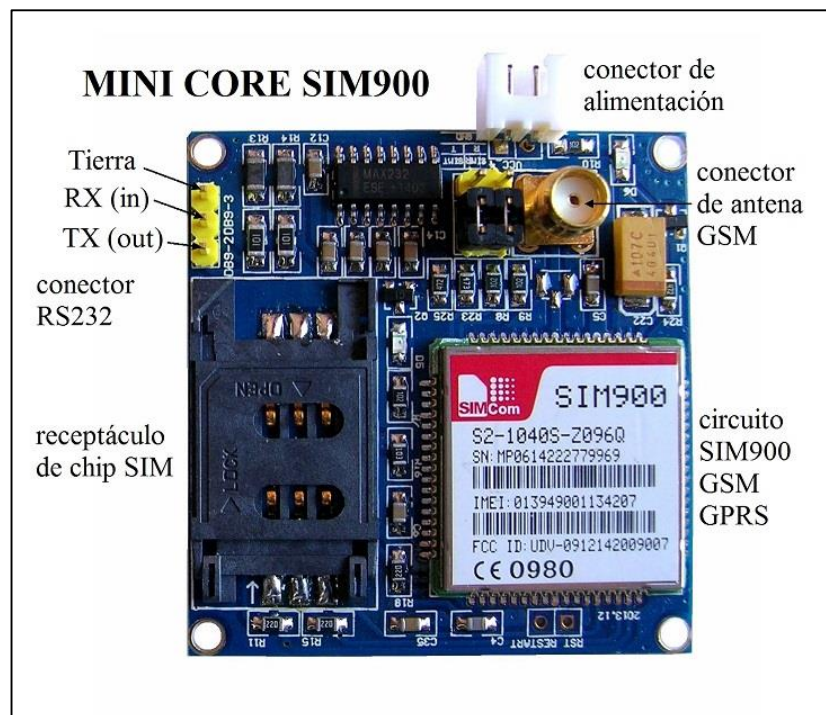


Figura 27 Módulo GSM Sim900. Tomada de <https://n9.cl/u2jm2e>

Microcontrolador PIC 18F2550

Descripción

El circuito integrado PIC18F2550 es un microcontrolador programable que pertenece a la familia de PIC18F idóneo para ejecutar y controlar trabajos las veces que sea necesario debido a que cuenta con una memoria flash de gran resistencia. El microcontrolador cuenta con 8 bits, una frecuencia de hasta 48MHz, una memoria de 32KB y 28 pines.

Especificaciones y características

- Familia PIC18F
- Voltaje de trabajo 4.2 V a 5.5 V
- Comunicación mediante EUSART, I2C, SPI, USB
- Interfaz de comunicación USB 2.0 de alta velocidad (12 Mbit/s)
- Superficies 7.2 mm x 3.3 mm x 34.6 mm
- Pines: 28
- ADC de 10 bits
- I/O disponibles 24 pines
- Comparadores analógicos 2
- EEPROM 256 bytes
- Memoria Flash de 32 Kb
- Memoria de datos SRAM de 2048 bytes
- Frecuencia máxima de trabajo hasta 48 MHz
- Timer 1 de 8 bit y tres de 16 bit
- Temperatura de operación de -40 °C a 85 °C

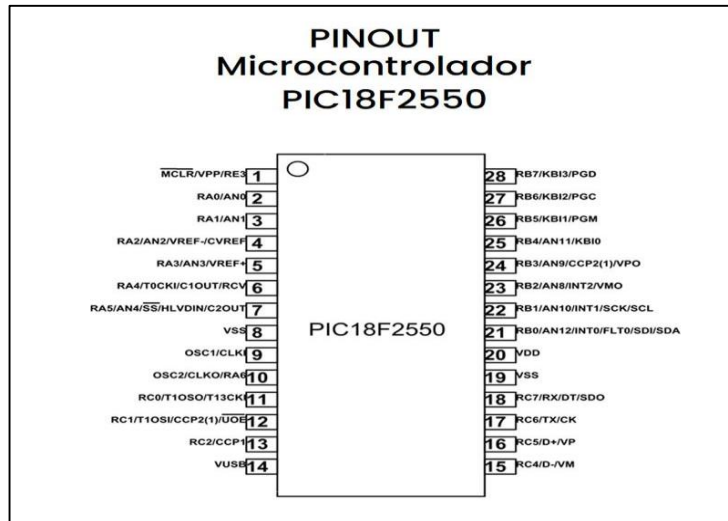


Figura 28. PinOut PIC18F2550. Tomada de <https://n9.cl/idx3n>

Sensor de temperatura infrarrojo GY-906 MLX90614

Descripción

El dispositivo electrónico MLX90614 es un sensor de temperatura infrarrojo, mide la temperatura de un objetivo a distancia sin la necesidad de contacto, su diseño le permite ser sensible a la radiación infrarroja emitida por los objetos a cierta distancia, logra conseguir lecturas de valores entre los -70 °C hasta 380 °C, cuenta con una precisión de ± 0.5 °C. La salida de los valores del sensor es lineal que compensa de acuerdo a las variaciones de la temperatura del ambiente.

Especificaciones y características

- Sensor de temperatura sin contacto
- Modulo GY-906
- Sensor MLX90614ESF-BAA
- Voltaje de trabajo entre 3.3V – 5V DC
- Rango de temperatura ambiente de labor: -40 °C hasta +170 °C
- Rango de temperatura del objetivo desde -70 °C hasta +380 °C
- Precisión ± 0.5 °C
- Rango del ángulo de visión 90°
- Rango del objetivo para medición de temperatura mín. 2 cm y máx. 3 cm
- ADC incorporado de 17 bits

- Salida de PWM de 10 bits
- Comunicación I2C



Figura 29. Sensor MLX90614. Tomada de <https://n9.cl/ize32>

Sensor magnético

Descripción

El sensor magnético realiza una conmutación electrónica a través de un campo magnético, el mecanismo del sensor MC-38 es normalmente cerrado NC, manda un 1 lógico cuando las dos partes del sensor se encuentra en contacto y 0 cuando uno de ellos se separa.

Especificaciones y características

- Modelo MC-38
- Voltaje máximo de trabajo 100 V
- Corriente máxima de trabajo 0.5 A
- Potencia nominal 3 W
- Mecanismo normalmente cerrado NC
- Distancia de activación mínima de 1.5 cm
- Distancia de activación máxima de 2.5 cm
- Largo del cable máximo de 25 cm

- Superficies de 27 mm x 14 mm x 8 mm
- Peso 16 gramos
- Material plástico ABS
- Incluye orificios para atornillar a superficie plana



Figura 30. Sensor magnético MC-38. Tomada de <https://n9.cl/34us7>

Sensor de movimiento 180° 12VDC OPALUX 15mt

Descripción

El sensor de movimiento cuenta con tecnología PIR para un funcionamiento de 24h o solo noche si es que se lo requiere. Detecta inmediatamente el movimiento tipo PIR y activa automáticamente luminaria, bocinas o alarmas conectadas, el tiempo de activación de estos dura entre los 10 segundos hasta los 7 minutos según se requiera.

Especificaciones y características

- Rango de detección a 6 m de distancia horizontal
- Altura de instalación entre 1.8 m y 2.5 m
- Voltaje de trabajo 12 VDC
- Corriente de trabajo activa 12 mA ($\pm 5\%$)
- Salida de voltaje 28 Vdc 0.1A con 10° HM
- Periodo de calentamiento de 60seg (± 5 s)

- LED indicador de alarma
- Dimensiones Al 9.30 x An 5.2 profundidad 3.8 cm



Figura 31. Sensor de movimiento Opalux. Tomada de <https://n9.cl/esg1p>

Relé Q4100F

Descripción

El relé Q4100F es un dispositivo electromagnético que trabaja como interruptor controlado por un circuito eléctrico o electrónico el cual mediante una bobina y un electroimán acciona contactos de apertura o cierre de circuitos eléctricos.

