	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR:

NOMBRE(S): ADRIAN DANILO

APELLIDOS: SEQUERA MESA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): KARLA CEICILIA

APELLIDOS: PUERTO LOPEZ

NOMBRE(S): EDWIN ARTURO

APELLIDOS: TARAZONA OCHOA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): SISTEMA ELECTRÓNICO DE VIGILANCIA REMOTO PARA LOS GABINETES DE MEDICIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER CENS S.A E.S.P

RESUMEN

Consiste en el diseño y construcción de un prototipo de alarma electrónica que permita alertar, registrar y evidenciar en tiempo real la manipulación indeseada de los elementos de medición ubicados en los gabinetes de la empresa, esto con el fin de tener un mayor control sobre los gabinetes y evitar pérdidas de energía a largo plazo. La funcionalidad de este inicia principalmente por una señal de alerta emitida por sensores magnéticos, seguido de esto el sistema graba un video, después el sistema envía una señal por medio de un transceptor de radiofrecuencia a otro modulo concentrador-receptor que estará ubicado en el poste, el microcontrolador ubicado en el concentrador da una alerta de forma inmediata por medio de un mensaje de texto. Este prototipo tiene la finalidad de atender múltiples gabinetes en un solo sector.

PALABRAS CLAVE: comunicación GSM, servidor FTP, comandos AT, comunicación UART, compuertas lógicas.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 100 PLANOS: 2 ILUSTRACIONES: 30 CD ROOM: 1

SISTEMA ELECTRÓNICO DE VIGILANCIA REMOTO PARA LOS GABINETES DE
MEDICIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE
SANTANDER CENS S.A E.S.P

ADRIAN DANILO SEQUERA MESA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA

SAN JOSE DE CÚCUTA

2020

SISTEMA ELECTRÓNICO DE VIGILANCIA REMOTO PARA LOS GABINETES DE
MEDICIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE
SANTANDER CENS S.A E.S.P

Presentado por:

ADRIAN DANILO SEQUERA MESA

Proyecto De Grado Modalidad Trabajo Dirigido

DIRECTOR:

Karla Cecilia Puerto Lopez

I.E MSc. Ingeniería en Telecomunicaciones

CODIRECTOR:

Edwin Arturo Tarazona Ochoa

I, ES.p. Sistemas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRONICA

SAN JOSE DE CÚCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

Fecha: CÚCUTA, 12 DE NOVIEMBRE DE 2020
Hora: 15:00
Lugar: MODALIDAD REMOTA SINCRÓNICO
Plan de Estudios: INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Título de la Tesis: "SISTEMA ELECTRÓNICO DE VIGILANCIA REMOTO PARA LOS GABINETES DE MEDICIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA CENTRALES ELÉCTRICAS DE NORTE DE SANTANDER CENS S.A E.S.P"
Jurados: IE, MSc SERGIO ALEXANDER CASTRO CASADIEGO
IE, Esp SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA
Director: IE, MSc KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ
Codirector: I, Esp EDWIN ARTURO TARAZONA OCHOA

Nombre del Estudiante	Código	Calificación
ADRIAN DANILO SEQUERA MESA	1161073	CUATRO, TRES (4,3)

APROBADA



SERGIO ALEXANDER CASTRO CASADIEGO



SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA



DINAEEL GUEVARA IBARRA
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Electrónica



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

Adrian Danilo Sequera Mesa, identificado(s) con la C.C.Nº 1090500403, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado sistema electrónico de vigilancia remoto para los gabinetes de medición de energía de la empresa centrales eléctricas de Norte de Santander CENS S.A E.S.P presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de ingeniero electrónico; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que "**los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores**", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Adrian D. Sequera

CC: 1.090.500.403

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	12
1. Planteamiento del problema	13
2. Justificación	15
2.1. Beneficios tecnológicos	16
2.2. Beneficios económicos	16
2.3. Beneficios sociales	17
2.4. Beneficios institucionales	17
3. Alcances	18
3.1. Tipo de proyecto	18
3.2. Resultados esperados	19
3.2.1. Resultados directos	19
3.2.2. Resultados indirectos	20
4. Limitaciones y delimitaciones	20
4.1. Limitaciones	20
4.2. Delimitaciones	21
4.2.2. Delimitación espacial	21
4.2.3. Delimitación temporal	22
5. Objetivos	22
5.1. Objetivo general	22
5.2. Objetivos específicos	22

6.	Marco referencial	23
6.1.	Antecedentes	23
6.2.	Marco teórico	27
6.2.1.	Radio Frecuencia	27
6.2.2.	Magnetismo	28
6.2.3.	Sistemas de comunicaciones móviles	29
6.2.4.	Niveles lógicos de voltaje	30
6.2.5.	Sistemas embebidos	30
6.2.6.	APN (Nombre del punto de acceso, por sus siglas en inglés)	30
6.3.	Marco legal	31
7.	Diseño metodológico	33
7.1.	Objetivo 1	33
7.2.	Objetivo 2	34
7.3.	Objetivo 3	35
7.4.	Objetivo 4	36
8.	Resultados	37
8.1.	Primer objetivo: diagrama general de los prototipos	37
8.1.1.	Actividades realizadas	38
8.2.	Segundo objetivo: codificar la lógica de programación	47
8.2.1.	Actividades realizadas	50
8.3.	Tercer objetivo: implementar el sistema de alarma	70
8.3.1.	Actividades realizadas	70

8.4. Cuarto objetivo: divulgar los resultados obtenidos	80
8.4.1 Actividades realizadas	80
Conclusiones	83
Recomendaciones	85
Anexos	86
Referencias	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Sectores de Cúcuta de alto índice de pérdidas de energía	19
<i>Figura 2.</i> Zonas de Fresnel	28
<i>Figura 3.</i> Modelo de Gabinetes	34
<i>Figura 4.</i> Diagrama general del diseño físico para el funcionamiento del sistema	37
<i>Figura 5.</i> Modelo 1 - Gabinete de 24 cuentas	40
<i>Figura 6.</i> Esquema del gabinete y sus medidas	41
<i>Figura 7.</i> Modelo 2 – Gabinete integral	42
<i>Figura 8.</i> Modelo 3 – Gabinete para medidor monofásico	43
<i>Figura 9.</i> Medidas de seguridad de la empresa CENS	44
<i>Figura 10.</i> Armario ubicado dentro del galpón con seguridad privada	45
<i>Figura 11.</i> Gabinete sin protección contra abertura	46
<i>Figura 12.</i> Módulo transceptor 2.4GHz NRF24L01	52
<i>Figura 13.</i> Módulo transceptor E32-915T20D	52
<i>Figura 14.</i> Circuito de prueba del módulo GSM SIM 800L	56
<i>Figura 15.</i> Módulo GSM SIM900	57
<i>Figura 16.</i> Módulo mini GSM / GPRS A6	59
<i>Figura 17.</i> Tarjeta programable Arduino Nano	62
<i>Figura 18.</i> Módulo de cámara VGA OV7670	64
<i>Figura 19.</i> Módulo de cámara ESP32-CAM	65
<i>Figura 20.</i> Convertidores lógicos bidireccionales de 4 y 8 canales	69
<i>Figura 21.</i> Gabinete 1T08020 ubicado en el barrio Tasajero	71

<i>Figura 22.</i> PCB impresa y soldada del circuito transmisor	72
<i>Figura 23.</i> Sensores magnéticos instalados	73
<i>Figura 24.</i> Encapsulado del circuito transmisor y receptor	74
<i>Figura 25.</i> Instalación del encapsulado del circuito trasmisor	75
<i>Figura 26.</i> Conexión al barraje con equipo de seguridad	76
<i>Figura 27.</i> Encapsulado en impresión 3D de la cámara esp32-cam	77
<i>Figura 28.</i> Mensajes de texto recibidos en las pruebas del dispositivo	80
<i>Figura 29.</i> Feria empresarial Cens 2019	81
<i>Figura 30.</i> Evidencia de la video llamada por la plataforma MEET	82

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Comparación de módulos de radiofrecuencia	53
<i>Tabla 2.</i> Consumo de dispositivos electrónicos implementados	67
<i>Tabla 3.</i> Participación en el mercado de los Operadores móviles	70

Introducción

Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P, cuya sigla es CENS S.A E.S.P, es una empresa de servicios públicos mixta que está autorizada para prestar el servicio público domiciliario de energía eléctrica y sus actividades complementarias de transmisión, distribución y comercialización, así como la comercialización y prestación de servicios de telecomunicaciones y las actividades que la complementen (CENSGrupoEPM, 2018).

Entre una de sus funciones se encuentra la de hacer lecturas de medición para realizar el respectivo cobro de acuerdo a los consumos por usuario, estas lecturas deberán ser lo más precisas posibles para que la diferencia de consumos facturados y leídos sea lo menor posible y evitar pérdidas de energía a la empresa; estas pérdidas no siempre son técnicas, las perdidas por hurto de energía han venido siendo más frecuentes tanto en el sector comercial como residencial; el principal objetivo del presente proyecto es reducir este tipo de pérdidas por medio del diseño de un prototipo de alarma electrónica, para ello se usaron conocimientos principalmente en las áreas de las telecomunicaciones, la electrónica digital y la programación; por medio la interconexión de dispositivos electrónicos se logró cumplir con el propósito de dicho diseño usando elementos como módulos de radiofrecuencia, módulo de cámara, sensores, módulo de comunicación GSM, entre otros.

1. Planteamiento del problema

El grupo EPM (Empresas Públicas de Medellín E.S.P.) como filial nacional de la empresa CENS, cuenta con gabinetes de medición concentrada en circuitos de altas pérdidas de energía, estos gabinetes contienen equipos de medida en el punto de transformación, desde allí se deriva una red multifilar y se instalan terminales individuales para poder hacer lectura a sus usuarios. Como funcionalidad de los gabinetes, se encuentran el de facilitar la lectura de las mediciones en los medidores y reducir la vulnerabilidad del sistema de distribución en redes de baja tensión (CENS, 2017).

La empresa CENS comprometida con la calidad de sus servicios, constantemente se encuentra en la búsqueda de estrategias que eviten las conexiones ilegales sobre los circuitos de distribución con el propósito de garantizar calidad en el suministro de energía eléctrica, seguridad de las personas y la rentabilidad de la empresa.

Algunas estrategias para la reducción de pérdidas no técnicas de energía han sido el perfeccionamiento de procedimientos operativos, la correlación de información entre departamentos de gestión de la empresa y dispositivos de ayuda para la detección de ilícitos como por ejemplo macro medidores, pero todas estas medidas de control no han sido suficientes debido a la cultura de ilegalidad que se presenta en algunos sectores de la ciudad; muchos consumidores deshonestos también perfeccionan sus prácticas ilegales, y a pesar de los avances tecnológicos en el campo de la medición, el consumidor infractor busca constantemente alternativas para evadir el registro de consumo real siendo este un factor que no beneficia a la empresa ni a la región debido a que generan pérdidas económicas.

Actualmente el método más usado para la detección de pérdidas se basa en la comparación de lecturas por periodos de tiempo, lo que quiere decir que esta comprobación no se puede realizar sino después de tener por lo mínimo dos lecturas de consumo, estas se hacen de manera mensual, bimestral, trimestral según la zona o el cliente a cubrir.

Existen tecnologías implementadas como por ejemplo la telemedición, la cual permite establecer comunicación a distancia con el medidor accediendo a la información y haciendo monitoreos constantes de lectura que se registren en tiempo real. Este método de detección ha dado muy buenos resultados los cuales han incentivado a la empresa a buscar e innovar con nuevos sistemas de control que puedan dar solución a tres puntos fundamentales:

- Minimizar el tiempo de respuesta por medio de vigilancia en tiempo real.
- La forma de evidenciar de forma clara y puntual a usuarios inescrupulosos y personal no autorizado.
- Presupuesto razonable y viable para su desarrollo e implementación teniendo en cuenta costo-beneficio.

Teniendo en cuenta estas tres indicaciones, se diseña un sistema que permite alertar, registrar y evidenciar en tiempo real la manipulación indeseada de los elementos de medición evitando pérdidas de energía a largo plazo.

¿Qué sistema electrónico de vigilancia remoto se puede implementar para custodiar los gabinetes de medición de energía eléctrica de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander?

2. Justificación

El mercado energético exige que las empresas brinden un servicio de calidad y realmente confiable con mínimos costos y pérdidas para tener una rentabilidad que le permita obtener su crecimiento de una forma sostenible y planificada.

Las pérdidas no técnicas son evitables y se pueden realizar reducciones apreciables en esta área realizando las inversiones necesarias de capital, la empresa CENS como entidad altamente competitiva y eficiente tanto en el área técnica como administrativa entiende que un bajo nivel de pérdidas es el elemento esencial para alcanzar buenos resultados respecto a los objetivos de atención al consumidor, desempeño económico financiero y eficiencia operacional, por ello se hizo necesario que el diseño del sistema contribuyera a reducir los niveles de pérdidas no técnicas específicamente las *pérdidas por conexiones clandestinas, pérdidas por robo o hurto y las pérdidas no identificadas* (Casa Casa & Suncha Cóndor, 2009).

La empresa requirió que el dispositivo evidenciara y permitiera dar respuesta en el menor tiempo posible a cambios o alteraciones en las acometidas de los gabinetes de medición, para ello se diseñó el prototipo con la finalidad de alertar la presencia de personal no autorizado en los gabinetes de medición eléctrica, la funcionalidad de este inicia principalmente por una señal de alerta emitida por sensores ubicados en las puertas de los gabinetes, seguido de esto el sistema graba un video con visión hacia las puertas del gabinete, esto con el fin de evidenciar de forma ilustrativa la persona que abrió las puertas del gabinete, después de estar almacenado el video en una tarjeta de memoria flash ubicada en la cámara, el sistema envía una señal por medio de un transceptor de radiofrecuencia (RF) a otro modulo concentrador-receptor que estará ubicado en

el poste, este recibe la señal y la interpreta como una alarma de intruso, el microcontrolador ubicado en el concentrador da una alerta de forma inmediata por medio de un mensaje de texto vía GSM (Sistema Global para las comunicaciones móviles, por sus siglas en inglés), una vez alertado al número telefónico del operario designado por la empresa, este tendrá autonomía en decidir si envía una cuadrilla de forma inmediata a revisar que las conexiones de los medidores no hayan sido alteradas, o si programa una revisión en las horas siguientes. Este prototipo tiene la finalidad de atender múltiples gabinetes en un solo sector, de allí partió la idea de usar un módulo concentrador el cual recibirá todas las señales de alerta de los módulos emisores que se ubicarán en los gabinetes de medición.

De forma general, el diseño del sistema está sustentado y fundamentado por los siguientes beneficios:

2.1. Beneficios tecnológicos

La implementación del sistema contiene interconexión digital y dispositivos automatizados con microcontroladores y a su vez está a la vanguardia de las conexiones inalámbricas, esto da una presentación de antemano del crecimiento y el empeño de la empresa en contar y avanzar con la implementación de dispositivos tecnológicos que benefician tanto a la empresa como a sus usuarios y consumidores de la energía eléctrica.

2.2. Beneficios económicos

Todas aquellas acciones que inciden sobre los equipos de medida y control tales como la manipulación de los contadores con el objetivo de falsear los registros de consumo y comunicar

un consumo inferior al real, pueden ser intervenidas de manera casi que inmediata devolviendo el sistema a su correcto funcionamiento evitando pérdidas económicas a largo plazo, estas pérdidas son considerables puesto que no se puede precisar de manera exacta el consumo no facturado.

Cualquier tipo de cambio sin el debido proceso puede llegar a generar cortocircuitos y sobrecargas en las redes e instalaciones, lo que haría que la empresa realice fuertes inversiones tanto en reparación como en renovación.

2.3. Beneficios sociales

Los gabinetes generalmente se encuentran en la vía pública sin ninguna vigilancia y poco control por parte de la empresa eléctrica, esto permite que se le den usos indebidos como guardaderos de ropa o depósito de desechos generando incomodidad a los habitantes del sector y una mala impresión de infraestructura a la empresa prestadora del servicio eléctrico CENS.

La manipulación libre de las instalaciones eléctricas sin el conocimiento y el equipo de seguridad necesario, expone la seguridad tanto del intruso como de los usuarios pudiendo ocasionar daños en la propiedad privada, daños personales o inclusive la muerte.

2.4. Beneficios institucionales

La Universidad Francisco de Paula Santander se beneficia de manera directa por que afianza el convenio con la empresa CENS por medio del cumplimiento de objetivos, y el resultado de este da referencias favorables para futuras alianzas interinstitucionales con otras empresas

interesadas en invertir en diseños e implementaciones de nuevas tecnologías pensadas en la aplicación de la electrónica.

3. Alcances

El diseño del sistema está orientado a ser un prototipo versátil y de bajo costo para su aplicación, si demuestra ser un sistema fiable y cumple con todas las especificaciones propuestas en el proyecto, se procederá a optimizar el modelo de manera que se pueda obtener una versión estética, profesional y comercializable para la continuación del proyecto con nuevas funcionalidades. La empresa CENS tendrá uso exclusivo del sistema a diseñar para su implementación en los gabinetes que la empresa requiera.

3.1. Tipo de proyecto

El diseño e implementación del sistema de vigilancia remoto, es un proyecto productivo y de desarrollo tecnológico con aplicación de estudios sobre un diseño experimental, utilizando información de antecedentes y aplicando conocimientos adquiridos durante la formación académica en áreas de la automatización, lenguaje de programación, instrumentación y redes de comunicaciones; específicamente en temas tales como: Sensores, acondicionamiento de señales, redes inalámbricas, programación en el software, con la finalidad de poner a disposición dicha metodología y contenido intelectual para el correcto y eficaz desarrollo del proyecto.

3.2. Resultados esperados

3.2.1. Resultados directos.

El diseño del sistema tuvo como finalidad el cumplimiento de los ítems mencionados por la empresa CENS (vigilancia, fiabilidad y costo-beneficio) para poder llevar a cabo su instalación progresiva en los puntos críticos evidenciados en la figura 1 como sectores de alto índice de pérdidas de energía.



Figura 1. Sectores de Cúcuta de alto índice de pérdidas de energía.

Fuente: Tomado de un artículo del periódico la opinión (En sectores ricos roban también la electricidad, 2018).

Como propósito adicional, se espera evitar posibles reincidencias de alteración y obtención de registros fraudulentos en gabinetes de difícil acceso para el personal de la empresa, esto no

representa solo un logro económico que mejorará los ingresos de la empresa prestataria del servicio, también es un logro con impacto social que incide en la ética y la moral de la población, puesto que se podrá dejar de generalizar un sector como evasores de consumo y se empezarán a precisar responsables.

