



Diseño de Control para Grupo Electrógeno con Gestión Remota Hasta 30Kw.

**Jairo Alberto Barrios Rincón
Olmes Gabriel Montoya Jurado**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Santiago de Cali, Colombia
2020

Diseño de Control para Grupo Electrógeno con Gestión Remota Hasta 30Kw

**Jairo Alberto Barrios Rincón
Olmes Gabriel Montoya Jurado**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Mag. Elcy Patricia Prado Fajardo

Línea de Investigación:

Electricidad y Electrónica

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Santiago de Cali, Colombia

2020

(Dedicatoria o lema)

A mis padres por su paciencia, esfuerzo y apoyo brindado a lo largo de mi vida. Por no dejarme desfallecer en los momentos difíciles.

A mi hijo Martin Montoya por ser la fuente de mi inspiración y por ser el motor que me alienta todos los días a superarme y luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Gracias a todos.

Agradecimientos.

Gracias a Dios, a mis padres, esposa y profesores que en todo momento estuvieron presentes en esta etapa de mi vida, con su apoyo, consejos, paciencia y conocimientos aportados a mi formación personal y profesional en este camino recorrido.

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de este camino brindándome apoyo y fortaleza en momentos de dificultad.

Gracias a mis padres: Florencia Jurado y Olmedo Montoya por creer en mí en todo momento, por los consejos, los valores y principios que siempre me inculcaron.

De igual manera, agradezco a la universidad Antonio Nariño y a todos los docentes por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la carrera, en especial a los profesores Manuel Camargo y Elcy Patricia Prado, quien con su conocimiento, dirección y enseñanza permitieron el desarrollo de este trabajo.

Finalmente agradezco a mi compañero Jairo Barrios por hacer parte de este proceso, por el apoyo brindado y por los buenos momentos que vivimos.

Resumen

Este proyecto de grado tiene como objetivo el diseño de un sistema de control automático y el monitoreo de variables para grupos electrógenos con una potencia máxima de 30kW. La simulación del sistema de control y transferencia fueron realizadas a través de máquinas de estado y Simulink para el funcionamiento en modo automático, manual y apagado. Después de un análisis técnico y económico se planteó la posibilidad de implementación por medio de la plataforma Arduino el control, transferencia y monitoreo; para el sistema de potencia de la transferencia se dimensionaron los conmutadores, protecciones y conductores. Con base en el análisis realizado se estableció que la transferencia y el control de la planta utilizarán un Arduino Atmega y el sistema de monitoreo una placa de Arduino unoR3 donde se procesan las variables de temperatura, voltaje, corriente y una alarma de presión de aceite; estas se envían por medio de la red GSM utilizando el módulo sim900 y son observadas a través de una página web donde se ofrece la posibilidad de encendido y apagado remoto para la planta eléctrica por medio de un botón web de igual forma se elaboró un prototipo para enviar datos de temperatura, corriente y voltaje; durante las pruebas realizadas se observa que la visualización de las variables en la página web arroja un retraso de un minuto treinta y cinco segundos, de igual forma el encendido y apagado; por lo se plantearon recomendaciones para el mejoramiento del monitoreo.

Palabras Claves: Grupo Electrógeno, Arduino, control, transferencia, monitoreo remoto.

Abstract.

This degree project aims to design an automatic control system and variable monitoring for generator sets with a maximum power of 30kW. The simulation of the control and transfer system were carried out through state machines and Simulink for operation in automatic, manual and off mode. After a technical and economic analysis, the possibility of implementation through the Arduino platform of control, transfer and monitoring was raised; switches, protections and conductors were dimensioned for the transfer power system. Based on the analysis carried out, it was established that the transfer and control of the plant will use an Arduino Atmega and the monitoring system will use an Arduino unoR3 board where the variables of temperature, voltage, current and an oil pressure alarm are processed; These are sent through the GSM network using the sim900 module and are observed through a web page where the possibility of remote on and off is offered for the power plant through a web button, in the same way, a prototype was developed for send temperature, current and voltage data and it is observed that the visualization of the variables on the web page shows a delay of one minute thirty five seconds, therefore recommendations were made for the improvement of the monitoring.

Keywords: Generator set, Arduino, control, transfer, remote monitoring.

Contenido

Resumen	IX
Lista de figuras.	XVI
Lista de tablas.	XIX
Lista de Ecuaciones.	XX
Introducción.	1
1. ANTEPROYECTO.	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.3 OBJETIVO GENERAL.	5
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.	5
1.6 ESTADO DEL ARTE.	7
2. MARCO TEÓRICO.	9
2.1 GRUPO ELECTRÓGENO.	9
2.1.1 COMPONENTES DE UNA PLANTA ELÉCTRICA.	9
2.1 TIPOS DE CONTROL.	11
2.1.1 CONTROL BASADO EN RELEVADORES.	12
2.1.2 CONTROL ELECTRÓNICO CON BASE EN MICROPROCESADOR.	12
2.1.3 CONTROL DE AUTORIDAD TOTAL.	13
2.2 FUNCIONAMIENTO DE CONTROL PARA PLANTA ELÉCTRICA.	14

2.2.1	MODO AUTO.	14
2.2.2	MODO OFF.	15
2.2.3	MODO MANUAL.	15
2.3	FUNCIONAMIENTO DE CONTROL PARA TRANSFERENCIA ELÉCTRICA.	15
2.3.1	MODO AUTO.	15
2.3.2	MODO OFF.	16
2.3.3	MODO MANUAL.	16
2.4	PARTES DE LA TRANSFERENCIA ELÉCTRICA.	16
2.5	SIMULINK	20
2.6	MAQUINAS DE ESTADO FINITO	20
2.7	STATEFLOW	21
2.8	DASHBOARD	22
2.9	INTERNET DE LAS COSAS.	24
2.9.1	ARDUINO.	24
2.9.2	ARDUINO UNO R3.	24
2.9.3	QUE ES UN SISTEMA DE MONITOREO.	26
2.9.4	COMUNICACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO REMOTO.	27
2.9.5	GSM (SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MÓVILES).	27
2.9.6	GPRS (SERVICIO GENERAL DE PAQUETES VÍA RADIO).	29
2.10	PÁGINA WEB MONITOREO REMOTO.	30
2.10.1	BASE DE DATOS.	30
2.10.2	HTML.	31
2.10.3	CSS.	31
2.10.4	MYSQL.	31
2.10.5	PHPMYADMIN.	31
2.10.6	PHP.	32
2.10.7	JAVASCRIPT.	32
2.10.8	ANGULARJS.	32
2.10.9	MORRIS.JS	32
2.10.10	ADMINISTRADOR PLESK ONYX.	33
3.	MARCO METODOLÓGICO.	34

3.1 TIPO Y ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.	34
3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS.	34
3.2.1 DISEÑO DE CONTROL PARA GRUPO ELECTRÓGENO.	34
3.2.2 SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE	35
3.2.3 DISEÑO DE CONTROL PARA GRUPO ELECTRÓGENO Y TRANSFERENCIA ELÉCTRICA AUTOMÁTICA.	35
3.2.4 DESARROLLO DEL PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN REMOTA.	35
3.2.5 SELECCIÓN DEL HARDWARE.	36
3.2.6 VISUALIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FORMA REMOTA.	37
3.2.7 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO.	38
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.	39
4. RESULTADOS	40
4.1 ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO DE CONTROLES PARA GRUPO ELECTROGENO	40
4.1.1 BENEFICIOS DE CONTROL PARA GRUPO ELECTRÓGENO DISEÑADO	42
4.2 DISEÑO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GRUPO ELECTRÓGENO.	42
4.3 FUNCIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO.	43
4.4 LÓGICA DE OPERACIÓN DEL CONTROL PARA EL GRUPO ELECTRÓGENO	44
4.4.1 DESCRIPCIÓN DE ESTADOS	46
4.4.2 PRIMER DISEÑO	47
4.4.3 SEGUNDO DISEÑO	48
4.4.4 BLOQUE DE LÓGICA.	49
4.4.5 BLOQUE DE ESTATUS DE MODO	49
4.4.6 TERCER DISEÑO.	50
4.5 SIMULACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DESDE SIMULINK.	52
4.6 CONTROL DE TRANSFERENCIA ELÉCTRICA	53
4.6.1 MODO DE OPERACIÓN DE LAS TRANSFERENCIAS ELÉCTRICAS AUTOMÁTICAS:	53
4.6.2 DISEÑO DE CONTROL DE TRASFERENCIA ELÉCTRICA AUTOMÁTICA:	55
4.7 DIMENSIONAMIENTO DE LA TRANSFERENCIA ELÉCTRICA AUTOMÁTICA	58
4.7.1 CONDUCTORES DE POTENCIA DE LA ATS.	59
4.7.2 SELECCIÓN DE CONMUTADOR DE POTENCIA:	61
4.7.3 CÁLCULO DE CONDUCTORES PARA CONTROL:	62

4.7.4	SELECCIÓN DE PROTECCIÓN DE SOBRE CORRIENTE.	63
4.8	DESARROLLO DEL MONITOREO REMOTO.	65
4.9	MODULO SIM 900 GSM/GPRS.	65
4.9.1	CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO SIM900 GSM/GPRS.	66
4.9.2	DESCRIPCIÓN DE PINES.	66
4.9.3	COMANDOS AT.	67
4.9.4	PRUEBA DEL MÓDULO SIM900.	67
4.10	SENSOR DE VOLTAJE.	73
4.10.1	MODULO ZMPT101B.	73
4.10.2	CARACTERÍSTICAS DEL ZMPT101B.	75
4.10.3	PRUEBA DEL MÓDULO ZMPT101B.	75
4.10.4	CONEXIÓN ZMPT101B CON ARDUINO.	76
4.10.5	RESULTADO DE LA MEDICIÓN EN MONITOR SERIAL.	77
4.11	SENSOR DE CORRIENTE.	78
4.11.1	SENSOR NO INVASIVO SCT013.	78
4.12	SIMULACIÓN SCT013-000 EN PROTEUS.	83
4.13	SENSOR DE TEMPERATURA.	89
4.13.1	SENSOR DE TEMPERATURA DIGITAL DS18B20.	89
4.14	MÓDULO RELÉ DE DOS CANALES.	92
4.15	FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA.	94
4.15.1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN NORMAL.	94
4.15.2	CARGADOR AUTOMÁTICO DE BATERÍAS.	95
4.16	DESARROLLO DEL PROTOTIPO.	99
4.16.1	PROGRAMA DEL PROTOTIPO.	101
4.17	PRUEBA DEL PROTOTIPO.	101
4.17.1	PROMEDIO DE VISUALIZACIÓN DE MEDICIONES.	103
4.18	CREACION DE LA BASE DE DATOS.	105
4.18.1	CONEXIÓN DE LA BASE DE DATOS CON PHP.	106
4.18.2	CREACIÓN TABLA ESTADO_PLANTA	109
4.19	ESTRUCTURA DE LA PAGINA WEB.	109
4.19.1	BACKEND.	109
4.19.2	ARCHIVO FUNCIONES.PHP	110

Contenido	XV
<hr/>	
4.19.3 ARCHIVO METODOS.PHP	111
4.19.4 FRONTEND.	111
4.19.5 ARCHIVO INIT.JS	112
4.19.6 PÁGINA ÍNDEX.	112
5. CONCLUSIONES	114
5.1 RECOMENDACIONES.	116
Bibliografía.	137

Lista de figuras.

	PÁG.
<i>Figura 2-1 : Componentes de un grupo electrógeno.</i>	10
<i>Figura 2-2: Partes de una Planta Eléctrica Móvil.</i>	11
<i>Figura 2-3: Control Deep Sea Electronics 7320 y ComAp AMF 20</i>	13
<i>Figura 2-4: Control de Autoridad Total Power Comand.</i>	13
<i>Figura 2-5: Diagrama básico de transferencia entre red eléctrica comercial y planta eléctrica.</i>	17
<i>Figura 2-6: Tablero de Transferencia Eléctrica Automática.</i>	18
<i>Figura 2-7: Tablas de Estados y Diagramas de Estado de una Máquina de Estado Finito.</i>	20
<i>Figura 2-8: Descripción Elementos StateFlow.</i>	22
<i>Figura 2-9: Dashboard Simulink.</i>	23
<i>Figura 2-10: Características Arduino uno R3.</i>	25
<i>Figura 2-11: PowerCommand 500 series.</i>	27
<i>Figura 2-12 :Arquitectura del Gsm.</i>	29
<i>Figura 2-13: Administración de archivos en Plesk Onyx.</i>	33
<i>Figura 3-1: Diagrama de Flujo elaboración del monitoreo remoto.</i>	36
<i>Figura 4-1: Conexión control Murphy ASM150</i>	44
<i>Figura 4-2: Diagrama de Estados del Control de Planta Eléctrica.</i>	45
<i>Figura 4-3: Tablas de verdad de los estados del control de la planta eléctrica.</i>	45
<i>Figura 4-4: Simulación de Control de Grupo Electrónico primer prototipo.</i>	47
<i>Figura 4-5: Prototipo 2 de control de planta eléctrica.</i>	48
<i>Figura 4-6: Bloque de Lógica de Control de Planta Eléctrica.</i>	49
<i>Figura 4-7: Bloque de estatus de Modo.</i>	50
<i>Figura 4-8: Lógica de Control de la Planta Eléctrica.</i>	51
<i>Figura 4-9: Dashboard Control de la Planta Eléctrica. Continuación</i>	52
<i>Figura 4-10: Diagrama de Control para Grupo Electrónico.</i>	54
<i>Figura 4-11: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Maquinas de Estado.</i>	55

Figura 4-12: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Maquinas de Estado Tablas de verdad.	55
Figura 4-13: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Stateflow.	56
Figura 4-14: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Stateflow.	56
Figura 4-15: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Stateflow	57
Figura 4-16: Esquema Eléctrico del Diseño de Transferencia Eléctrica Automática.	57
Figura 4-17: Esquemático de conexión de transferencia eléctrica automática.	59
Figura 4-18: Especificaciones de cables Centelsa.	60
Figura 4-19: Especificaciones de contactores Chint.	61
Figura 4-20: Calibre del Cable para el Control.	63
Figura 4-21: Especificaciones de Mini Breaker	63
Figura 4-22: Esquema de conexión Transferencia eléctrica.	64
Figura 4-23: Modulo SIM 900.	66
Figura 4-24: Cargador y SimCard.	68
Figura 4-25: Ensamble Modulo Sim900 con Arduino uno.	68
Figura 4-26: Configuración de Alimentación externa y comunicación serial.	69
Figura 4-27: Conexión al Pc del Arduino y módulo Sim900.	69
Figura 4-28: Led Net Conexión con el operador.	71
Figura 4-29: Confirmación del MSM enviado por medio del Com4.	72
Figura 4-30: Pantallazo del MSM Recibido.	72
Figura 4-31: Módulo ZMPT101B.	74
Figura 4-32: Diagrama electrónico del módulo ZMPT101B.	74
Figura 4-33: Resultado en Osciloscopio.	74
Figura 4-34: Conexión entre ZMPT101B y Arduino.	76
Figura 4-35: Circuito de Prueba.	77
Figura 4-36: Medición con Arduino Vs Multímetro.	77
Figura 4-37: Sensor de corriente SCT013.	78
Figura 4-38: Tabla modelos SCT013.	79
Figura 4-39: Diagrama Sensor de corriente SCT013.	79
Figura 4-40: Resistencias Comerciales.	82
Figura 4-41: Simulación del SCT013-000 con resistencia de carga.	83
Figura 4-42: Señal de entrada Vs Señal de salida SCT013-000.	84
Figura 4-43: Divisor de Voltaje.	86
Figura 4-44: Circuito simulación sensor de corriente SCT013.	86
Figura 4-45: Señal de salida DC.	87

Figura 4-46: Implementación del Circuito Sensor de Corriente.	87
Figura 4-47: Circuito de Prueba Sensor de Corriente.	88
Figura 4-48: Sensor DS18B20.	90
Figura 4-49: Conexión Sensor DS18B20.	91
Figura 4-50: Medición de Temperatura.	92
Figura 4-51: Modulo relé de 2 canales.	92
Figura 4-52: Partes del Módulo Relé.	93
Figura 4-53: Diagrama y Conexión del módulo Relé.	93
Figura 4-54: Fuente de Alimentación.	94
Figura 4-55: Circuito Cargador.	96
Figura 4-56: Diseño Cargador Automático.	99
Figura 4-57: Planteamiento del Prototipo.	99
Figura 4-58: Prototipo Monitor Planta Eléctrica.	100
Figura 4-59: Diagrama del Prototipo. (continuación).....	100
Figura 4-60: Prueba del Prototipo Monitor Planta Eléctrica.	101
Figura 4-61: Valores Mostrados por el Monitor Serial de Arduino.	102
Figura 4-62: Visualización Web Modo Gráfico. Continua.....	102
Figura 4-63: Visualización Web Modo Tabla. (Continuación)	103
Figura 4-64: Muestra usada para la medición de visualización.	104
Figura 4-65: Inicio de sesión en Plesk Onyx.	105
Figura 4-66: Estructura de la base de datos.	105
Figura 4-67: Formulario de Prueba para insertar datos en la tabla.	107
Figura 4-68: Mensaje de conexión exitosa.	108
Figura 4-69: Mensajes recibidos del Arduino.	108
Figura 4-70: Tabla Estado_planta.	109
Figura 4-71: Archivos backend.	110
Figura 4-72: Archivos Frontend.	111

Lista de tablas.

	PÁG
<i>Tabla 2-1 : Descripción Grupo Electrógeno Fijo [2].</i>	10
<i>Tabla 2-2 :Tabla de características Técnicas GSM.</i>	28
<i>Tabla 4-1: Promedio y Tasa de muestra.</i>	104

Lista de Ecuaciones.

<i>Ecuación 4-1: Potencia Nominal.....</i>	<i>59</i>
<i>Ecuación 4-2: Potencia nominal trifásica</i>	<i>60</i>
<i>Ecuación 4-3. Corriente conductor.</i>	<i>60</i>
<i>Ecuación 4-4. Consumo Máximo.</i>	<i>62</i>
<i>Ecuación 4-5. Corriente de consumo.</i>	<i>62</i>
<i>Ecuación 4-6. Capacidad de Corriente del Conductor.....</i>	<i>62</i>
<i>Ecuación 4-7. Relación de Transformación.....</i>	<i>80</i>
<i>Ecuación 4-8. Corriente Pico Primario.</i>	<i>81</i>
<i>Ecuación 4-9: Resistencia de Carga</i>	<i>82</i>
<i>Ecuación 4-10: Voltaje pico.</i>	<i>84</i>
<i>Ecuación 4-11: Divisor de Tensión.</i>	<i>85</i>
<i>Ecuación 4-12: Voltaje de carga.....</i>	<i>95</i>
<i>Ecuación 4-13 : Corriente de Carga:</i>	<i>95</i>
<i>Ecuación 4-14: Resistencia Limitadora.....</i>	<i>96</i>
<i>Ecuación 4-15: Potencia de la resistencia Limitadora.</i>	<i>96</i>
<i>Ecuación 4-16: Resistencia Zener.</i>	<i>97</i>
<i>Ecuación 4-17: Divisor de Voltaje.</i>	<i>97</i>
<i>Ecuación 4-18: Corriente Colector.</i>	<i>98</i>
<i>Ecuación 4-19: Resistencia Base.....</i>	<i>98</i>

Introducción.

Actualmente el suministro de energía eléctrica no es cien por ciento confiable debido a fallas o interrupciones producto de factores climáticos, errores humanos, atentados terroristas, mantenimientos correctivos y baja calidad en los parámetros de tensión y frecuencia. En el ámbito cotidiano las fallas en el suministro de la energía eléctrica afectan a la totalidad de la población en distintos ambientes, residenciales, educativos, hospitalarios, gubernamentales y sectores de las telecomunicaciones como consecuencia de estos se producen pérdidas económicas e inclusive en los casos más críticos se pone en riesgo la vida humana en caso de afectaciones eléctricas en las edificaciones hospitalarias.