Especificaciones y características

- Resistencia de contacto de 50 m Ω ,1 A y 6 VDC
- Capacidad del contacto: 3 A, 5 A 250 VAC/30 VDC
- Tipo de terminal PCB
- Potencia nominal de la bobina 0.36 W
- Nominal Voltage VDC: 3 – 24 VCD
- Pull-in Voltage VDC: 2.3 – 18.0 VCD
- Release Voltage VDC: 0.3 – 2.4 VCD
- Coil Resistance Ω : ± 10 %



Figura 32. Relé de contacto Q4100F. Tomada de <https://n9.cl/c66dp>

3.1.14. Discusión de resultados

3.1.14.1. Artículos

Tabla 14. *Discusión de resultados de antecedentes (artículos)*

N.º	Antecedente	Objetivo	Resultado	Comparación con el proyecto
1	<i>Study and designing of micro controller-based temperature sensing system along with global system for mobile (GSM) interface and alarm mechanism to be used in different temperature sensitive storehouses (4).</i>	Desarrollar un sistema de monitorización de la temperatura, que detecta dicho parámetro en almacenes sensibles.	Sistema construido que controla la temperatura en los almacenes y envía un mensaje a la persona interesada cuando la temperatura supera el nivel máximo de seteo.	Al realizar la comparativa, se puede concluir que el proyecto realizado es igual de eficiente que el del antecedente, ya que poseen la
2	<i>Development of Arduino-Based Embedded System for Detection of Toxic Gases in Air (9).</i>	Desarrollar el hardware y el software del sistema de información y medición basado en la plataforma barata Arduino que detecta los gases y vapores tóxicos en el aire.	El sistema desarrollado monitoriza en tiempo real la concentración de gases y vapores tóxicos en el aire. En ausencia de gases tóxicos, el sistema se encuentra en el modo de funcionamiento normal. Cuando se supera la tasa máxima permitida de gases tóxicos, el sistema pasa al modo de alarma.	que poseen funciones similares como: el envío de mensajes, de activadores con base en un valor de una variable física medida por algún sensor.
3	<i>Design and implementation of remotely</i>	Diseñar e implementar un sistema eficaz,	El sistema propuesto logró medir	Los sistemas poseen diferentes elementos, pero

	<i>monitoring system for pH level in Baghdad drinking water networks</i> (5).	robusto, de bajo coste y en tiempo real para medir el nivel de pH.	exitosamente el pH del agua de grifo en lugares centrales y laterales de la ciudad de Bagdad.	cumplen la función común de monitoreo vía SMS. En el caso del antecedente es pH y del proyecto temperatura. Ambos, reportan el estado en cuestión de segundos.
4	<i>Demand side load management using GSM enabled smart energy meter</i> (6).	Desarrollar un sistema en tiempo real utilizando la placa de desarrollo Arduino uno, el medidor de energía y el módulo GSM en la cual el consumidor reduzca la carga y sea informado permanente mediante SMS, de algún tipo de violación dentro del contrato de suministro de energía del control de carga directa (DCL).	Los consumidores reciben información sobre el uso de la energía y las sanciones a través de una red de servicios basada en GSM. Por lo tanto, este esquema es un "enfoque impulsado por el consumidor de energía" a diferencia de otros métodos que sólo se controlan en el extremo de la utilidad.	Una vez más se aprecia que, la notificación de una magnitud, valor o variable por medio de mensajes de texto, hace que el sistema sea versátil y ahorre tiempo. Por lo que el proyecto, también demuestra tener dichas características de notificación al usuario y alertarlo de algún evento.
5	<i>Implementation of GSM based Flood Data Communication in the Flood Disaster Location Information System</i> (7).	Crear un sistema de información sobre la localización de las inundaciones que implementa un sistema de comunicación GSM.	El sistema ha sido probado con éxito enviando los datos de la altura de la inundación desde el sistema detector de inundaciones al sistema de información de localización de inundaciones a través de GSM utilizando los servicios de SMS para que los usuarios puedan ver los cambios en la altura de la inundación basados en la ubicación.	Se aprecia que otras de las funciones del módulo GSM es poder enviar su ubicación, si trabaja con un receptor adecuado. En caso del proyecto no ha sido necesaria el uso de esta función, dado que solo se necesita la notificación de determinados eventos.
6	<i>Smart Cities and Buildings: GSM Based Smart Electric Energy Meter Billing System</i> (8).	Crear un sistema de facturación de contadores de energía inteligentes seguro, automatizado y de bajo costo.	El contador diseñado puede enviar un mensaje al cliente a una hora predeterminada y también el informe se muestra en la pantalla LCD digital. La potente	Ambos sistemas logran cumplir el objetivo propuesto.

<p>7 <i>Microcontroller based Digital Meter with Alert System using GSM</i> (10).</p>	<p>Utilizar la técnica de domótica en el Medidor Digital para controlar la temperatura y la humedad de la vivienda incluyendo el sistema de alerta de incendios.</p>	<p>factura envía un mensaje al móvil del usuario por un periodo exacto. El medidor digital basado en un microcontrolador junto con el sistema de alerta puede implementarse como un producto de bajo coste y es posible utilizarlo en todos los hogares. Pueden ser útiles para mantener la temperatura y la humedad dentro de los límites.</p>	<p>La característica principal en este antecedente es la seguridad, es decir la alerta temprana para la prevención de incendio en un hogar. Dicha característica también es empleada por el proyecto con la diferencia de que incluye un sensor de movimiento y un sensor magnético para control de perímetro y gabinete, respectivamente. El Sistema informe ante alguna vulneración de su seguridad.</p>
<p>8 <i>Design and implementation of an automatic tamper detection and reporting capability for a single phase energy meter</i> (11).</p>	<p>Reducir el robo de energía eléctrica a las empresas que la distribuyen.</p>	<p>Se contribuye a las empresas de distribución de electricidad, ya que ayudará a frenar el robo de energía y la manipulación de contadores. En particular, cuenta con un sistema de alerta por SMS que se activa en el momento de la manipulación y el establecimiento de la derivación.</p>	<p>Se contribuye a las empresas de distribución de electricidad, ya que ayudará a frenar el robo de energía y la manipulación de contadores. En particular, cuenta con un sistema de alerta por SMS que se activa en el momento de la manipulación y el establecimiento de la derivación.</p>

3.1.14.2. Tesis

Tabla 15. Discusión de resultados de antecedentes (tesis)

N.º	Antecedente	Resultado	Comparación con el proyecto
1	<p><i>Implementación de un sistema de control y monitoreo a distancia en procesos de ensamble con robot industrial Kawasaki Rs003 por medio de la red GSM en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de Mecánica</i> (12).</p>	<p>Se implementó un sistema de control y monitoreo a distancia en proceso de ensamble con robot industrial Kawasaki RS003N por medio de la red GSM en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.</p>	<p>Se aprecia en estos antecedentes el control de sus procesos a distancia, donde utilizar un módulo GSM, lo hace posible. El proyecto incluye un control similar, que se usa para controlar diferentes actuadores y ver el estado en el que se encuentran.</p>
2	<p><i>Análisis e implementación de un sistema de geolocalización, monitoreo y control de vehículos</i></p>	<p>Se implementó un sistema de geolocalización, monitoreo y control de vehículos automotrices basado en protocolos GPS/GSM/GPRS. Además, se diseñó e implementó una red de</p>	<p>Se puede concluir que ambos sistemas son eficientes en ese control.</p>

	<i>automotrices basado en protocolos GPS/GSM/GPRS para la ciudad de Puno (13).</i>	comunicación para la transferencia de datos por la red GPRS entre un servidor central y el dispositivo GPS.	
3	<i>Monitoreo y control mediante mensajes de texto (GSM) para un sistema automatizado de propagación de plantas de ornato (1).</i>	Se diseñó e implementó un sistema de automatización para mejorar la propagación de plantas ornamentales, que además se pueda controlar y monitorear mediante mensajes de texto GSM (SMS).	Este sistema presenta la característica principal de ser automatizado. El presente proyecto también cumple con esa característica por lo que se pueden realizar tareas automáticas o vía comando.
4	<i>Desarrollo del prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa Familia Castro y Baca S. A. C. (2).</i>	Se configuró e implementó un prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa FC&B S. A. C.	El antecedente muestra que ha sido importante agrupar elementos de seguridad para el cuidado de determinada zona o vehículo, además de las alertas vía GSM al responsable. El proyecto cuenta con sensores que alertan posibles vulneraciones. Se concluye que ambos sistemas son seguros.
5	<i>Implementación, control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS (3).</i>	Se implementó un sistema de control y monitoreo para la seguridad vehicular mediante redes GSM/GPRS.	La característica principal en este antecedente es la seguridad, es decir la alerta temprana para la prevención de incendio en un hogar. Dicha característica también es empleada por el proyecto con la diferencia de que incluye un sensor de movimiento y un sensor magnético para control de perímetro y gabinete, respectivamente. El Sistema informe ante alguna vulneración de su seguridad.
6	<i>Diseño e implementación de un sistema domótico remoto vía GSM para el hotel San Miguel (16).</i>	Un nivel de satisfacción de los administrados de un 90 % y una reducción de pérdidas en los bienes de los huéspedes, así mismo un ahorro de energía del 20 %.	
7	<i>Sistema de alarma remota por falta de energía eléctrica para 8 contenedores refrigerados mediante SMS y aplicativo Android (17).</i>	Se diseñó y construyó un sistema de alarma remota por falta de energía eléctrica para 8 contenedores refrigerados mediante SMS y el uso de un aplicativo Android.	