3.2.2. Resultados indirectos.

La carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander se verá beneficiada con el desarrollo del proyecto, puesto que al ser implementado en el sector empresarial se reconocerá la importancia del ingeniero electrónico en el ámbito laboral como una necesidad de mejora para los diferentes procesos empresariales que se puedan ejecutar con impacto social en la región.

4. Limitaciones y delimitaciones

A continuación, se mencionan y describen los condicionamientos a los cuales estará sujeto el presente trabajo:

4.1. Limitaciones

El sistema está limitado a la detección del intruso y no contemplará ningún tipo de medición que registre consumo no facturado.

La velocidad de transmisión de datos a internet estará ligada a la calidad de cobertura y a los servicios de navegación adquiridos por la empresa con el operador de servicios móviles.

Algunos elementos necesarios para su elaboración no se encuentran disponibles a precios razonables en el mercado electrónico nacional, por cuestiones económicas se hace necesario recurrir a pedidos internacionales haciendo que los costos del producto y su tiempo de llegada sean variables, puesto que estos estarán sujetos a cambios de divisa, precios de proveedor y tendrán tiempos estimados de llegada de uno a dos meses después del pago del producto.

Al establecer el uso bandas libres de frecuencia, el cual no requiere ningún tipo de pago para su uso, la comunicación mostrará mayor vulnerabilidad a señales externas (televisión, radio, telefonía móvil, hornos microondas, Bluetooth, GPS, entre otros) que se encuentren en este ancho de banda, también se verá afectada por la ubicación y distancia a la que se encuentren los dispositivos transceptores.

El sistema estará sujeto a revisiones de control y funcionamiento solo del número celular designado por la empresa, puesto que cualquier cambio del número telefónico requiere de conocimientos en el área de programación para modificar el algoritmo diseñado.

4.2. Delimitaciones

4.2.2 Delimitación espacial:

Se dispone presentar el proyecto en las instalaciones de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P, cuya sigla es CENS S.A E.S.P, ubicada en la Av Aeropuerto 5N - 220 Barrio Sevilla, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.

4.2.3 Delimitación temporal:

El presente proyecto productivo se desarrollará entre los meses de Febrero del 2020 a Junio del 2020 y tendrá un intensivo horario superior a 300 horas de trabajo enfocado al desarrollo del proyecto.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Diseño de un sistema electrónico de vigilancia remoto para los gabinetes de medición de energía de la empresa Centrales eléctricas de Norte de Santander CENS S.A E.S.P

5.2. Objetivos específicos

- Elaborar un diagrama general de los prototipos para el circuito de interconexión de los dispositivos de comunicación y adquisición de datos para el funcionamiento del sistema.
- Codificar la lógica de programación que ejecute las instrucciones para el sistema electrónico.
- Implementar el sistema de alarma en el gabinete de medición para analizar posibles fallas y mejoras según lo requiera el sistema.
- Divulgar los resultados obtenidos a la comunidad académica y científica.

6. Marco referencial

6.1. Antecedentes

- **TÍTULO:** Sistema de control y gestión utilizando la tecnología GSM basado en comandos AT.

AUTORES: Heiner J. Gómez Cubides, Sergio D. Herrera Moreno.

PAÍS: Colombia.

INSTITUCIÓN: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá.

RESUMEN: Este trabajo describe el proceso de desarrollo e implementación de un prototipo para un sistema de control y gestión de sensores y actuadores utilizando la tecnología GSM, que tiene la capacidad de capturar temperatura del medio y enviar mensajes de texto (alertas de temperatura) mediante la red GSM a una interfaz de usuario en la cual se controla un dispositivo actuador (ventilador), que se enciende y apaga remotamente cuando el usuario lo requiera. Inicialmente se realiza la investigación pertinente enfocada a los distintos comandos AT y protocolos necesarios para establecer una comunicación vía mensajes de texto por medio de la red GSM, en los operadores nacionales de telefonía. Por medio de un controlador PSoC realizan la medición de temperatura y hacen la conexión por puerto serial que permite escribir los comandos AT en el módulo GSM que se encarga de enviar los mensajes de texto. Programan una interfaz de usuario en lenguaje C#, esta interfaz controla el actuador (ventilador) que se encarga de regular la temperatura (Gomez Cubides & Herrera Moreno, 2019).

Este trabajo aportó la lista de comandos AT necesarias para el protocolo de comunicación que maneja el módulo GSM implementado.

- **TÍTULO:** Desarrollo y construcción de un sistema de monitoreo de alarmas a través de GPRS y Arduino para el nodo Buenos Aires (Buga).

AUTORES: Jhon Freddy Reinoso Ojeda.

PAÍS: Colombia.

INSTITUCIÓN: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Valle del Cauca.

RESUMEN: El proyecto consiste en el monitoreo remoto de la red eléctrica del nodo Buenos Aires ubicado en el centro del Departamento del Valle del Cauca. Para esto plantean la posibilidad de utilizar la tarjeta de desarrollo Arduino, junto a un módulo de comunicación GPRS (*General Packet Radio Service*), los cuales permitan el envío de dos señales de alarmas a través de la Internet a un nodo de monitoreo ubicado en la ciudad de Cali, para verificar el estado de la red eléctrica. Para el envío de señales de alarma utilizaron la tarjeta Arduino y el módulo GPRS, escogieron el protocolo MTQ (*Message Queue Telemetry Transport*), este protocolo permite la transmisión de dos señales de alarma a través de la red GPRS, con las que conocen el estado de la red eléctrica del nodo buenos aires. Usaron varias etapas para su construcción, entre ellas la etapa de potencia o fuente de alimentación, la etapa de procesamiento de alarmas; la cual está compuesta por los relés y compuertas tipo AND, esta etapa envía la señal de alarma a la tarjeta Arduino, y la etapa de comunicación la cual posee un módulo GPRS quien realiza la función de transmitir la información procesada por la tarjeta Arduino a través de la red celular. La fase de desarrollo de software consistió en el desarrollo del código fuente que requiere la tarjeta Arduino para poder procesar los datos provenientes del módulo de Alarmas y enviarlas al módulo GPRS, para esto requirieron el uso de una librería que permitía conectarse a la red celular (Reinoso Ojeda, 2019).

Este proyecto aportó la librería de programación Arduino necesaria para la comunicación del módulo GSM/GPRS con la tarjeta Arduino Nano.

- **TÍTULO:** Sistema de alarmas, transmisión y monitoreo de datos aplicado a la medición de variables con redes GSM/GPRS

AUTORES: Nelson Fernando Martinez Fernandez.

PAIS: Colombia.

INSTITUCIÓN: Universidad Católica De Manizales, Manizales.

RESUMEN: El proyecto se basa en el diseño de un sistema automático que enciende un ventilador cuando la temperatura sobrepasa el umbral establecido y se apague cuando disminuya el mismo, también captura los estados de activación de algún movimiento en el lugar, además censa si una puerta está abierta o cerrada, todo estas lecturas las ingresaron en una base de datos para monitorearlo desde una página web y poder enviar una alerta mediante mensajes de texto dependiendo del estado de cada sensor. El tipo de tecnología que usaron es la plataforma Arduino y para la comunicación usaron módulos GSM/GPRS ya que no tenían lugares donde el internet fijo tuviera buena cobertura. Para verificar la temperatura en la página web usaron un servidor, el cual lo hicieron con una pc y una IP pública para poder acceder desde cualquier lugar. También usaron una tarjeta sim estándar con plan de datos para así tener comunicación con el Arduino y viceversa (Comunicación Bidireccional) (Martínez Fernández, 2016).

Este proyecto esclareció el uso de un servidor público para la creación del instructivo web de poder subir el video a la nube por medio de internet.

- **TÍTULO:** Sistema de seguridad electrónica de respaldo para las agencias del banco del pacifico, basado en Arduino y SMS.

AUTORES: Cristobal Alberto Alvarez Franco.

PAÍS: Ecuador.

INSTITUCIÓN: Instituto superior tecnológico sudamericano (TECSU) de Guayaquil

RESUMEN: Consiste en un sistema de respaldo de alarmas probado en dos sectores de la ciudad de Guayaquil. La distancia aproximada a la que hicieron pruebas de los dispositivos fue de 20Km. El sistema lo probaron durante 90 días transmitiendo señales de alarmas vía SMS. Para la comprobación del funcionamiento general del sistema participaron varias personas las cuales incluían a operadores del Banco del Pacifico, ellos monitorearon el sistema por medio de los teléfonos móviles. El propósito del proyecto fue usarlo como un sistema redundante dentro de las ventanillas, agencias y cajeros automáticos pertenecientes al banco cuando falla el panel de alarma principal que se comunica por vía IP, actualmente este es el único sistema con el que cuenta la institución para su control y vigilancia de alarmas, por ello se hizo necesario la instalación del sistema de respaldo, una vez empieza a operar, este se comunicara por vía celular pudiendo tener monitorización continua en el banco (Alvarez Franco, 2017). Este sistema utilizó mensajería de texto, el cual será el medio por el cual se visualizara las alertas en el sistema de vigilancia implementado, ratificando que la alerta por vía GSM es un medio muy confiable, puesto que este sistema fue implementado en una entidad bancaria donde requieren in nivel alto de seguridad.

6.2. Marco teórico

En esta sección se encuentran especificados todos los conceptos que se tendrán en cuenta a la hora desarrollar la investigación.

6.2.1. Radio frecuencia.

La difracción de las señales electromagnéticas en las partículas del aire produce los denominados elipsoides o zonas de Fresnel. Estas se consideran como un grupo de elipsoides que se forman en el medio de propagación por donde las señales de radio frecuencia viajan de emisor a receptor de manera que el desfase entre las ondas en dicho volumen no supere los 180° . La zona de Fresnel está delimitada por las ondas interiores que llegan al receptor con la misma fase de la señal transmitida. Es decir, cuando se transmite existen rebotes en el suelo, estos rebotes pueden contribuir positivamente al recibimiento de la señal en el caso de que lleguen en fase y negativamente si llegan en contrafase.

El radio de la zona de Fresnel depende de la longitud de onda (λ) y de la distancia entre las antenas. Para señales con longitud de onda baja la diferencia entre distintos caminos dará una zona de contrafase más rápidamente y con ello el radio de Fresnel será menor. Se definió una zona que hay que tener en cuenta además de tener visibilidad directa entre las antenas, la primera zona en fase, y contribuye positivamente a la propagación de la onda, la segunda zona en contrafase y contribuye negativamente, la tercera positivamente (fase), la cuarta negativamente (contrafase), y así sucesivamente. Además de esto, se sabe que la primera zona concentra el 50% de la potencia de la señal por lo que se debe procurar que llegue lo más íntegra posible al receptor (Leija Hernández, López Bonilla, & Iturri Hinojosa, 2014). Las zonas mencionadas las podemos apreciar en la figura 2.

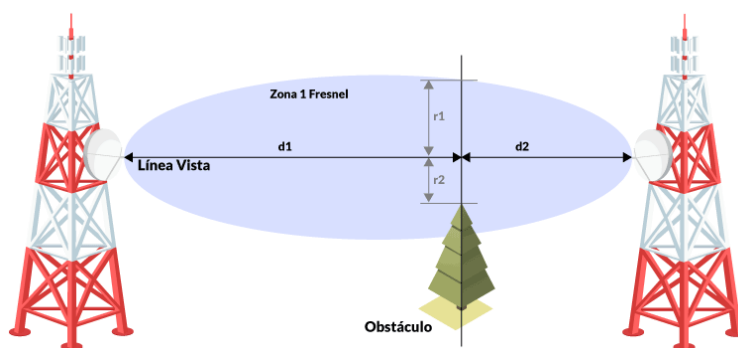


Figura 2. Zonas de Fresnel.

Fuente: Imagen tomada de sitio web “Prored”, sitio web (Martínez, 2018).

6.2.2. Magnetismo

El postulado de Maxwell sobre el magnetismo tuvo muchas aplicaciones en el campo de la electrónica, uno de ellos fueron los sensores de proximidad, los cuales son utilizados para detectar el paso o la posición de un objeto en un intervalo de distancia especificado. El funcionamiento de estos sensores radica en la variación del campo magnético en respuesta a la variación de alguna magnitud física. Estos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas, ser dispositivos de estado sólido, compatibilidad con otros circuitos analógicos y digitales, margen de temperatura amplio, buena repetibilidad y frecuencia de funcionamiento relativamente alta.

Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto (Fernández Amador, 2005).

6.2.3. Sistemas de comunicaciones móviles

Se hace necesario mencionar dos sistemas específicos los cuales son el sistema GSM Y GPRS.

El sistema GSM (Sistema Global de comunicaciones Móviles, por sus siglas en inglés), nació como estándar internacional de comunicaciones digitales móviles en 1987 definiendo un sistema de comunicaciones que opera en una banda de 900 Mhz o 1800 Mhz y soportan voz, mensajes de texto, datos y roaming. Esta tecnología asegura la privacidad, integridad y confidencialidad incorporando Smart Cards que contienen la identificación personal del suscriptor e información del servicio. El sistema GSM posee ciertas limitaciones entre las cuales se tiene la transmisión de datos, la cual está extremadamente limitada en términos de capacidad puesto que el sistema opera mediante conmutación de circuitos; el acceso a internet directo tampoco se hace posible al no soportar el protocolo IP, la velocidad máxima de transmisión de datos en GSM es de 9,6 Kbps debido al coste y ancho de banda.

El sistema GPRS (Servicio General de Paquetes por Radio, por sus siglas en inglés) es la evolución del sistema GSM y permite el envío y la recepción de información a una mayor velocidad que el GSM; la información se divide en paquetes, los cuales son transmitidos, reunificados y presentados. Esto se logra utilizando la tecnología de ranuras múltiples; este sistema tiene cobro solo por contenido que se baja de la red y no por todo el tiempo que se está conectado a ella. Por medio del sistema GPRS se puede enviar y recibir información (imágenes, e-mails, gráficos, etc.) a través del navegador WAP (protocolo de aplicaciones inalámbricas) o con un modem inalámbrico u otros dispositivos (Sánchez Wevar, 2005).

6.2.4. Niveles lógicos de voltaje

En la electrónica digital se utilizan circuitos y sistemas que solo poseen dos posibles estados, estos dos estados se representan mediante dos niveles de tensión diferentes: BAJO (LOW) y ALTO (HIGH), donde un uno significa un alto y un cero es un bajo. Estos dos posibles estados pueden estar representados también mediante niveles de corriente, interruptores abiertos o cerrados, bombillas apagadas o encendidas, etc. Las tensiones que representan los unos y ceros reciben el nombre de niveles lógicos. Existen diferentes tipos de niveles de tensión para diferentes familias lógicas, cada una con rangos de valores diferentes para el cual se acepta un nivel (Thomas, 2000).

6.2.5. Sistemas embebidos

Se definen como subsistemas que se encuentran inmersos en un dispositivo más grande. Los aplicativos de los sistemas embebidos se enfrentan comúnmente a tareas de procesamiento en tiempo real, son esenciales en todas aquellas tecnologías que lleguen a comprender y utilizar herramientas nuevas como el internet de las cosas (IoT), almacenamiento en la nube, realidad aumentada, big data, seguridad cibernética, integración de sistemas, simulación, nano robots, fabricación sumativa, en general, todo lo característico que se pueda llegar a utilizar en la industria (González, 2018).

6.2.6. APN (Nombre del punto de acceso, por sus siglas en inglés)

Un APN identifica una red de datos por paquetes ("PDN") que es accesible desde un nodo GGSN en una red GPRS indicándole al dispositivo por qué camino virtual debe conectarse a internet. La red externa a la que permite el acceso un APN puede ser pública o personalizada, una APN personalizada puede definir una conexión dedicada entre la red de acceso de radio,

GGSN y una red de clientes a los que se les permita compartir recursos de la misma. En otras palabras, los APN pueden ser nombres utilizados por una red GPRS para enrutar a un suscriptor específico a través de la red hacia un destino específico. Ofrece previsibilidad de rendimiento e independencia de Internet, ya que la ruta para enrutar el tráfico de paquetes de datos de un cliente está predeterminada. Otros beneficios de una APN personalizada incluyen ventajas de arquitectura de seguridad, autenticación con usuario y contraseña, direccionamientos privados, y direcciones IP dedicadas evitando su accesibilidad desde internet para el bloqueo de sus servicios (Estados Unidos Patente n° US7409201B2, 2008).

6.3. Marco legal

Las pérdidas por hurto no solo son un problema económico, también estas ligadas a temas de la demostración del ilícito para fines legales, puesto que las personas que realicen o tengan conexiones fraudulentas enfrentarán penas de prisión, así lo establece el nuevo Código de Procedimiento Penal en el artículo 256 sobre defraudación de fluidos, lo que hace la necesidad de no solo detectar la alteración, sino también al causante.

El tipo penal de fluidos se encuentra plasmado en el capítulo VI, artículo 256 de Código Penal colombiano (Ley 599 de 2000).

Artículo 256. Defraudación de fluidos. Dispone que la persona que por cualquier mecanismo clandestino o alterando los sistemas de control o aparatos contadores, se apropie de energía eléctrica, agua, gas natural, o señal de telecomunicaciones, en perjuicio ajeno, incurrirá en prisión de dieciséis (16) a setenta y dos (72) meses y en multa de uno punto treinta y tres (1.33) a ciento cincuenta (150) salarios mínimos legales mensuales vigentes (Perilla Suárez, 2018).

El sistema al estar en la constante vigilancia de los gabinetes, estará sujeto al régimen general de protección de datos personales, puesto que la imagen que capturará se encuentra contemplado como tratamiento de imágenes según lo dice en el literal c) del artículo 3 de la Ley 1581 de 2012 (*Ley de Habeas Data*), el cual define que en el caso de las imágenes de personas determinadas o determinables, operaciones como la captación, grabación, transmisión, almacenamiento, conservación, o reproducción en tiempo real o posterior, entre otras, son consideradas como tratamiento de datos personales, el artículo 10 de la Ley 1581 consagra las excepciones al requisito de la autorización previa para el tratamiento de datos personales (Industria y Comercio, 2016).

Sin embargo el derecho de imagen contemplado por la Ley 23 de 1982 no es absoluto, su artículo 36 señala situaciones donde es legítimo el uso de la imagen de un tercero sin su autorización, esto en tres casos específicos, en el caso de ser privado, donde el criterio parte del supuesto de que cada sujeto es quien controla sus espacios personales. Su ámbito privado podría ser su casa o su oficina. Sin embargo, al salir a un lugar abierto pierde voluntariamente su capacidad de control y por lo tanto renuncia tácitamente a su privacidad. En ese momento la persona puede ser retratada libremente y su imagen puede ser usada por terceros sin autorización (Guzmán Delgado, 2016).