Para solventar las necesidades eléctricas durante las fallas en el suministro eléctrico comercial una alternativa muy utilizada es la utilización de sistemas de generación eléctrica de emergencia basados en grupos electrógenos que están constituidos por la planta generadora de electricidad, sistemas de control y transferencia eléctrica; estos sistemas también pueden incluir sistemas de monitoreo remoto para aplicaciones especiales o en caso de que el grupo electrógeno este ubicado en un lugar remoto. El control se convierte en parte esencial del grupo electrógeno ya que son los encargados de monitorear parámetros de funcionamiento del motor de combustión y la red eléctrica, además toman la decisión de la puesta en marcha de la planta eléctrica en caso de comprobarse una falla en la red eléctrica comercial como es el caso de las transferencias eléctricas automáticas. Los sistemas de control y de transferencia con monitoreo remoto son de elevado costo y con el agravante de que si ocurre una falla de estos sistemas el respaldo de la planta eléctrica no entrará en funcionamiento.

Tomando como base la experiencia laboral adquirida en el sector de las comunicaciones móviles y habiendo identificado que la mayoría de fallas en los grupos electrógenos del

sector se produce en las transferencias y controles en el siguiente trabajo se plantea el diseño de un sistema de control para grupo electrógeno con monitoreo remoto a través de una página web para solventar las horas de afectación de las estaciones de la red móvil. En el estado del arte se realiza una breve investigación de los trabajos relacionados con el tema de control, transferencia y monitoreo de grupos electrógenos; el capítulo dos abarcan conceptos básicos para el desarrollo del diseño, así como una comparativa en costos de los sistemas de control más comunes y la elección de utilización de las placas de Arduino. En el capítulo cuatro se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas en Simulink y Stateflow para el control de la planta eléctrica y transferencia al final del capítulo se muestra el desarrollo de un prototipo del monitoreo por medio de la página web con toma de muestras realizadas por sensores de voltaje, corriente y temperatura.

1. ANTEPROYECTO.

1.1 Planteamiento del Problema.

En el sector de las telecomunicaciones el soporte de energía eléctrica es de vital importancia para su funcionamiento y en especial las radio base que se encuentran en sitios de difícil acceso debido a ubicación geográfica distante, orden público y vías de comunicación terrestre que dificulta las labores de operación y mantenimientos de los equipos electromecánicos que dan soporte de energía de respaldo a la radio base. Cuando ocurre fallas en el grupo eléctrico o en la transferencia eléctrica generan afectación del servicio de telefonía celular causando molestias y pérdidas económicas a los usuarios, además de generar multas para los operadores del servicio móvil.

Las empresas encargadas de la operación y mantenimiento de los equipos electromecánicos de la radio base, poseen dificultades al no disponer de un stock de repuestos para mitigar fallas durante la primera visita, cuando se genera la afectación del servicio móvil por daños en los controles de la transferencia y grupo eléctrico. Estas circunstancias se presentan por el costo y la diversidad de marcas de control instaladas en los grupos eléctricos y transferencias eléctricas ubicadas en las radio base de los operadores.

1.2 Formulación del Problema.

¿Cómo diseñar un sistema de control con gestión remota, económico, portable y de fácil reemplazo para solucionar fallas temporales en las transferencias eléctricas y grupos eléctricos en la radio base?

1.3 Objetivo General.

Diseñar un sistema de control con gestión remota para grupos electrógenos y transferencias eléctricas utilizando Arduino y el internet de las cosas que permita mitigar las fallas en estos equipos.

1.4 Objetivos Específicos.

- Revisar el estado del arte en los sistemas de monitoreo remoto para grupos electrógenos.
- Seleccionar el hardware y el software para el desarrollo del control y monitoreo del grupo electrógeno.
- Diseñar un programa para el control de un grupo electrógeno con potencia entre 5 y 30 kW.
- Diseñar un sistema de control para una transferencia eléctrica trifásica: 127/220 Vac y 100 A de capacidad nominal.
- Diseñar y desarrollar un prototipo para un sistema de gestión remota de un grupo electrógeno.

1.5 Justificación.

El diseño de un control para grupo electrógeno y transferencia eléctrica con gestión Remota, económico, portable y de fácil instalación es una herramienta que permite al personal de campo solucionar fallas que afectan el fluido eléctrico de la radio base. Con esta herramienta el personal técnico puede resolver una falla de control en la transferencia eléctrica o en el grupo electrógeno sin importar la diversidad de controles instalados. Esto permite disminuir costos en desplazamiento del personal técnico a la radio base, disminuir tiempos de afectación y mejorar los indicadores de calidad del

servicio del operador. Con la ventaja de no perder la gestión remota sobre el grupo electrógeno y la transferencia esto permite verificar los parámetros del grupo electrógeno y la transferencia eléctrica inspeccionando el funcionamiento de estos equipos en casi tiempo real desde un computador o dispositivo móvil con conexión a internet.

1.6 Estado del Arte.

En el siguiente aparte del documento se presentará brevemente la descripción de algunos trabajos de investigación consultados en el tema de grupos electrógenos, transferencias eléctricas automáticas y monitoreo de señales.

- **Nivel Nacional.**

Automatismo para el monitoreo y control de un grupo electrógeno con arranque eléctrico elaborado por Flavio Humberto Fernández-Morales y Julio Enrique Duarte [1]. En esta investigación se plantea el desarrollo de una transferencia eléctrica basado en sistemas electrónicos en los cuales los centros de procesamiento y tratamiento de las variables está basado en microcontroladores de bajo costo PIC 16F873 Y PIC 16F877 controlando encendido, apagado, conexión y desconexión de la planta eléctrica trifásica. Los aportes de esta investigación permitieron fijar un punto de partida y una alternativa en el momento de plantear el tipo de electrónica que se utilizó en el desarrollo de este proyecto grado.

La monografía elaborada por Hermis Ronald Bocanegra Acero, denominada **Desarrollo de una metodología de diseño eléctrico para un sistema de emergencia y reserva en edificios con tensiones menores a los 600v Nominales**, en donde se plantea el proyecto de implementación de un sistema de emergencia en una edificación residencial con soporte por ups y planta eléctrica, esta tesis dio los lineamientos en normatividad nacional e internacional aplicable en la elaboración de este trabajo.

La tesis **Monitoreo de voltaje, corriente y potencia en tiempo real en una red de distribución**. Elaborada por Jackeline Hoyos Soto de la Universidad Tecnológica de Pereira basada en un instrumento de medición llamado Bobina de Rogoswki que trata de un transductor de corriente no invasivo y es construido en forma de bobina con un núcleo diamagnético que se opone a los campos magnéticos generados por la corriente circulante en un conductor eléctrico. En esta monografía se realiza una serie de pasos para el tratamiento de la señal y su posterior visualización en una hoja de Excel.

En el desarrollo del proyecto se realiza la medición directamente sobre el conducto gracias a la forma geométrica y su característica no invasiva de la bobina de Rogoswki, la señal pasa a un circuito integrado de adquisición de señales desarrollado en UTP en la

escuela de tecnología eléctrica esta tarjeta entrega la señales de voltaje corriente y fase, una vez obtenida estas señales se realiza un tratamiento de amplificación, rectificación, filtrado y reducción por medio de amplificadores operacionales, este tratamiento de señal se realiza con la finalidad de acoplar las señales al elemento de procesamiento que en este caso es un Arduino R3 y una RTC reloj que conserva el tiempo real independientemente gracias a que está respaldado por una batería interna. Los datos arrojados son almacenados por medio de Matlab y consultados por los usuarios a través de una interface que permite la ejecución de scripts donde el usuario especifica la variable a consultar (Voltaje, corriente y potencia) y un rango de hora y fecha. El prototipo presentado contiene un display lcd que permite visualizar el voltaje y la corriente.

- **Nivel internacional.**

Otra investigación consultada es la titulada **Gestión y control remoto de dispositivos en los centros de telecomunicaciones de Opatel** realizada por Asier Zabaleta en el año 2010, cuyo objetivo final es el control de periféricos y sistemas como aires acondicionados, grupos electrógenos y sistemas de seguridad de una empresa de telecomunicaciones en España basado en software LabView de National Instruments y un módulo controlador de FieldBus con protocolo TCP/IP llamado WAGO 750-841. El aporte de esta investigación fue orientar acerca del tipo de programación e interfaces que se utilizaría en el sistema de monitoreo remoto, se plantearon ideas de consultas de históricos de las variables, gráficas para la presentación de la información de manera amigable que serán tenidas en cuenta para el desarrollo del software del presente trabajo.

2. Marco Teórico.

2.1 Grupo Electrónico.

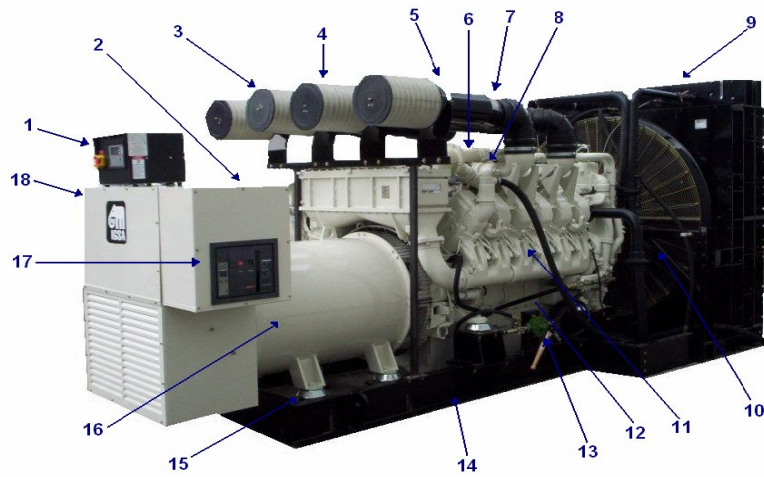
Es un sistema electromecánico compuesto por un generador, motor de combustión interna y un sistema de control. Los grupos electrónicos cumplen una función muy importante en nuestra sociedad actual, la cual es suministrar energía eléctrica como fuente principal en sitios donde no hay interconexión con la red eléctrica nacional, además servir como fuente de respaldo a la red eléctrica del operador de la zona cuando esta presenta afectación por diferentes causas.

Por esta razón es imperativo mantener en buen estado estos equipos electromecánicos para garantizar el continuo fluido eléctrico sin afectar la vida cotidiana de los usuarios, de igual forma no generar pérdidas económicas en el comercio, industria, etc. En cualquier tipo de aplicación a la que esté brindando soporte el grupo electrónico.

2.1.1 COMPONENTES DE UNA PLANTA ELÉCTRICA.

En las siguientes figuras [2-1] y figura [2-2] se ilustra los componentes básicos de una planta eléctrica fija y móvil de menores dimensiones. En la tabla [2-1] se listan los componentes.

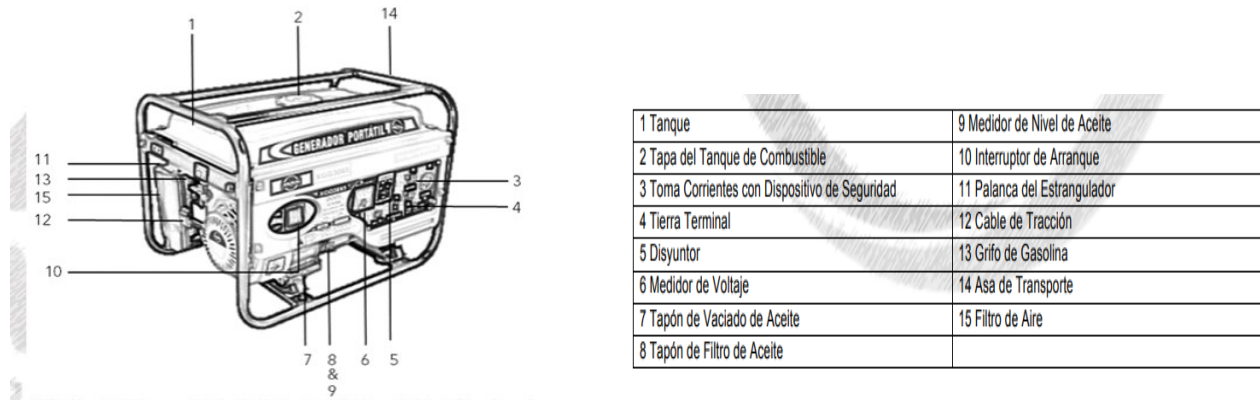
Figura 2-1 : Componentes de un grupo electrónico.



Nombre de la fuente: manual O&M IGSA

Tabla 2-1 : Descripción Grupo Electrónico Fijo [2].

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Panel de control
2	Placa de datos montada en generador (situado en la parte posterior de la figura)
3	Filtros de aire
4	Soporte de baterías y baterías (situado en la parte posterior de la figura)
5	Motor/es de arranque (situado en la parte posterior de la figura)
6	Alternador (situado en la parte posterior de la figura)
7	Bomba de combustible (situada en la parte posterior de la figura)
8	Turbo
9	Radiador
10	Guarda del ventilador
11	Motor de combustión interna
12	Carter
13	Bomba para drenar el aceite del carter
14	Base estructural
15	Amortiguador
16	Generador
17	Interruptor
18	Regulador de voltaje automático (situado en la parte posterior de la figura)

Figura 2-2: Partes de una Planta Eléctrica Móvil.

Nombre de la Fuente: Manual de Operación muzin.

2.1 Tipos de Control.

Los controles para grupos electrógenos se encargan del monitoreo de las señales provenientes del motor de combustión, del generador eléctrico y la red eléctrica comercial. Las señales más importantes a controlar del motor de combustión son: la presión de aceite, temperatura y velocidad de giro éste último de suma importancia tanto para el motor de combustión como para el generador eléctrico debido que para el motor de combustión necesita tener un giro constante que le permita tener un óptimo funcionamiento y para el generador ya este parámetro marca la frecuencia de la corriente eléctrica generada recordando que tanto el motor de combustión y el generador están unidos por una flecha o eje. En cuanto a las señales del generador y la red eléctrica estas básicamente son las provenientes de la tensión y corriente en cada una de las fases de la instalación eléctrica.

Los tipos de control para los grupos electrógenos se basan principalmente en el elemento usado para el procesamiento de las señales y su nivel de complejidad dependiendo de la profundidad de control de los sistemas del grupo electrógeno que pueden ir del simple

accionamiento de una válvula de combustible para la parada del motor hasta el control del sistema de inyección para el mejoramiento de la combustión del motor.

2.1.1 CONTROL BASADO EN RELEVADORES.

Son de los más utilizados de mayor trayectoria en los grupos electrónicos basados en lógica cableada y donde el elemento principal y de control es el relevador.

El relevador es un dispositivo de que cierra o abre un circuito a través de sus contactos, una las principales ventajas del relevador es que permite el control de grandes voltajes por medio de corrientes pequeñas, esto es ideal ya que permite separar el circuito de potencia y de control evitando daños mayores en caso de falla. Los relés se pueden utilizar para el arranque o paro del grupo electrónico de forma manual o automática limitándose a las funciones básicas [3].

2.1.2 CONTROL ELECTRÓNICO CON BASE EN MICROPROCESADOR.

Se trata de sistemas de control más actuales y con mayores prestaciones puede opera el motor de combustión, el generador, monitorear fallas y brindar mayor información de variables eléctricas y mecánicas como potencias, potencias inversas, sobre voltajes además de la presión de aceite y temperatura. El control en base a microprocesadores va de la mano con los gobernadores electrónicos permitiendo una sincronización activa gracias a la supervisión constante de las RPM del motor y a la dosificación del combustible precisa regulada por algoritmos especializados esto permite al grupo electrónico recuperarse con mayor prontitud de las cargas inesperadas [3]. En la siguiente figura [5-3] se ilustra un control basado en microprocesador.

Figura 2-3: Control Deep Sea Electronics 7320 y ComAp AMF 20

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

2.1.3 CONTROL DE AUTORIDAD TOTAL.

Son sistemas de control basados también en microprocesadores, con las mismas características, pero posee mejoras adicionales de control y de uso especial en ambientes donde se exige que el motor de combustión sea de un uso más eficiente y con mínimas emisiones contaminantes. Esto se logra haciendo uso eficiente de los actuadores y sensores con los que actualmente vienen equipados los motores de combustión sensores map, sensor de oxígeno, sistemas de inyección y gobernadores de velocidad. Actualmente se ofrecen sistemas de control para grupos electrógenos en configuración en paralelo con estas características. A continuación, se ilustra un control de autoridad Total de la empresa cummins [2-5].

Figura 2-4: Control de Autoridad Total Power Comand.

Nombre de la Fuente: Manual de Aplicación. Conjunto Generadores Enfriados con Líquido. Cummins.

2.2 Funcionamiento de Control para Planta Eléctrica.

Para controlar y proteger un grupo electrónico se debe tener en cuenta que se requiere de sensores, actuadores y un autómatas que este constantemente monitoreando parámetros de presión de aceite, temperatura de refrigerante de motor, tensión de generador, estos sensores permiten proteger al motor de combustión interna y el generador, el control de un grupo electrónico puede funcionar en los modos *Auto*, *Off* y *Manual* los cuales el operador puede seleccionar con selectores, los actuadores a controlar son señal de solenoide (controla el suministro de combustible al motor de combustión interna), señal de motor de arranque el cual da giro al motor generando una compresión en los cilindros y facilitando el encendido del grupo electrónico y una señal de alarma común para indicar que se requiere revisión del grupo electrónico.

2.2.1 MODO AUTO.

Cuando el grupo electrónico está en modo *auto* se encuentra a la espera de una señal de falla de red , esta señal de falla de red es monitoreada y activada por un módulo de control de transferencia eléctrica, cuando se activa la señal de falla de red (*arranque remoto*) el grupo electrónico enciende y brinda soporte de energía eléctrica a la edificación o aplicación en la que se encuentre funcionando el equipo, cuando la red eléctrica se normaliza sucede el proceso inverso, en el cual la señal de *arranque remoto* se desactiva y el control del grupo electrónico pasa un modo de enfriamiento, este modo mantiene encendido por un tiempo definido por el instalador, una vez finalizado este tiempo el grupo electrónico se apaga y queda a la espera de una nueva falla en la red.

2.2.2 MODO OFF.

En este modo de operación del control el grupo electrógeno queda deshabilitado hasta que se cambie a *Auto* o *manual*.

2.2.3 MODO MANUAL.

El control del grupo electrógeno cuando se encuentra en modo *Manual*, comienza el ciclo de encendido y cuando el equipo alcanza los parámetros nominales de funcionamiento permanece en ese estado, solo apagará el grupo electrógeno cuando se genere alguna falla o que se cambie de modo de operación a *Modo Off* o *Auto*.

2.3 Funcionamiento de control para Transferencia eléctrica.

Una transferencia eléctrica automática es un equipo electromecánico que analiza la red eléctrica comercial y en caso de falla conmuta a una fuente de respaldo de energía eléctrica, esta fuente de respaldo de energía eléctrica en la mayoría de las aplicaciones es un grupo electrógeno, el módulo de control de la transferencia eléctrica es el encargado de supervisar la Red eléctrica y del grupo electrógeno, este módulo de control también controla los actuadores de los conmutadores de la red y del grupo electrógeno, además de controlar el encendido remoto del grupo electrógeno.

El módulo de control de la transferencia tiene tres modos de operación: *Auto*, *Off* y *Manual*.

2.3.1 MODO AUTO.

en este modo de operación el módulo de control supervisa la tensión y la frecuencia de la red eléctrica y en caso de falla se hace apertura del interruptor de red y se inicia el ciclo de encendido del grupo electrógeno, una vez el grupo electrógeno alcanza los parámetros nominales de funcionamiento, el interruptor del grupo electrógeno se cierra, y la transferencia eléctrica permanecerá en ese estado hasta que la red eléctrica se normalice, cuando la red eléctrica se normaliza se inicia el proceso inverso, la transferencia eléctrica abre el interruptor del grupo electrógeno y se inicia un ciclo de enfriamiento del grupo electrógeno, una vez finalizado el tiempo de enfriamiento el grupo

electrógeno se detiene y queda en espera de una nueva orden de encendido remoto, paralelamente al proceso de enfriamiento del grupo electrógeno y con la confirmación de la apertura del interruptor del grupo electrógeno se cierra el interruptor de red.

2.3.2 Modo Off.

El módulo de control de transferencia en este modo de operación queda deshabilitado, se utiliza para garantizar energía cero durante los mantenimientos correctivos o preventivos de los componentes eléctricos y mecánicos de la transferencia eléctrica.