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN

4.1. Proceso de construcción

4.1.1. Planeación

En esta primera etapa se realizó la recopilación de información acerca de todos los problemas que tenía la empresa, como demora en el control de la antena microondas, reseteo de equipos electrónicos en gabinete y seguridad, además de encendido de un cerco eléctrico.

Con esta información se procedió a realizar la famosa técnica de “lluvia de ideas”, para encontrar los elementos más adecuados que puedan dar solución al problema y el sistema pueda ser eficiente. Es así, que se concluye en usar sensores (movimiento, magnético y temperatura) para cubrir el aspecto de seguridad, un microcontrolador para tener control de las tareas de manera automática y finalmente un módulo GSM, que permitirá un control eficiente a distancia a través de comandos enviados vía mensajes de texto (SMS).

4.1.2. Concepción

Con los elementos más importantes definidos, se realizó el listado de todas las funciones a cumplir por el sistema. A continuación, se detallan:

- Envío y recepción de comando vía SMS para encendido de antena.

- Envío y recepción de comando vía SMS para encendido de cerco eléctrico.
- Envío y recepción de comando vía SMS para lectura de temperatura.
- Envío y recepción de comando vía SMS para activación/desactivación de sirena y lámpara.
- Control de un ventilador a partir de valores leídos por el sensor de temperatura.
- Control de sirena a partir de un sensor de movimiento y magnético.
- Notificación vía SMS de apertura de gabinete.
- Notificación vía SMS de intrusos cerca del sistema.
- Control de una lámpara a partir de valores leídos por un sensor de luminosidad.

4.1.3. Proyecto

En esta etapa se realizó la consolidación de la idea de hardware del sistema. En primer lugar, se realizó el diagrama de bloques del sistema (figura 34), seguido de un análisis estadístico que permitió determinar la mejor combinación de componentes para el sistema, todo ello se puede revisar en el capítulo III. Asimismo, en la figura 19 se aprecia el diagrama final del sistema realizado en el software Proteus 8 Professional. En la siguiente etapa se detalla la construcción del proyecto.

4.1.4. Desarrollo

4.1.4.1. Recursos de la empresa

- Antenas de señal microondas utilizadas para brindar servicio de internet y cable pertenecientes a la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C.
- Cajas de alimentación, reguladores y estabilizadores de tensión que brindan la alimentación a las antenas microondas que utiliza la empresa.

4.1.4.2. Materiales

Tabla 16. Costo de materiales

Rubro	Descripción	Cantidad	P. unitario	P. total
Programas	MikroC	1	S/ -	S/ -
	Mendeley	1	S/ -	S/ -
	Microsoft Office	1	S/ -	S/ -
	Proteus Professional	1	S/ -	S/ -
	Minitab	1	S/ -	S/ -
	Altium	1	S/ -	S/ -
Equipos	Osciloscopio	1	S/ 450.00	S/ 450.00
	Fuente de alimentación	1	S/ 50.00	S/ 50.00
	Multímetro	1	S/ 50.00	S/ 50.00
	Pickit 3 (quemador)	1	S/ 80.00	S/ 80.00
Viáticos	Transporte	30	S/ 12.00	S/ 360.00
	Alimentación	30	S/ 6.00	S/ 180.00
Material de escritorio	Papel Bond A4 1/2 millar	1	S/ 8.00	S/ 8.00
	Bolígrafos	4	S/ 0.50	S/ 2.00
	Folder	6	S/ 0.50	S/ 3.00
	Cuadernos	2	S/ 3.00	S/ 6.00
	Impresión	400	S/ 0.20	S/ 80.00
Materiales para prototipo	Módulo GSM SIM900	2	S/ 72.00	S/ 144.00
	PIC18F2550	2	S/ 23.00	S/ 46.00
	Sensor de movimiento	1	S/ 20.00	S/ 20.00
	Sensor de temperatura	1	S/ 70.00	S/ 70.00
	Sensor magnético	1	S/ 12.00	S/ 12.00
	Ventilador	2	S/ 30.00	S/ 60.00
	Estabilizador	1	S/ 60.00	S/ 60.00
	UPS	1	S/ 112.00	S/ 112.00
	Relé Q4100F G5V-1	6	S/ 10.00	S/ 60.00
	Pulsera antiestática	2	S/ 10.00	S/ 20.00
	Regulador de voltaje	4	S/ 5.00	S/ 20.00
	PCB	1	S/ 150.00	S/ 150.00
	Otros	1	S/ 50.00	S/ 50.00
Total				S/ 2,093.00

4.1.4.3. Diagrama de bloques

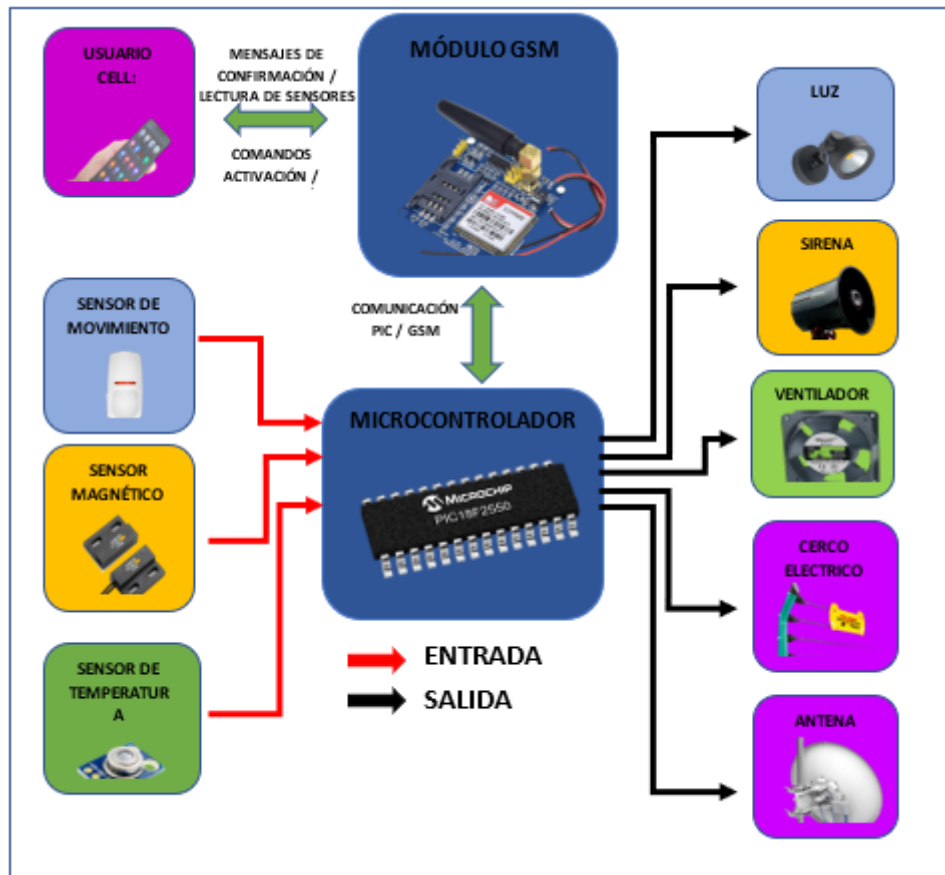


Figura 33. Diagrama de bloques del sistema de monitoreo y control

4.1.4.4. Configuración de módulo GSM900

- Colocar la tarjeta Sim en el módulo GSM (no es necesario datos salvo que se desee usar la conexión GPRS).
- Conectar los pines RX y TX del módulo a los pines TX(17) y RX(18) del PIC18F2550 respectivamente, para comunicarse mediante UART TTL (5 V).
- Alimentar el módulo mediante la conexión de los pines 5 V y GND.
- Conectar el módulo GSM a la PC mediante módulo TTL por su puerto USB serial.