El dispositivo al estar instalado en un entorno cerrado, contará solo con la responsabilidad de proteger las imágenes y los datos que se recolecten en su ángulo de vista, siendo estas autorizadas de forma lícita y programadas por personal de la empresa, los datos obtenidos fuera de las previstos se consideran que fueron capturados por seguridad debido a la invasión de la propiedad privada por personal ajeno a la empresa.

7. Diseño metodológico

A continuación se mencionan las actividades y metodologías desarrolladas en el presente proyecto

7.1. Objetivo 1

Elaborar un diagrama general de los prototipos para el circuito de interconexión de los dispositivos de comunicación y adquisición de datos para el funcionamiento del sistema.

Actividades:

Identificar las diferentes zonas en las que se encuentren ubicados los gabinetes.

Analizar la estructura de los diferentes modelos existentes para los gabinetes de medición.

Definir las fases del funcionamiento del sistema.

Metodología: Se seleccionaron e inspeccionarán puntos donde se encuentren los gabinetes para recolectar información previa que sirva para el diseño general del prototipo, lo cual dio inicio a un plano esquemático para los circuitos de adquisición, transmisión y recepción.



Figura 3. Modelo de Gabinetes.

7.2 Objetivo 2

Codificar la lógica de programación que ejecute las instrucciones para el sistema electrónico.

Actividades:

Seleccionar los dispositivos electrónicos de acuerdo a las exigencias del proyecto y especificaciones técnicas.

Analizar la hoja de datos y el modo de funcionamiento de cada elemento electrónico necesario para el proyecto

Realizar la respectiva programación en el IDE de Arduino

Metodología: Se hizo un listado de selección en donde se compararon diversos elementos de un mismo tipo enlistando sus características más importantes asignándoles un peso de importancia para el proyecto en el que se pudo identificar el más conveniente y representó mayor ventaja para el sistema que se desea implementar. Seguido de esto, se usó el Software libre de programación Arduino IDE (entorno de desarrollo integrado) el cual permitió la comunicación con las diferentes versiones de placas Arduino, en este software se diseñó el algoritmo que ejecuta todas las instrucciones para que el dispositivo cumpla con su funcionalidad. También se hizo necesario seleccionar un operador móvil al cual llegarán los mensajes de alerta y un servidor FTP donde se evidenciaran los archivos de video generados por la cámara.

7.3 Objetivo 3

Implementar el sistema de alarma en el gabinete de medición para analizar posibles fallas y mejoras según lo requiera el sistema.

Actividades:

Adecuar el gabinete para la instalación del sistema.

Realizar pruebas de funcionamiento.

Verificar que los tiempos de respuesta en el envío de datos.

Metodología: Se hizo pruebas correspondientes a cada diseño en cuanto a funcionalidad, velocidad de respuesta y calidad de información. Una vez llevado a cabo las pruebas se procedió a realizar las diversas correcciones que requirieron dentro del sistema.

Se tuvo en cuenta datos técnicos como la zona de cobertura de datos, las posibles interferencias, las acometidas para los voltajes de alimentación y otros factores externos que pudieran afectar la calidad de la información, y que sea de utilidad para el desarrollo del proyecto.

7.4 Objetivo 4

Divulgar los resultados obtenidos a la comunidad académica y científica.

Actividad:

Realizar una exposición agendada por la docente directora del presente trabajo.

Metodología: Se expuso el proyecto a la comunidad estudiantil en donde se dio a conocer los resultados del proyecto junto con una breve descripción de su desarrollo y los beneficios que brinda la implementación del sistema diseñado.

Se presentó una explicación detallada al personal encargado de la instalación del sistema donde se mencionaron las conexiones realizadas y el funcionamiento del algoritmo elaborado. También se le entregaron las referencias y las características de los elementos que conforman el circuito electrónico, el plano de las conexiones y una guía de forma magnética y física del proceso de elaboración de todo el sistema, esto con el fin de facilitar futuras mejoras o reparaciones que se le puedan hacer al mismo.

8. Resultados

8.1. Primer objetivo: diagrama general de los prototipos

Se estableció las funcionalidades y el modo de operación del prototipo, el cuál sienta la base de la arquitectura para el diseño del sistema electrónico de vigilancia remota.

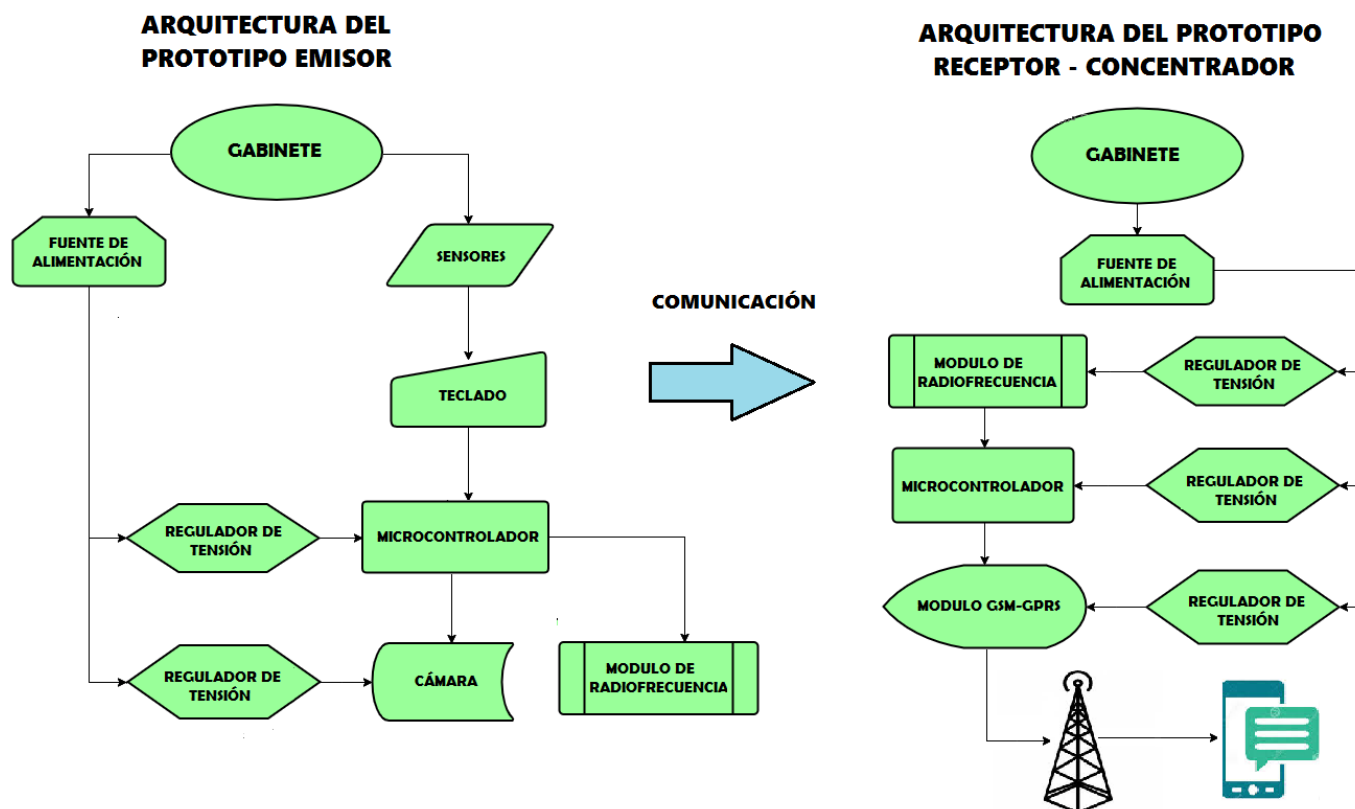


Figura 4. Diagrama general del diseño físico para el funcionamiento del sistema.

El módulo emisor está ubicado en cada gabinete de medición, de allí se hace la acometida para la fuente de alimentación, los sensores dan inicio al proceso de vigilancia del gabinete y están ubicados en las puertas del mismo; el teclado permite hacer un procedimiento manual de pulsaciones en dígitos, esto con la intención de esclarecer si la persona que está accediendo al

gabinete es personal autorizado o no; el microcontrolador toma la decisión si emite o no la señal de alerta por medio del módulo de radiofrecuencia y a su vez le indica a la cámara si debe iniciar su proceso de grabación, los reguladores de tensión ajustan el voltaje nominal para cada dispositivo presente en el prototipo.

En el módulo concentrador- emisor, la inicialización de su funcionamiento es indicado por el dispositivo transceptor, una vez recibida la señal de alerta este avisa al microcontrolador e identifica en su listado previamente guardado cuál fue el gabinete que se comunicó; una vez identificado el gabinete, procede a enviar el mensaje de alerta final por medio del módulo GSM, esta alerta se visualiza a través de un dispositivo celular móvil utilizando un operador de señal móvil.

8.1.1 Actividades realizadas

- **Identificación de la zona de ubicación de los gabinetes de medición**

Se realizó un recorrido con una cuadrilla de la empresa CENS (Centrales Eléctricas de Norte de Santander) liderada por Edwin Albeiro Leal Diaz, tecnólogo de ejecución en el área de control y perdidas; la zona inspeccionada fue el barrio Tasajero específicamente en el área central de abastos de Cúcuta “Cenabastos”, se eligió esta zona debido a la frecuencia de revisiones por alteración en los medidores. Por políticas de privacidad de la empresa no se pudo confirmar la cantidad de gabinetes instalados en el sector.

- **Modelos y estructuras de los gabinetes**

Se pudo identificar tres modelos diferentes de gabinetes, estos gabinetes varían según su capacidad de cuentas.

- Modelo de gabinete #1

El modelo de armario de la figura 5 fue el que se observó con mayor frecuencia, posee una capacidad de hasta 24 cuentas, este armario es fabricado por la empresa PROSINCO ubicada en la calle 11 # 1-26 del Barrio San Luis, cuenta con 6 puertas y tres divisiones, la parte superior del armario se denomina automáticos, allí se encuentran los interruptores encargados de abrir y cerrar los circuitos por medio manual o de forma automática para la protección contra sobrecorrientes, en la división del medio se encuentran los transformadores de medida encargados de medir el consumo de energía, y en la tercera división se encuentra el barraje para la conexión a tierra del alimentador y sus salidas para los circuitos derivados. Estas tres secciones están plenamente identificadas con una placa de acero.



Figura 5. Modelo 1 - Gabinete de 24 cuentas.

El armario debe cumplir con unas normas técnicas de fabricación especificadas por CODENSA ET-911, la RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas) 2013 y certificado por el CIDET con N° 04513, para la instalación de las conexiones, la norma CNS-07-215 en el capítulo 7 de las especificaciones técnicas para el armario de 16 a 24 cuentas expedida por la empresa CENS, especifica y da una serie de parámetros sobre su instalación. Las medidas se pueden apreciar en la figura 6 y están dadas en metros.

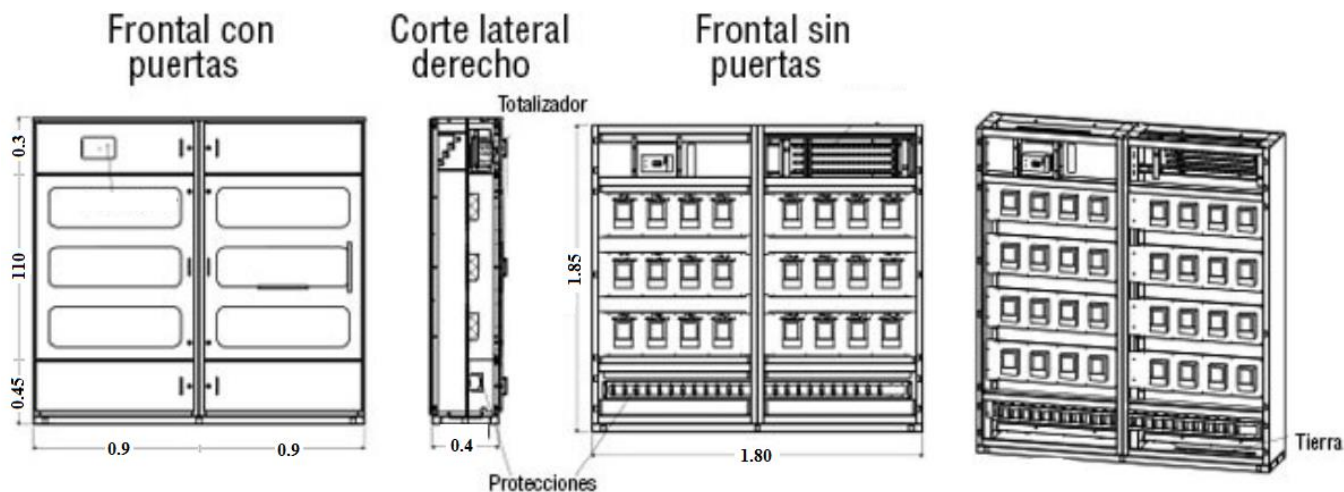


Figura 6. Esquema del gabinete y sus medidas.

Fuente: Imagen tomada y editada de sitio web, sitio web (TIMONIER AGENCIA DIGITAL, s.f.).

De este modelo derivan otros con variaciones en números de cuentas, se pudo identificar otro modelo de armario semejante que cuenta con las mismas divisiones, la diferencia radica en la división de los transformadores de medida, este cuenta con tan solo dos bandejas mientras que el mencionado anteriormente cuenta con tres bandejas, su medida en altura es menor. Otra diferencia que se pudo notar en la sección de este primer modelo, es la variación del tamaño del visor (vitales) de las puertas, estos varían debido al año de fabricación de los mismos.

➤ Modelo de gabinete #2

El segundo modelo son los gabinetes de medición integral (figura 7), estos gabinetes poseen una sola puerta, tienen una altura de 30 cm, un ancho de 20 cm y profundidad de 15 cm, no poseen visor (vitales) y están ubicados en los postes de alta tensión.



Figura 7. Modelo 2 – Gabinete integral.

➤ Modelo de gabinete #3

El tercer modelo son las cajas para medidor monofásico, son cajas diseñadas para un solo medidor y son las más comunes es las zonas residenciales, las medidas están dadas en milímetros (ver figura 8) y están definidas en la norma CNS-07-201 en el capítulo 7 de la normativa de CENS.

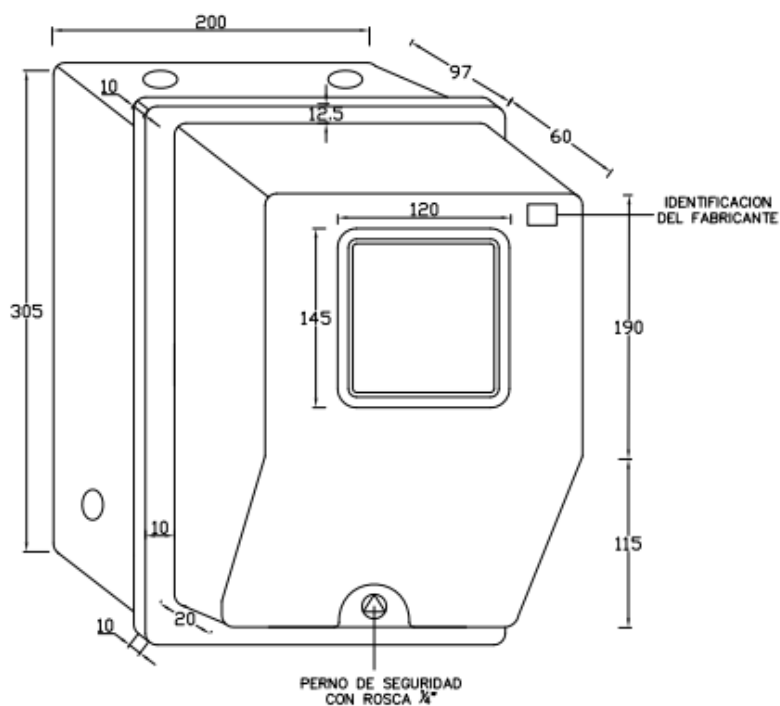


Figura 8. Modelo 3 – Gabinete para medidor monofásico.

Fuente: Imagen tomada de la normativa Cens CNS-07-201, sitio web (G., 2008).

- **Descripción del estado en el que se encontraron los armarios**

Los armarios cuentan con un perno de seguridad para su apertura, pero adicional a esto se evidencio intentos fallidos de resguardar el acceso a los armarios, como rejas con candados, sellos con pegatina, seguros de barrera, entre otros; pero todos estos se vieron vulnerados por la sociedad infractora, se observó puertas forzadas en mal estado, rejas cortadas o dobladas, pegatinas arrancadas, incluso algunos armarios ya no cuentan con la totalidad de sus puertas.



Figura 9. Medidas de seguridad de la empresa CENS.

Algunos armarios se encuentran dentro de zonas privadas donde existe personal de seguridad como celadores, pero incluso estos puntos cuentan con alteraciones en la estructura del gabinete y en las medidas de protección implementadas por la empresa CENS.



Figura 10. Armario ubicado dentro del galpón con seguridad privada.

- **Selección del gabinete para la instalación del sistema de alarma electrónico**

Para la instalación del dispositivo transmisor se seleccionó el armario (modelo 1) ubicado en la calle 12 A del barrio Tasajero en la zona de Cenabastos, “galpón A” frutas y verduras, este gabinete cuenta con un registro de cuatro alteraciones consecutivas desde el mes de diciembre del 2019, alteraciones de consumo registrados en fechas de corte, lo cual lo hace un candidato óptimo para la función del sistema.

Se midió una distancia de vista directa máxima de 256 metros para la intercomunicación del circuito transmisor con el receptor-concentrador, el resto de gabinetes se encuentran a una distancia similar hasta la ubicación del concentrador. La importancia de ubicar el dispositivo receptor-concentrador en el poste es debido a su difícil acceso y punto estratégico en cuanto a distancia, aunque esto no lo hace del todo seguro, puesto que también se evidencio aberturas de la puerta del gabinete ubicado en algunos postes (Ver figura 10). En cuanto a comunicación, se

observó todo tipo de posibles interferencias como televisores, hornos microondas, radio comunicadores, entre otros.



Figura 11. Gabinete sin protección contra abertura.

Para la puesta en marcha del sistema, se decide brindar discreción en el momento de la instalación para evitar la fácil detección del dispositivo y exponer el prototipo lo menos posible a daños físicos por parte de personas inescrupulosas, cualquier alteración física del sistema generaría pérdidas económicas e inutilidad al prototipo implementado.

Se establece que no hay problemas de ubicación para la instalación del sistema de vigilancia remoto dentro de los gabinetes puesto que cuentan con suficiente espacio libre para su instalación, una alimentación directa del gabinete y un resguardo contra factores climáticos como

lluvia. Se descarta una posible comunicación inalámbrica fija y estable de Wifi para la transmisión de datos hacia el internet.