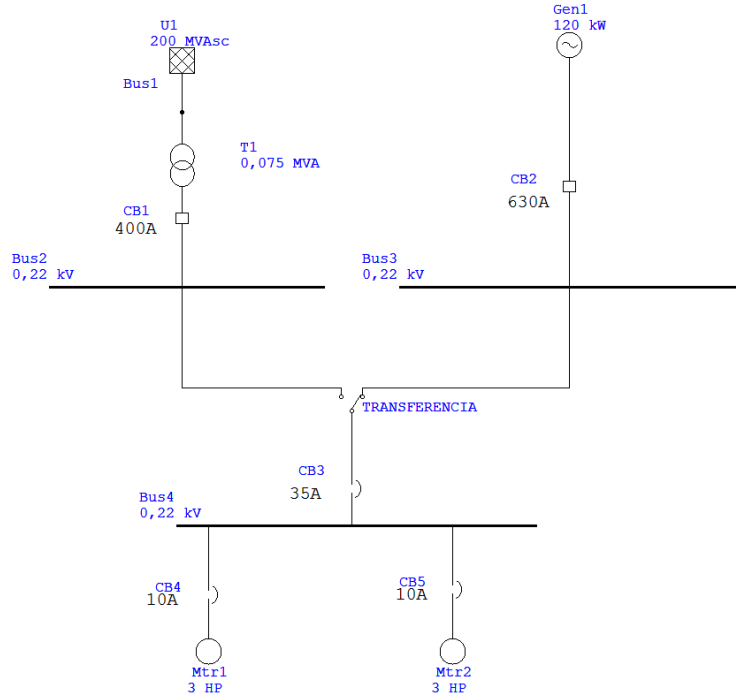
2.3.3 Modo Manual.

Este modo de operación se utiliza en casos de daños en el módulo de control, debido a que se puede hacer el cierre de los interruptores de manera forzada garantizando que no se encuentren las dos fuentes y ocasionando un corto circuito.

2.4 Partes de la transferencia Eléctrica.

Una transferencia eléctrica es un sistema compuesto por una serie de elementos eléctricos-mecánicos que están dirigidos por un control denominado ATS y están ubicados dentro de un tablero de control que permite el paso de energía eléctrica de una de dos fuentes distintas, una es de la energía eléctrica comercial que es la fuente principal y la otra fuente es un sistema de respaldo bien sea una planta eléctrica, ups o un circuito eléctrico comercial distinto al que entra en falla proporcionado por la misma empresa operadora de energía eléctrica. También hace parte de la transferencia eléctrica sistemas de vigilancia de los parámetros de la energía eléctrica tanto de la fuente principal como la fuente de respaldo, los barrajes y dispositivos de visualización. En la siguiente figura [2-5] se muestra un diagrama unifilar básico de una transferencia entre una red eléctrica comercial y una planta eléctrica.

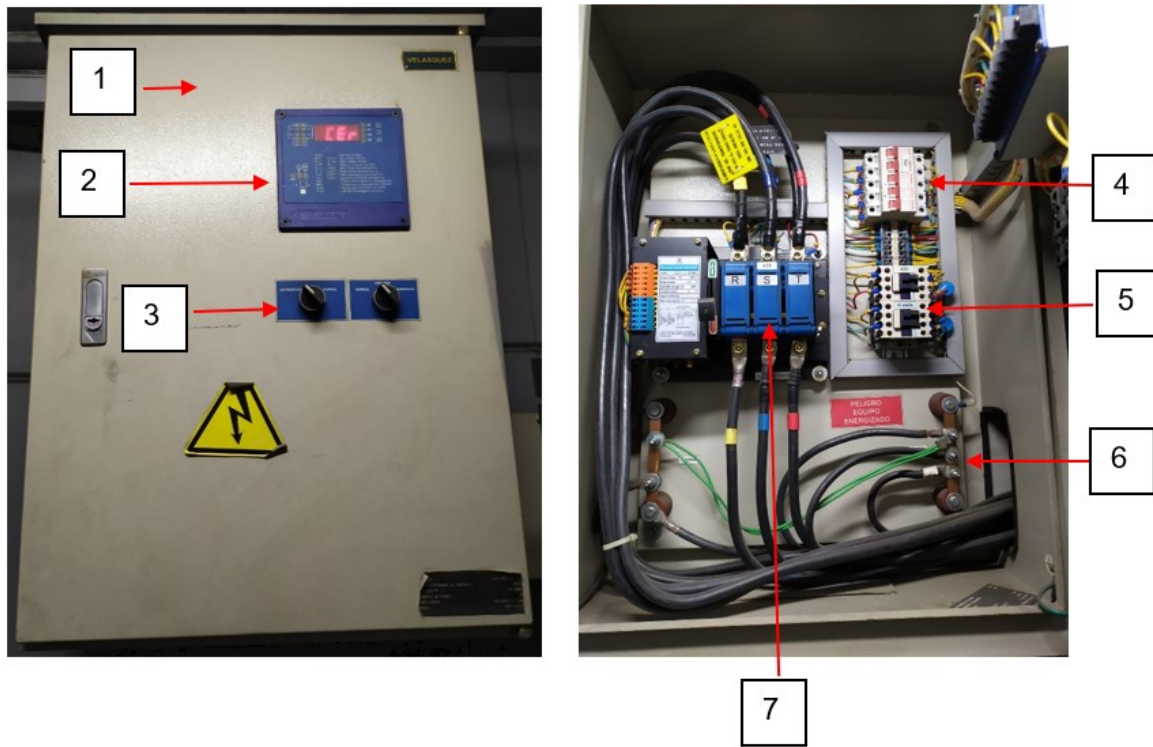
Figura 2-5: Diagrama básico de transferencia entre red eléctrica comercial y planta eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Entre las partes básicas de un tablero de transferencia eléctrica encontramos las siguientes módulos de control, un interruptor automático de transferencia, sistemas de conmutación encontrando que los más usados son los contactores, algunos tableros cuentan con mini breakers para interrupción de señales y simulación de eventos, selectores para mandos manuales, indicadores luminosos para alarmas y medidores de parámetros como Tc y Tp (transformadores de corriente y transformadores de potencial) e incluso sistemas de respaldo autónomo por baterías. En la siguiente figura [2-6] se ilustra un tablero de transferencia eléctrica.

Figura 2-6: Tablero de Transferencia Eléctrica Automática.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia

1. Gabinete: también conocidos como tableros eléctricos son construidos en lamina de acero estirado en frio, se encarga de contener todos los elementos de maniobra y control protegiéndolos de la intemperie y ambientes perjudiciales para dichos componentes. Deben cumplir con una normativa técnica de construcción que evite el ingreso de partículas, polvo y agua denominados grados de protección ip establecidos por la IEC.

2. Control electrónico: Es el encargado de procesar los parámetros de la red principal, la red de respaldo y los selectores manual-automático ubicados en el exterior del gabinete. Dependiendo del estado de la red principal el control electrónico envía la señal a la ATS y contactores para permitir o no la entrada de fluido eléctrico proveniente de la planta eléctrica hacia la carga. Los controles electrónicos se alimentan de una fuente de voltaje de corriente continua independiente puede ser de 12-24-48 Vdc dependiendo del fabricante además deben de ser programables debido a que se deben fijar los parámetros de funcionamiento y de estado crítico para empezar a funcionar.

3. Selectores: Funcionan como dispositivos de corte de energía y maniobra permaneciendo en un estado estable de sus contactos cuando es accionados por medio de una perilla. Son utilizados para seleccionar el modo automático o manual de la transferencia eléctrica.

4. Minibreakers: También conocidos por sus siglas MCB es un elemento electromecánico de protección eléctrica contra cortocircuitos y su misión principal es proteger el cable y los dispositivos conectados a él aguas abajo caracterizado por sus curvas de protección los MCB protegen el sistema de control electrónico al estar ubicados en las entradas del control, además de que permite la simulación de fallas durante operaciones de mantenimiento corrección de fallas.

5. Contactores: Dispositivo electromecánico para gobernar cargas abriendo o cerrando circuitos eléctricos por medio de un electroimán está formado por contactos principales al cual se conectan las cargas de elevada potencia, contactos auxiliares que son utilizados para maniobras de control y enclavamientos los contactos auxiliares puede ser normalmente abiertos o normalmente cerrados, su accionamiento está compuesta por un resorte, una bobina y un núcleo. En las transferencias eléctricas normalmente se cuentan con dos contactores uno para gobernar la red eléctrica comercial y el otro para la planta eléctrica.

6. Barrajes: Elementos diseñados para conducir grandes cantidades de corrientes por medio de platinas de cobre o de aluminio a ellos se conectan los conductores por medio de tornillos y terminales.

7. ATS: swicht automático de transferencia este dispositivo se encarga de conmutar la energía eléctrica hacia la carga desde la alimentación principal o la planta eléctrica de emergencia por medio de conductores de potencia. Algunos swicht pueden ser motorizados o magnéticos, de igual forma se encargan de hacer el proceso inverso cuando se normaliza el suministro de energía eléctrica principal.

2.5 SIMULINK

Simulink es una herramienta de Matlab que permite simular el comportamiento de sistemas dinámicos, [4]. este consiste en bloques de funciones que permiten simular y obtener sistemas optimizados disminuyendo tiempo y costo en el diseño de proyectos, el entorno de programación de Simulink es la representación matemática de sistemas físicos, Simulink incluye bloques para simulación de sistemas eléctricos, mecánicos, electrónicos y placas de programación como Arduino. Además, este Toolbox de Matlab permite tener gráficas, procesar señales captadas por la placa Arduino y diseñar GUI para la integración completa de los proyectos.

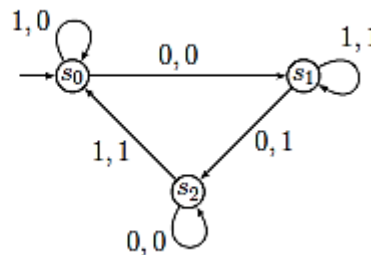
2.6 MAQUINAS DE ESTADO FINITO

Las máquinas de estado finito son una herramienta muy útil para especificar aspectos relacionados con el tiempo real, dominios reactivos o autónomos, computación reactiva, protocolos, circuitos, arquitecturas de software, etc.

Todas las máquinas de estado finito tienen un conjunto de estados, incluido el estado inicial, un alfabeto fuente y una función de transición que a cada pareja de estado y dato de entrada le asigna el estado siguiente [5]. En la siguiente figura [2-7] se da un ejemplo de una tabla de estado y su respectivo diagrama.

Figura 2-7: Tablas de Estados y Diagramas de Estado de una Máquina de Estado Finito.

<i>Estados</i>	<i>Transición</i>		<i>Salida</i>	
	<i>Entrada</i>		<i>Entrada</i>	
	0	1	0	1
s_0	s_1	s_0	0	0
s_1	s_2	s_1	1	1
s_2	s_2	s_0	0	1



En el ejemplo anterior, si $x = 10011$ es la secuencia de entrada, la secuencia de salida es $y = 00110$. [6].

2.7 STATEFLOW

Stateflow es un sistema de diseño de control lógico que se fundamenta en estados lógicos o máquinas de estado finito que se encuentra en el entorno de programación de Simulink.

Stateflow se tiene los siguientes componentes:

1.Estado: es un Modo en el que va a estar o permanecer la máquina de estado en situaciones temporales y mientras no cambien las condiciones.

2.Acciones de estado: las acciones de estado son aquellas que se ejecutan cada vez que se entra, permanece o se sale del estado y se puede definir o programar como el usuario lo determine.

3.Transición: es la respuesta a un evento o cambio de condiciones, la transición permite comunicar estado y realizar los cambios de estados.

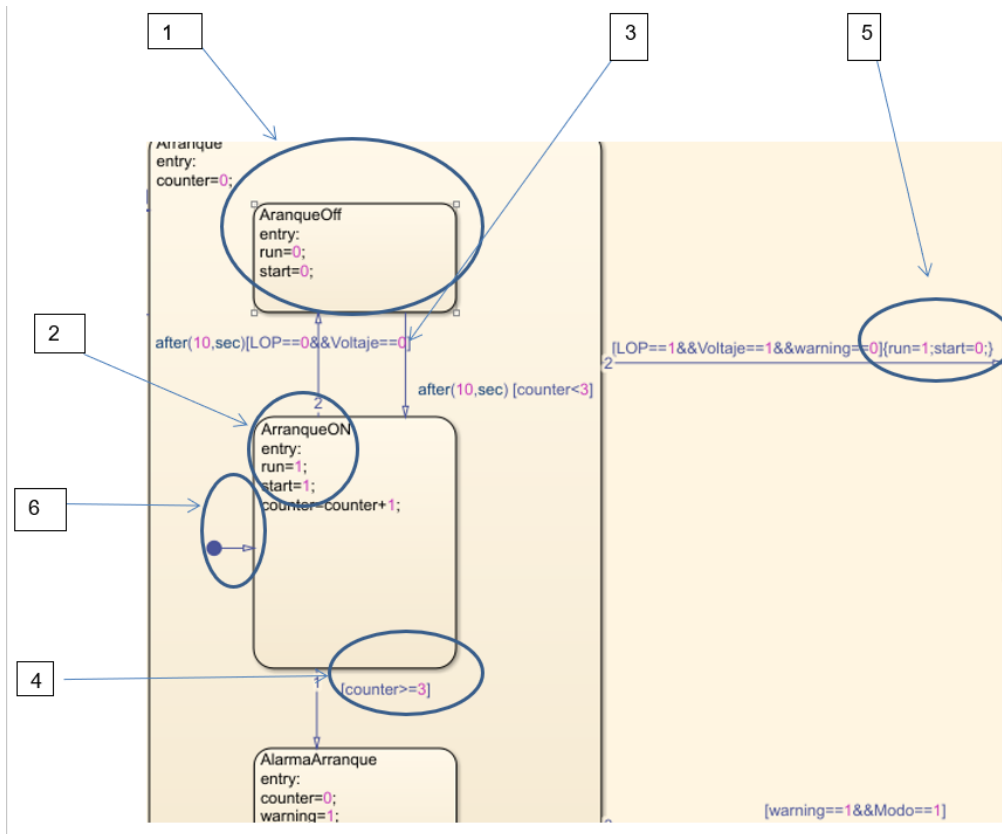
4.Condiciones de transición: las condiciones o lógica de transición permiten hacer cambios de estado cuando estas se cumple.

5.Acciones de transición: las acciones de transición se ejecutan cuando la lógica de transición es verdadera y antes de entrar al estado.

6.Condición inicial: esta condición la debe llevar el estado por el cual por defecto debe ejecutarse inicialmente la secuencia de la máquina de estado finita.

En la siguiente Figura [2-8] se ilustra los componentes.

Figura 2-8: Descripción Elementos StateFlow.

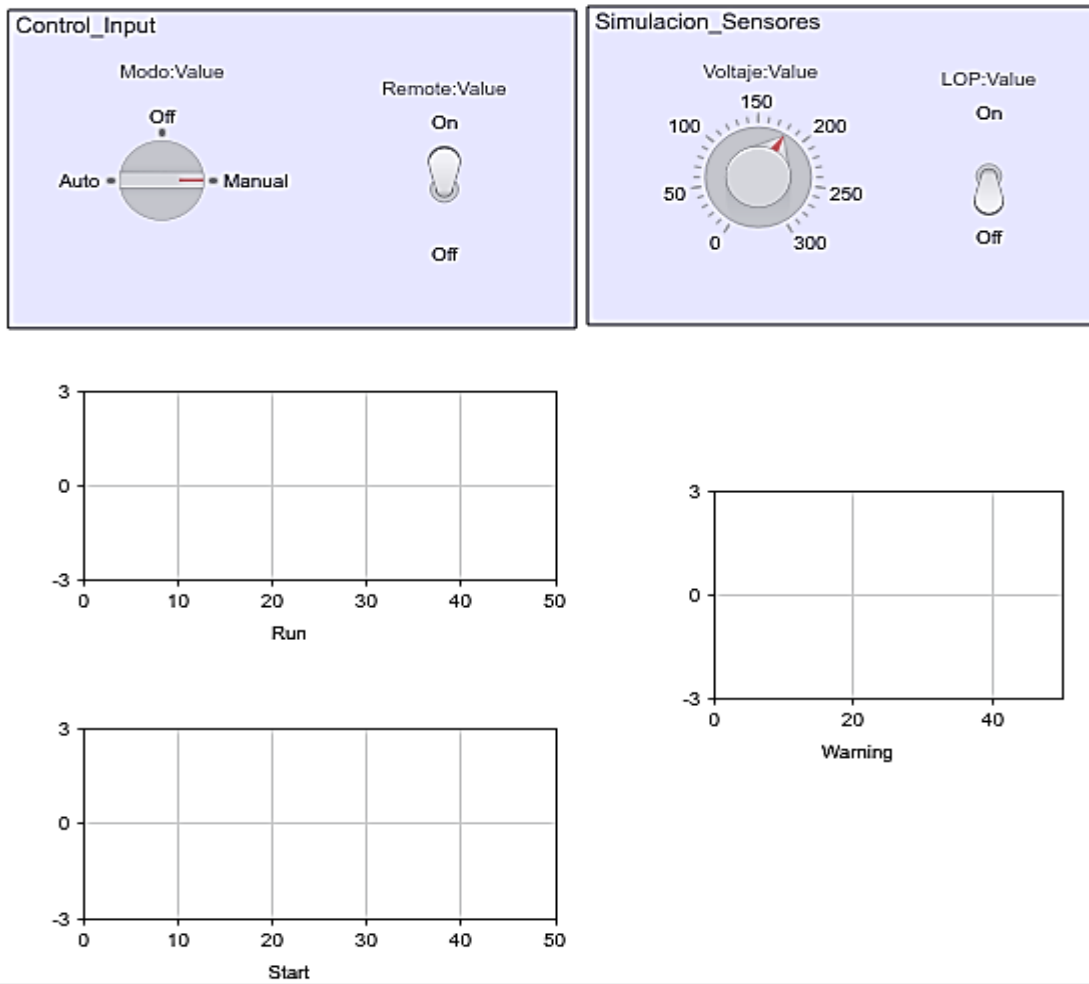


Nombre de la Fuente: Elaboración propia.

2.8 DASHBOARD

Los tableros de instrumentos o Dashboard en Simulink permiten simular condiciones, obtener graficas de la simulación, estos tableros de instrumentos se integran con las demás librerías de Simulink. Como se ilustra en la siguiente figura [2-9].

Figura 2-9: Dashboard Simulink.



Nombre de la Fuente: Fuente Propia.

2.9 INTERNET DE LAS COSAS.

A grandes rasgos la primera definición del internet de las cosas es la interconexión de los elementos que se usan a diario aprovechando las telecomunicaciones y el internet. Según Quiñones “El internet de las cosas es definido como una red objetos físicos conectados a través de internet, los cuales logran interactuar vía sistemas embebidos, redes de comunicaciones, mecanismos de computación y de respaldo y aplicaciones típicamente en la nube [7].

En este sistema de monitoreo remoto se llevará a cabo la lectura de los sensores de corriente (SC013), de voltaje (zmpt101b) y se aplicará el IoT para lograr llevar las medidas realizadas a la nube.

Se puede considerar la aplicación del internet de las cosas a la industria está dando origen a la cuarta revolución industrial.

2.9.1 Arduino.

La historia de Arduino se remonta desde el 2005 en Italia, nacida en el Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea, como propósito de hacer desarrollo con microcontroladores de una forma fácil desde cero para todo tipo de personas. Para entender que es Arduino se debe tener en cuenta que es el resultado de la suma de un hardware libre, que comprende tarjetas y módulos electrónicos, software abierto y un lenguaje de programación libre. Como lo indica Moreno “Arduino es un dispositivo de hardware libre que monta un microcontrolador en una placa de circuito impreso con elementos necesarios para su funcionamiento y que dispone de un entorno de programación libre junto con un lenguaje de programación propio [8, p. 29].