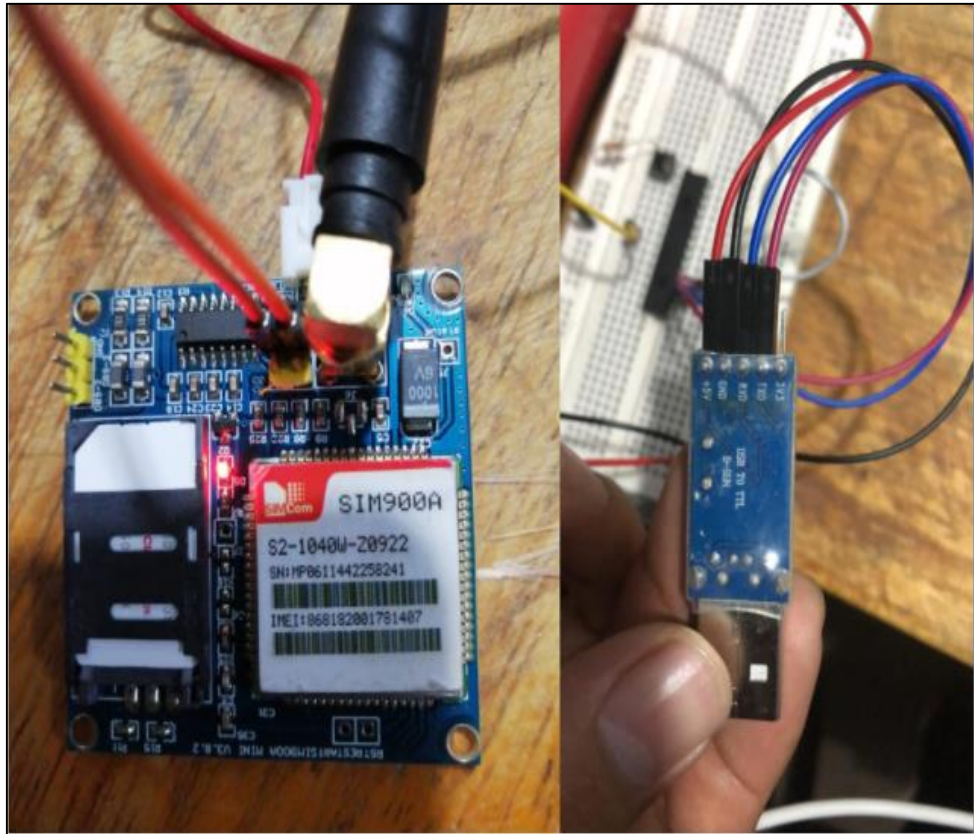


Figura 34. Conexión entre Sim900 y módulo TTL

- e. Utilizando el Software Tera Term VT, se identifica en qué puerto COM en administrador de dispositivos de la PC, esto para poder enlazar con el software Tera Term VT.

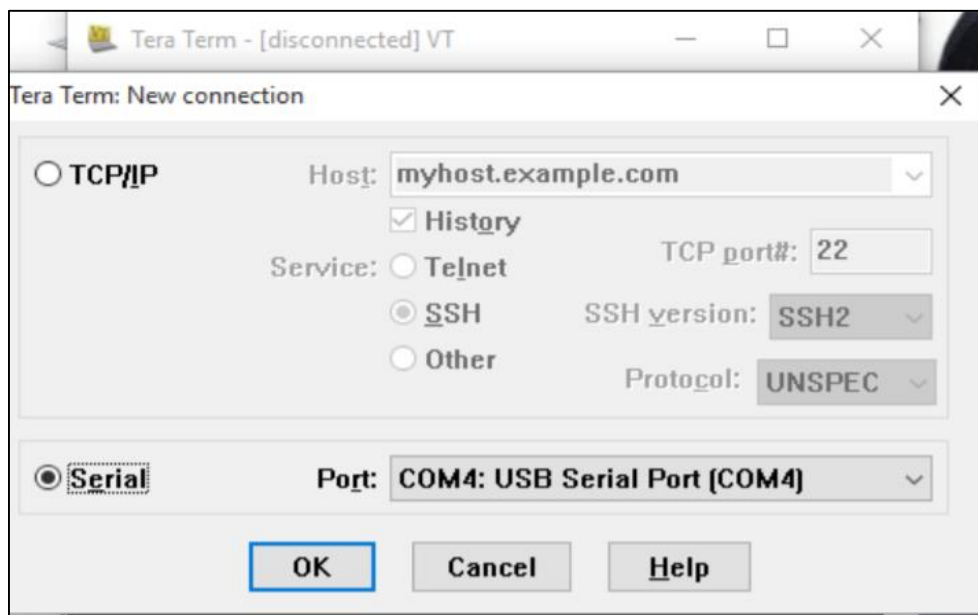


Figura 35. Opciones de configuración en Tera Term

- f. Ahora sí, ya se puede encender el módulo GSM conectándolo directamente a fuente y esperar que capte señal (led NET oscila cada 3 segundos).

Si todo se realizó correctamente debería mostrar en el monitor serial lo siguiente:

```
RDY
+CFUN: 1
+CPIN: READY
Call Ready
```

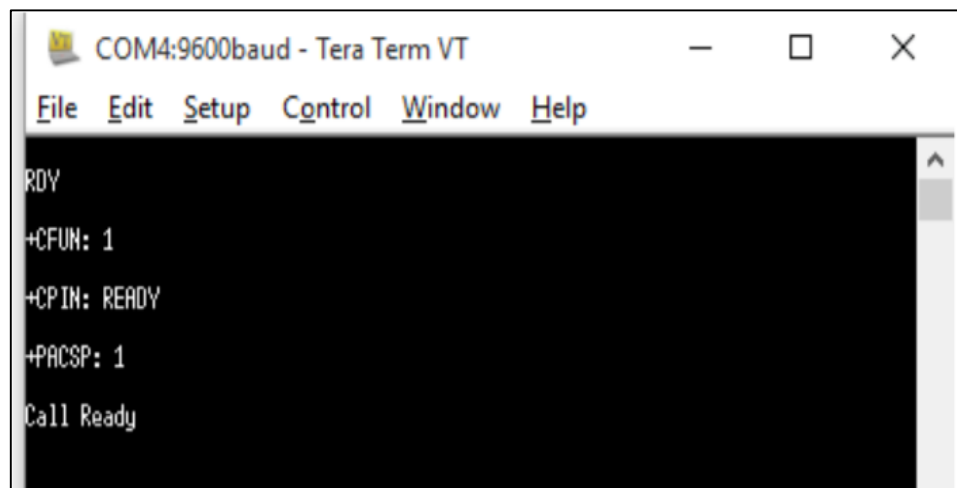


Figura 36. Comandos que indican comunicación exitosa con Sim900

- g. El enviar mediante el monitor serial el comando AT, se debe recibir OK.
- h. Para el envío de un mensaje de prueba, se ingresan los siguientes comandos en el monitor serial:
- AT+CMGF=1 (devuelve OK).
 - AT+CMGS= "<número de teléfono de destino>"
 - <Texto de prueba>
 - Control + Z (para indicar fin del mensaje. Si no, también se puede enviar el carácter hexadecimal 01xa).

- i. El módulo devuelve OK y se debería recibir el SMS en el teléfono móvil.