Para el funcionamiento se establecen 9 fases para su construcción: preselección, compra, pruebas individuales, selección, programación, intercomunicación, prueba conjunta e instalación del sistema.

8.2 Segundo objetivo: codificar la lógica de programación

Se estableció la lógica de programación que llevará a cabo la funcionalidad del sistema, esta lógica fue diseñada de acuerdo a parámetros indicados por la empresa CENS y sugerencias propias como programador.

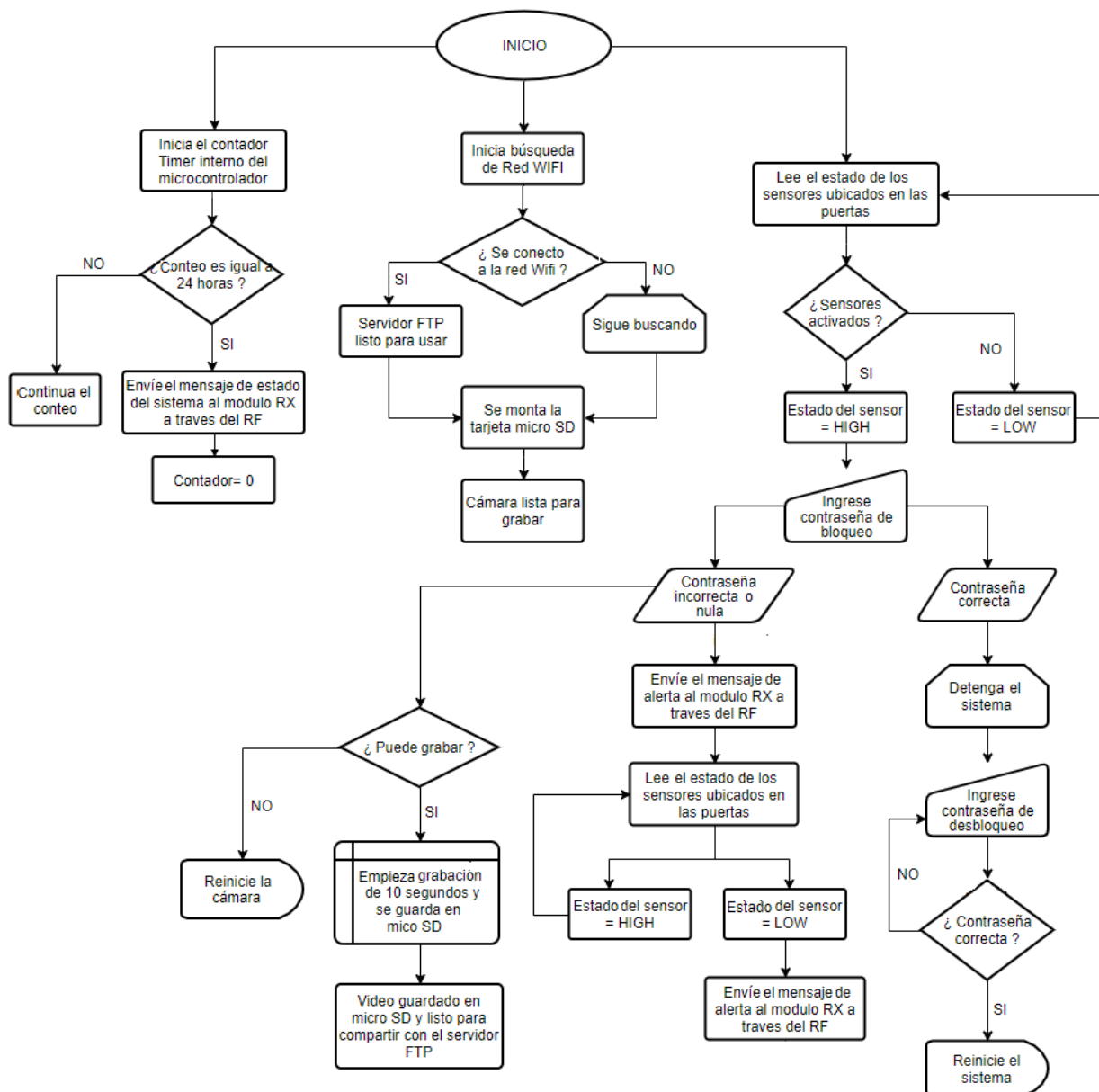


Figura 12. Lógica del algoritmo de programación del circuito Transmisor

Cuando se enciende el dispositivo emisor, el Arduino empieza un conteo de 3600 segundos lo que equivale a un día transcurrido, pasado este tiempo el sistema envía un mensaje por medio del módulo tranceptor, avisando que el dispositivo está funcionando y no se han generado inconvenientes, esto con el fin de poder detectar si sufre daños físicos o si el sistema deja de

funcionar por algún motivo; paralelo a ello se inicializa la vigilancia del gabinete por medio de los sensores con una lectura de dato constante la cual verifica si alguna de las puertas ha sido abierta, si alguna puerta ha sido abierta él pasa a una espera de tiempo en donde se debe ingresar un código de bloqueo, si el código ingresado es correcto el sistema entiende que la persona que accedió al gabinete pertenece a la empresa Cens y detiene su funcionamiento entrando en un bucle hasta que se vuelva ingresar otro código de desbloqueo, el tiempo de bloqueo se deshabilita de dos formas, por medio del código de bloqueo o pasado 24 horas después de su bloqueo; cuando el sistema se detiene enciende un led de color rojo, este será el indicativo de que el funcionamiento del sistema está suspendido; cuando la persona ingresa el código de desbloqueo el sistema vuelve a su estado original y vuelve a hacer lectura de los sensores para empezar otra vez el ciclo.

Si después de abierta la puerta no se ingresa ningún código o el código ingresado es incorrecto el sistema entiende que la persona no está autorizada y revisa cuál de los sensores fue el que envió la alerta para determinar que puerta fue abierta, una vez determinado esto el sistema envía una alerta por medio del módulo transceptor al concentrador, indicando el número ID asignado al gabinete, la puerta que fue abierta y genera un nuevo código de bloqueo, paralelo a esto, el sistema también le da la indicación a la cámara que puede grabar, la cámara le responde al Arduino con una confirmación en forma booleana, después de haber confirmado que si puede grabar, esta enciende el flash y empieza a grabar un video de 10 segundos, si la cámara no está habilitada para grabar, esta se reinicia y vuelve a cargar su programa para poder grabar.

La cámara como es un terminal independiente y posee su propio microcontrolador, trabaja paralelamente al Arduino, por lo tanto el tiempo de demora para iniciar su grabación es casi instantánea después de haber dado la instrucción, la cámara esta contantemente en la búsqueda

de una red wifi predeterminada, si encuentra la red ella se conecta y proporciona una dirección IP a la cual se conectara por medio de un dispositivo celular a un servidor local, a la cámara se puede acceder de dos formas, por medio de la barra de navegación en cualquier buscador, o a través de una APK llamada ADMIN HANDS, en ambas opciones el sistema pide un usuario y contraseña para ingresar al servidor FTP, dentro del servidor local se podrá editar eliminar modificar o descargar cualquier archivo que se encuentre dentro la tarjeta micro SD.

El módulo concentrador recibe todas estas señales emitidas del emisor y por medio de una librería y comandos AT, intercomunica el Arduino con el dispositivo GSM, este identifica cuál gabinete fue el que envió la alerta y envía el mensaje de texto al número asignado en la respectiva programación.

8.2.1. Actividades realizadas

Para la selección de dispositivos a implementar, fue necesario desglosar las funcionalidades en cuatro categorías: comunicación, lenguaje de programación, procesamiento y funcionalidad. Todos los dispositivos mencionados a continuación se evalúan en precios de moneda extranjera (dólar) puesto que los pedidos se hicieron a empresas extranjeras por disposición y economía. Se preseleccionaron como un mínimo de dos dispositivos por aplicación para poder hacer la respectiva comparación, se realizó pruebas correspondientes a cada dispositivo electrónico para determinar el más óptimo en cada campo de aplicación, se tendrá en cuenta disponibilidad de información para su respectivo uso.

1. COMUNICACIÓN

Para la comunicación se tiene en cuenta dos tipos de comunicación inalámbrica para su selección, las cuales son módulos transceptores de radiofrecuencia y módulos GSM para la comunicación de red celular.

- **Radiofrecuencia**

Las exigencias del terreno requieren una comunicación fuerte y confiable, puesto que estos dispositivos estarán expuestos en zonas con mucha interferencia, por tal razón se necesita un mínimo de requisitos para garantizar una comunicación estable, se evaluaron los dispositivos por distancia, tiempo de respuesta, calidad de datos, consumo de potencia y frecuencia de banda libre.

Se hizo la selección de dos dispositivos transceptores que cumplen con los parámetros técnicos según su descripción de datasheet, el primero fue el modulo transceptor 2.4GHz NRF24L01 con antena y alcance de 1 km, este dispositivo cumple con la distancia promedio a cubrir (230 m), cuenta con interfaz periférica síncrona (SPI), voltaje de entrada de 3.3 a 3.6 v, trabaja en la banda de radio libre 2.4GHz (industriales, científicas y médicas [ISM]), corriente de trabajo de recepción de 45 mA y transmisión de 115 mA (4.2uA –modo de sueño), este dispositivo cuenta con gran cantidad de información y es de fácil adquisición.

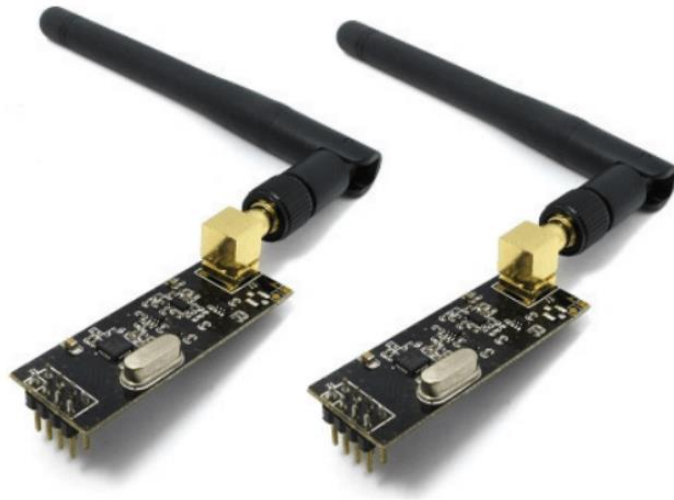


Figura 12. Módulo transceptor 2.4GHz NRF24L01.

Fuente: Imagen tomada de producto en venta de sitio web, sitio web (©2020 ElectroCrea, s.f.).

El segundo dispositivo preseleccionado es el módulo E32-915T20D-100 915MHZ SX1276, cuenta con una cobertura en áreas abiertas de hasta 3 km, tiene interfaz de comunicación transmisor-receptor asíncrono universal (UART), voltaje de entrada de 2.3 a 5.2 v, trabaja en la banda libre de los 915 Mhz, corriente de trabajo de recepción de 14 mA y transmisión de 120 mA (4 uA – modo de sueño).



Figura 13. Módulo transceptor E32-915T20D.

Fuente: Imagen tomada de producto en venta de sitio web, sitio web (Amazon, 1994).

➤ *Pruebas en campo para los dispositivos de radiofrecuencia*

El parámetro que determino el módulo de radiofrecuencia a implementar; fue la prueba de distancia, para ello se requirió añadir una antena para el módulo E32-915T20D puesto que no venía incluida en el producto, la antena seleccionada fue una antena omnidireccional con ganancia de 5 dBi y conector macho subminiatura versión A (SMA), los datos obtenidos a continuación fueron medidos para un mismo escenario de prueba:

Tabla 1. Comparación de módulos de radiofrecuencia.

Módulo	Distancia máxima		Voltaje lógico	Tiempo de respuesta	Precio S. antena	Precio C. antena	Banda libre
	Con antena	Sin antena					
NRF24L01	100 m	30 m	3.3 v	11 seg	\$ 7.500	\$ 7.500	Si
E32-915T20D	300 m	90 m	3.3 v	9 seg	\$ 21.550	\$ 30.550	Si

De los resultados obtenidos se pudo determinar que el dispositivo E32-915T20D es el más óptimo para su aplicación, su alcance máximo supero en un 300% en comparación con el módulo NRF24L01, la diferencia de costo no es significativo debido al incumplimiento de parámetros necesarios para el prototipo final.

Se resalta también una superioridad en cuanto a fiabilidad de dato, el E32-915T20D posee tecnología LoRa, lo cual brinda una alta tolerancia a las interferencias, alta sensibilidad para recibir datos y un bajo consumo. En la banda de frecuencia a la cual opera este dispositivo (915 Mhz) podemos encontrar también otro tipo de señales como televisores, hornos microondas,

telefonía móvil, redes inalámbricas, bluetooth, GPS, entre otros; según lo dispone la unión internacional de telecomunicaciones (UIT) su frecuencia esta entre los rangos de la banda de ultra alta frecuencia (UHF), cuyos valores están entre los 300 Mhz a los 3000 MHz, y es denominada como una banda libre permitida en el espectro de bandas de radiofrecuencia.

- **Red Celular para envío de mensaje de texto**

Para este tipo de comunicación, se postula tres diferentes modelos, módulo GSM SIM800L de SIMCOM, tarjeta Shield GSM / GPRS SIM900 y módulo mini GSM / GPRS A6, estos tres modelos proporcionan comunicación por medio del Sistema global de comunicaciones móviles (GSM) a través de un operador de red móvil.

Se adquirieron los dispositivos GSM SIM800L y módulo mini GSM / GPRS A6, como productos iniciales de prueba, puesto que eran más económicos que el Shield GSM / GPRS SIM900.

- Módulo GSM SIM800L

Este módulo es un dispositivo electrónico cuatribanda que integra el chip sim800 fabricado por Simcom, así como un slot para una simcard de cualquier operador de red celular con tecnología 2G, esto permite realizar múltiples tareas como añadir voz, texto o datos, utilizando el canal de datos de la red celular por medio del servicio general de paquetes vía radio (GPRS).

Trabaja en las bandas de 850, 900, 1800 y 1900 MHz con una temperatura de operación de -40° a 85 C, tiene una corriente de consumo máxima de 500 mA y en modo de reposo una corriente de 0.7 mA, la comunicación con el microcontrolador de programación es por medio de la interfaz serial transmisor-receptor asíncrono universal (UART).

Para la prueba de este dispositivo se usó de la librería FONA de Adafruit en arduino para el envío de mensajes de texto, ésta librería envía y simplifica el uso de los comandos AT directamente al módulo GSM. Para la alimentación fue necesario disponer de una fuente regulable de 4.0 volts (el SIM800 acepta voltajes en el rango de 3.4 a 4.4 volts), no se pudo utilizar directamente las salidas de 3.3 V ni 5 V de Arduino, debido a que 5 V es demasiado para el SIM800 y 3.3 V esta por abajo del rango permitido. Además, el puerto USB de la computadora y el arduino en sí mismo no es capaz de suministrar la corriente necesaria para el funcionamiento del módulo SIM800L.

Las conexiones de datos con el módulo GSM SIM800L se realizaron mediante la comunicación transmisor-receptor asíncrono universal (UART). Se conectó el TX del arduino al RX del SIM800L y el RX del arduino al TX del SIM800L (cruzadas).

Fue necesario utilizar un divisor resistivo para la comunicación digital, puesto que los niveles de entrada del SIM800L es de 2.8 volts. El divisor resistivo conectado en el lado del TX del Arduino se implementó con dos resistencias de 330 Ohms, limitando la salida de los 5 V del Arduino para evitar dañar el SIM800L.

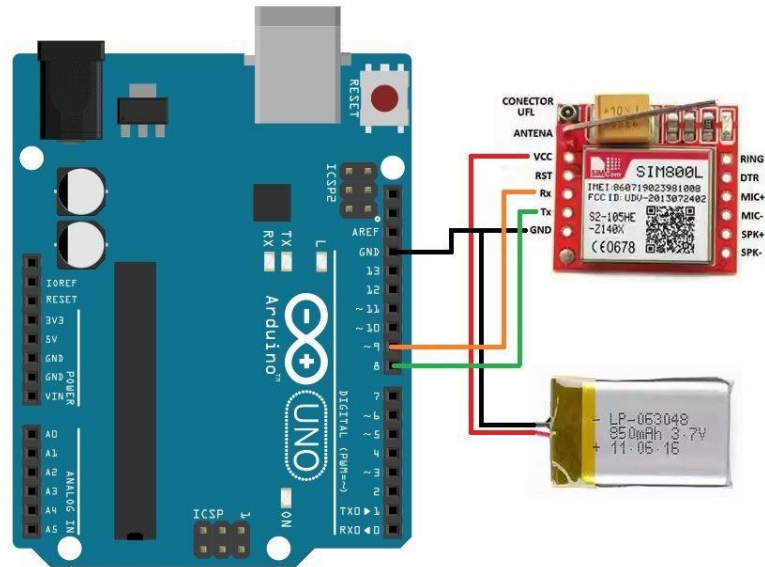


Figura 14. Circuito de prueba del módulo GSM SIM 800L.

Fuente: Imagen tomada de tutorial Arduino en sitio web, sitio web (Geek Factory, s.f.).

El modulo GSM GPRS SIM800L Quad-Band recibió de manera correcta los comandos AT para su comunicación con el arduino, pero su comunicacion con las redes disponibles no era estable y en algunas no lograba registrarse a la red, la comunicación mas certera que llego a tener fue con la operadora de red CLARO.

➤ Módulo Shield GSM / GPRS SIM900

Esta Shield es una tarjeta ultra compacta de comunicación inalámbrica que permite generar servicios de mensajes cortos (SMS), servicios de mensajería multimedia (MMS) y servicios generales de paquetes vía radio (GPRS), es compatible con todos los modelos de arduino y está basada en el módulo SIM900 GSM 4. El GPRS está configurado y se puede controlar por vía

UART usando comandos AT. Tiene un consumo en modo reposo de 1.5 mA y en modo trabajo de 2 amp, posee 12 pines GPIO, 2 pines para modulación por ancho de pulsos (PWM) y un conversor análogo-digital (ADC) propio del módulo SIM 900. Por ser una Shield posee una mayor facilidad de conexión y alimentación que otros módulos.



Figura 15. Módulo GSM SIM900.

Fuente: Imagen tomada de tutorial Arduino en sitio web, sitio web (PROMETEC, s.f.).