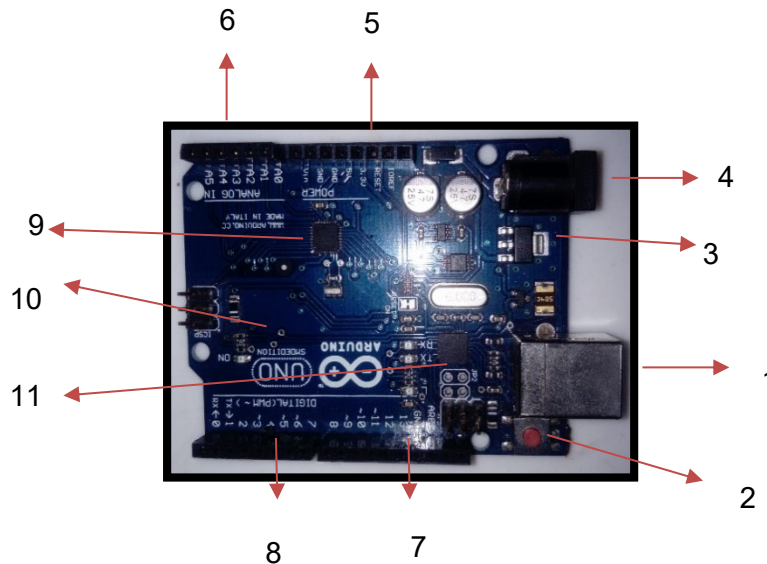
Para la elaboración de las pruebas del monitoreo remoto se establece la utilización del Arduino uno y posteriormente para cuestiones de implementación se migrará a Arduino nano por motivos de integración del hardware (módulos) en una sola tarjeta electrónica.

2.9.2 Arduino Uno R3.

Se trata de la actualización de la primera placa lanzada por Arduino. Tiene como procesador central al microcontrolador de Atmel Atmega328 y conexión por puerto USB a una computadora para su programación y verificación del código, posee catorce pines

que se pueden programar como puertos para enviar o recibir datos, es decir se puede programar como pines de entrada o salida. Es de resaltar en esta placa que seis de los catorce pines se pueden usar en modo PWM y seis como entradas analógicas además de manejar dos interrupciones INT0 y INT1 por medio de los pines dos y tres. Su reloj de oscilación cuenta con un cristal de 16MHz, tiene incorporado un pulsador de reset para volver a ejecutar el código programado y un plug de alimentación de corriente directa. A continuación, se muestra una imagen figura [2-10]. Del Arduino r3 que se utilizara inicialmente junto con la descripción y características.

Figura 2-10: Características Arduino uno R3.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

1. **Puerto USB:** junto con un cable de datos conectado al computador, por este puerto se programa el Arduino, además sirve como conector de alimentación dc.
2. **Pulsador de Reset:** al pulsar este botón se reinicia el programa almacenado en la memoria del microcontrolador.
3. **Regulador de Voltaje:** Sirve como nivelador de tensión al aplicar un voltaje de alimentación externa es el encargado de regular el voltaje dc a 5v además de regular el voltaje conectado a los pines de entrada y salida.
4. **Plug DC:** Por este puerto se le suministra el voltaje dc al Arduino cuando este no está conectado al puerto USB. Es un plug hembra de cinco milímetros con positivo al centro. El Arduino acepta voltajes de corriente continua desde cinco a doce voltios.

5. **Puertos de Tensión:** posee los pines para alimentar circuitos externos, dos pines de tierra, un pin de 3.3 voltios, un pin de 5 voltios y un puerto para alimentación externa. Se debe tener en cuenta que estos puertos ofrecen poca corriente por lo cual se debe tener en cuenta la potencia consumida por los circuitos externos.
6. **Puerto de entrada analógica:** están ubicados seis pines enumerados de A0 a A5 y son los pines que reciben señales analógicas como pequeños voltajes no continuos y señales resistivas.
7. **Puertos de entrada y salida:** junto con el ítem 8 son pines que se pueden configurar por medio de software como pines para recibir o enviar datos en tecnología TTL. Estos puertos poseen unos pines especiales señalados con ~ (virgulilla) los cuales proporciona señales PWM (modulación por anchura de pulso) que permite acciones como variar velocidades de un motor.
8. **Puertos de entrada y salida.**
9. **Microcontrolador:** Se considera el cerebro de la placa Arduino y es el encargado de almacenar y ejecutar las instrucciones que se compilaron del programa diseñada por el usuario.
10. **Oscilador:** Está conformado por un cristal de cuarzo que oscila a 16 MHz y es el encargado de funcionar como reloj interno y marca el paso de la velocidad de las ejecuciones de las instrucciones almacenadas en la memoria del microcontrolador.
11. **Chip de Interface:** es el encargado de la comunicación del Arduino con el computador por medio del puerto USB.

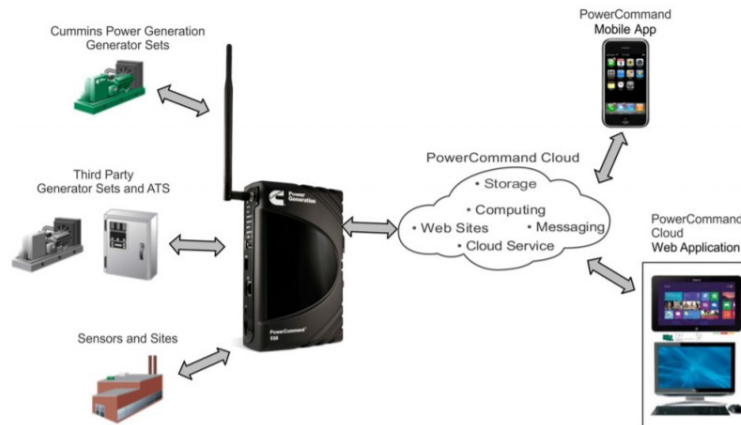
2.9.3 Que Es Un Sistema De Monitoreo.

Se considera el monitoreo como un proceso en donde se busca recolectar, almacenar y analizar un conjunto de datos que se van a tener en cuenta para una toma de decisiones. Con el desarrollo de las nuevas tecnologías de comunicaciones y el interés de comunicar a los dispositivos, este monitoreo paso de ser presencial y manual a un sistema autónomo al permitir que las personas visualicen los datos de cualquier proceso en cualquier lugar del mundo por medio de dispositivos conectados a una red.

El monitoreo remoto es ideal para situaciones con condiciones ambientales severas, sitios de difícil acceso por vías en mal estado o situación de orden público, donde una persona tiene que hacer seguimiento al funcionamiento de un equipo de vital importancia como lo son los grupos eléctricos ubicados en la radio base de distintos operadores móviles.

Actualmente existe diversidad de empresas que prestan el servicio de monitoreo remoto a los sistemas de grupo electrógeno una de las más importantes es Cummins que desarrollo un módulo llamado PowerCommand 500 series que ofrece un sistema de monitoreo en la nube por medio del navegador web. En la siguiente figura [2-11] se ilustra este dispositivo.

Figura 2-11: PowerCommand 500 series.



Nombre de la Fuente: Cummins Inc.

2.9.4 Comunicación Del Sistema De Monitoreo Remoto.

El sistema de monitoreo desarrollado en este proyecto está basado en el módulo sim 900, este será el encargado de la comunicación entre el Arduino uno r3 y el servidor por medio de tecnología Gsm y Gprs, de esta forma se enviarán los datos medidos por los sensores y procesados por el Arduino hasta la nube. A continuación, se explicará brevemente en que consiste las tecnologías de comunicación basadas en Gsm y Gprs de la misma forma se describirá el hardware del módulo sim900 y su conjunto de instrucciones AT que hacen parte del programa a elaborar y que se ejecutará en el Arduino.

2.9.5 GSM (Sistema Global De Comunicaciones Móviles).

Creado en 1982 como un estándar de comunicaciones móviles por el Group Especial Mobile, también llamado como sistema de comunicación móvil de segunda generación 2G. Como características técnicas “utiliza un acceso por multiplexado en el tiempo (TDM) de banda estrecha, dentro de la banda 900/1800 MHz (1900 para Estados Unidos y

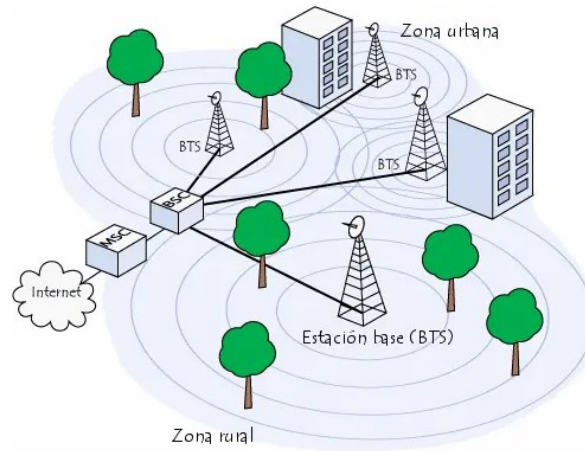
América del sur) y una separación de 200 KHz entre portadoras” [9]. Este tipo de tecnología introdujeron el sistema de IMEI (Identificador Internacional de Equipos Móviles) que es un número de quince dígitos único para cada equipo móvil fabricado en el mundo; también incorporo a los sistemas de comunicación la tarjeta SIM que contiene al IMSI (Identificador Internacional de Abonados Móviles), la IMSI es protegida por un número de cuatro dígitos denominado PIN que es establecido por el usuario final del equipo móvil. En seguida se muestra una tabla [2-2] con sus características técnicas de las tres bandas utilizadas.

Tabla 2-2 :Tabla de características Técnicas GSM.

	GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
Ascendente (Uplink)	890-915 MHz	1.710-1.785 MHz	1.850-1.910 MHz
Descendente (Downlink)	935-960 MHz	1.805-1.880 MHz	1.930-1.990 MHz
Ancho de banda	25 MHz	75 MHz	60 MHz
Separación portadoras	200 kHz	200 kHz	200 kHz
Distancia dúplex	45 MHz	95 MHz	80 MHz
Número de portadoras	124	374	299
Radio típico de célula	300 m-35 km	100 m-15 km	100 m-15 km
Potencia del terminal	0,8-2 W	0,25-1 W	0,25-1 W

Nombre de la Fuente: Comunicaciones Móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE. Huidobro, Moya José Manuel.

Por medio de la tarjeta SIM se identifica a un usuario y se establece comunicación con la estación base (BTS) más cercana, esta función permite hacer traslapes de BTS durante la comunicación sin que él usuario vea afectada la comunicación. Las estaciones bases están comunicadas por medio de radio enlaces o en algunas ocasiones por anillos de fibra óptica con las controladoras de estaciones bases (BSC) que se encarga de realizar la administración del hardware de las BTS y la comunicación final hacia las (MSC) donde se gestiona la conexión con la red telefónica y el internet. A continuación, se ilustra en la figura [2-12] un poco la arquitectura de comunicación del sistema GSM.

Figura 2-12 :Arquitectura del Gsm.

Nombre de la Fuente: <https://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>

Con GSM se mejoró la calidad de las llamadas pasando de la telefonía móvil analógica a la telefonía móvil digital; además se independizó al usuario del dispositivo móvil a introducir la SIM que es compatible con cualquier dispositivo sin importar la casa fabricante, introdujo mensajería por texto SMS mensajería multimedia, el roaming y la transmisión de datos.

2.9.6 Gprs (Servicio General De Paquetes Vía Radio).

El GPRS se considera la evolución del Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM) y un paso necesario para alcanzar los sistemas de tercera generación o 3G. Con la aparición del GPRS a finales de la década de los 80 se da un salto en la transmisión de datos por medio de paquetes y el uso de protocolo TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/ Protocolo de Internet) desde las terminales móviles lo cual permite acceder a servicios como mensajería multimedia, videos, acceso a correos y navegadores de internet que antes solo se podían acceder usando la computadora. La ventaja del GPRS radica en que hace uso de la misma infraestructura de la red GSM pero permite la transmisión de voz y datos a una velocidad entre 50 a 144 Kbps siendo conocido como la tecnología 2.5G.

2.10 PÁGINA WEB MONITOREO REMOTO.

En la implementación del monitoreo remoto de la planta eléctrica de emergencia, es necesario visualizar las variables y poder controlar el encendido/apagado desde cualquier parte del mundo por este motivo una aplicación web es la mejor opción, haciendo uso del internet de las cosas (IoT). Es necesario una base de datos para almacenar las cantidades enviadas por los sensores, esto ofrece una ventaja de almacenamiento de un histórico de las variables, se ha creado una página web para poder ver el contenido de la base de datos de forma gráfica y una tabla con valores de las variables, de igual forma se insertará un botón para encender y apagar la planta eléctrica. Para lograr este objetivo se requiere la utilización de herramientas de desarrollo de software y una serie de actividades para la creación de la página web.

- Creación de la base de datos.
- Programación.
- Diseño de la página web.

Para la elaboración de la base de datos fue necesario la conceptualización de algunos términos y aprender algunos procedimientos de desarrollo web que se mostraran a continuación.

2.10.1 Base De Datos.

Es un conjunto de información almacenada, organizada en campos, registros y archivos de manera electrónica que permite consultas, administración, control y optimización de los datos por medio de software denominados sistemas de gestión de base de datos DBMS. A la sinergia de los datos y los DBMS se les conoce como base de datos.

Para poder manipular la información de una base de datos se usa una serie de instrucciones especializadas llamadas, Lenguaje de Consulta Estructurada (SQL). Según la consulta en la página web de Oracle, SQL se desarrolló por primera vez en IBM en la década de 1970 con Oracle como uno de los principales contribuyentes, lo que llevó a la implementación del estándar ANSI de SQL. SQL ha generado muchas extensiones por parte de compañías como IBM, Oracle y Microsoft. Aunque SQL todavía se usa ampliamente en la actualidad, comienzan a aparecer nuevos lenguajes de programación

[10]. El tipo de base de datos en las que se base el aplicativo web del monitoreo remoto es de tipo relacional que contiene tablas, con registros en filas y columnas.

2.10.2 Html.

No es propiamente un lenguaje de programación; desarrollado por Timothy Jhon Berners-Lee en 1991. A pesar de que sus siglas traducen Lenguaje de Marcado de Hipertexto, es utilizado para servir de estantería y estructura en el desarrollo de páginas de internet basado en etiquetas, contenido y atributos. Le indica al navegador que partes del texto son títulos, párrafos, pies de página entre otros.

2.10.3 Css.

Es una herramienta de diseño que complementa al HTML en la forma en como los usuarios visualizan el contenido o la información de la página web, indica el color, tipo de letra, márgenes, cuadros etc., basados en criterios del diseñador web. CSS en español significa hoja de estilos en cascada esta herramienta nace de la necesidad de establecer un estándar en los comandos de estilo por parte de la W3C.

2.10.4 Mysql.

Es un software DBMS más populares. Creador y gestor de base de datos además es de uso libre basado en instrucciones SQL. Que sea de uso libre ofrece la flexibilidad de que cualquier usuario modifique su código fuente según sus necesidades, pero para empresas privadas que incorporen MYSQL en productos privados deben pagar a la empresa MySQL AB casa desarrolladora una licencia. MySQL es utilizado en entornos web debido a su potencia en lectura de los datos y escalabilidad con base de datos de grandes volúmenes de información [11].

2.10.5 Phpmyadmin.

Es una herramienta de software libre, desarrollada bajo el lenguaje de PHP, la función principal de esta herramienta es la de gestionar la administración de MySQL en aplicaciones web, permitiendo la gestión directa de tablas, columnas, relaciones, índices, usuarios y permisos ejecutando secuencias de MySQL [12].

2.10.6 Php.

Es un lenguaje de programación de propósito interpretado e implementado del lado del servidor, su uso más amplio es en el desarrollo de páginas web y manejo de base de datos en combinación con HTML. Fue creado por el ingeniero danés de diseño en sistemas informáticos Rasmus Lerdorf en 1994 como proyecto de código abierto, PHP son las siglas de pre-procesador de hipertexto.

Php funciona en todos los sistemas operativos y es soportado por la mayoría de servidores con CGI Interfaz de entrada común que permite a un computador o cliente solicitar datos del programa que se ejecuta en el servidor a demás establece conexiones con la mayoría de base de datos populares como MySQL [13].

2.10.7 Javascrip.

Es un lenguaje de más fácil interpretación que el java ejecutable en cualquier navegador y se puede combinar con html, desarrollado por Brendan Eich en la Corporación Netscape Comunicaciones en 1995. El JaveScrip es utilizado para la creación de páginas web dinámicas permitiéndoles ser más atractivas y capaces de ejecutar acciones como clicar botones o reproducir archivos de audio logrando que las páginas web posean una verdadera interactividad con el usuario [14].

2.10.8 Angularjs.

Desarrollado por Misko Hevery en el 2009 y actualmente es respaldado por Google es un framework de código abierto centrado en el desarrollo de páginas web dinámicas [15] .y es usada para web SPA aplicaciones de página única en donde la información se muestra de manera instantánea sin necesidad de actualizar la página o abrir otras ventanas del navegador.

2.10.9 Morris.Js

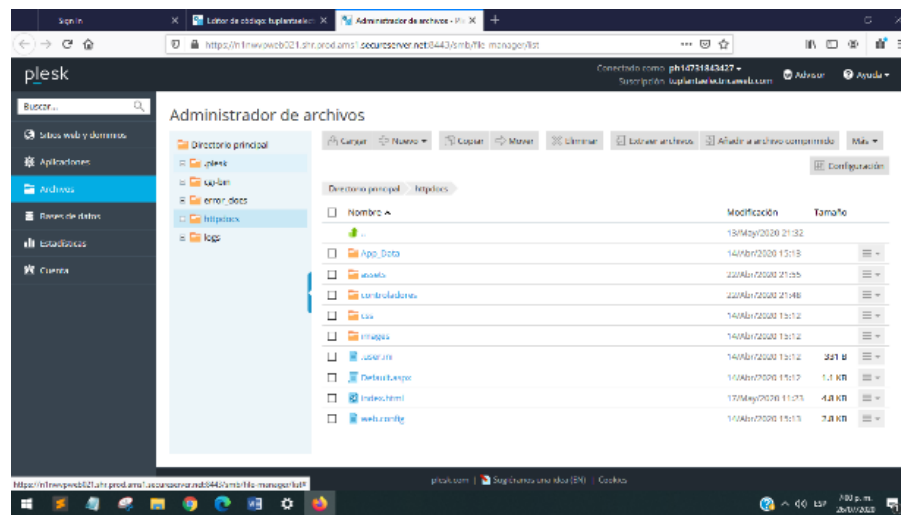
Son unas series de librerías para desarrollar gráficos en páginas web que se adaptan a la resolución de pantalla, es decir facilita la visualización de gráficos estadísticos en

cualquier dispositivo sean celulares, tabletas o pc. Esta librería es de código abierto y de uso libre se pueden hacer graficas tipo dona, lineales, barras y lineales con áreas. Estas librerías están disponibles en la url <https://morrisjs.github.io/morris.js/index.html> en esta misma página se describe un breve tutorial de cómo realizar las gráficas.

2.10.10 Administrador Plesk Onyx.

Es una herramienta de administración de servicios como sitios web, dominios, bases de datos, ftp, estadísticas de visitas y configuraciones de acceso totalmente en la nube, se accede por medio de un usuario y contraseña como se observa en la siguiente grafica en la sección de archivos se guardan las carpetas necesarias para el funcionamiento de la página web del monitoreo remoto. Se ilustra este entorno en la figura [2-13].

Figura 2-13: Administración de archivos en Plesk Onyx.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

3.Marco Metodológico.

En el siguiente apartado se expondrá el método como se desarrolló el proyecto de grado, para poder dar cumplimiento a los objetivos planteados anteriormente; esta sección sufrió modificaciones con respecto al anteproyecto debido a los cambios realizados en los objetivos a causa de la declaración de pandemia mundial a raíz del Sars-Cov-2.

3.1 Tipo y Enfoque de Investigación.

El tipo de investigación y enfoque del proyecto se clasifica como metodología de investigación tecnológica por que se plantea un sistema de control y transferencia eléctrica de un grupo electrógeno con capacidad de hasta 30kW mejorado con un sistema de monitoreo remoto GSM con aplicaciones en industrias, hospitales, comerciales y en general donde se necesite una fuente de alimentación eléctrica de emergencia que requiera monitoreo constante.