4.1.4.5. Simulación y código de programación

Simulación en software Proteus

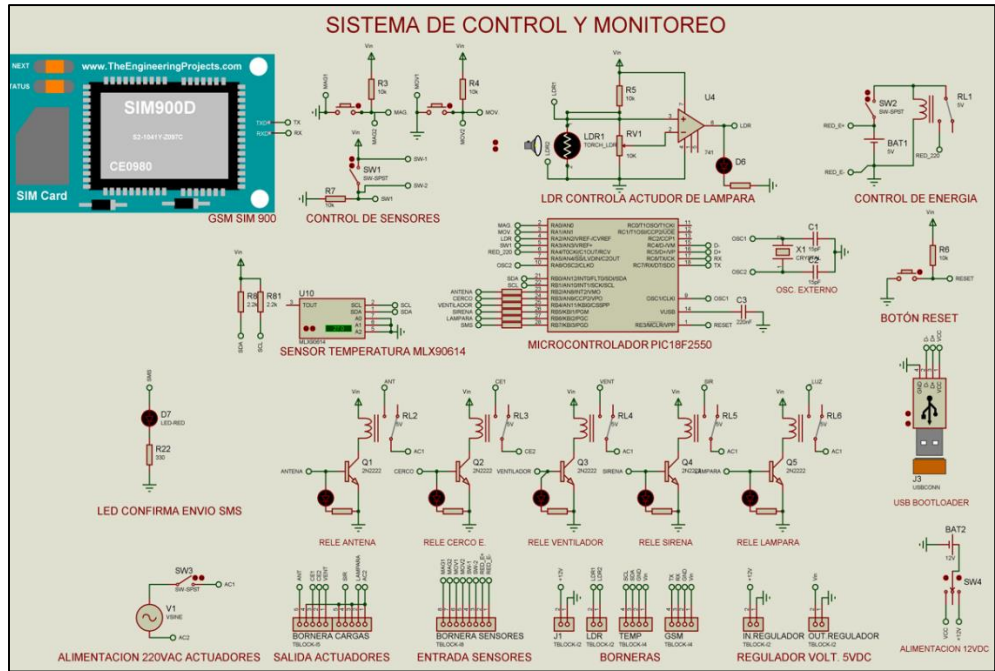


Figura 37. Diagrama eléctrico final del sistema de control y monitoreo

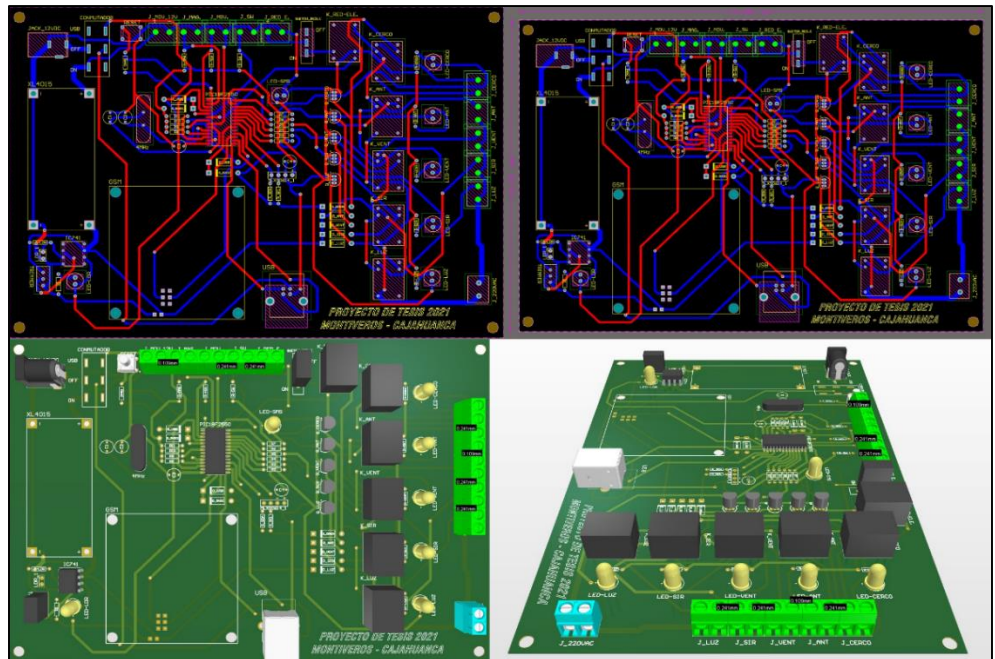


Figura 38. Diseño de PCB en Altium Designer

Código de programación desarrollado en software MikroC

```
/* *****
* Programa: Sistema control y monitoreo para antenas microondas (Tesis de Titul-
* lación 2021)
* Autores: Montiveros Rojas - Cajahuanca Quijada
* Fecha:
* *****/

#include "I2C_LIBRERIA.h"

//Definiciones y Constantes
#define Antena LATB2_bit
#define Cerco LATB3_bit
#define Ventilador LATB4_bit
#define Sirena LATB5_bit
#define Luz LATB6_bit
#define D1 LATB7_bit
#define Magnetico RA0_bit
#define Movimiento RA1_bit
#define LDR RA2_bit
#define S1_SI RA3_bit
#define RED_E RA4_bit

#define ON 1
#define OFF 0

//Variables
unsigned short Estado_0, Estado_01, Estado_1, Estado_2, Estado_3, Estado_4, Estado_5;
// Variable de estado
unsigned short Alerta_1, Alerta_2, Alerta_3, Alerta_4, Alerta_5, Alerta_6;
// Variable para envío de SMS
unsigned short Leido_1, Leido_2, Leido_3, Leido_4; // Variable
para recepción de SMS
unsigned Decimas3_s; // Contador de
décimas de segundo sensor de temperatura
unsigned Decimas_s; // Contador de
décimas de segundo para sirena y luz
// Variables para envío y recepción de SMS
char Dato[1];
char trama[20];
unsigned short borrar_sms, b, i;
bit control_info, CMTI, ANT_A, ANT_E; // bits de control de
comandos para encender y apagar antena
bit CE_A, CE_E, pulso_cerco; // bits de control de
comandos para encender y apagar cerco
bit sensor_timer, TEMP, FALLA; // bits de control de
comandos para lectura de temperatura
bit Sirena_master, ACT_S, DST_S; // bits de control de
comandos para activar y desactivar sirena
bit mov, mag; // bits de control para
mensajes de alerta de sensor de movimiento // y sensor magnético,

respectivamente - statechart 4 // Bit de control para
bit RE; // Bit de control para
red eléctrica 220v
// Variable para recepción de datos del sensor MLX90614
unsigned short Dato_l, Dato_h; // Variables para
almacenar datos recibidos del sensor MLX90614
unsigned int Temperatura; // Variable para
procesar datos recibidos
//Constantes de estado
// Statatechart RECEPCION
#define Inactivo_R 0
#define Procesa_info 1
#define Comandos 2
// Envío SMS
#define Inactivo_E 0
#define Envio_sms 1
// Statatechart 1
#define Encendido 0
#define Apagado 1
// Statatechart 2
#define Apagado_CE 0
#define Encendido_CE 1
```

El código de programación presentado, se realizó utilizando Statecharts (Diagramas de estado), esta técnica permitió realizar el código de manera ordenada y eficaz, para la posterior depuración de errores al momento de las pruebas (33).

4.1.5. Implementación de circuito

Una vez realizadas las pruebas y simulaciones en Protoboard del correcto funcionamiento de todos los dispositivos conectados, se procede a instalar todos los componentes sobre una placa PCB que serán soldados posteriormente, tal como se muestra en la imagen.

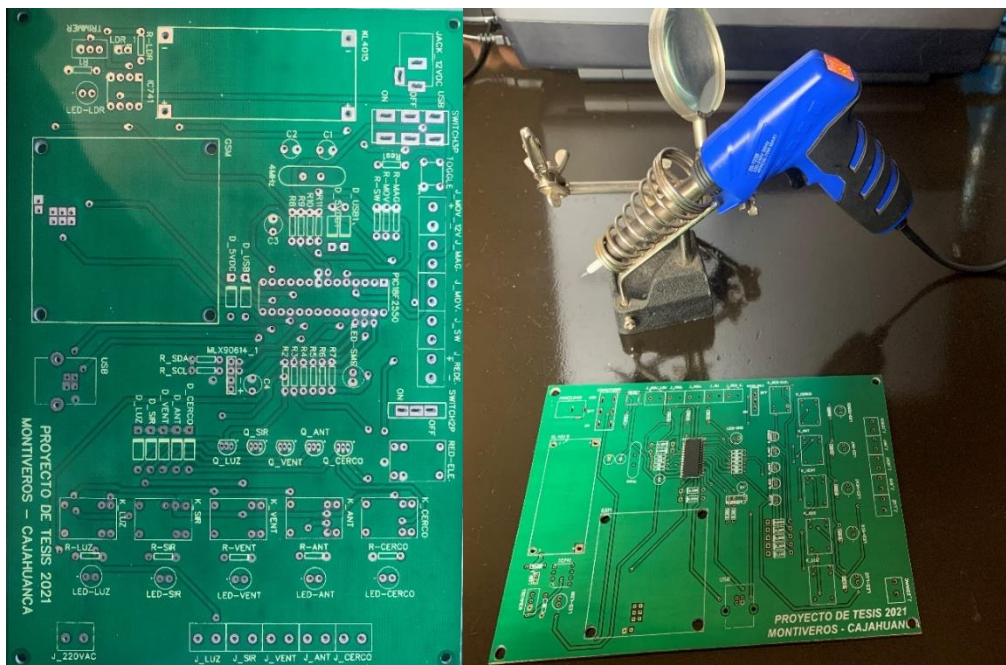


Figura 39. Implementación de componentes en tarjeta electrónica

Se sueldan los componentes sobre una placa PCB de 12 x 18 cm, usando el diagrama elaborado en el programa Proteus.