Puesto que no se contaba con el dispositivo en físico debido al costo del mismo, se hizo referencia en el compañero Gaymer Steeven Mendoza, actualmente ingeniero electrónico egresado de la universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), el cual contaba con experiencia en esta tarjeta debido al proyecto realizado y evidenciado en su trabajo de grado, por tal motivo se hace verídico la información brindada, dicha tarjeta fue sometida a las respectivas pruebas de comunicación en red, expresándome su experiencia, modo de trabajo y resultados textualmente: “ por ser una shield, cuenta con mayor facilidad de interacción con la tarjeta

arduino, como fuente externa recomiendo una fuente de 12 voltios a 2 amp, pero también tiene una configuración para conectarla directamente a la alimentación del arduino, solo se debe mover el interruptor que se encuentra en la tarjeta; no hay inconvenientes trabajar así. Hay que asegurarse que los jumper estén en posición para poder utilizar los pines 7 y 8 por software, generando una comunicación gracias a la librería softwareserial.h, luego se carga un código de prueba y listo.

Este módulo mostro una comunicación con la red estable, se registró con satisfacción en la mayoría de las redes disponibles, los comandos AT llegaron correctamente, no hubo ningún problema con este módulo.”

Los resultados obtenidos por el ingeniero son de gran fiabilidad para el desarrollo del prototipo, lo cual postula esta tarjeta como una candidata final para su selección.

➤ Módulo mini GSM / GPRS A6

El Módulo mini GSM / GPRS A6 es una versión profesional de la placa de desarrollo de núcleo GSM / GPRS de serie basada en el módulo GPRS A6, es compatible con la red GSM / GPRS de doble banda, disponible para transmisión remota de mensajes cortos (SMS) y paquetes vía radio (GPRS.) La placa presenta un tamaño compacto y de bajo consumo de corriente, en modo de suspensión 5 mA y modo de trabajo hasta 2 Amp, posee un regulador de voltaje incorporado para trabar entre los 4.5 a 5.5 V para fuente externa de conexión tipo micro USB, utiliza interfaz de comunicación de puerto serie de lógica transistor a transistor (TTL) a 3.3 V y frecuencias de trabajo en red cuatribanda de 850/900/1800 y 1900MHz.

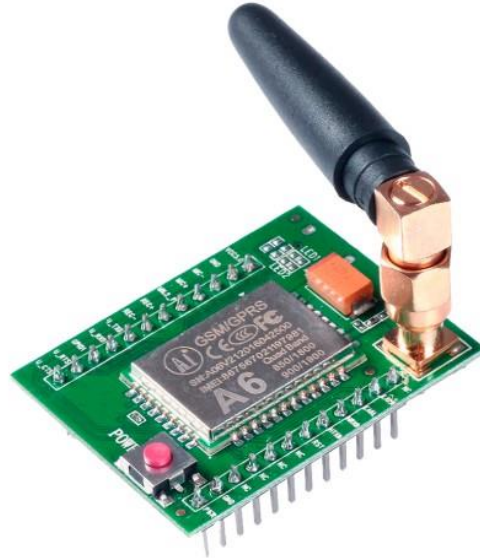


Figura 16. Módulo mini GSM / GPRS A6.

Fuente: Imagen tomada de producto en venta de sitio web, sitio web (CYElectronics, s.f.).

Se hicieron las pruebas correspondientes de comunicación en red al módulo y se obtuvo el 100% de recepción de los mensajes de texto transmitidos, fue probado en las tres operadoras de red más renombrados (Movistar, Claro y Tigo), en todas tuvo registro de red satisfactorio, las conexiones a realizar fueron solamente de interfaz UART (el TX de arduino al RX del módulo y el RX del arduino al TX del módulo) y las correspondientes a la alimentación externa.

- **Selección del módulo GSM a implementar**

Se observó que el módulo GSM SIM800L no cumplió con los parámetros de red esperados, su conexión inestable no garantiza fiabilidad al sistema, la tarjeta Shield GSM / GPRS SIM900 y el Módulo mini GSM / GPRS A6 obtuvieron buenos resultados en los aspectos evaluados, pero como módulo de conexión de red final, se decide trabajar con el Módulo mini GSM / GPRS A6

debido a que su costo en el mercado electrónico es más económico que la tarjeta Shield GSM / GPRS SIM900.

2. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

- **Arduino**

Este lenguaje de programación Arduino posee amplia documentación y cuenta con Github, uno de los repositorios online más grandes de trabajo colaborativo de gestión de proyectos y control de versiones de código, así como una plataforma de red social diseñada para desarrolladores de código abierto.

- **Python**

Es un lenguaje interpretado que incorpora aspectos de la programación imperativa, funcional, procedural y reflexiva, lo que significa que no se necesita compilar el código fuente para poder ejecutarlo, ofreciendo ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad y además cuenta con una gran base de desarrolladores, documentación y proyectos en producción (Alvarez, 2003).

- **Selección de lenguaje de programación a implementar**

Se decidió trabajar con el lenguaje de programación Arduino puesto que la implementación en las tarjetas de desarrollo Arduino son mucho más económicas que los ordenadores de placa reducida Raspberry Pi, otro factor importante es el fácil acceso a información sobre desarrollo de código, puesto que la documentación oficial del lenguaje Python se encuentra en inglés. Para

programar con el lenguaje seleccionado también se hizo necesario analizar la placa programable más adecuada para las exigencias del proyecto.

3. MICROCONTROLADOR PARA EL PROCESAMIENTO DE LAS INSTRUCCIONES DE PROGRAMACIÓN

- **Placas Arduino**

Las tarjetas programables Arduino son de bajo costo, poseen una enorme variedad de modelos diseñados para un público específico o para una determinada aplicación. Fue necesario conocer una serie de criterios importantes para la elección de la placa Arduino debido al funcionamiento que se le fuera a dar.

1. Saber el tipo de proyecto a implementar.
2. La cantidad de pines analógicos y digitales (normales y de tipo PWM) necesarios y empezar a descartar placas.
3. Deducir el tamaño de código a generar en cada sketch. Un programa grande demandará una cantidad mayor de memoria flash para su almacenamiento, por lo que se debe elegir una placa adecuada.
4. Capacidad de la RAM que será la encargada de cargar los datos para su inmediata velocidad de procesamiento.
5. El tipo de arquitectura de 8 o 32 bits basados en ATmega AVR y los SMART de ARM de 32 bits (superior), ambos de Atmel.

6. Por último, la ALIMENTACIÓN, tener en cuenta los límites de tensión y corriente que la placa puede manejar para implementar los circuitos sin dañarla con sobretensiones no soportadas, también hay que conocer los voltajes lógicos de operación, el voltaje del microcontrolador y el voltaje de los periféricos de la placa. (WitronicaLabs, 2016)

Para el circuito transmisor, se requiere que el Arduino posea disponibilidad de un total de 17 pines digitales (7 el teclado, 3 la cámara, 4 los sensores, 1 el led, 2 el módulo transceptor), se espera que el sketch ocupe un promedio de 10000 bytes de la memoria flash, en cuanto a la alimentación; esta será independiente para los elementos del circuito.

Se enumeran dos modelos de placa Arduino, la tarjeta Arduino nano y la tarjeta de Arduino uno, ambas tienen las características mínimas necesarias para el funcionamiento del prototipo, pero descarta el Arduino Uno por motivos de economía, el Arduino nano posee un precio más bajo y es suficiente para correr el sketch de programación.



Figura 17. Tarjeta programable Arduino Nano.

Fuente: Imagen tomada de producto en venta de sitio web, sitio web (Electronilab ®, s.f.).

Posee un microcontrolador Arduino ATmega328 con arquitectura AVR (Regulador de voltaje automático), su memoria flash soporta hasta 30 KB y dedica 2 KB para la bootloader (gestor de arranque), en total son 32 KB, SRAM 2 de KB y una velocidad del reloj de 16 MHz, dispone de 8 Pines de E/S analógicas y 12 E/S digitales entre ellos 6 de PWM, tamaño de la EEPROM de 1 KB, corriente continua por pin entrada salida, 40 mA (Pines de E/S) y voltaje de entrada recomendado de 7 a 12 V, su consumo de energía es de 19 mA.

4. CÁMARA DE VIGILANCIA PARA LA GRABACIÓN DE VIDEO

Se requiere un dispositivo capaz de grabar y procesar la imagen para poder ser visualizada, se predispone de dos fabricantes que proveen cámaras compatibles con las tarjetas Arduino, entre ellas se encuentra el módulo de cámara VGA OV7670 y el módulo ESP32-CAM con cámara OV2640.

➤ Módulo de Cámara VGA OV7670

Este módulo posee un sensor de imagen CMOS VGA OV7670, fabricado por Omnivision, capaz de trabajar a un máximo de 30 fps (cuadros por segundo) a una resolución de 640x480 pixeles (0.3MPx). Es un SoC (sistema en chip) por lo que es capaz de realizar procesamiento de imágenes, como: control de exposición, gamma, balance de blancos, saturación de color, control de tono (hue). Estos parámetros son configurables mediante la interface SCCB (Bus de Control de Cámara Serial). El sensor incluye filtros propios de eliminación de ruido eléctrico, fixed pattern noise (FPN), smearing, blooming, etc.

Funciona con sistemas digitales como Arduino, Raspberry Pi y Pic, utiliza un voltaje de operación a 3.3V y posee un bajo consumo de corriente, en modo de reposo puede estar por

debajo de los $20\mu\text{A}$, sus formatos de salida son variados, puede grabar en Raw RGB, RGB, YUV y YCbCr.



Figura 18. Módulo de cámara VGA OV7670.

Fuente: Imagen tomada de producto en venta de sitio web, sitio web (ElectronicaStore, s.f.).

Para la prueba de este dispositivo, se requirió de un módulo SD para Arduino, puesto que la cámara VGA OV7670 no tiene la capacidad de almacenar la imagen. Las conexiones de la cámara fueron por comunicación UART, el modulo SD se conectó por medio de protocolo SPI (miso, mosi, sck y ss), se subió al sketch de Aduino el código de prueba y funcionó correctamente, la cámara capturo la imagen y la almaceno en la micro SD del módulo adaptador. Se intentaron hacer pruebas para grabar fotogramas y procesarlas como un video, pero hubo dificultades debido que el modulo que se había adquirido no cuenta con buffer y el video no se procesaba correctamente arrojando errores al momento de reescribir el archivo .mpg al módulo adaptador de micro SD. El buffer cumplía con la función de almacenar los datos temporalmente y disminuir la carga computacional del microcontrolador de la cámara VGA OV7670.

➤ Módulo ESP32 CAM

El ESP32-CAM es un módulo de cámara muy compacto, utiliza el chip ESP32-S y cuenta con la cámara OV2640 y varios GPIO para conectar periféricos, también posee una ranura para tarjeta microSD que es útil para almacenar imágenes o videos tomados con la cámara, cuenta con conexión wifi y bluetooth, incorpora SRAM, PSRAM y lámpara de flash; el modelo de fábrica posee cámara OV2640 pero también admite cámara OV7670. Su voltaje de alimentación puede ser a 3.3 V o 5 V y utiliza tecnología TTL para el voltaje lógico.



Figura 19. Módulo de cámara ESP32-CAM.

Fuente: Imagen tomada de producto en venta de sitio web, sitio web (Ssdielect, s.f.).

La conexión con la tarjeta Arduino se realizó por medio de la interfaz UART, también fue necesario realizar la conexión de un pin GPIO a tierra (GND) al momento de programar la tarjeta, después de ello se retira dicha conexión y el modulo empieza a realizar su función según el algoritmo cargado. Este módulo presentó fluidez y calidad de imagen, la cámara OV2640 de 2mpx posee buena apertura de foco, el código sketch de prueba permite configurar la calidad y tamaño de imagen, aparte de esto, la incorporación de wifi al módulo genera una gran ventaja

puesto que también se puede pensar en aplicaciones futuras del proyecto al IOT (internet de las cosas).

- **Selección del módulo de cámara**

Se decidió trabajar con el módulo esp32-cam, la diferencia de precios no es muy significativa, los amplios campos en los que se puede utilizar el módulo esp32-cam genera una visión prometedora para el proyecto, la incorporación de funcionalidades añadidas a la misma tarjeta, como conexión wifi, ranura de SD, evitan gastos futuros y da la posibilidad de una modificación o adaptación para nuevas tecnologías, puesto que este dispositivo cuenta con firmware actualizable.

5. ADAPTADORES DE SEÑAL Y ALIMENTACIÓN

Dentro de este ítem, se mencionarán los reguladores de voltaje, el teclado matricial, los adaptadores de voltaje, los convertidores bidireccionales, el cableado y los conectores.

- **Reguladores de voltaje**

Para la selección de estos, fue necesario estipular las corrientes y voltajes de consumo de los dispositivos a implementar, los cuales se enmarcan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Consumo de dispositivos electrónicos implementados.

Dispositivo	C. Modo reposo	C. Modo trabajo	Voltaje Mínimo	Voltaje Máximo	Voltaje nominal	TIC	SMD
Módulo mini GSM / GPRS A6	5 mA	1A	4.5 V	5.5 V	5 V		
módulo E32- 915T20D	4 mA	120 mA	2.3 v	5.2 V	3.3 V		
Tarjeta arduino nano V3.0	19 mA	500 mA	6 V	20 V	9 V		
Módulo ESP32- CAM	6 mA	310 mA	4.7 V	5.3 V	5 V		

Se seleccionaron los tipo TIC debido a disponibilidad en el mercado del producto. Fue necesario utilizar reguladores de voltaje para suministrar el voltaje nominal de operación de cada elemento; para el modulo emisor en modo de trabajo se obtuvo una medida de consumo de 930 mA y en modo reposo 29 mA. Para el modulo concentrador un consumo en modo operación de 1620 mA y en modo reposo de 28 mA, siendo estos los consumos suministrados por sus respectivas fuentes de tensión.

- **Teclado matricial**

Se dispone del uso de un teclado matricial de 4x3, 12 botones (10 números y dos símbolos), se clasifica dos modelos disponibles, un teclado matricial de membrana 4x3 con cinta flex para conectar terminales y un teclado matricial de goma 4x3 con PCB para soldar terminales. Ambos cumplen con la misma funcionalidad, la diferencia radica en apariencia y precio. Se seleccionó el teclado con botones de goma debido a la percepción de profesionalidad que le brinda este, aun siendo más costoso que su semejante.

- **Adaptadores de voltaje**

Se determinó dos modelos diferentes que cumplan los requisitos de voltaje y corriente mínimo que suplirán a los circuitos, por facilidad de adquisición en el mercado, se seleccionó un voltaje de operación a 12 V para ambos adaptadores, uno con un voltaje de 12 V y una corriente de 1 Amp para el circuito de transmisión, y el otro de 12 V con una corriente de 2 Amp para el circuito de recepción, las corrientes de alimentación varían por su configuración y funcionalidad de componentes, seguido los adaptadores de tensión, se acoplan los reguladores de voltaje para garantizar una alimentación nominal según los requerimientos de cada dispositivo presente en los circuitos.

- **Convertidor de nivel lógico**

El convertidor de nivel lógico nos permitió intercomunicar los dispositivos que trabajan a diferente voltaje (a 3.3 V o 5 V) de manera simultánea. Con este convertidor tanto las entradas y salidas funcionan de forma independiente, la alimentación se hizo a través de la tarjeta arduino, sus salidas de tensión, alta (5 V) para el pin VCCB y baja (3.3 V) para el pin VCCA, esto con el fin de suplir la familia lógica TTL a la cual trabaja todos los dispositivos presentes en el circuito; fue necesario usar dos versiones de este convertidor bidireccional, el de ocho canales para el circuito transmisor y de 4 canales para el circuito receptor.



Figura 20. Convertidores lógicos bidireccionales de 4 y 8 canales.

Fuente: Imágenes tomadas de productos en venta de sitio web, sitio web (MercadoLibre, s.f.).

- **Cableado**

Se decidió usar cable par trenzado no blindado (UTP) categoría E5 por su bajo costo y su protección de envoltura, sus hilos de cobre es más que suficiente para garantizar fiabilidad de transmisión de datos puesto que el diseño no requiere exigencia en cuanto a calentamiento, sobre voltajes, entre otros; todos estos estarán regulados con otros componentes electrónicos como el regulador de voltaje. El cable UTP CATE5 posee 8 hilos en pares de conductores eléctricos aislados y entrelazados para anular las interferencias de fuentes externas y diafonía de los cables adyacentes, algunos de los hilos quedaran libres puesto que no es necesario usar la totalidad de sus hilos.

8.3 Tercer objetivo: implementar el sistema de alarma

8.3.1 Actividades realizadas

- **Selección de red**

Al momento de decidir que operador móvil se usara para el desarrollo del prototipo, se tuvo en cuenta la frecuencia de operación, los servicios prestados, la cantidad de usuarios y la capacidad de cada operador en Colombia que usa el Sistema GSM. Todos estos datos sirven como referencia de índice de calidad de servicio y así mismo la capacidad que tiene el operador para prestar los servicios requeridos en este caso el servicio de mensajería.

Para el año 2019, el número de abonados en el servicio de telefonía móvil en Colombia alcanzó un total de 66.283.173, la distribución de acuerdo a los operadores que usan el estándar GSM se encuentra así (TELESEMANA, s.f.):

Tabla 3. Participación en el mercado de los Operadores móviles

Operador	Número de abandonos	Porcentaje de mercado
Claro	31 086 808.14	46.9%
Movistar	16 173 094.21	24.3%
Tigo	12 129 820.66	17.6%
Avantel	2 253 627.882	3.5%
ETB	530 265.384	0.6%
MVNO's	4 706 105.283	7.2%

Otro aspecto relevante es el nivel de cobertura que puede brindar los operadores dado que el prototipo puede ser implementado en cualquier región del país, de acuerdo a las cifras presentadas de cobertura de la red móvil, el cual tiene en cuenta los principales operadores se puede notar que el operador que posee mayor cobertura es Claro seguido por movistar. Por motivo

de cobertura y alianzas de la empresa CENS con Claro, se decidió usar el operador móvil claro como prestadora de servicios de mensajería para el prototipo implementado.

- **Implementación del sistema de alarma**

En el diagnóstico inicial realizado al gabinete 1T08020 ubicado en el barrio Tasajero el cual resguarda 10 medidores en su totalidad, se pudo observar que le habían instalado SELLOS DE SEGURIDAD “TIPO BARRERA”, los cuales fueron violentados, forzados y rotos, además se encontró una derivación de 26.6 AMPERIOS en dicho gabinete (ver figura 22). Las puertas se encontraban en muy mal estado y no contaban con perno de seguridad (chapa). Por tal motivo fue necesario solicitar a la empresa Cens una reestructuración de las puertas, una semana después de la solicitud presentada por el área de control y perdidas, las puertas fueron enchapadas otra vez con sus respectivos sellos tipo barrera.



Figura 21. Gabinete 1T08020 ubicado en el barrio Tasajero.