3.2 Etapas Metodológicas.

3.2.1 Diseño De Control Para Grupo Electrónico.

En el diseño de un control para grupo electrógeno y transferencia eléctrica automática se inició evaluando el estado del arte de los sistemas de control para este tipo de equipos, en el segundo paso se investigó sobre los hardware y software disponibles para la universidad, y que se tuviera un fácil acceso según el presupuesto destinado para el proyecto, el tercer paso fue seleccionar el hardware que brindara el mayor costo-beneficio para la ejecución del proyecto, también se tuvo en cuenta que fuera compatible

con el software de simulación con el que dispone la universidad, en la cuarta etapa se diseñó el programa para el control del grupo electrógeno y transferencia eléctrica automática en Simulink, en la quinta etapa se simuló los programas y se realizó un esquema eléctrico de las conexiones del Arduino.

3.2.2 Selección De Hardware Y Software

En la selección de hardware para el diseño del sistema de control se tuvieron en cuenta los siguientes factores.

- Costo.
- Flexibilidad para programar.
- Portabilidad.
- Instalación.
- Compatibilidad con los sensores requeridos.
- Fuente abierta.

Los hardware que se pusieron a consideración fueron PLC, Raspberry pi, y Arduino, donde se encontró que Arduino tiene una gran compatibilidad con Simulink, programa que se encuentra disponible en la universidad Antonio Nariño sede farallones.

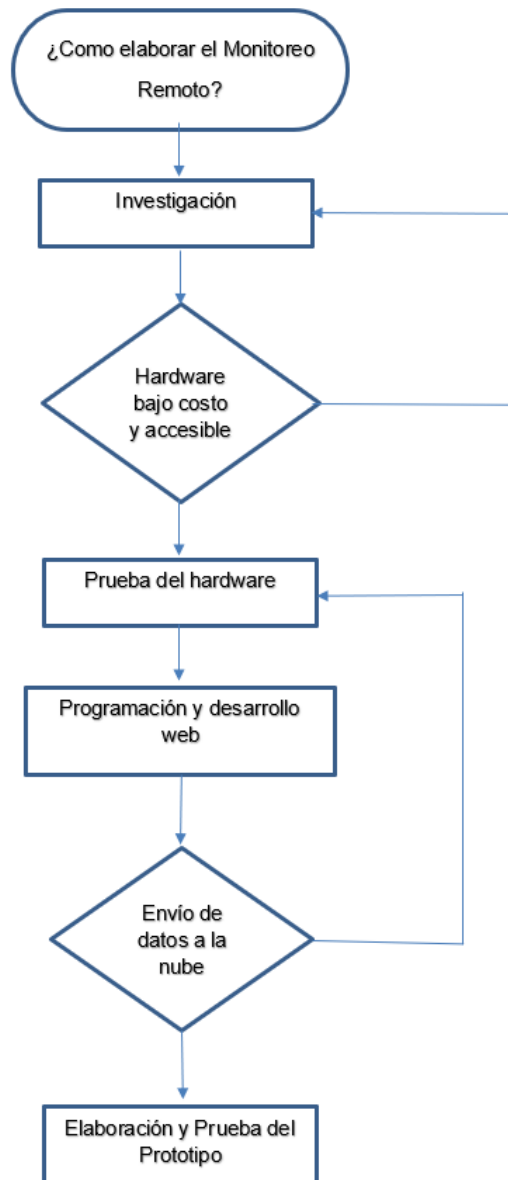
3.2.3 Diseño De Control Para Grupo Electrónico Y Transferencia Eléctrica Automática.

Durante esta etapa se realizaron tres diseños de programa para el grupo electrógeno y uno para la transferencia eléctrica automática, estos diseños se realizaron con la herramienta de Simulink (Stateflow), esta herramienta permitió realizar los diseños en menor tiempo y con más eficiencia, durante esta etapa también se realizaron pruebas a los programas diseñados.

3.2.4 Desarrollo Del Prototipo Para Un Sistema De Gestión Remota.

La elaboración del monitoreo remoto se llevó a cabo por medio de las siguientes etapas figura [3.1]

Figura 3-1: Diagrama de Flujo elaboración del monitoreo remoto.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

3.2.5 Selección Del Hardware.

Se optó por utilizar elementos de fácil acceso y de bajo costo después de haber realizado un estudio económico se seleccionó la plataforma de Arduino y sus módulos aplicados al internet de las cosas. En el mercado local se encontró el

Arduino uno R3, que es el encargado del procesamiento de los datos, el módulo de comunicación Gsm/Gprs sim900 cuyo objetivo es enviar la información hacia la nube de internet, sensores de voltaje zmp101b, sensores de corriente no invasivo sct013-100 y sensores de temperatura digital ds18b20. Para censar los parámetros más importantes del grupo electrógeno.

Inicialmente se realizó ensayos de cada sensor de manera individual para comprobar su funcionamiento y comparar los valores arrojados con una pinza amperimétrica United 204+. Para ello fue necesario utilizar programación ya existente para cada sensor mientras se ejecutaban en tiempo real e ir calibrando los sensores y de esta forma obtener conocimientos en la programación del Arduino, estas actividades sirvieron como guía para ir ensamblando el código final del prototipo de monitoreo.

De igual forma se realizó simulaciones de los circuitos del sensor de voltaje, sensor de corriente y sensor de temperatura por medio del software Proteus.

El módulo sim900 brinda la posibilidad de enviar y recibir llamadas, mensajes de texto y navegación en una red GSM las actividades que se desarrollaron para comprender el funcionamiento de este módulo incluyeron aprender comandos AT propios de este módulo, inscribir el Imel al operador móvil, se comprobó el acceso a la red por medio de un envío de mensaje de texto, el siguiente paso era lograr la comunicación con la base de datos, después de muchos intentos fallidos al tratar de enviar los datos censados, después de verificar el código y estar estancado en este punto. Se llegó a la conclusión que la serie Sim900 S2-1040S-Z90C no tenía la capacidad de comunicación con un servidor web y se cambió el módulo por el Sim900 S2-1040S-Z90S obteniendo resultados positivos al comprobar que los datos enviados se encontraban almacenados en la Base de datos.

3.2.6 Visualización De Los Parámetros De Forma Remota.

La finalidad del monitoreo remoto es observar los parámetros arrojados por los sensores desde cualquier parte del mundo. Para lograr esta condición se escogió mostrar estos datos por medio de una página web responsive que se adapte a

cualquier dispositivo como celulares, tabletas y computadores conectado a la internet.

Se optó por comprar un hosting y un dominio por medio del proveedor Goodady que ofrece opciones de creación de base de datos y acceso desde ip's dinámicas esto teniendo en cuenta que se pueden realizar conexiones servidor-host desde cualquier dispositivo conectado a internet.

El desarrollo de la página web involucro una serie de herramientas de desarrollo web como HTML, para dar estructura a la página, CSS usado para mejorar la apariencia de la página, Php para realizar la conexión entre el Arduino y la base de datos, frameworks como angular que se usó para mostrar los datos en tiempo real, librerías como Morris.js para desarrollar la gráfica de líneas que muestra el comportamiento de las variables de temperatura, voltaje y corriente en tiempo real.

3.2.7 Ensamble Del Prototipo.

Se desarrollo un prototipo para la comprobación del funcionamiento de la programación, la integración del sim900 al Arduino y los sensores. Este prototipo se ensambla en una placa microperforada universal integrando los circuitos de acondicionamiento que requería cada sensor y un regulador de 5v voltios para la alimentación del módulo de relés la conexión de los sensores se realizó por medio de borneras que permiten su fácil conexión la alimentación de voltaje del sim900 y el Arduino se realiza de forma independiente por medio de una fuente de 9v a 3 amperios para aislar la etapa de encendido de la planta eléctrica del control y evitar daños en el Arduino y el sim900.

Finalmente se prueba la funcionalidad del prototipo con un bombillo de 70 W conectados a 110v logrando visualizar en la página www.tupalntaelectricaweb.com los datos de corriente, voltaje y temperatura de igual forma se logra apagar y encender el bombillo desde la página web.

3.3 Fuentes de Información.

Toda entidad que tenga una planta eléctrica con capacidad igual o inferior a 30kW.
Proyectos de internet de las cosas y transmisión de datos por GSM.

4.Resultados

4.1 ANALISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE CONTROLES PARA GRUPO ELECTRÓGENO.

Controles para grupo electrógeno se pueden encontrar clasificados de la siguiente manera:

- Controlados por Relevadores
- Controles con Microprocesador
- Controles con Electrónica Digitales
- Controles con Electrónica Analógica

Estos controles pueden variar en diferentes precios y prestación de servicios, en la actualidad se tienen algunas marcas como referencia Comap y Deep Sea Electronics, estas son las más utilizadas en la industria de telecomunicaciones para el control de los grupos electrógenos y trasferencias eléctricas, en las trasferencias eléctricas se puede encontrar lógica cableada, en el caso los controles de lógica cableada los costos de los repuestos aumentan debido a que se requieren más elementos para ejecutar la misma función de un control con Microprocesador.

COMAP AMF25.

El control Comap AMF25 tiene las siguientes características:

- Control de Encendido Manual.
- Control de Encendido Remoto.
- Protecciones de Generador.
- Protecciones de Motor.

- Monitoreo de Falla Red Eléctrica Comercial.
- Control sobre el Conmutador de Red y Grupo Electrónico.
- Gestión Remota (Con tarjeta adicional IB-Lite).
- Web Supervisor (Con tarjeta adicional IB-Lite).

El costo de un control de estas características es de:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| • Comap AMF25 | 1'350.000.00 COP más IVA |
| • Tarjeta IB-Lite | 493.000.00 COP más IVA |
| • Mano de obra de instalación | 800.000.00 COP más IVA |
| • Accesorios de instalación | 600.000.00 COP más IVA |

El costo total del proyecto es de 3'243.000.00 COP más IVA.

EL control DSP7320 tiene las siguientes características:

- Control de Encendido Manual.
- Control de Encendido Remoto.
- Protecciones de Generador.
- Protecciones de Motor.
- Monitoreo de Falla Red Eléctrica Comercial.
- Control sobre el Conmutador de Red y Grupo Electrónico.
- Gestión Remota (Con tarjeta adicional DSE891).
- DSE WebNet (Con tarjeta adicional DSE891).

Para la implementación de este control en los grupos electrógenos se deben tener en cuenta los siguientes costos:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| • DSP7320 | 1'300.000.00 COP más IVA |
| • DSE891 | 1'970.000.00 COP más IVA |
| • Mano de obra de instalación | 800.000.00 COP más IVA |
| • Accesorios de instalación | 700.000.00 COP más IVA |

El costo total del proyecto es de 4'770.000.00 COP más IVA.

Control Diseñado con plaquetas de Arduino.

- Control de encendido Manual.
- Control de encendido Remoto.
- Protección de Motor por presión de aceite y temperatura de refrigerante.
- Monitoreo de tensión de generador.
- Monitoreo de tensión de Red eléctrica Comercial.
- Monitoreo de Falla de red eléctrica Comercial.
- Control sobre conmutador de Red y Grupo Electrónico.
- Gestión Remota por página WEB.

Para la implementación de este control en los grupos eléctricos se deben tener en cuenta los siguientes costos:

• Arduino Atmega2560(*2)	100.000.00 COP más IVA
• Arduino UNO	30.000.00 COP más IVA
• Sensores temperatura	14.000.00 COP más IVA
• Sensores tensión AC(*2)	48.000.00 COP más IVA
• Sensores corriente AC	20.000.00 COP más IVA
• Módulo GSM	85.000.00 COP más IVA
• Sensor de Presión	64.000.00 COP más IVA
• Fuente de voltaje	72.000.00 COP más IVA
• Mano de Obra	300.000.00 COP más IVA
• Accesorios de Instalación	200.000.00 COP más IVA

El costo total del proyecto es de 933.000 COP más IVA.

4.1.1 Beneficios De Control Para Grupo Electrónico Diseñado

Como se puede observar los costos de implementación de un control comercial son superiores a los de la implementación del control diseñado con plaquetas Arduino, aunque este control no tiene todas las prestaciones de servicio de un control comercial, el control se diseñó para que cumpliera con el monitoreo remoto y control de funciones básicas de un controlador de grupo eléctrico.

4.2 DISEÑO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE GRUPO ELÉCTRICO.

Los controles basados en Microcontroladores se hacen más comunes en equipos electromecánicos debido a sus pocos componentes, tamaño, economía y flexibilidad para realizar cambios en la lógica y parámetros de funcionamiento con solo cambiar algunas líneas del código de la programación, para el diseño de control de planta de este proyecto es fundamental esa flexibilidad por esta razón se seleccionó plaquetas Arduino, estas plaquetas de programables son de bajo costo, Open Source y de gran aplicación en el ámbito académico y por ende con mucha documentación sobre funciones e

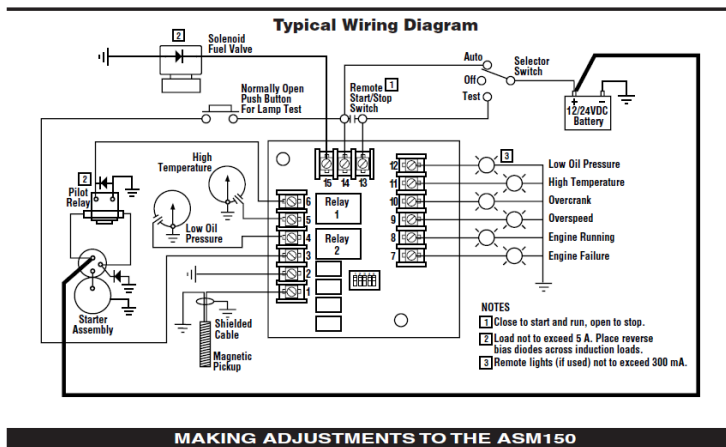
integración con software de Diseño y Simulación, Matlab es uno de los Software que integra el Hardware de Arduino y permite hacer modelos dinámicos con la integración de sistemas electromecánicos, la programación en Matlab se puede hacer desde Workspace o Simulink. En el proyecto se realizó la programación del control del grupo electrógeno en Simulink, debido que nos permitió hacer simulaciones y ver fallas antes de instalarlo en el equipo.

4.3 FUNCIONAMIENTO DE GRUPO ELECTRÓGENO.

Los controles de Grupos electrógenos que brindan soporte en ausencia de la red eléctrica comercial tienen dos modos de funcionamiento Automático y Manual, estos modos de funcionamiento determinan el encendido y apagado del equipo, pero el funcionamiento en operación no cambia con frecuencia.

- **Modo Manual:** El Grupo Electrónico enciende cuando la señal de Manual es Confirmada (cambia de estado de activo bajo a activo alto) y se mantiene encendido hasta que la señal de Apagado (Off) no sea confirmada (cambia de estado de activo bajo a activo alto).
- **Modo Automático:** el grupo electrónico en este Modo está atento a una señal de arranque remoto que es enviada de la Transferencia Eléctrica Automática la cual indica que la Red eléctrica Comercial está en falla y se requiere el soporte del grupo electrónico, cuando esta señal es confirmada (cambia de estado de activo bajo a alto) por el control del grupo electrónico este enciende y se mantiene encendido, cuando la señal de arranque remoto cambia de estado de activo alto a activo bajo el grupo electrónico pasa a un estado de enfriamiento, este estado mantiene encendido el grupo electrónico durante un tiempo después del cambio de estado de la señal de arranque remoto, cumplido este tiempo el equipo se apaga y queda de nuevo a la espera de una futura falla en la red eléctrica comercial. En la figura [4-1] se da un ejemplo de un diagrama de control.

Figura 4-1: Conexión control Murphy ASM150



Nombre de la Fuente: Tomado del Manual de servicio del control.

4.4 LÓGICA DE OPERACIÓN DEL CONTROL PARA EL GRUPO ELECTRÓGENO.

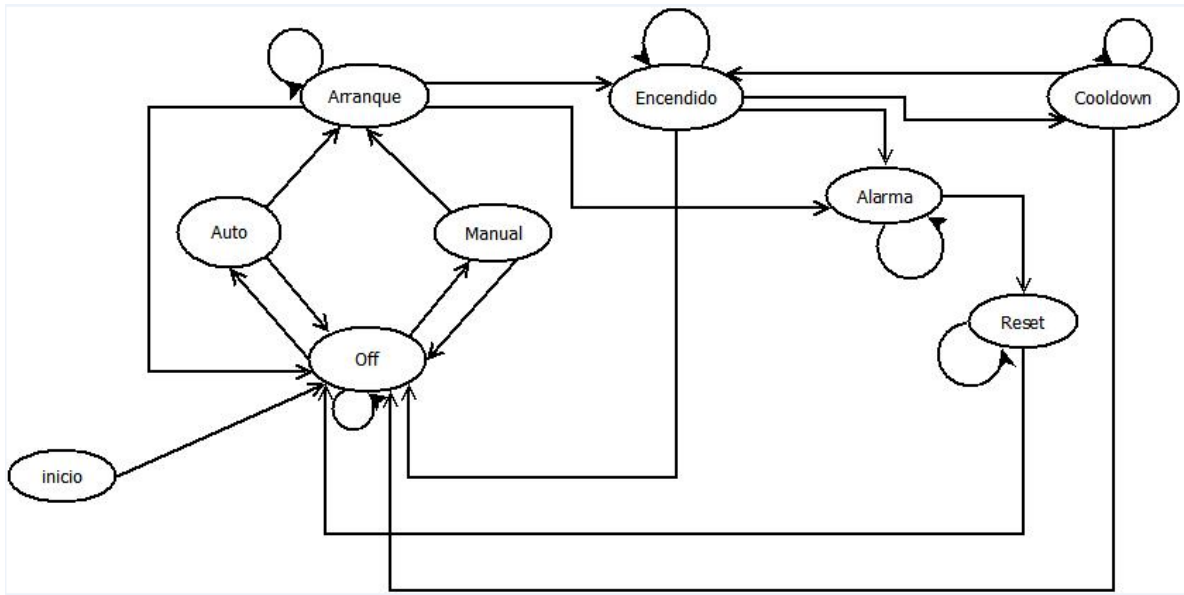
Los controles de Grupos Electrónicos básicos se componen de las siguientes señales:

- **Señales de entrada:** Manual, Auto, Off, Presión de Aceite, Temperatura, Voltaje de Generador, y Encendido Remoto.
- **Señales de Salida:** Señal de Motor de Arranque, señal de solenoide o ignición, Indicador de Alarma General.

La secuencia de arranque del grupo electrógeno es el siguiente. Cuando el control recibe la señal de encendido en modo manual o automático el control pone las señales de Motor de arranque y solenoide activas por un tiempo de 10 segundos, si en esos 10 segundos el control no recibe señal de confirmación del Sensor de presión de aceite o Voltaje de generador el control pone las señales de solenoide y motor de arranque en estado activo bajo durante 10 segundo, si por el contrario recibe la señal de confirmación de los sensores de presión de aceite o voltaje de generador, el control pone activo bajo la señal de arranque y la señal de solenoide permanece activa alta hasta que cambie de modo o se presente una falla en el grupo electrógeno que obligue a protegerlo, esta secuencia de arranque se realiza tres veces , si el equipo no arranca se genera una falla .

Se realizó un Diagrama de Estado y Tablas de verdad donde se diseña la secuencia y las condiciones del funcionamiento del sistema de control. Anexo diagrama de estado del sistema de control en la figura [4-2] y las tablas de verdad en la figura [4-3].

Figura 4-2: Diagrama de Estados del Control de Planta Eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-3: Tablas de verdad de los estados del control de la planta eléctrica.

ESTADO OFF			ESTADO AUTO		ESTADO MANUAL	
A	B	SALIDA	A	SALIDA	A	SALIDA
0	0	Don't Care	0	Off	0	Off
0	1	Auto	1	Arranque	1	Arranque
1	0	Man				
1	1	Don't Care				

ESTADO ARRANQUE			ESTADO Alarma		ESTADO Reset	
A	B	SALIDA	A	SALIDA	A	SALIDA
0	0	Don't Care	0	Don't Care	0	Don't Care
0	1	Encendido	1	Reset	1	Off
1	0	Alarma				
1	1	Off				

ESTADO ENCENDIDO			ESTADO Cooldown		
A	B	SALIDA	A	B	SALIDA
0	0	Don't Care	0	0	Don't Care
0	1	Alarma	0	1	Encendido
1	0	OFF	1	0	OFF
1	1	Cooldown	1	1	Don't Care

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.4.1 Descripción De Estados

Estado OFF: El estado Off mantiene el equipo apagado y envía un Reset a las fallas presentes en el equipo.