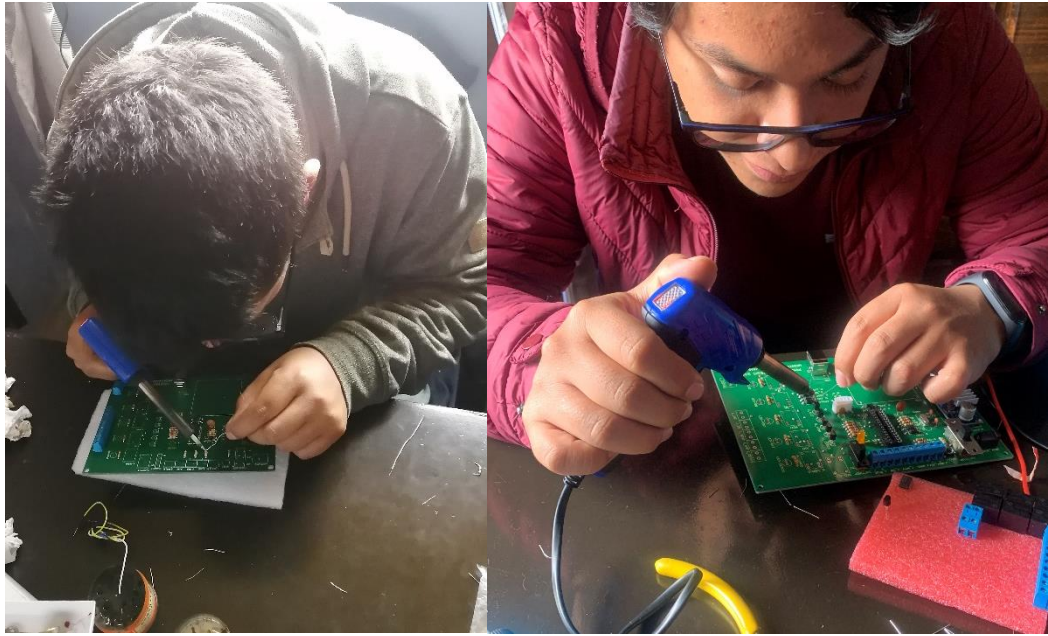


Figura 40. Soldado de compones en PCB

Realizada la instalación de todos los componentes en la placa PCB se verifica el correcto funcionamiento, utilizando los sensores de entrada, así como también los actuadores de salida, posterior a ello se acondiciona sobre un gabinete metálico que lo proteja del agua u otro factor externo que pueda dañar el sistema, para que finalmente sea instalada y probada en la empresa.

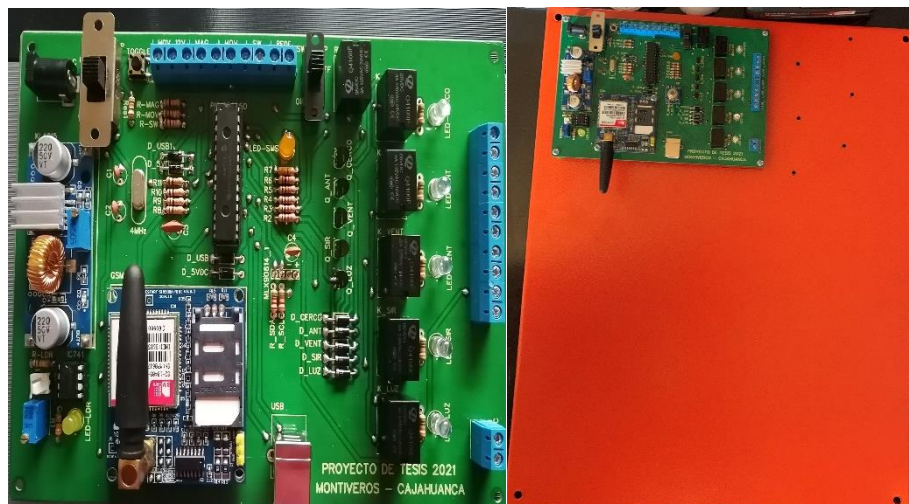


Figura 41. Tarjeta electrónica final en base de gabinete metálico

4.1.6. Pruebas

En este apartado se presenta evidencia del sistema diseñado e

implementado en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. se aprecia que las primeras son de los comandos enviados de las diferentes acciones que se requieren. Finalmente, se encuentra la imagen de la implementación completa del sistema.

- Envío y recepción de comando vía SMS para encendido de antena.

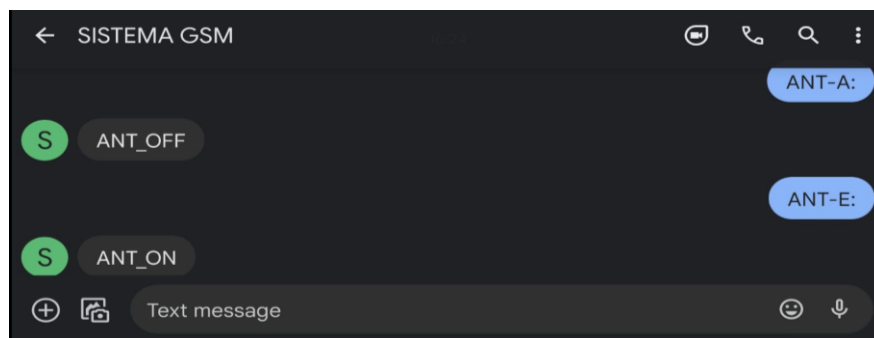


Figura 42. SMS de encendido y apagado de antena microondas

- Envío y recepción de comando vía SMS para encendido de cerco eléctrico.

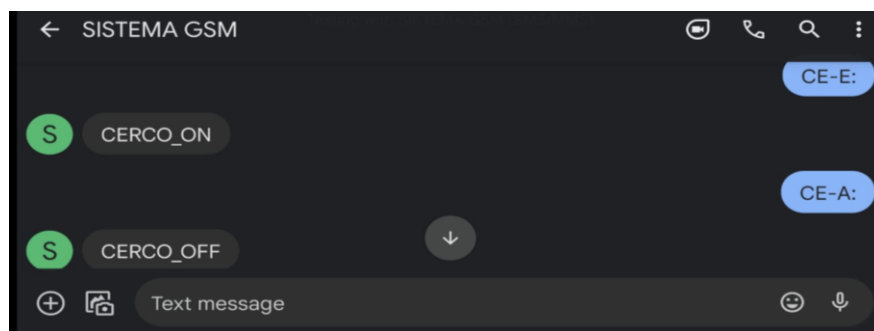


Figura 43. SMS de encendido y apagado de cerco eléctrico

- Notificación vía SMS de apertura de gabinete.

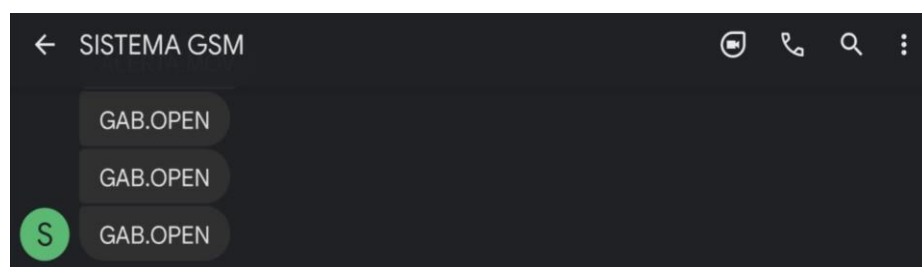


Figura 44. SMS de alerta de apertura de gabinete

- Envío y recepción de comando vía SMS para lectura de temperatura.