➤ **Módulo Transmisor**

Se soldaron todos los elementos a la placa impresa, en algunos puntos se usaron portapines para facilitar el retiro de los componentes en caso de modificaciones al microcontrolador o futuras averías, también para evitar daños por sobretemperaturas en los elementos electrónicos al momento de soldar.

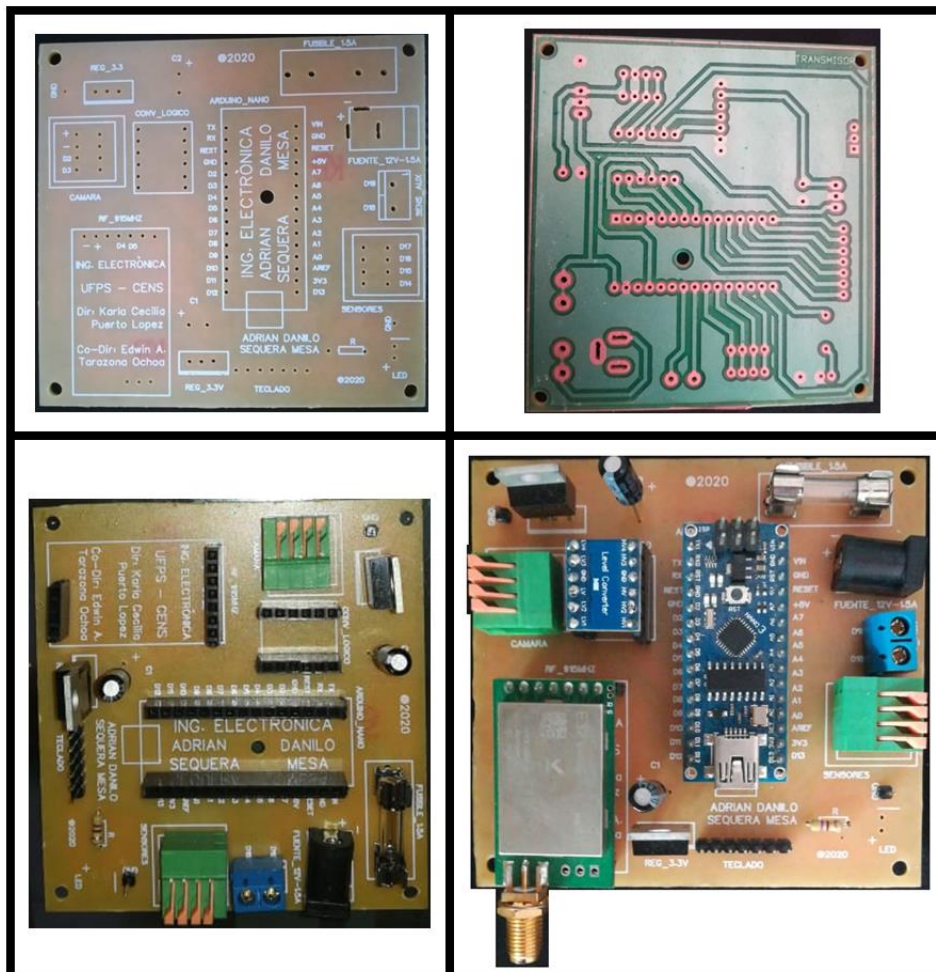


Figura 22. PCB impresa y soldada del circuito transmisor.

El armario cuenta con tres puertas, dos para la tercera división del gabinete (barraje) y una para la segunda división (medidores), la primera división (automáticos) no cuenta con puertas,

todo el gabinete se encuentra dentro de una estructura en cemento resguardado por una puerta metálica. Se instalaron los respectivos sensores en las tres puertas del gabinete, los sensores magnéticos se aseguraron con tornillo y tuerca; fue necesario taladrar la lata de la puerta y del marco, se aseguró una distancia de separación máxima entre las dos partes del sensor magnético de 0,8 cm para asegurar la continuidad del circuito cuando la puerta este cerrada.



Figura 23. Sensores magnéticos instalados.

Los sensores poseen dos puntas cada en cada extremo, una vez puesto los tres sensores, se unió con cable calibre AWG 26 un extremo de cada sensor a un nodo en común el cual fue puesto a la tierra del circuito. El otro extremo de cada sensor fue cableado hasta el circuito puesto que cada uno fue declarado como pin digital de entrada en la respectiva programación. El circuito se llevó en su encapsulado sellado y listo solo para su respectivo atornillado al gabinete,

en el extremo del cableado se colocó terminales para que no hubiera necesidad de reabrir el circuito, sino que solamente fuera de conexión y desconexión en las entradas y salidas (sensores y cámara), facilitando en algún futuro la extracción del circuito completo para posibles modificaciones sin necesidad de retirar los otros componente ya instalados.



Figura 24. Encapsulado del circuito transmisor y receptor.

El encapsulado del circuito fue instalado en la segunda división (medidores), en la lata lateral derecha del gabinete, en un punto central y visible para el operario Cens, este fue atornillado con dos tornillos golosos 8 X 1.3/4. (Ver figura 26)



Figura 25. Instalación del encapsulado del circuito trasmisor.

La alimentación para el circuito se extrajo del barraje con dos terminales de ojo y cable duplex calibre 12 hasta el adaptador de voltaje 12v, dicho procedimiento fue realizado por personal CENS el cual contaba con todo el equipo de seguridad para hacer las respectivas conexiones. (Ver figura 27)



Figura 26. Conexión al barraje con equipo de seguridad.

La ubicación de la cámara requirió que fuera un punto central y con rango de visibilidad amplio, y a la vez que no fuera accesible a simple vista del gabinete para mejorar su resguardo. Se aseguró con tornillos golosos $\frac{3}{4}$ en la lata lateral derecha, en la sección de medidores, de allí se conectó el cable UTP a los terminales puestos en los extremos de los pines de la cámara (vcc, gnd, dato), el cable se pasó por detrás de los medidores para que no fuera visible a simple vista.



Figura 27. Encapsulado en impresión 3D de la cámara esp32-cam.

La instalación de los sensores magnéticos fueron los más demorados debido a que su corta distancia de separación requerían una proximidad precisa y no había visibilidad para cuadrar su posición cuando se cerraba la puerta.

Después de tener conectado todos los sensores y la cámara al circuito, se procedió a conectar el Jack del adaptador 12v al circuito y colocar la antena RF transmisora de 915 Mhz, el circuito inmediatamente encendió el led del Arduino evidenciando que el circuito estaba alimentado correctamente.

➤ **Moódulo Receptor**

El circuito receptor se instaló con mayor facilidad debido a que solo va cableado la alimentación hacia el circuito, del resto no hay otro elemento que necesite instalación fuera del encapsulado.

Se atornillo el encapsulado a una caja monofásica con tornillos golosos 8 X 1.3/4, la caja monofásica usada fue para protegerlo contra lluvias, ya que este circuito se instaló en un poste de luz a una distancia central entre los gabinetes del sector. A parte de esto se aseguró con un cable-alambre para brindar mayor seguridad en caso de que lo quisieran extraer de forma no autorizada. Luego de estar instalado, se procedió a conectar la antena receptora SMA de 915 Mhz, seguido de esto, el Jack de la alimentación al circuito, este encendió su led indicando que se estaba alimentando correctamente.

• **Pruebas Realizadas**

Una vez montado tanto el circuito transmisor como receptor, se procedió a hacer pruebas, para ello se simuló con los dos roles posibles, intruso y personal Cens, para las pruebas de intruso, se verificó que la cámara efectivamente iniciaba la grabación y el mensaje de texto se enviaba avisando la alerta y especificando la contraseña de acceso; así mismo se verificó que volviera a enviar el mensaje cuando se cerraran las puertas, se repitió el procedimiento puerta por puerta verificando la confiabilidad de los sensores en todas sus puertas.

La siguiente prueba fue la de personal Cens, se probaron con varias claves incorrectas y el funcionamiento de los caracteres especiales del teclado para borrar e ingresar, efectivamente el

sistema no se bloqueó hasta que se ingresó la contraseña correcta, luego por medio del celular designado a la cuadrilla, se accedió a los datos de la cámara vía wifi, para ello también se usa un usuario y contraseña fijo, la descarga de la información de los videos grabados de la cámara se hace por servidor ftp, los videos se descargaron sin ningún problema y su resolución fue buena, el único acomodo que se tuvo que hacer fue el del punto de vista de la cámara para que su grabación fuera lo más centrada posible, después de ello se desbloqueó el sistema por medio del teclado con otra clave, se cerraron las puertas y se constató que no hubiera llegado ningún mensaje de alerta durante este procedimiento. Todo funcionó según lo previsto.

Se repitieron ambas pruebas en todo los posibles casos diferentes, abrir y cerrar puertas muy rápidamente, intentar ingresar con claves de acceso erróneas, puertas entrecerradas, cámara obstaculizada, etc, en todos los casos el sistema funciono de manera óptima.

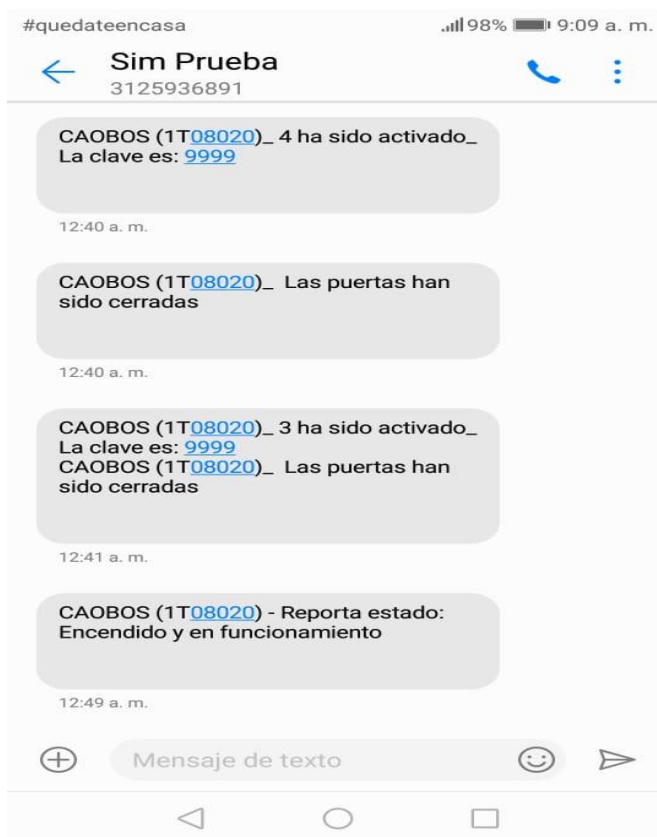


Figura 28. Mensajes de texto recibidos en las pruebas del dispositivo.

En la figura 28 se pudo observar el formato de texto que se redactó para el mensaje, también se evidencia que en el mensaje aparece la identificación del gabinete, indica la respectiva puerta que fue abierta y la clave de acceso actual para el bloqueo del sistema.

8.4 Cuarto objetivo: divulgar los resultados obtenidos

8.4.1 Actividades realizadas

Para el proceso de divulgación de resultados se hizo en tres fases, la primera fue el anuncio de la propuesta a la empresa Cens, esta se hizo en la feria empresarial Cens a

finales del 2019, allí se daba un introducción sobre el alcance del proyecto, los objetivos y beneficios que se pensaba lograr con esta implementación, se expuso en un stand un pendón en donde se resumía la propuesta, y en acompañamiento del codirector Edwin Arturo Tarazona Ochoa, se iba atendiendo inquietudes sobre el proyecto a las personas que se acercaban al stand.



Figura 29. Feria empresarial Cens 2019.

La segunda fase de divulgación se hizo con la comunidad estudiantil, por medio de la docente directora del presente proyecto Karla Cecilia Puerto Lopez se hizo una exposición virtual de los resultados, esta se hizo para inicios del mes de junio del 2020 por medio de la plataforma de video llamadas de google, MEET, se agendó con la docente un espacio con los estudiantes de la universidad Francisco de Paula Santander en la asignatura de fibra óptica noveno semestre, en este espacio se explicó desde el procedimiento que se hizo en la empresa para ingresar a realizar las practicas, hasta los resultados finales del proyecto y experiencia adquirida del proceso de prácticas, se atendieron dudas de algunos estudiantes y se finalizó con la intervención de la

docente culminando con la video llamada, dicha video llamada quedo evidenciada en un archivo de video en google drive que generó la plataforma de video llamadas MEET.

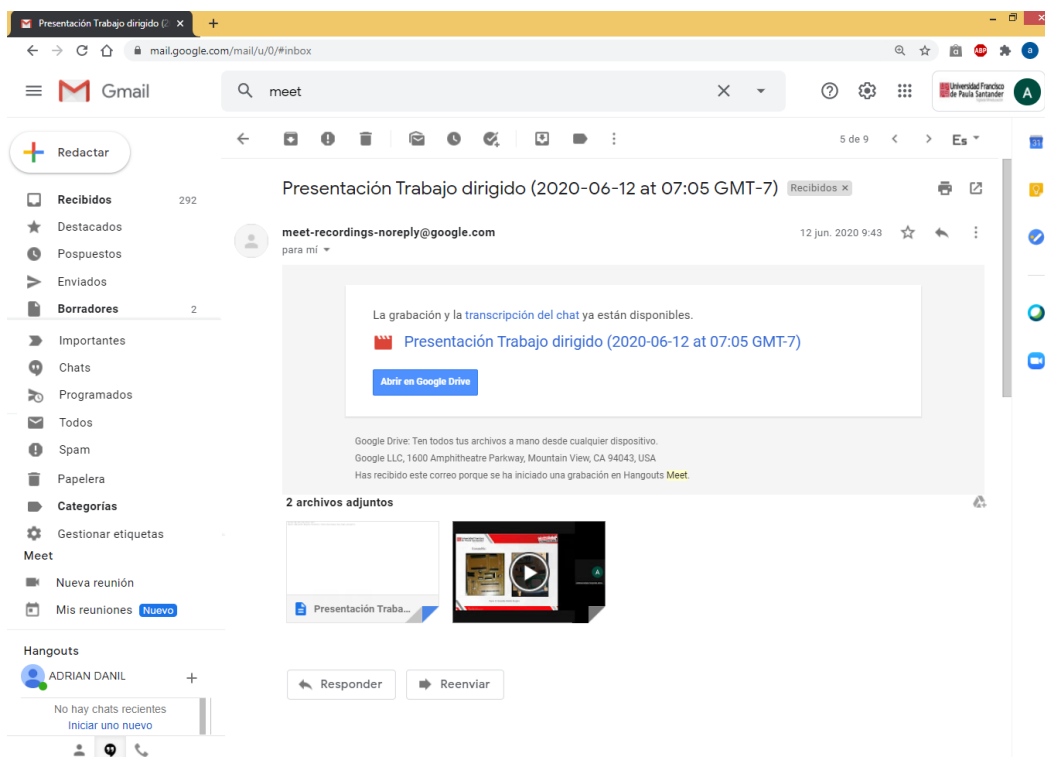


Figura 30. Evidencia de la video llamada por la plataforma MEET.

La tercera fase se realizó con personal Cens el día de la instalación, allí se dio instrucciones sobre su uso, se explicó las conexiones realizadas, el funcionamiento del algoritmo, se entregó el plano de las conexiones y una guía de forma magnética y física del proceso de elaboración de todo el sistema, se atendió dudas y se dejó todo en funcionamiento.

Conclusiones

- Después de la socialización realizada en la videoconferencia (Ver anexo 6) tratando el tema de seguimiento de control a la alarma electrónica, se pudo concluir que las alertas empezaron a ser menos frecuentes, evidenciando que se persuadió la cultura reincidente en el robo de energía para los medidores ubicados en este gabinete 1T08020.
- El sistema cuenta con facilidad adaptación a nuevos elementos sin alteración de la placa; en total son 6 salidas declaradas las cuales están libres para la conexión de sensores, buzzer entre otros; además algunas funcionalidades de los elementos individuales no fueron usadas debido a que no hubo necesidad para el objetivo del proyecto, lo que brinda la posibilidad de continuar una segunda fase de desarrollo del proyecto para adaptación de nuevas tecnologías como como por ejemplo el servicio general de paquetes vía radio (GPRS), el cual sirve para futuras versiones del prototipo con aplicación en el internet de las cosas (IOT).
- Al momento de ejecutar el código de programación se observó en la consola del sketch del Arduino que solo se ocupó el 48% del espacio de almacenamiento de programa para el módulo emisor, el 29% para el módulo Concentrador-Receptor y el 42% para la cámara esp32-cam, dejando espacio libre de procesamiento para futura codificación.
- El diseño del prototipo de alarma fue registrado por el departamento de control de perdidas energía de Cens, como proyecto innovador ante en el centro de excelencia técnica de la empresa, el cual se encarga de regular las normas técnicas de las

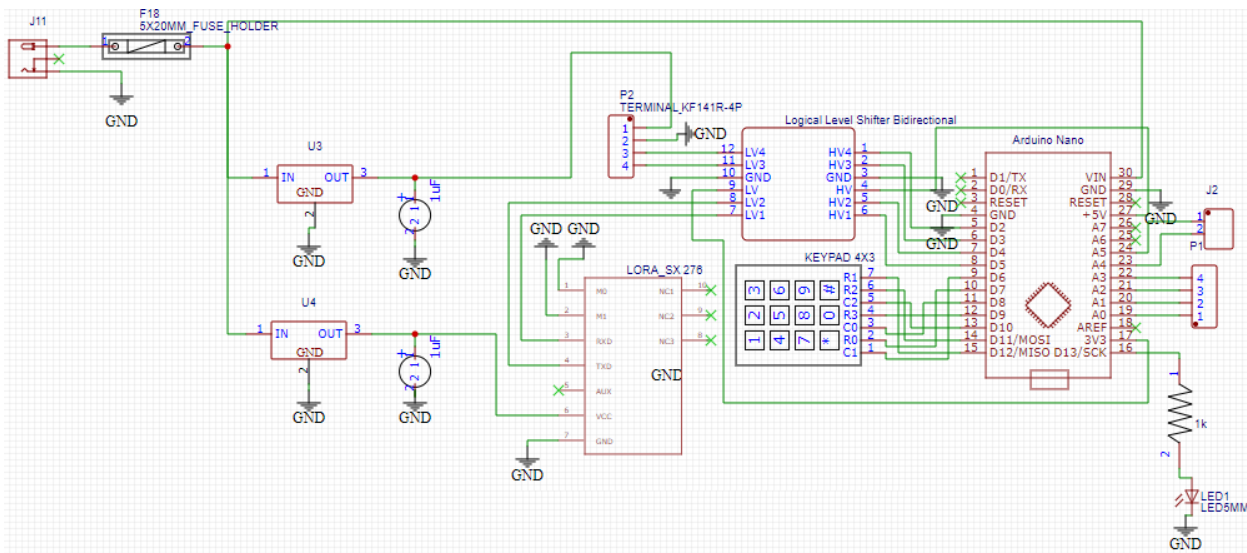
instalaciones y revisar la viabilidad de los proyecto si cumplen con especificaciones técnicas de la empresa.