Estado MANUAL: En este estado inicia la secuencia de arranque de la planta eléctrica de forma manual.

Estado AUTO: Cuando está activo el estado Auto no se inicia la secuencia de arranque hasta que no esté activa la señal de arranque remota proporcionada por la transferencia eléctrica automática y cuando se pone inactiva se inicia la secuencia de apagado con enfriamiento.

Estado ARRANQUE: Cuando se activa este estado se inicia la secuencia de arranque, donde las señales de salida motor de arranque (Start) y Solenoide (Run) se activan durante un tiempo (Ton) y se desactivan en (Toff), si se recibe confirmación de las señales de entrada presión de aceite y Voltaje de generador, se pasa al estado siguiente que es Encendido, si no se reciben estas señales de confirmación en un conteo predefinido se pasa al estado de Alarma.

Estado ENCENDIDO: En este estado la señal de salida que permanece activa es Run hasta que se ponga inactiva alguna de las señales de entrada LOP y Voltaje de generador, en este caso el estado siguiente en la secuencia es Alarma, otro caso es que se pase al estado Off o que se desactive la señal de arranque remoto y el selector de modo de operación este en auto, en este caso el estado siguiente es Cooldown.

Estado COOLDOWN: Cuando esté estado está activo el equipo va a permanecer encendido por un tiempo determinado permaneciendo la señal de Run activa hasta que

el tiempo se cumpla y pase al estado Off o se active otra vez la señal de arranque y pase al estado de encendido.

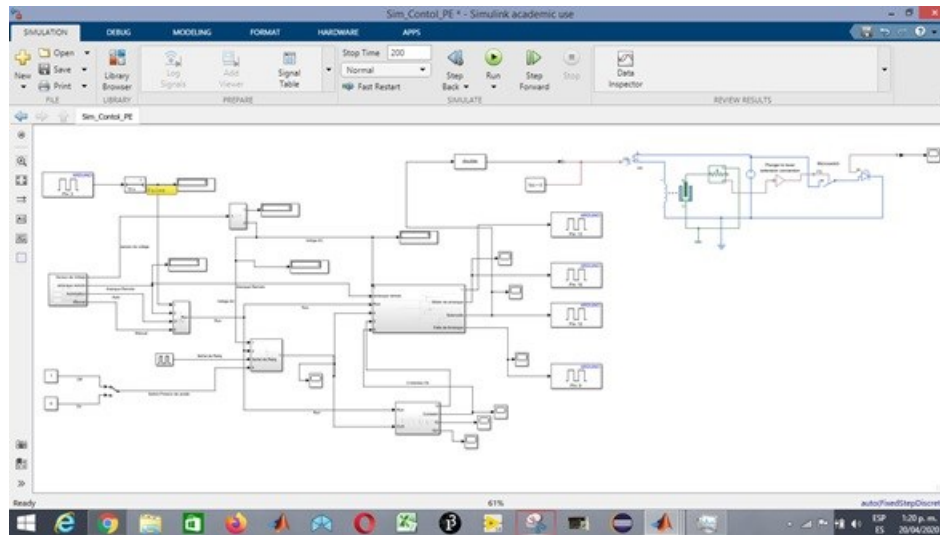
Estado ALARMA: Cuando está activo este estado es porque se generó una falla durante el Arranque o cuando el equipo permanecía en Encendido, en este estado las señales de Run y Start se desactivan y el equipo se apaga inmediatamente y permanecerá en este estado hasta que no se dé un Reset.

Estado RESET: En este estado se da Reset a las fallas que se presenten en el equipo durante su funcionamiento.

4.4.2 Primer Diseño

En la figura [4-4]. se muestra un primer diseño donde se realizó con compuertas lógicas, con este prototipo se tuvo un alcance donde se logró simular las condiciones de encendido, apagado en auto y manual, pero se tuvo complicaciones cuando se requería simular las fallas, debido a que no se generaban según el diseño.

Figura 4-4: Simulación de Control de Grupo Electrónico primer prototipo.



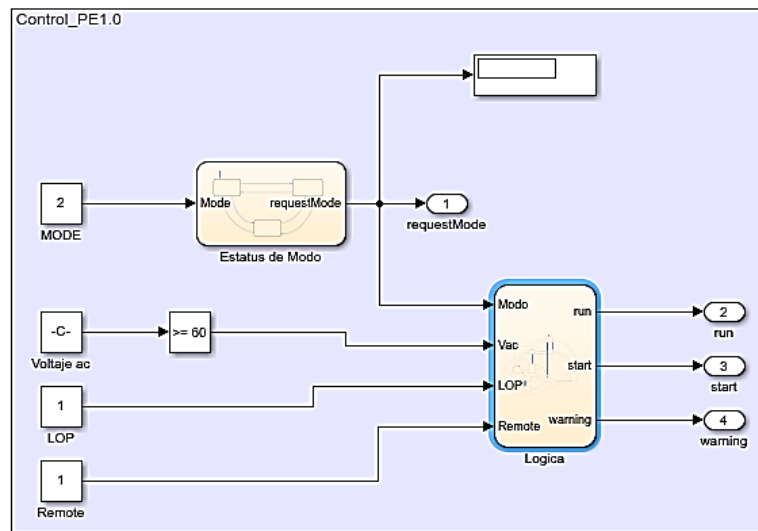
Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.4.3 Segundo Diseño

Debido a las complicaciones que se tuvieron el diseño del primer prototipo se buscó una manera más efectiva e intuitiva de establecer la lógica de control, en la busca de esta herramienta se encontró Stateflow, esta herramienta de diseño de sistemas de control que se encuentra en el entorno de Simulink, tiene todo lo necesario para mejorar el diseño del prototipo para el sistema de control de la planta, Stateflow tiene un método de diseño y simulación de una máquina de estado finito.

Para el este diseño y aprendiendo a manejar la herramienta se obtuvo un prototipo donde se optimizo el anterior y se logró realizar la simulación de encendido en los modos auto, manual, además se simularon fallas y el sistema respondió según lo programado. En la siguiente grafica [4-5] se ilustra la simulación en Stateflow.

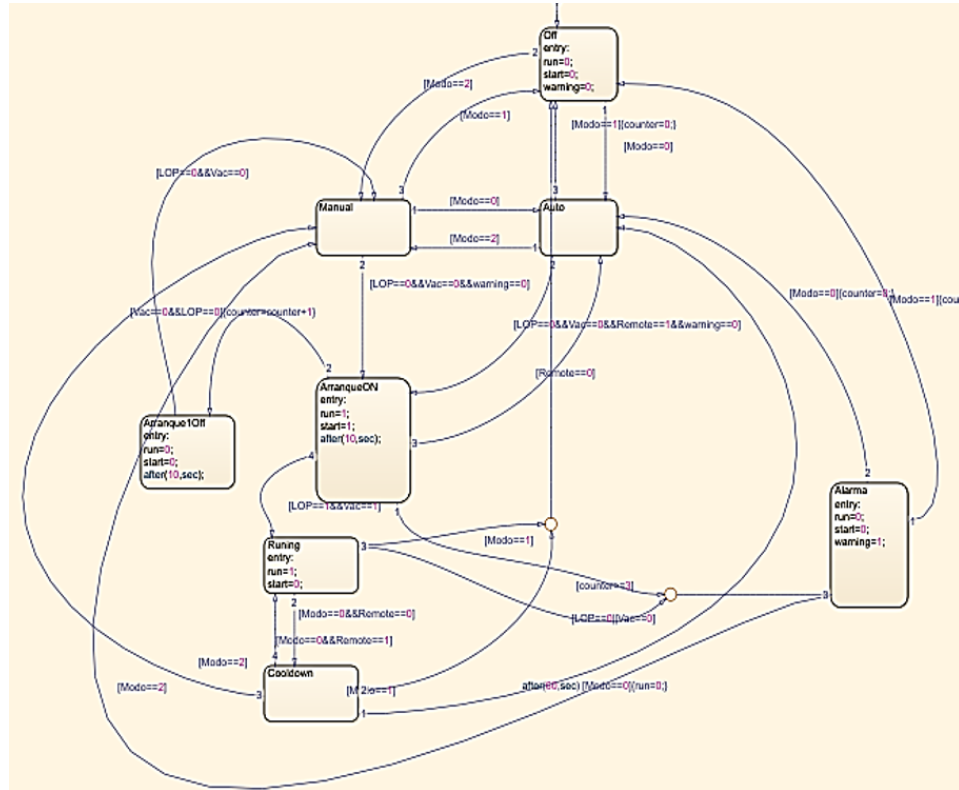
Figura 4-5: Prototipo 2 de control de planta eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar en las figuras [4-6], el segundo prototipo tiene dos bloques Estatus de Modo y Lógica.

Figura 4-6: Bloque de Lógica de Control de Planta Eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.4.4 Bloque De Lógica.

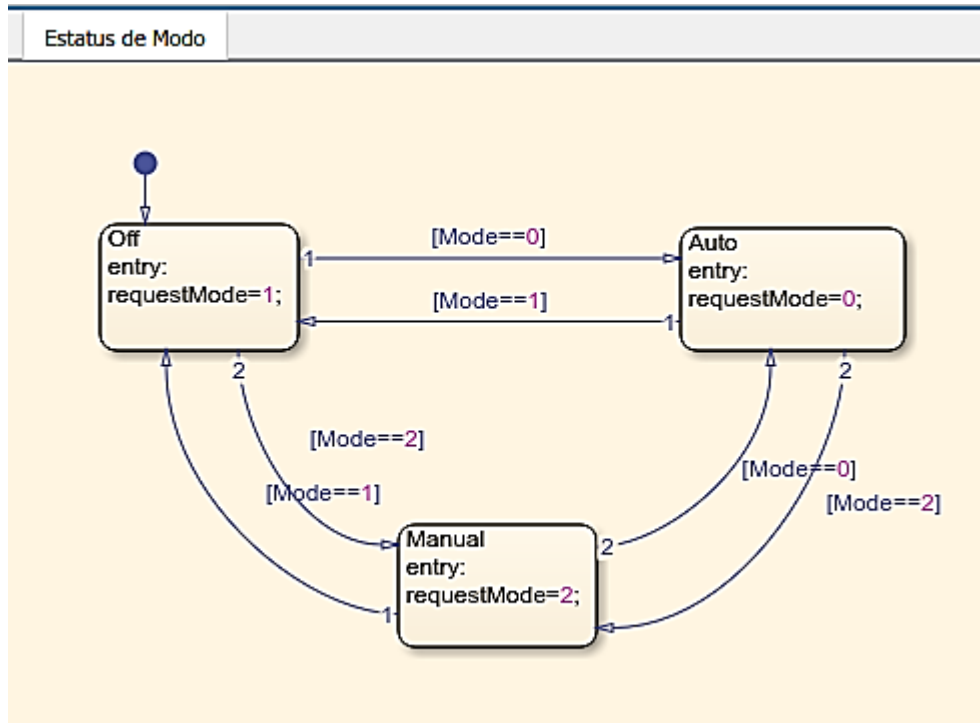
Este bloque contiene diferentes estados de operación de la planta eléctrica durante el encendido, apagado, estados de alarma, y tiempos de enfriamiento, este prototipo cumple con los requerimientos lógicos del control de planta, pero aun es complejo de hacer el seguimiento por esta razón se investigó un poco más de esta herramienta y se encontró los Superestados que se utilizaron para el tercer prototipo.

4.4.5 Bloque De Estatus De Modo

En este bloque solo se encuentran tres estados donde según el valor que tome la variable Mode va a ubicarse en un estado que asignara un valor a una variable de salida

requestMode, este bloque solo es para acoplar la Dashboard con la simulación del sistema en los diferentes modos de operación de la planta eléctrica. Como se puede observar en la siguiente figura [4-7].

Figura 4-7: Bloque de estatus de Modo.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.4.6 Tercer Diseño.

Con la idea de mejorar el prototipo se investigó una propiedad de Stateflow que simplificara y optimizara el diseño, esta propiedad crea super-estados y dentro de estos super-estados se puede contener estados que tengan condicionales en común. En este diseño se crearon tres super-estados.

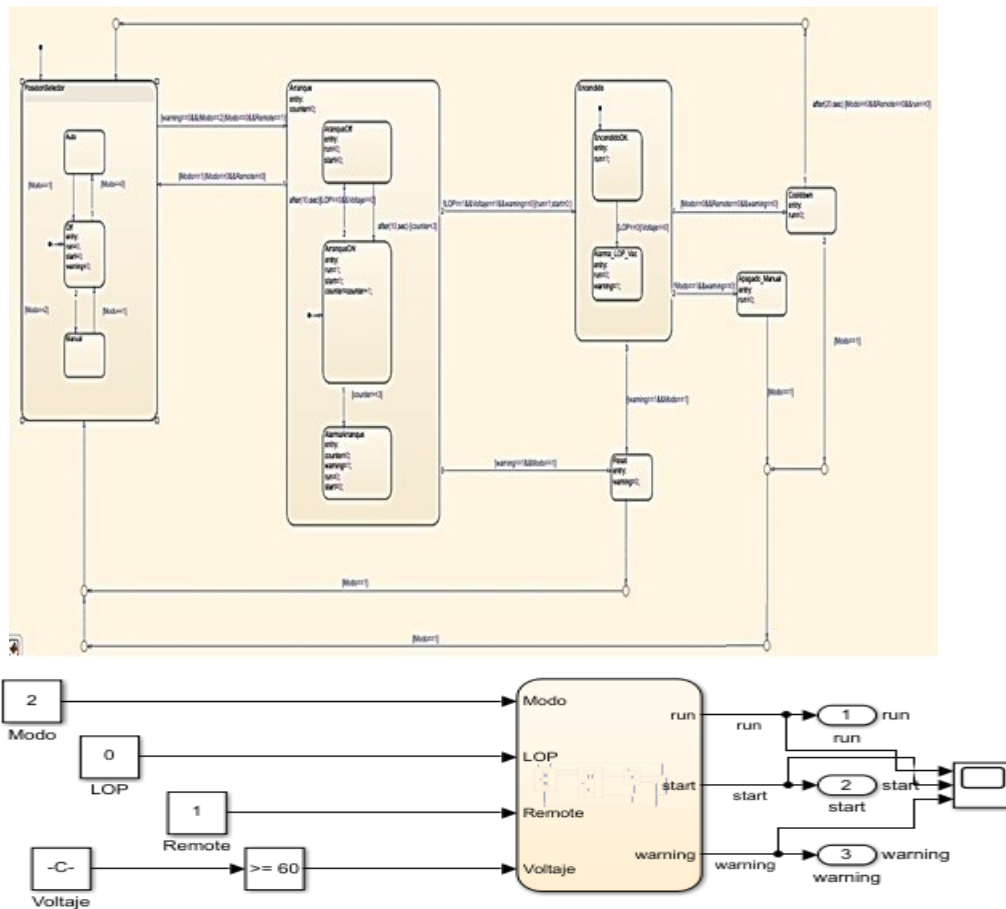
Posición Selector: este super-estado contiene los tres estados **Auto**, **Off** y **Manual** estos estados indicaran la secuencia que debe seguir la máquina de estado.

Arranque: contiene los estados ArraqueOn, ArraqueOff, AlarmaArraque estos son la secuencia durante el arranque.

Encendido: si este estado está activo es porque la secuencia de arranque fue exitosa, este estado va a permanecer activo hasta que el selector pase a Modo Off, se genere alguna falla o si el selector está en posición de auto y se desactive la señal de arranque remoto.

En la figura [4-8] se muestra un esquemático de la secuencia de funcionamiento.

Figura 4-8: Lógica de Control de la Planta Eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

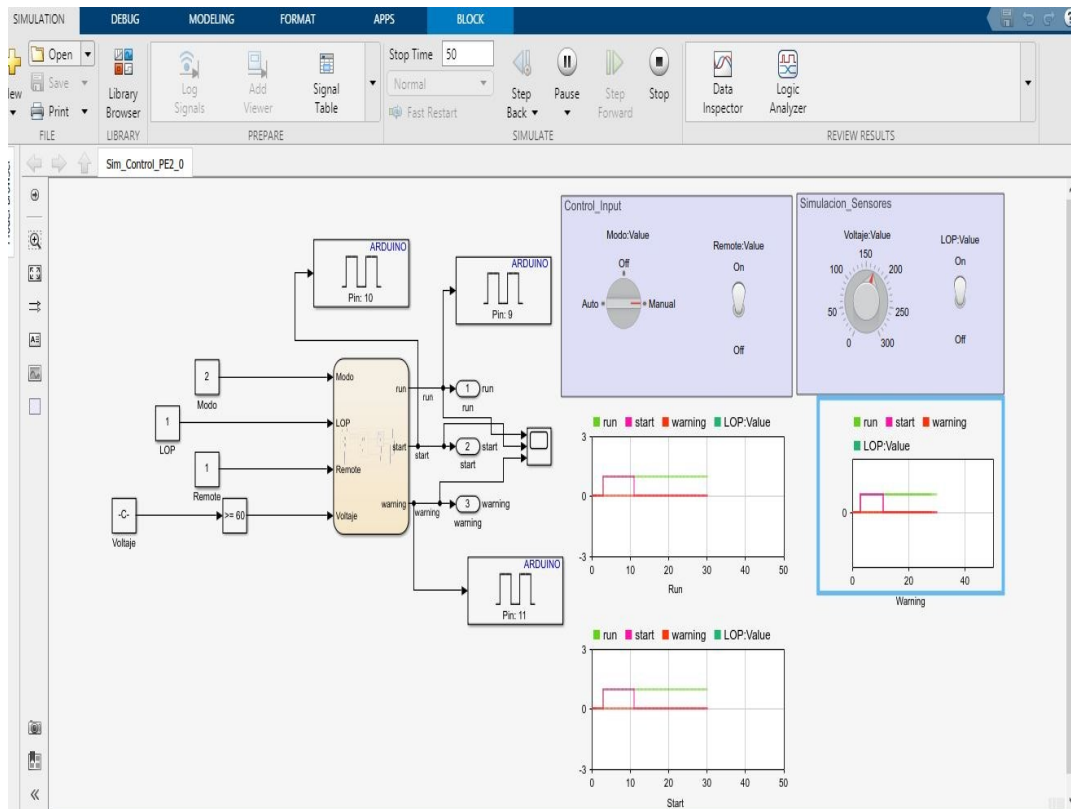
4.5 SIMULACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DESDE SIMULINK.

En el entorno de programación de Simulink se tiene la necesidad de simular entradas y analizar la respuesta a esa entrada, para este proyecto se utilizó una herramienta de Simulink llamada Dashboard, esta herramienta contiene interruptores, graficas, entre otros mandos que se le pueden asignar a una variable y de esta manera simular señales analógicas y digitales.

En la figura [4-9] se observa que hay dos cajas para simular los instrumentos de la planta eléctrica y tres gráficas para verificar las salidas.

- **Control_Input:** esta caja contiene el selector de posición del modo de operación de la planta eléctrica y la señal de arranque remoto.
- **Simulación_sensores:** en esta caja se tiene la perilla que permite simular la entrada analógica del voltaje del generador y también contiene un interruptor para simular la protección de presión de aceite.
- **Graficas:** las gráficas indican el comportamiento de las salidas run, start y warning durante la simulación.

Figura 4-9: Dashboard Control de la Planta Eléctrica. Continuación



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.6 CONTROL DE TRANSFERENCIA ELÉCTRICA

Las transferencias eléctricas automáticas es un conmutador entre fuentes de energía eléctrica, estos conmutadores de energía eléctrica son controlados por tarjetas electrónicas que monitorean la fuente primaria (red eléctrica comercial) y en caso de fallas de esta fuente, hace conmutación para que la fuente secundaria (Planta eléctrica) entre a brindar el soporte de energía.