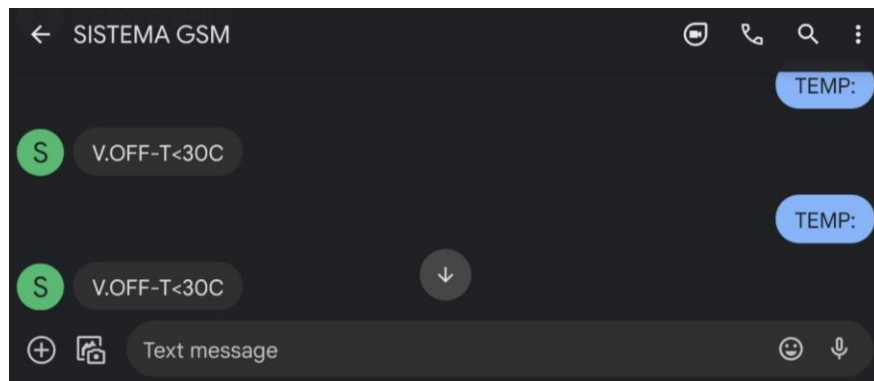
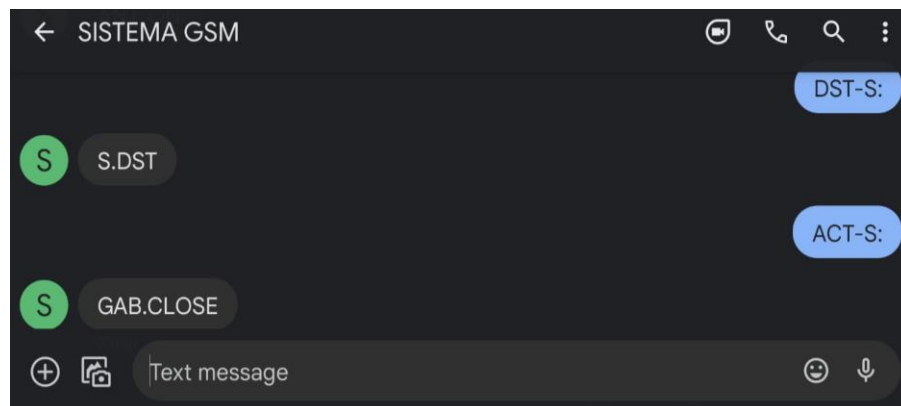


Figura 45. SMS para lectura de temperatura

- Envío y recepción de comando vía SMS para activación/desactivación de sirena y lámpara.



SMS de activación y desactivación de sirena y lámpara

- Notificación vía SMS de intrusos cerca del sistema.

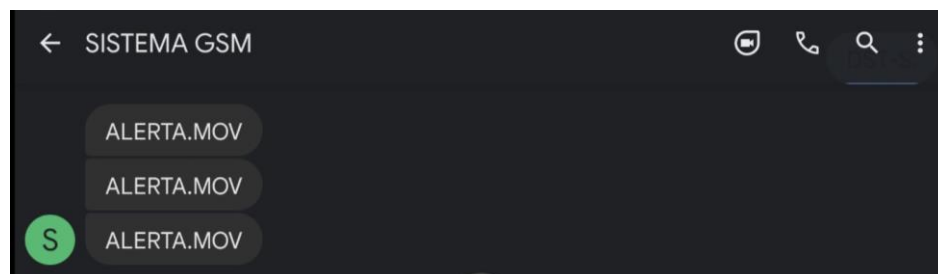


Figura 46. SMS de alerta de movimiento

- Notificación de estado de energía eléctrica.

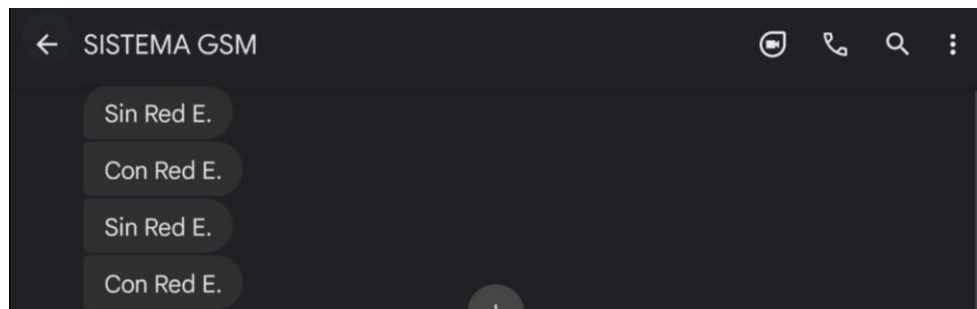


Figura 47. SMS de alerta de energía eléctrica

Se conecta el dispositivo con los equipos de la empresa para realizar las pruebas de correcto funcionamiento, para luego dejar instalado e implementado y cumplir con el objetivo del proyecto.



Figura 48. Sistema final implementado en el gabinete de la antena microondas

4.2. Presentación de resultados

Los resultados obtenidos:

- Envío y recepción de comando vía SMS para encendido de antena en un lapso de tiempo de 15.8 segundos.
- Envío y recepción de comando vía SMS para encendido de cerco eléctrico en un lapso de tiempo de 13.9 segundos.
- Envío y recepción de comando vía SMS para lectura de temperatura que sea menor a 28 °C y mayor a 40 °C superando este valor encenderá el sensor para

refrescar los dispositivos del sistema, el comando toma un lapso de 15.27 segundos en enviar y ejecutar.

- Envío y recepción de comando vía SMS para activación/desactivación de sirena y lámpara en un lapso de 15.6 segundos.
- Control de un ventilador a partir de valores leídos por el sensor de temperatura, lo realiza inmediatamente, una vez recopilado por el sensor de temperatura los valores actuales.
- Control de sirena a partir de un sensor de movimiento y magnético, lo realiza inmediatamente al encontrar un evento o presencia por parte del sensor magnético y de movimiento, respectivamente.
- Notificación vía SMS de apertura de gabinete en un lapso de 6.8 segundos.
- Notificación vía SMS de intrusos cerca del sistema en un lapso de 6.5 segundos.
- Control de una lámpara a partir de valores leídos por un sensor de luminosidad, lo realiza inmediatamente cuando no percibe la luz solar y cae la noche.

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control con módulo GSM para antenas microondas en la empresa Soto Guerrero Hnos. S. A. C. Dicho sistema es eficiente en cuanto a tiempo y seguridad se refiere. Ha demostrado que existe reducción significativa de tiempo en la reducción de tareas que antes se solía hacer de manera manual y ahora es un proceso automatizado. Además, tiene la ventaja de controlarse vía mensajes de texto (SMS), por lo que, siempre se tendrá monitoreado al sistema sin importar la distancia.
- El módulo GSM Sim900 permite el control adecuado vía SMS de encendido y apagado del equipo de energía eléctrica, encargado de controlar la antena microondas.
- Al tener un sistema automatizado y controlado a distancia, ha sido posible mejorar el servicio de radio frecuencia que ofrece Soto Guerrero Hnos. S. A. C., ya que, ante cualquier reinicio necesario de la antena, solo se utiliza un mensaje de texto para efectuar la tarea, en lugar de ir hasta el lugar donde está ubicada la antena.
- En cuanto a la seguridad de la antena microondas, el sistema incorpora dos sensores: el de movimiento y magnético. El primero con barrido de 120° a una distancia de 5 m; ante cualquier evento al detectar movimiento, notifica a la empresa mediante un SMS para tomar las acciones pertinentes.
- El segundo, colocado en la puerta del gabinete, notifica a la empresa vía SMS si existe apertura no autorizada.
- Adicionalmente a los componentes de seguridad que incorpora el sistema, se tiene la función de encendido o apagado de un cerco eléctrico, es decir, si se incorpora este dispositivo, la empresa será capaz de controlarlo a distancia e incrementar la seguridad perimetral de la antena microondas.