- La presencia del prototipo en el gabinete cumplió con los requerimientos y expectativas esperadas por la empresa Cens y brindó a la comunidad de este sector una imagen de constante inversión y mejora de calidad de prestación de servicios.

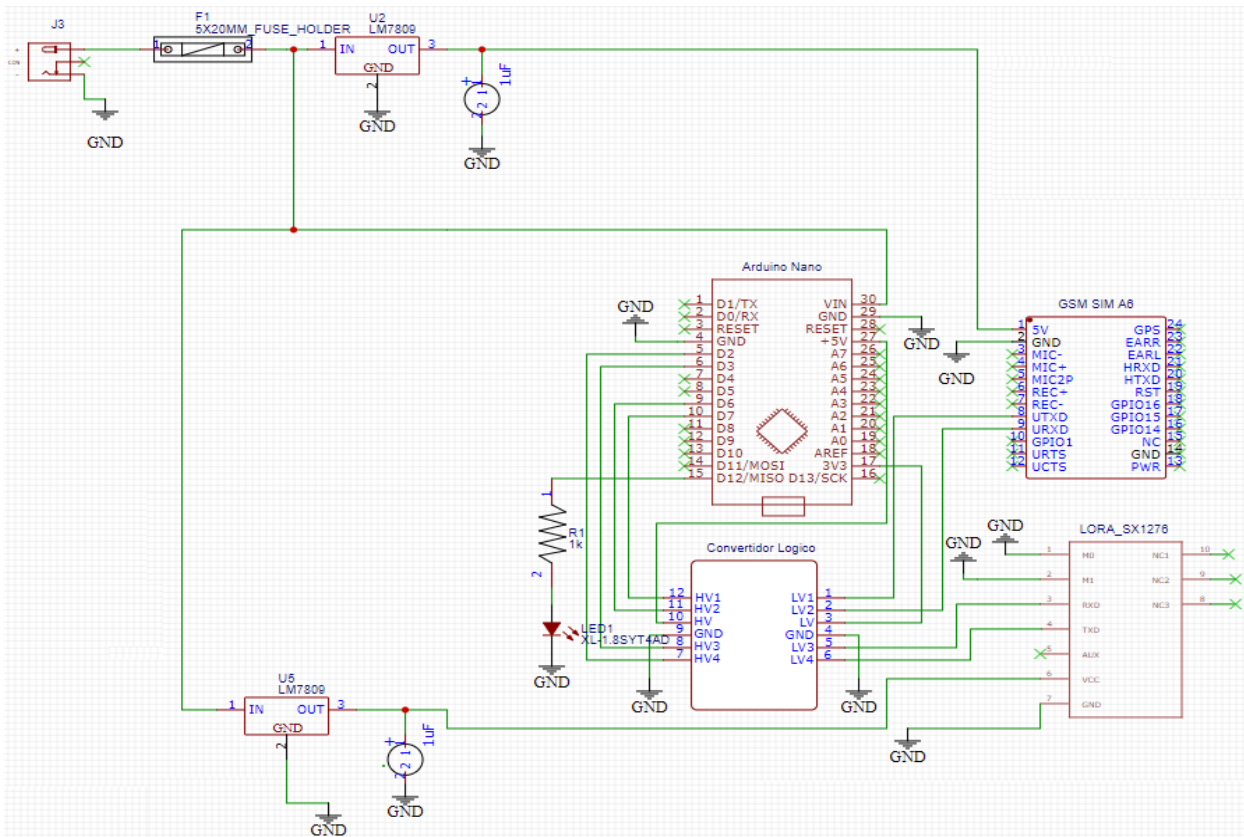
Recomendaciones

- Se recomienda hacer medidas de cableado en la visita de inspección para llevar todo medido y solo sea de instalación, puesto que la empalmada y conexión puede ser tedioso debido al espacio de trabajo.
- Se sugiere realizar un enmallado de recubierta al encapsulado de la cámara para mayor protección, puesto que esta es vulnerable a daños físicos por su posición obligatoria en cuanto a visibilidad.
- Se aconseja que el encapsulado de circuito transmisor no sea de bisagra, debido a la posición de la antena en la placa PCB es más difícil la construcción de esta, para dar solución a esto se plantea que el encapsulado sea de tapa para quitar y poner y no de abrir y cerrar.
- Se recomienda soldar un pulsador adicional auxiliar al botón de reinicio que posee la cámara esp32-cam, puesto que el que trae incorporado es de difícil acceso.
- Algunos dispositivos usados en el proyecto, presentan nuevas versiones en el mercado lo que hace que a futuro sea más difícil adquirir las versiones seleccionadas para el prototipo.
- Se pudo determinar que en algunos dispositivos electrónicos, los parámetros presentados en el datasheet variaban en gran medida, como se pudo observar en la prueba de alcance del módulo de radiofrecuencia.

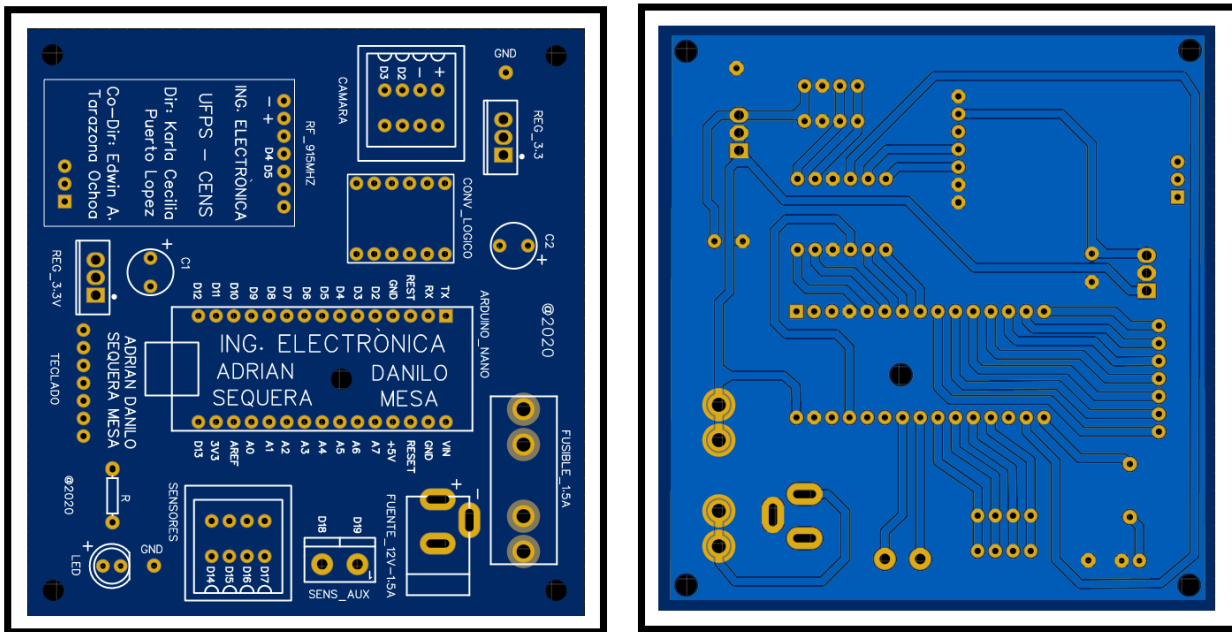
Anexos



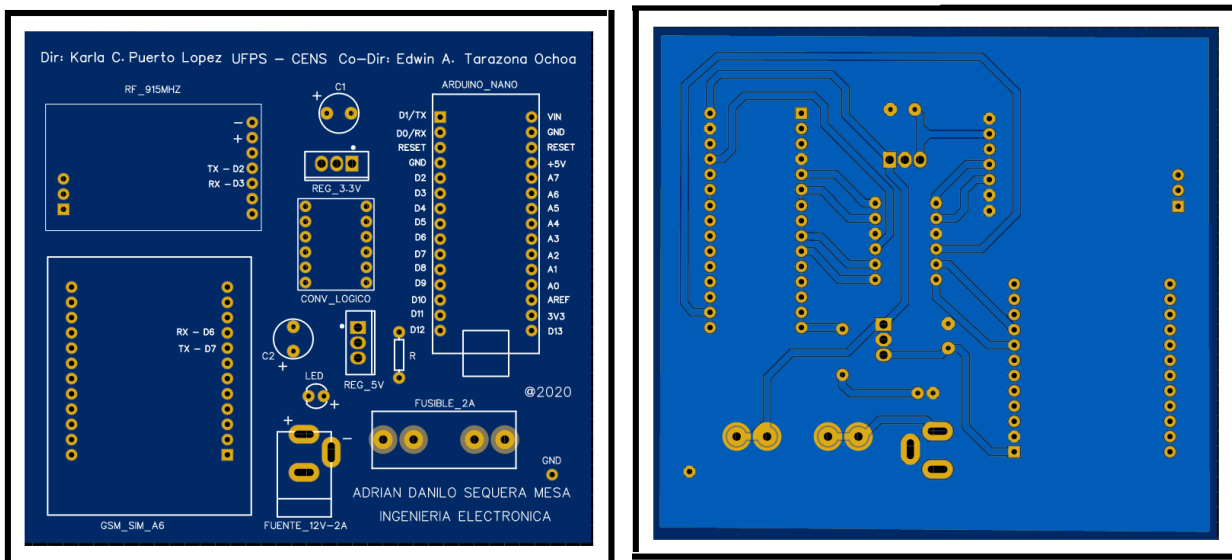
Anexo 1. Esquemático del circuito Emisor



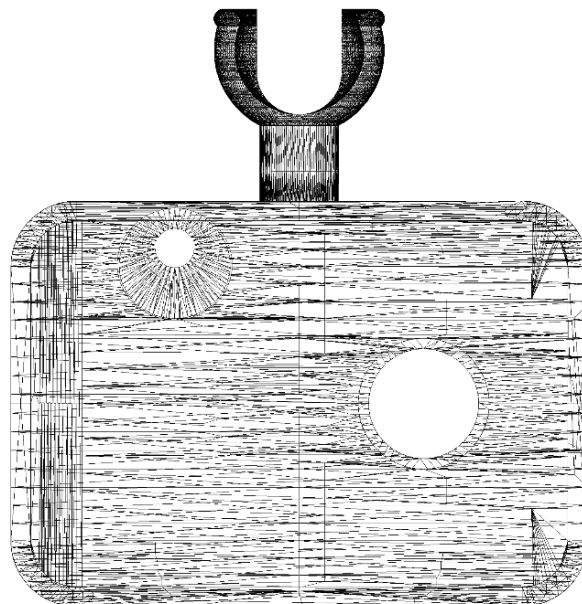
Anexo 2. Esquemático del circuito Concentrador-Receptor





Anexo 4. Diseño de la PCB del circuito transmisor



Anexo 5. Diseño de la PCB del circuito Concentrador-Receptor







Anexo 4. Diseño de modelamiento 3D para el encapsulado de la cámara Esp32-cam


RV: Idea de innovación sistema anti fraude montaje integral de perdidas.   

Recibidos x







LADY JOHANA ORTIZ LIZCANO <Lady.Ortiz@cens.com.co>
para mí ▾


 mar., 6 oct. 15:29   




	<p>RV: Idea de innovación sistema anti f... De Google Calendar</p>
---	---



JAIME PEÑARANDA TRIGOS <JAIME.PENARANDA@cens.com.co>
para LADY, JAIME, KAREN, JOHAN, JUAN, miguel.lopez@depisas.com, EDWIN, mí ▾





 mar., 8 sept. 14:39   


	<p>RV: Idea de innovación sistema anti f... De Google Calendar</p>
---	---

Seguimiento a los resultados de control   



EDWIN ARTURO TARAZONA OCHOA <EDWIN.TARAZONA@cens.com.co>
para mí ▾

 jue., 10 sept. 15:48   

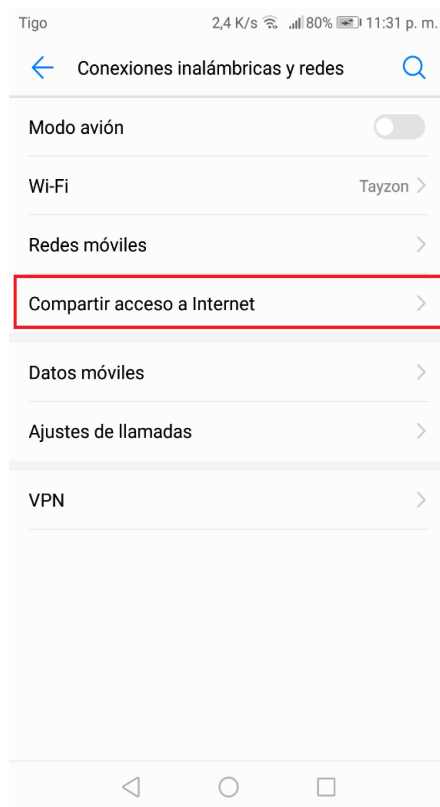
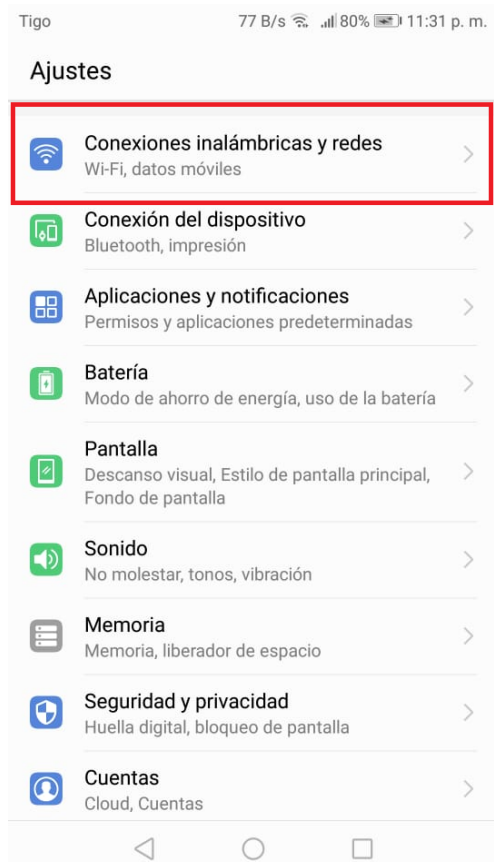
	<p>Seguimiento a los resultados de control Míralo en Google Calendar</p> <p>Cuándo jue 10 de sept de 2020 4pm – 5pm (COT) Ubicación Reunión de Skype Participantes EDWIN ARTURO TARAZONA OCHOA*</p>	<p>Agenda jue 10 de sept de 2020</p> <p><i>No hay eventos anteriores.</i></p> <p>4pm Seguimiento a los resultados de control</p> <p><i>No hay eventos posteriores.</i></p>
--	---	--

Anexo 5. Agendas realizadas para socialización y seguimiento de resultados del proyecto con la empresa.

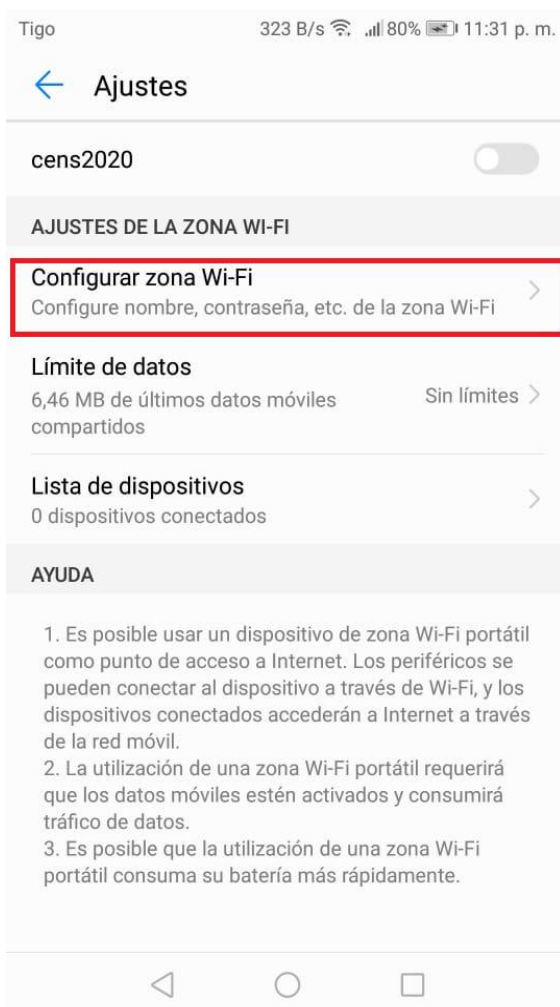
Manual de acceso a los datos de la cámara ESP32 CAM

A continuación se mencionará una serie de pasos a seguir para poder acceder a los datos guardados en la micro SD de la cámara esp32-cam.

1. Por medio de un dispositivo móvil o una computadora ingrese a la configuración o ajustes.
2. Ingrese a la opción de compartir acceso a internet



- Seguido de esto damos a la opción “Zona Wi-Fi portátil” y se abrirán las opciones de ajustes de red, ingresamos a la opción “Configurar zona Wi-Fi”.