4.6.1 Modo De Operación De Las Transferencias Eléctricas Automáticas:

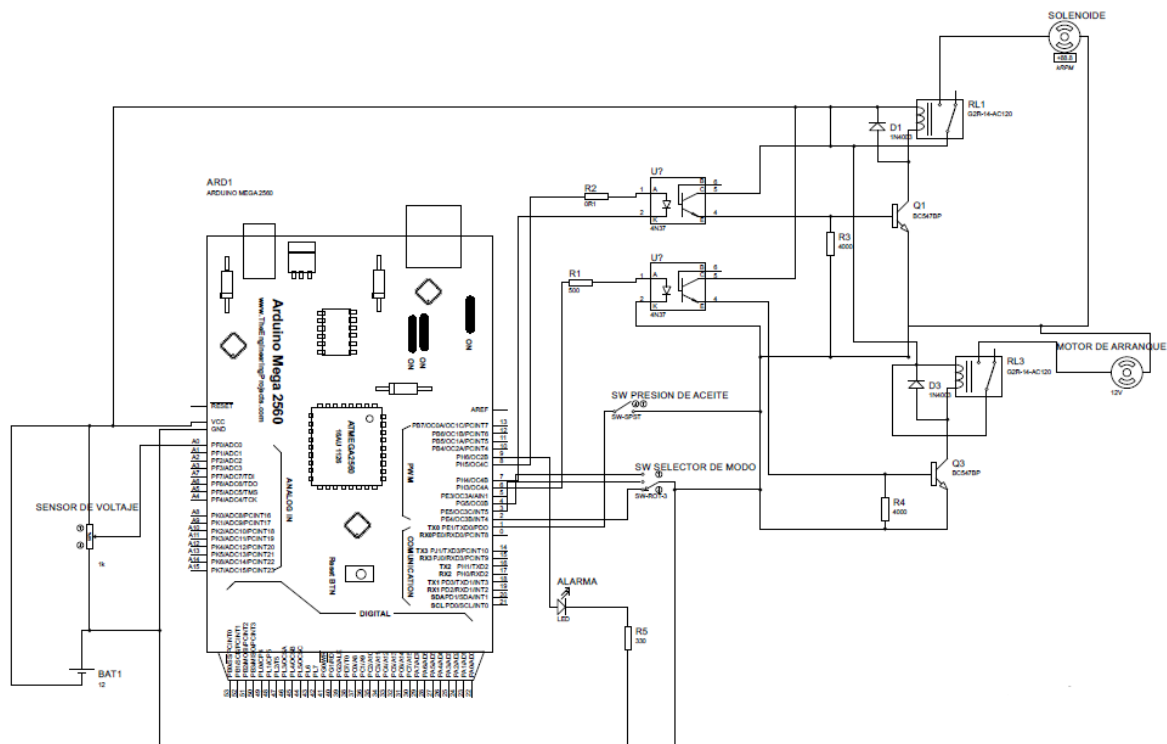
- **Modo Automático:** En este modo de operación se monitorea constantemente el voltaje de la fuente primaria (red eléctrica comercial), si el voltaje está por encima o por debajo del nivel establecido se genera un falla, la secuencia a seguir es

abrir el conmutador de red y enviar la señal de arranque remota para el encendido de la planta eléctrica, cuando la planta eléctrica alcanza el voltaje de operación se cierra el conmutador de fuente secundaria (Planta eléctrica), y se queda a la espera que la fuente primaria se normalice para hacer el proceso inverso.

- **Modo OFF:** en este modo de operación el control sobre la transferencia eléctrica queda deshabilitado.
- **Modo Manual:** Para este modo de operación el control envía la señal de cierre a la fuente seleccionada con el selector de Fuente Primaria o Secundaria.

En la siguiente figura [4-10] se muestra el diagrama de control diseñado para el grupo electrógeno.

Figura 4-10: Diagrama de Control para Grupo Electrónico.

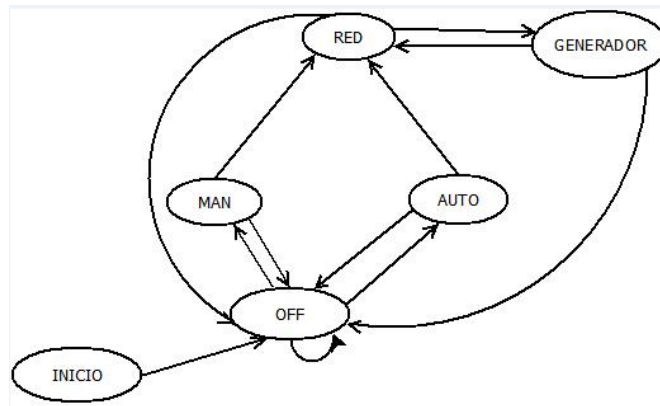


Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2 Diseño De Control De Tránsito Eléctrico Automático:

En el diseño del control para la transferencia se utilizaron los mismos principios del control de planta eléctrica con diferente lógica, se realizó un diseño en máquinas de estado como se ve le figura [4-11] y las tablas de verdad en la figura [4-12].

Figura 4-11: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Maquinas de Estado.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-12: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Maquinas de Estado Tablas de verdad.

ESTADO OFF	
A	SALIDA
0	Manual
1	Auto

ESTADO RED	
A	SALIDA
0	Off
1	Generador

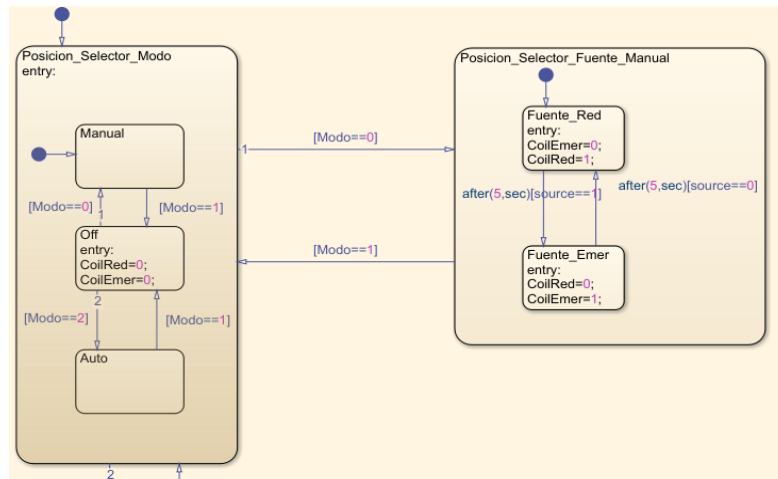
ESTADO GENERADOR	
A	SALIDA
0	Off
1	Red

ESTADO AUTO	
A	SALIDA
0	Off
1	Red

ESTADO MANUAL	
A	SALIDA
0	Off
1	Red

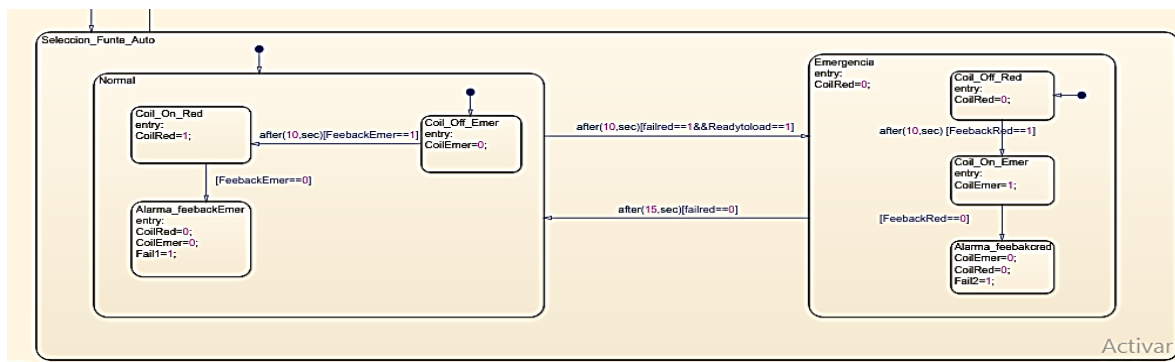
Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-13: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Stateflow.



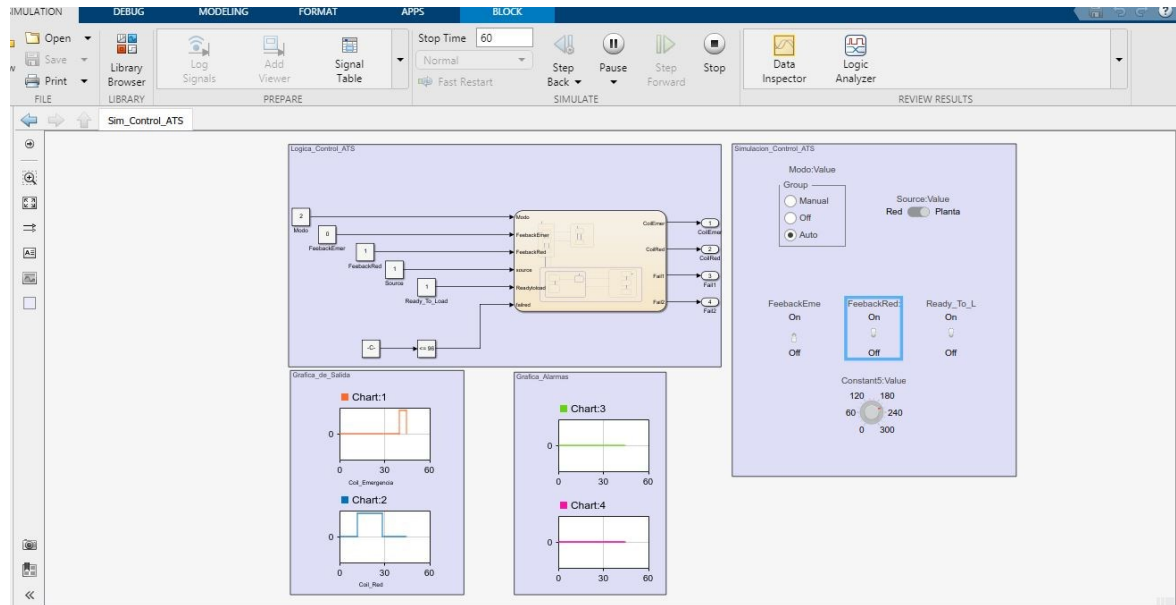
Nombre de la Fuente: Elaboración Propia

Figura 4-14: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Stateflow.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

También se realizó el diseño de la transferencia eléctrica automática en Stateflow y su interfaz gráfica como se muestra en la siguiente figura [45-1].

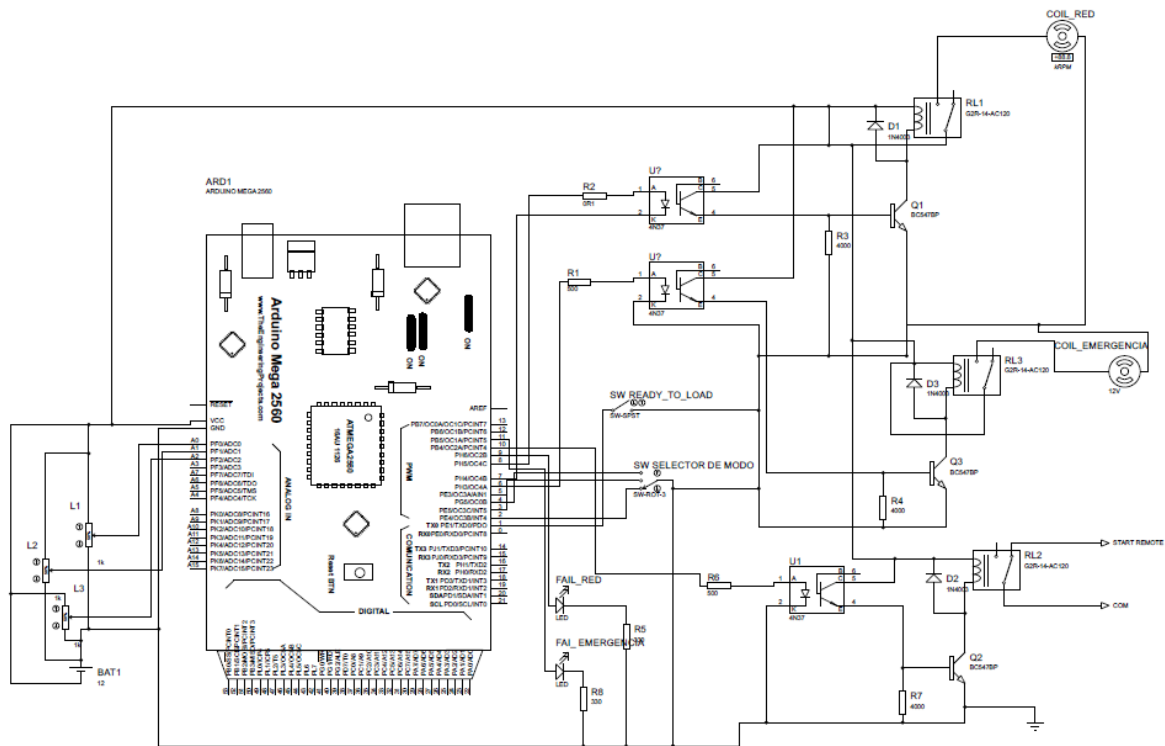
Figura 4-15: Diseño de control transferencia eléctrica automática en Stateflow

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente grafica [4-17] se muestra el esquema eléctrico del diseño de la transferencia eléctrica automática.

Figura 4-16: Esquema Eléctrico del Diseño de Transferencia Eléctrica Automática.

(Continuación)

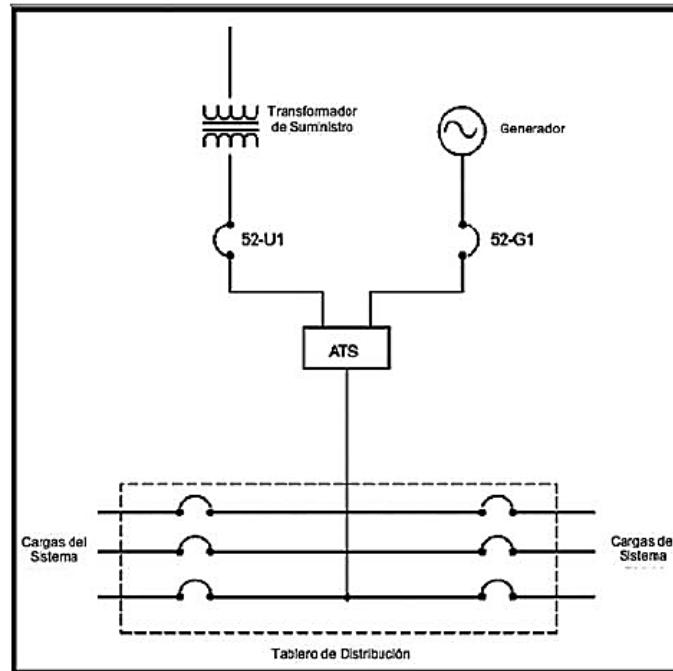


Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.7 DIMENSIONAMIENTO DE LA TRANSFERENCIA ELÉCTRICA AUTOMÁTICA

La transferencia eléctrica automática va estar limitada por la fuente de energía de respaldo para el caso de interés de este trabajo de grado es la planta eléctrica, la cual tiene una capacidad nominal de 30 kW, sobre esta capacidad se harán los cálculos de los elementos eléctricos que se requieran, con el fin de proteger el generador y las instalaciones el edificio en caso de sobrecarga. A continuación, se ilustra el diagrama de la transferencia figura [4-17].

Figura 4-17: Esquemático de conexión de transferencia eléctrica automática.



Nombre de la Fuente: Manual de Aplicación Conjuntos Generadores enfriados con Líquido CumminsPowerGeneration.

4.7.1 Conductores De Potencia De La Ats.

Para el cálculo de la capacidad de los conductores de corriente requeridos para la transferencia eléctrica se debe tener en cuenta que la limitante de corriente máxima es la de la fuente de respaldo, tomando como base lo anterior se tiene la siguiente ecuación (ver ecuación (4-1)):

Ecuación 4-1: Potencia Nominal.

$$P_{nominal} = V * I \quad (4-1)$$

Dónde:

Ecuación 4-2: Potencia nominal trifásica

$$P_{nominal} = T_{l-l} * I_l * \cos\theta * \sqrt{3} \quad (4-2)$$

$$P_{nominal} = 30kW; T_{l-l} = 220Vac; I_l \approx 100amp; \cos\theta = 0.8$$

Teniendo en cuenta que la corriente Nominal de la planta eléctrica es aproximadamente 100 Amperios y tomando un factor de seguridad de 1.17 se tiene que según la norma NTC2050 Artículo 210-22 [16] la corriente del conductor es: (ver ecuación (4-3)).

Ecuación 4-3. Corriente conductor.

$$Corriente\ Conductor = Corriente\ Maxima * 1.17 = 100 * 1.17 = 117Amp \quad (4-3)$$

Conociendo la corriente que circulara por el conductor y teniendo en cuenta que no se utilizaran cargas inductivas de motores eléctricos que puedan generar picos de corriente al arranque se selecciona el conductor calibre #2 AWG de acuerdo con la corriente encontrada con la ayuda de la siguiente figura [4-16]:

Figura 4-18: Especificaciones de cables Centelsa.

ALAMBRES Y CABLES CENTELSA THHN/THWN-2, CT 600 V, 90° C



1. Conductor			2. Espesor Aislamiento	3. Espesor Chaqueta	Resistencia DC a 20°C	Diámetro Exterior	Peso Total Aproximado	Capacidad de Corriente (*)
Calibre	No Hilos	Diámetro						
AWG		mm	mm	mm	Ohm/km	mm	kg/km	A
14	1	1,63	0,38	0,10	8,28	2,73	23,4	25
12	1	2,05	0,38	0,10	5,21	3,15	35,2	30
10	1	2,59	0,51	0,10	3,28	3,95	55,8	40
8	1	3,26	0,76	0,13	2,06	5,2	91,4	55
14	7	1,79	0,38	0,10	8,44	2,89	24,5	25
12	7	2,26	0,38	0,10	5,31	3,36	36,9	30
10	7	2,85	0,51	0,10	3,34	4,21	58,8	40
8	7	3,59	0,76	0,13	2,10	5,53	96,09	55
6	7	4,53	0,76	0,13	1,32	6,47	145,7	75
4	7	5,71	1,02	0,15	0,832	8,23	233,1	95
2	7	7,20	1,02	0,15	0,523	9,72	356,4	130
14	19	1,81	0,38	0,10	8,44	2,91	24,3	25
12	19	2,28	0,38	0,10	5,31	3,38	36,6	30

Nombre de la fuente: http://www.centelsa.com/cables_flexibles/cables-tff-y-twkw/.

4.7.2 Selección De Conmutador De Potencia:

Para la selección de conmutador se debe tomar como base la corriente máxima que este debe soportar y el tipo de carga, como la carga es resistiva e inductiva nos apoyaremos en la norma IEC158 para seleccionar la categoría de servicio AC3 la cual se emplea en situaciones de servicio que superan de 5 a 7 veces la corriente nominal y donde el factor de potencia es igual o mayor 0.35 la figura[4-19] muestra un manual de contactores de la marca Chint.

Figura 4-19: Especificaciones de contactores Chint.

Frame size	40A	50A	65A	80A	100A							
3-pole contactors												
Auxiliary contacts 1NO+1NC	NC8-40	NC8-50	NC8-65	NC8-80	NC8-100							
Ratings/IEC/EN 60974-4-1	kW		A		kW		A		kW		A	
AC-1		60		80		80		125		125		
	220V/230V/240V	11	40	15	50	18.5	65	22	80	25	100	
	380V/400V	18.5	40	22	50	30	65	37	80	45	100	
AC-3	415V	22	40	25	50	37	65	45	80	45	100	
	660V/690V	30	34	33	39	37	42	45	49	45	49	

Nombre de la Fuente: B04. Catalogo técnico - Contactores, relés y arrancadores.pdf.

El Contactor que cumple con nuestras necesidades es el NC8-100, este contactor soporta 100 Amperios en AC-3 esto cumple con lo requerido para el correcto funcionamiento de la ATS.