TRABAJOS FUTUROS

- Mejorar la implementación en su mayoría o totalidad por componentes SMD de montaje superficial, lo que permitirá una reducción drástica en el tamaño de la placa y un mejor desempeño del sistema, ya que consumirá menor corriente, así como también contará con un mejor acabado de diseño.
- Elaborar un aplicativo que permita conectar exclusivamente las funciones del sistema, de ese modo tener un mejor control de las acciones, envíos y recepción de los datos para realizar el monitoreo del sistema.
- Conectar mediante sistema ethernet ya que se tiene el servicio de datos directamente de los equipos microondas de la empresa, todo esto con el fin de usar las distintas plataformas de mensajería como Whatsapp, Facebook Messenger, Telegram, entre otras; todo esto contando con un respaldo de conexión GSM contra cualquier incidente de falla de datos.
- Aplicar el sistema en cualquier otro campo donde se requiera automatización remota, ya sea para el control de dispositivos eléctricos, electrónicos o monitorizar el desarrollo de funciones, recopilación de datos mediante el uso de sensores o sistemas complejos. Todo esto con el fin de contribuir con el desarrollo tecnológico y experimental en la región Junín, así como también en el Perú.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **URGILES GUERRERO, Carlos y CALLE ORMAZA, Ramiro.** *Monitoreo y control mediante mensajes de texto (GSM) para un sistema de automatización de propagación vegetativa de plantas de ornato.* Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2010.
2. **MÉNDEZ FAJARDO, Hamilton y CAMPOS SUÁREZ, Javier.** *Desarrollo del prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa familiar Castro y Baca S. A. C.* Lima : Universidad Tecnológica del Perú, 2016.
3. **BEDOYA GIRALDO, Yeferson, SALAZAR GIRALDO, Cristian Felipe y MUÑOZ LOZANO, Jhon Fredy.** *Control y monitoreo de un sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS.* Universidad Tecnológica Pereira. Pereira : s.n., 2013.
4. **MAHFUZA, Sultana; SHAJARATUL, Islam; MAHBUBUL, Alam.** *Estudio y diseño de un sistema de detección de temperatura basado en un microcontrolador junto con una interfaz de sistema global para móviles (GSM) y un mecanismo de alarma para su uso en diferentes almacenes sensibles a la temperatura.* 5, Bangladesh, India : International Journal of Mechanical Engineering and Robotics, 2019, Vol. 8.
5. **MOHAMMED, Hussein A.; ISMAIL, Sura F.** *Diseño e implementación de un sistema de monitorización a distancia del nivel de pH en las redes de agua potable de Bagdad.* 3, Baghdad, Iraq : Telkomnika Telecommunication, Computing, Electronics and Control , 2018, Vol. 19.
6. **JAIWAL, Supriya, y otros.** *Gestión de la demanda mediante un contador de energía inteligente con tecnología GSM.* Nagpur, India : International Conference on Power Systems (ICPS), 2017, Vol. 7.
7. **DEDI, Satri, y otros.** *Implementación de la comunicación de datos sobre inundaciones basada en GSM en el sistema de información sobre la ubicación de las inundaciones.* Aceh, Indonesia : South Aceh International Conference on Engineering and Technology, 2019, Vol. 1.

8. **ALAM, Abrarul; ZEYAD, Mohammad.** *Ciudades y edificios inteligentes: Sistema de facturación de contadores eléctricos inteligentes basado en GSM.* Dhaka, Bangladesh. : IEEE International Conference on Power, Electrical, and Electronics and Industrial Applications (PEEIACON), 2019.
9. **HOLOVATYY, Andriy, y otros.** *Desarrollo de un sistema embebido basado en Arduino para la detección de gases tóxicos en el aire.* Lviv, UKRAINE : IEEE CSIT, 2018.
10. **BHARATHKUMAR, V., y otros.** *Microcontroller based Digital Meter with Alert System using GSM.* Coimbatore, India : International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO), 2017, Vol. 11.
11. **MHENRIOR, H. E., y otros.** *Diseño e implementación de detección y capacidad de reporte automático de manipulaciones para un contador de energía monofásico.* A2017, IEEE 3rd International Conference on Electro-Technology for National Development (Nigercon), págs. 1-9.
12. **CEVALLOS RODRIGUEZ, Hortencio Delfín; GUALACIO PADILLA, José Luis.** *Implementación de un sistema de control y monitoreo a distancia en procesos de ensamblaje con robot industrial Kawasaki RS003 por medio de la red GSM en el laboratorio de automatización industrial de la facultad de Mecánica.* Escuela Superior Técnica de Chimborazo. Chimborazo : s.n., 2017. Tesis de grado.
13. **COPARI, Fredy Gonzalo; TURPO, Fredy.** *Análisis e implementación de un sistema de geolocalización, monitoreo y control de vehículos automotrices basado en protocolos GPS/GSM/GPRS para la ciudad de Puno.* Universidad Nacional del Altiplano. 2015. Tesis de grado.
14. **ASTUDILLO LEÓN, Pablo Juan; DELGADO TELLO, Gustavo Edgar; ROBLES Vladimir.** *Sistema de localización monitoreo y control vehicular basado en los protocolos GPS/GSM/GPRS.* 2013. pág. 236.
15. **VELA REMACHE, Pablo Andrés.** *Estudio y diseño de un radio enlace para transmisión de datos, e internet en frecuencia libre para la cooperativa indígena Alfa y Omega, utilizando equipos Airmax de Ubiquiti.* 2015. pág. 96, Tesis de grado.

16. **OÑA CHIPUXI, Rosa Yadira.** *Diseño e implementación de un sistema domótico remoto vía GSM para el hotel San Miguel.* Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Quito : s.n., 2016. Tesis de grado.
17. **YAMUNIQUE MORE, Julio César.** *Sistema de alarma remota por falta de energía eléctrica para 8 contenedores refrigerados mediante SMS y aplicativo Android.* Universidad Nacional de Piura. Piura : s.n., 2018.
18. **ARANDA, Diego.** *Electrónica: plataformas Arduino y Raspberry Pi.* Buenos Aires : Fox Andina; Dálaga S.A., 2014. 978-987-1949-56-4.
19. **Google sites.** Electrónica de Control. [En línea] [Citado el: 25 de junio de 2021.] <https://sites.google.com/site/ingeneriaelectronicaitm/home/electronica-de-control>.
20. **PÉREZ, Jorge; VARGAS, Edwin.** *Introducción al microcontrolador.* 2004.
21. **FACTORY, GEEK.** Geek Factory. [En línea] 2019. <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-magnetico-para-ventanas-y-puertas/>.
22. **Solerpalau.** Sensores de movimiento: cómo funcionan y aplicaciones más frecuentes. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de junio de 2021.] <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sensores-movimiento/>.
23. **SRC.** Tipos de sensores de temperatura. [En línea] [Citado el: 15 de junio de 2021.] <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>.
24. **CORONA, Leonel; ABARCA, Griselda; MARES, Jesús.** *Sensores y actuadores.* México D. F. : Grupo editorial Patria, S. A. de C. V., 2014. ISBN 978-607-438-936-4.
25. **RAFFINO ESTELA, María.** ¿Qué es un sistema? . [En línea] 2020. [Citado el: 15 de mayo de 2019.] <https://concepto.de/sistema/>.
26. **PÉREZ PORTO, Julián; GARDEY, Ana.** Definición de control. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de junio de 2019.] <https://definicion.de/control/>.
27. —. Definición de monitoreo. [En línea] 2010. [Citado el: 15 de junio de 2019.] <https://definicion.de/monitoreo/>.
28. **HUIDOBRO, José Manuel.** *Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UTMS y LTE.* México D. F. : Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V., 2013. 978-607-707-449-6.

29. **ESPINOZA MONTES, Ciro.** *Metodología de investigación tecnológica.* Huancayo : Ciro Espinoza Montes, 2014.
30. **QUISPE ANCASSI, Carlos; CAMAYO HUAMANCULI, Kevin.** *Metodología de investigación tecnológica para ingenierías.* Huancayo : Presscom, 2020. ISBN 978-612-00-5244-0.
31. **Presidencia del Consejo de Ministros.** *Estándares de calidad ambiental (ECA) para radiaciones no ionizantes.* Ministerio del Ambiente. Perú : s.n., 2005. Decreto Supremo N.o 010-2005-PCM.
32. **Dirección General de Eficiencia Energética.** *Ley de promoción del uso eficiente de la energía.* Ministerio del Ambiente. Perú : s.n., 2000.
33. **MERLO GÁLVEZ, Juan Luis.** *Métodos de programación de microcontroladores.* I. E. S. T. P "A. A. C. D.". Huancayo : s.n., 2020.