- Una vez abierto se podrá modificar los ajustes de red, debemos modificar dos campos los cuales son nombre de la red y contraseña; se deben llenar con los siguientes datos tal cual se muestran a continuación:

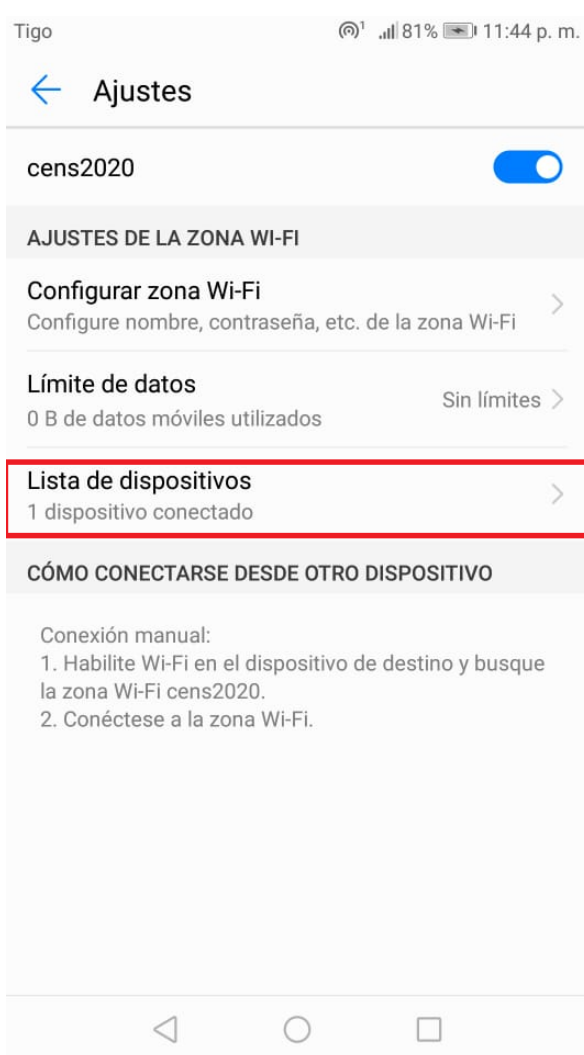
Nombre de red: **cens2020**

Contraseña: **ufps2020**

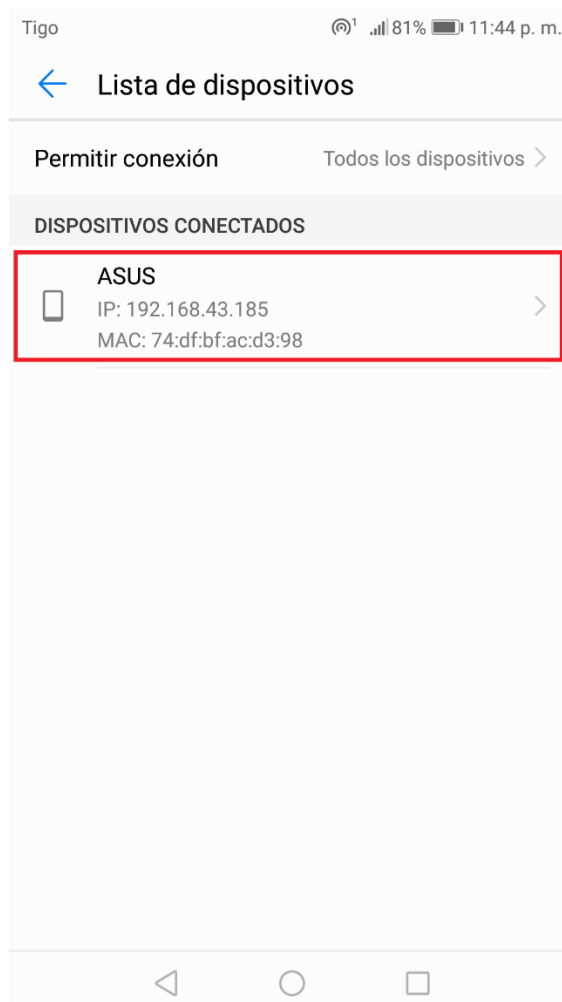
Seguido de esto se guardan los cambios y esperamos un momento a que la cámara se conecte a la red generada con el dispositivo móvil.



5. Volvemos a los ajustes red y revisamos si la cámara ya se conectó a la red generada, para ello nos debe aparecer que hay un dispositivo conectado, si no aparece quiere decir que la cámara no se ha conectado a la red.



6. Seguido de esto ingresamos a “Lista de dispositivos” y nos deberá aparecer un dispositivo conectado, allí podremos observar la dirección IP con la cual se conectó la cámara, copiaremos esta dirección en el portapapeles.



7. Una vez teniendo la dirección IP copiada, podremos acceder al servidor de dos formas, la primera es por la barra de direcciones de cualquier navegador, y la segunda por medio de una APK.

7.1 Por medio de la barra de direcciones

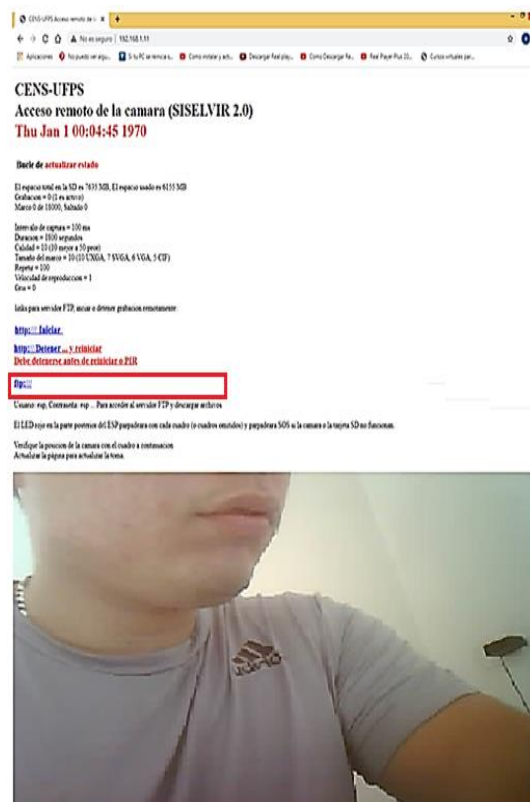
Primero accedemos a cualquier navegador que tengamos instalado en el dispositivo móvil ya sea Crhome, Mozilla, Opera o cualquier otro; una vez ingresado pegaremos en la barra de direcciones la dirección IP que habíamos copiado anteriormente.



- 7.2 Una vez ingresado en la página, aparecerá una interfaz donde se visualiza algunos datos actuales de la micro SD y configuraciones de grabación, dentro de esta interfaz hay 3 links en los cuales el usuario puede empezar una grabación con el primer link y detener la grabación con el segundo link, todo de forma remota; el tercer link es para acceder al servidor FTP, ingresamos a este y nos pedirá un usuario y contraseña, en los cuales escribiremos los siguientes datos:

Usuario: **esp**

Contraseña: **esp**

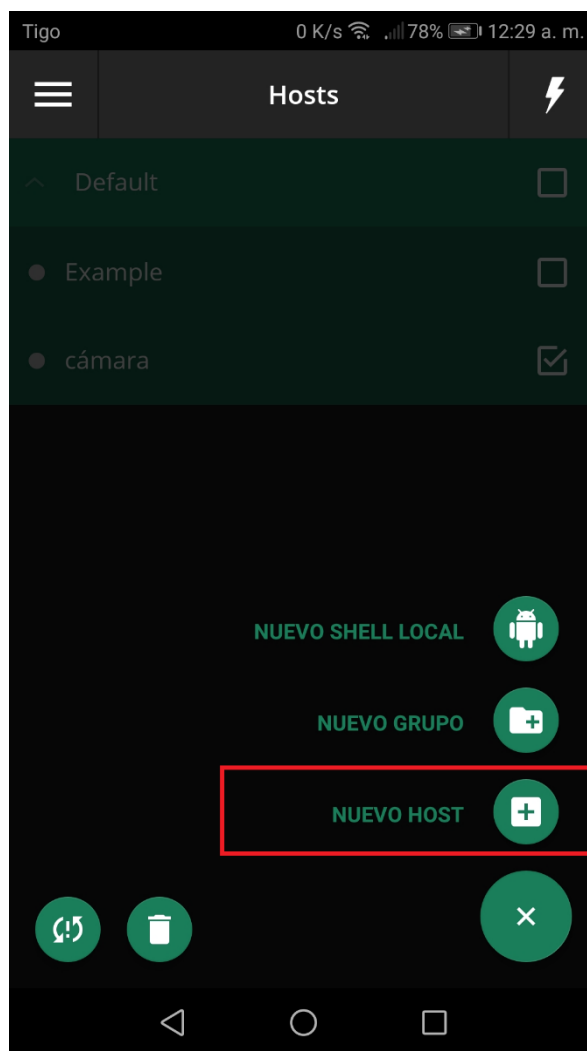


7.3 Una vez ingresado estos datos ya podremos visualizar todos los archivos que se encuentren guardados en la Micro SD.

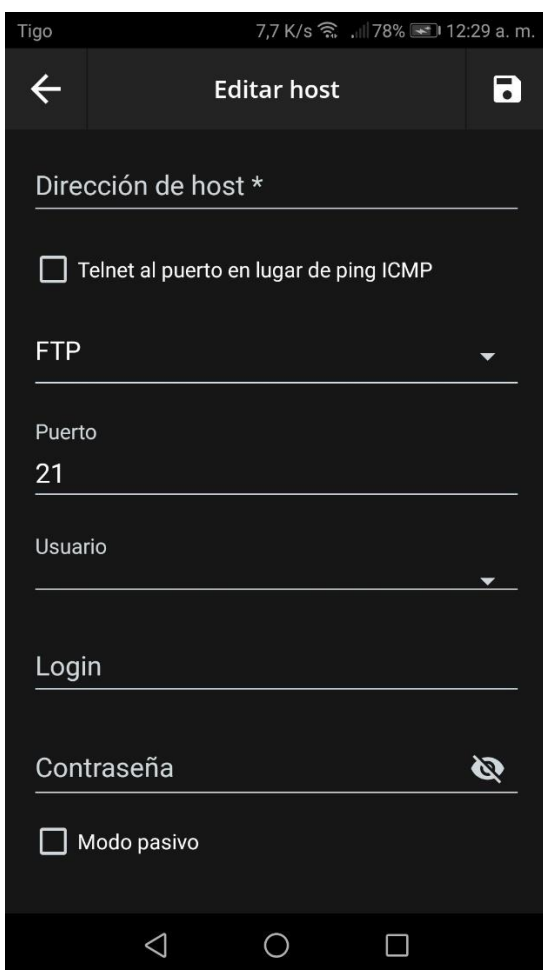
8. Ahora explicaremos la segunda forma de acceder a los datos de la micro SD, para ello necesitaremos descargar de la tienda APP STORE la aplicación llamada “ADMIN HANDS”.



8.1 Una vez descargada e instalada la aplicación, la abriremos e ingresamos al icono que aparece con un “+” en la parte inferior derecha, esta desplegara un menú y daremos en la opción de “NUEVO HOST”.



8.2 Una vez ingresado en esta opción nos aparecerá un nuevo menú, desplegamos las opciones que aparece como “seleccionar el protocolo” y seleccionaremos la opción “FTP”, se abrirán nuevos campos los cuales tendremos que llenar con los siguientes datos:



Nombre de visualización: **“el que usted desee”**

Dirección de host: **“colocaremos la dirección IP que habíamos visualizado anteriormente”**

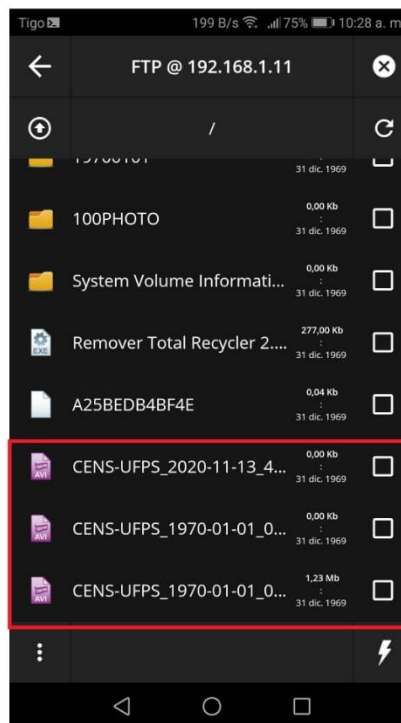
Puerto: **21**

Usuario: **esp**

Contraseña: **esp**

Es fundamental activar la opción que aparece “Modo pasivo”.

Seguido de esto damos la opción de guardar y ya quedará guardado con el nombre de visualización que usted le asignó al host, ya podremos acceder a la cámara sin necesidad de volver a llenar los campos requeridos.



Anexo 6. Link de descarga del manual para acceder a los datos de la cámara ESPP32-cam

Referencias

©2020 ElectroCrea. (s.f.). *ElectroCrea*. Recuperado el 18 de 04 de 2020, de

<https://electrocrea.com/products/transceptor-2-4ghz-nrf24l01-con-antena-1km>

Alvarez Franco, C. A. (Agosto de 2017). *INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO*

SUDAMERICANO. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de

http://repositorio.tecsu.edu.ec:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/82/Electronica_20170818.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alvarez, M. A. (19 de 11 de 2003). *DesarrolloWeb*. Recuperado el 30 de 04 de 2020, de

<https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>

Amazon. (05 de 07 de 1994). Recuperado el 19 de 04 de 2020, de [https://www.amazon.com/-](https://www.amazon.com/-/es/LoRa-SX1276-TCXO-E32-915T20D-inal%C3%A1mbrico/dp/B082NLWFFW)

[/es/LoRa-SX1276-TCXO-E32-915T20D-inal%C3%A1mbrico/dp/B082NLWFFW](https://www.amazon.com/-/es/LoRa-SX1276-TCXO-E32-915T20D-inal%C3%A1mbrico/dp/B082NLWFFW)

Casa Casa, N. I., & Suncha Córdor, M. G. (2009). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido

de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1031/1/T-UTC-1264.pdf>

CENS. (Enero de 2017). *CENS Norma Técnica*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de

https://www.cens.com.co/Portals/2/Documentos/Norma_Actualizada/NORMA_T%C3%89CNICA_MEDIDA%20CONCENTRADA%20Y%20SEMI%20CONCEN%20O%20RED%20MULTIFILAR.pdf

CENSGrupoEPM. (01 de Octubre de 2018). *CENS*. Obtenido de Grupo epm:

<https://www.cens.com.co/es-es/institucional/quienessomos/objetosocial.aspx>

CYElectronics. (s.f.). (WIX) Recuperado el 29 de 04 de 2020, de

<https://cyelectronics.wixsite.com/cyelectronics/product-page/a6-gsm-gprs-module-with-antenna-for-arduino>

ElectronicaStore. (s.f.). Recuperado el 02 de 05 de 2020, de

<https://electronicastore.mx/producto/camara-vga-ov7670-modulo-compatible-arduino/>

Electronilab ®. (s.f.). *Electronilab*. Recuperado el 01 de 05 de 2020, de

<https://electronilab.co/tienda/arduino-nano-v3-atmega328-5v-cable-usb/>

En sectores ricos roban también la electricidad. (4 de Octubre de 2018). *La Opinión*, pág. 1.

Obtenido de <https://www.laopinion.com.co/cucuta/en-sectores-ricos-roban-tambien-la-electricidad-163331>

Fernández Amador, G. (Octubre de 2005). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.

Recuperado el 2019 de Octubre de 31, de

<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/169/Sensores%20magneticos.pdf?sequence=1>

G., M. C. (30 de 04 de 2008). *CENS*. Recuperado el 12 de 04 de 2020, de

https://www.cens.com.co/Portals/2/Documentos/Proceso_de_contratacion/Normatividad_interna/norma%20tecnica/CAJAS,%20ARMARIOS%20Y%20CELDAS..pdf

Geek Factory. (s.f.). *Geek Factory*. Recuperado el 21 de 04 de 2020, de

<https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/enviar-sms-con-arduino-y-sim800l/#:~:text=Las%20conexiones%20de%20datos%20con,cual%20es%20de%202.8%20volts.>

- Gomez Cubides, H. J., & Herrera Moreno, S. D. (28 de Junio de 2019). *RIUD*. Obtenido de Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/11349/16339>
- González, E. R. (11 de Mayo de 2018). ¿Qué es un sistema embebido? *EL FINANCIERO*, pág. 2.
- Guzmán Delgado, D. F. (2016). El contexto actual del derecho de la imagen en Colombia. *La Propiedad Inmaterial*(21), 47-77.
- Industria y Comercio. (16 de Septiembre de 2016). *sic.gov*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Nuestra_Entidad/Guia_Vigilancia_sept16_2016.pdf
- Jardine Robert , T. J., Hopkins, R. C., McAllister, G. C., & A. M. (05 de Agosto de 2008). *Estados Unidos Patente n° US7409201B2*. Recuperado el 2019 de Octubre de 2019, de https://es.wikipedia.org/wiki/Nombre_del_punto_de_acceso
- Leija Hernández, G., López Bonilla, J. L., & Iturri Hinojosa, L. A. (2014). Metodología para el cálculo adecuado de las alturas de antenas en un radioenlace de microondas en Línea de Vista. *Nova Scientia*, 6 (2)(12). Recuperado el 31 de Octubre de 2019, de <http://asterion.almadark.com/2008/11/30/las-zonas-fresnel-y-el-alcance-de-los-equipos-de-radio-frecuencia/>
- Martínez Fernández, N. F. (2016). *Biblioteca UCM*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10839/1495>

Martínez, J. L. (13 de Julio de 2018). *Zonas de Fresnel en un radioenlace*. (prored) Recuperado el 12 de Septiembre de 2020, de <https://www.prored.es/zonas-de-fresnel-en-un-radioenlace/>

MercadoLibre. (s.f.). Recuperado el 05 de 05 de 2020, de [https://listado.mercadolibre.com.co/convertidor-nivel-logico-bidireccional#D\[A:convertidor%20nivel%20logico%20bidireccional\]](https://listado.mercadolibre.com.co/convertidor-nivel-logico-bidireccional#D[A:convertidor%20nivel%20logico%20bidireccional])

Muñoz, R. (28 de 10 de 2018). *ComputerHoy*. Recuperado el 30 de 04 de 2020, de <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/que-es-arduino-que-es-tan-interesante-aprender-programar-311393>

Perilla Suárez, N. (2018). *UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de <http://hdl.handle.net/10983/15825>

PROMETEC. (s.f.). Recuperado el 23 de 04 de 2020, de <https://www.prometec.net/gprs-llamar-enviar-sms/>

Reinosa Ojeda, J. F. (Abril de 2019). *UNAD*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25481>

Sánchez Wevar, J. A. (2005). *Universidad Austral de Chile*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmficis211a/doc/bmficis211a.pdf>

Ssdielect. (s.f.). Recuperado el 02 de 05 de 2020, de <https://ssdielect.com/cb/bluetooth-2/1933-md-esp32-cam-ov2640.html>

TELESEMANA. (s.f.). Recuperado el 12 de Septiembre de 2020, de PANORAMA DE MERCADO - COLOMBIA: <https://www.telesemana.com/panorama-de-mercado/colombia/>

Thomas, F. (2000). *Fundamentos De Sistemas Digitales*. Prentice Hall.

TIMONIER AGENCIA DIGITAL. (s.f.). *Proelectricos*. Recuperado el 12 de 04 de 2020, de <https://proelectricos.com/armarios-para-medidores/>

WitronicaLabs. (05 de 05 de 2016). Recuperado el 30 de 04 de 2020, de <http://witronicalabs.blogspot.com/2016/05/cuantos-arduinos-existen-guia-y.html>

Zaforas, M. (2018). *Paradigmadigital*. Recuperado el 30 de 04 de 2020, de <https://www.paradigmadigital.com/dev/es-python-el-lenguaje-del-futuro/>