4.7.3 Cálculo De Conductores Para Control:

Los cables de control soportan bajas corrientes ya que solo conducen corrientes para accionar bobinas, indicadores (bombillas de bajo consumo), entre otros dispositivos de control, este consumo normalmente no supera los 4 amperios ya que durante el funcionamiento hay una bobina y dos bombillas encendidas las cuales tienen los siguientes consumos:

- Bombillos =20 vatios
- Bobina de contactor durante cierre 200 vatios
- Bobina de contactor durante retención 20 vatios

Para estos dispositivos de control la corriente de consumo es: (ver ecuación (4-4)):

Ecuación 4-4. Consumo Máximo.

$$\text{Consumo Maximo} = \text{Bombillos} + \text{Bobina} \quad (4-4)$$

$$\text{Consumo Maximo} = 2 * 20 + 200 = 240 \text{ vatios}$$

Para hallar la corriente (ver ecuación (4-5)):

Ecuación 4-5. Corriente de consumo.

$$I = \left(\frac{P}{V} \right) = \left(\frac{240}{120} \right) = 2 \text{ Amp} \quad (4-5)$$

Con el consumido se puede dar un factor de seguridad para el cable de 1.25 lo cual nos indica (ver ecuación (4-6)):

Ecuación 4-6. Capacidad de Corriente del Conductor

$$\text{capacidad de corriente conductor} = 1.25 * 2\text{Amp} = 2.5\text{Amp} \quad (4-6)$$

La siguiente figura [4-20] nos indica que se puede utilizar un cable calibre 18 AWG el cual soporta una corriente de 7 amperios.

Figura 4-20: Calibre del Cable para el Control.

Código SAP	Descripción	Ficha Técnica Detallada	Hilos del Conductor de Cobre	Espesor de Aislamiento en PVC	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Diámetro Total Aprox.	Peso Total Aprox.	Capacidad de corriente (*)
			No.	mm	ohm/km	mm	kg/km	A
208624	C TWK Cu 60°C 10 AWG (J) 600V	Descargar	65	0,76	3,34	4,7	62	30
208623	C TWK Cu 60°C 12 AWG (J) 600V	Descargar	41	0,76	5,32	4,1	42	25
208622	C TWK Cu 60°C 14 AWG (J) 600V	Descargar	26	0,76	8,44	3,6	29	20
208621	C TFF Cu 60°C 16AWG (J) 600V	Descargar	16	0,76	13,45	3,1	20	10
208620	C TFF Cu 60°C 18AWG (J) 600V	Descargar	10	0,76	21,42	2,8	15	7

Nombre de la fuente: centelsa extraido http://www.centelsa.com/cables_flexibles/cables-tff-y-twk/.

4.7.4 Selección De Protección De Sobre Corriente.

En la selección de la protección de sobrecorriente se debe tener en cuenta la capacidad del cable y las protecciones comerciales en este caso se tiene que para proteger el cable con una mini breaker inferior a 7 amp y superior a 2 amp que es el consumo del tablero, se encontró que el valor comercial según la figura [4-21] para este tipo de protecciones más cercano es de 3 amperios, este valor es 1.5 veces mayor al consumo promedio del tablero y es un valor aceptable para la protección por sobrecorriente.

Figura 4-21: Especificaciones de Mini Breaker

Interruptores automáticos C60N
curvas B, C y D

6000 A - IEC 60898 - 10kA - IEC 60947.2

1 polo

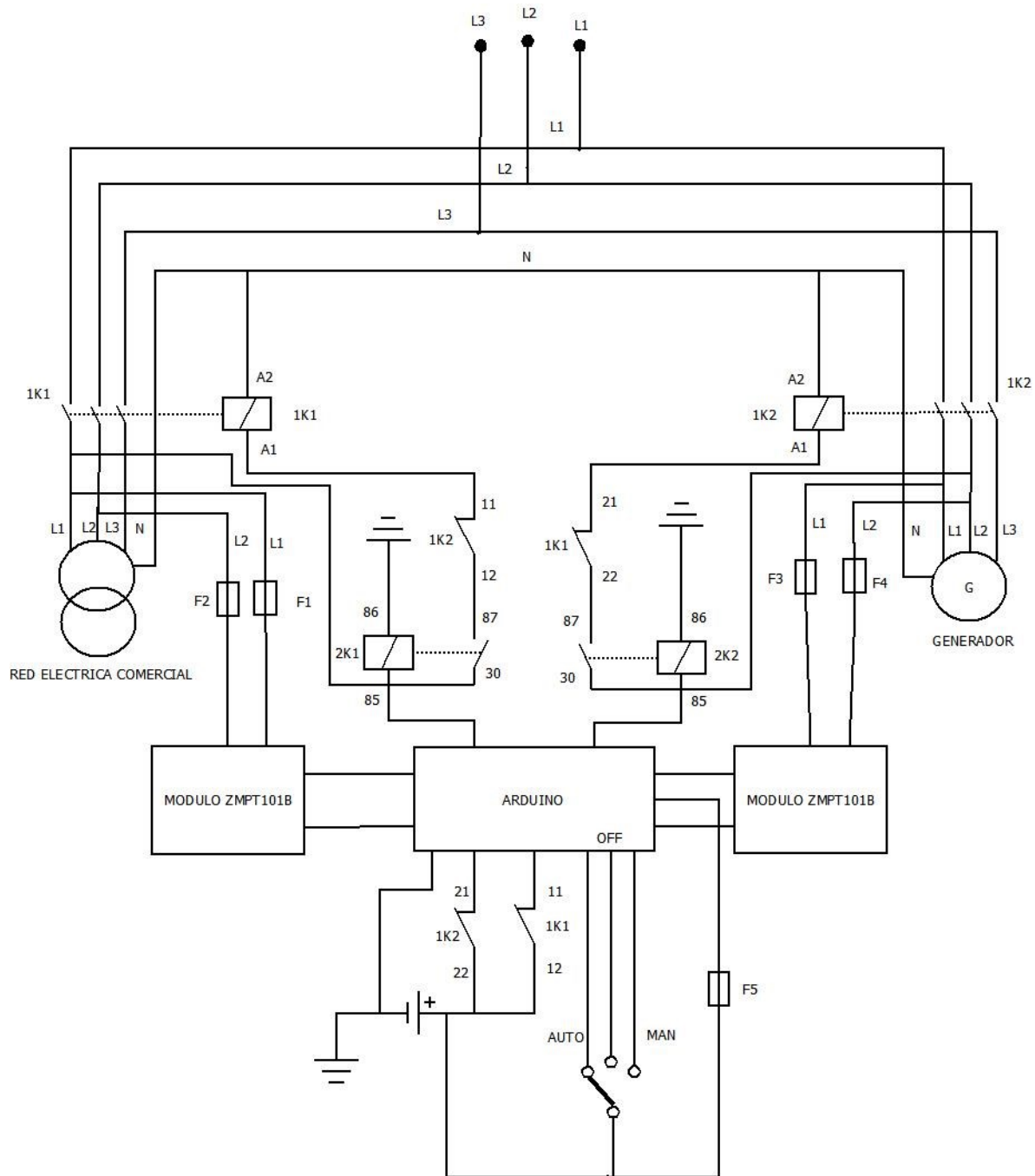
1 polo protegido
Ancho de paso en 9mm: 2

In (A)	Referencias		
	curva B	curva C	curva D
0,5		24067	
1	24045	24395	24625
2	24046	24396	24626
3	24047	24397	24627
4	24048	24398	24628
6	24049	24399	24629
10	24050	24401	24630
16	24051	24403	24632
20	24052	24404	24633
25	24053	24405	24634
32	24054	24406	24635
40	24055	24407	24636
50	24056	24408	24637
63	24057	24409	24638

Nombre de la Fuente: Manual y Catálogo del Electricista Schneider Electric

Una vez establecidos las capacidades de las protecciones y el dimensionamiento de los cables a utilizar se muestra en la siguiente figura [4-22] el diagrama de conexión de la transferencia eléctrica.

Figura 4-22: Esquema de conexión Transferencia eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.8 DESARROLLO DEL MONITOREO REMOTO.

Como base de desarrollo del sistema de monitoreo remoto vía web de las variables de corriente, voltaje, frecuencia y las opciones de encendido y apagado del encendido de la planta eléctrica se opta por un sistema basado en el internet de las cosas (IoT), un almacenamiento de las variable en una base de datos en Mysql que se conectara a una interfaz web mediante la utilización de código Php para visualizar las consultas de voltaje, amperaje y frecuencia, junto con la utilización de sistemas de bajo costo y software libre como son las placas microcontroladas de Arduino y sus módulos existentes en el mercado.

Se escoge enviar los resultados de las lecturas de voltaje, corriente y temperatura a una base de datos debido a que se puede brindar la opción de mostrar un historial de los datos leídos por los sensores y de igual forma ver lecturas en tiempo real.

En esta sección se mostrará una breve descripción de los elementos utilizados y las pruebas realizadas de forma individual a los elementos que componen el sistema de monitoreo.

4.9 MODULO SIM 900 GSM/GPRS.

Este módulo será el encargado de la comunicación del sistema de monitoreo remoto y cuenta como procesador central el chip Sim900 de la empresa fabricante SimCom. El módulo cuenta con características especiales que permiten enviar voz, mensajes de texto y datos a una red GSM/GPRS prácticamente las opciones básicas de un teléfono móvil; además cuenta con un conjunto de instrucciones denominados AT que nos permitirá hacer uso y configuración del módulo.

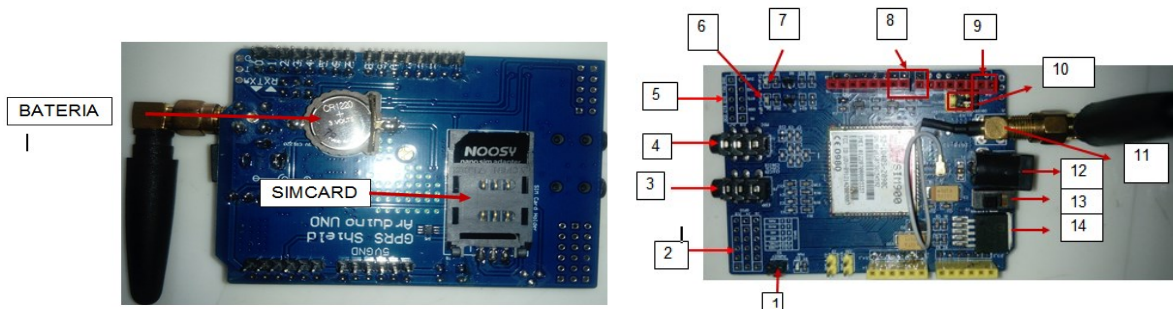
4.9.1 Características Del Módulo Sim900 Gsm/Gprs.

Módulo compatible totalmente con Arduino sus pines se incrustan directamente sobre la placa del Arduino Uno R3 sin ningún problema. Posee las siguientes características [17].

- Módulo cuatribanda GSM de 850 / 900 / 1800 / 1900 Mhz.
- GPRS multi slot clase 10/8 estación móvil clase B.
- Potencia de transmisión 2W @ 850 / 900 Mhz.
- Control mediante comandos AT.
- Bajo consumo de corriente: 15 mA en modo sleep.
- Temperatura de operación -40 °C a 85 °C.
- Comandos AT para operaciones con sockets TCP/IP.
- Incluye protocolos de capa de aplicación implementados mediante comandos AT.
- Admite RTC (Reloj de Tiempo Real), en la parte trasera tiene slot para batería CR1220 y ranura para simcard.

A continuación, se ilustra en la figura [4-23] los slots de Simcard y batería junto con los pines del módulo.

Figura 4-23: Modulo SIM 900.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.9.2 Descripción De Pines.

1. Botón de encendido.
2. GPIO, PWM y ADC.
3. Salida para audio.
4. Entrada para micrófono.

5. UART.
6. Led de Estado.
7. Led de Net.
8. Software Serial.
9. Hardware Serial.
10. Selector de Puerto Serial.
11. Puerto de Antena GSM.
12. Jack DC.
13. Selector de Encendido (Software o Hardware).
14. Regulador de Voltaje.

4.9.3 Comandos At.

Son comandos que nos permiten comunicarnos con el chip sim900 y se obtendrá una respuesta para cada comando. A continuación, se muestra los comandos principales para el sim900.

- AT. Sirve para verificar si el módulo Sim900 está funcionando adecuadamente, con este código se entra en modo comando el chip deberá contestar OK.
- AT+CGMI. Devuelve el nombre del fabricante del Chip.
- ATI. Muestra la información del producto.
- AT+IPR=? Muestra el Baud Rate en el que puede operar la Sim.
- AT+IPR=XXXX. Sirve para configurar la frecuencia deseada.
- AT+COPS. Devuelve el nombre del operador móvil.
- AT+CGSN. Visualiza el IMEI del chip utilizado.
- AT+CMGS=04455XXXXXXXXX. Envía un mensaje de texto SMS se muestra el símbolo > a continuación se escribe el mensaje y al finalizar presiona CTRL+Z retornara OK si el mensaje fue enviado correctamente.
- AT+CMGL=ALL. Sirve para visualizar todos los SMS que ha recibido la SIM.
- ATD04455XXXXXXXXX. Sirve para hacer una llamada a cualquier teléfono móvil.
- ATA. Contesta una llamada.
- ATH. Cuelga una llamada.

4.9.4 Prueba Del Módulo Sim900.

En la realización de las pruebas del módulo se enviará un mensaje de texto para verificar la conexión serial entre el módulo y el Arduino. Se utiliza una fuente externa de 9v

3000mA, debido a que el consumo del sim900 está alrededor de los 2A y no se recomienda usar la alimentación externa del Arduino. Se realiza con una Simcard del operador claro de mi propiedad y se harán algunas configuraciones necesarias en el hardware del módulo para lograr comunicarlo con el Arduino. Estos pasos se ilustran a continuación en la figura [4-24] y [4-25].

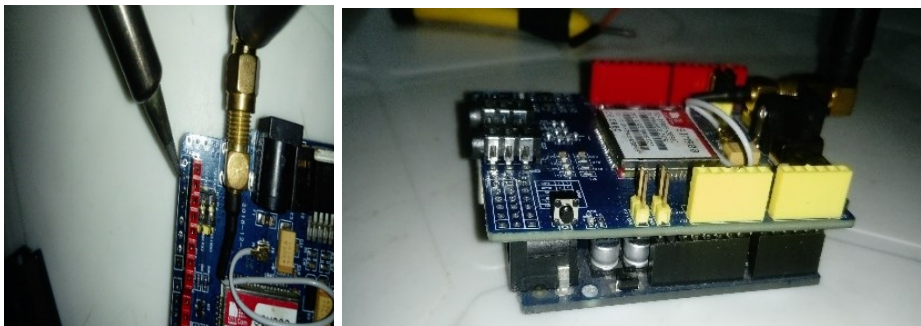
Figura 4-24: Cargador y SimCard.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

El módulo Sim900 tiene la opción de ensamblarse directamente sobre el Arduino, para ello se hace necesario soldar espadines para poder insertar los pines y lograr el acople.

Figura 4-25: Ensamble Modulo Sim900 con Arduino uno.

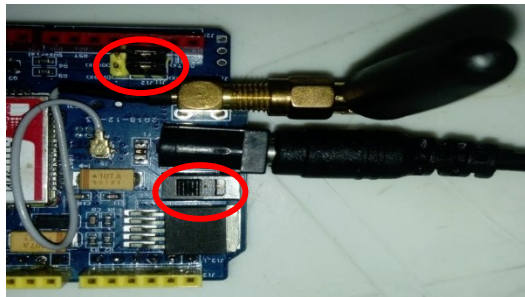


Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Configuración del Sim900 para alimentación externa y comunicación serial por pines 7 y 8 del Arduino. Para alimentar al módulo con una fuente de voltaje externa se debe dejar

el swicht en la posición hacia dentro de la tarjeta, también se debe modificar los jumpers D7 y D8 para que el Arduino configurado pueda establecer una comunicación serial con el módulo. Estas configuraciones se muestran en la siguiente figura [4-26].

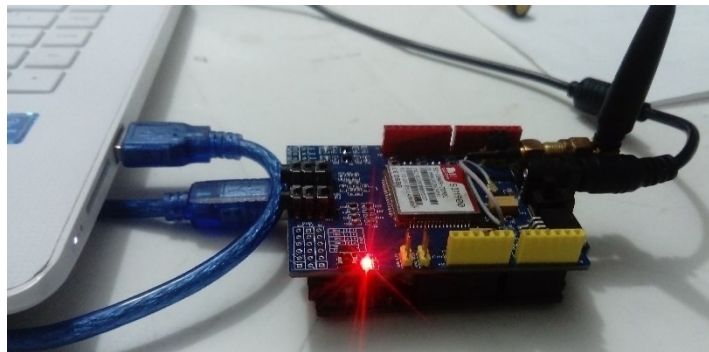
Figura 4-26: Configuración de Alimentación externa y comunicación serial.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

El programa se pasa del pc al Arduino por medio de un cable usb-tipo B. conectado entre el Arduino y el pc donde se encuentra el programa o sketch, como se muestra a continuación figura [4-27].

Figura 4-27: Conexión al Pc del Arduino y módulo Sim900.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Para la realizar la prueba del ingreso en la red móvil y envío de mensaje de texto a un móvil se utilizó el siguiente programa extraído de la página de Rogerbit [18] Donde se incluye la librería SoftwareSerial.h.

```

#include <SoftwareSerial.h>;
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // Configura el puerto serial para el SIM GSM

char incoming_char=0; //Variable que guarda los caracteres que envia el SIM GSM
int salir = 0;
void setup()
{
  digitalWrite(9, HIGH);
  delay (1000);
  digitalWrite (9, LOW);
  delay (5000);
  SIM900.begin(19200); //Configura velocidad serial para el SIM
  delay(25000); //Retardo para que encuentra a una RED
  Serial.begin(19200); //Configura velocidad serial para el Arduino
  Serial.println("OK"); //Mensaje OK en el arduino, para saber que todo va bien.
  void llamar()
  // Función que permite llamar a un celular local
  {
    SIM900.println("ATD 3152915083;"); //Celular
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(30000); // wait for 30 seconds...
    SIM900.println("ATH"); // Cuelga el telefono
    delay(1000);
  }
  void mensaje_sms()
  //Funcion para mandar mensaje de texto
  {

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // AT command to send SMS message
    delay(100);
    SIM900.println("AT+CMGS=\"3152915083\""); // recipient's mobile number, in international format
    delay(100);
    SIM900.println("Hola"); // message to send
    delay(100);
    SIM900.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26 //Comando de finalizacion
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000); // Tiempo para que se envíe el mensaje
    Serial.println("SMS sent successfully");
  }

  void espera_mensaje()
  {
    salir = 1;
    while(salir==1)

    {
      if(SIM900.available(>0)
      {
        incoming_char=SIM900.read(); //Get the character from the cellular serial port.
        Serial.print(incoming_char); //Print the incoming character to the terminal.
        salir = 0;
      }
    }
  }
  void modo_recibe_mensaje()
  {
    //Configura el modo texto para enviar o recibir mensajes
    SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // set SMS mode to text
    delay(100);
    SIM900.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");

    // blurt out contents of new SMS upon receipt to the GSM shield's serial out
    delay(1000);
  }
  void loop()
  {

```

```
llamar(); //Llama
mensaje_sms(); //Envia mensaje
modo_recibe_mensaje();
for(;;)
{
if(SIM900.available(>0)
{

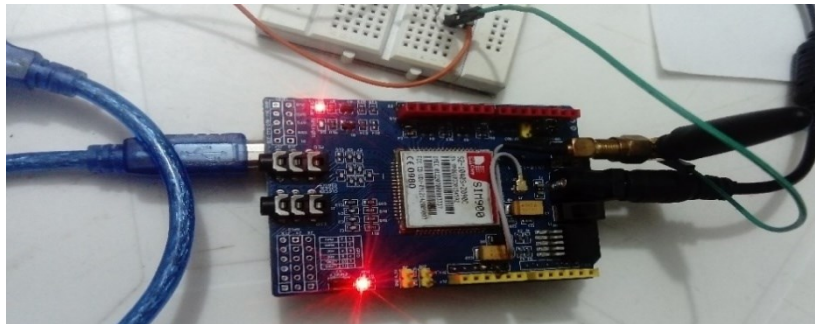
incoming_char=SIM900.read(); //Get the character from the cellular serial port.
Serial.print(incoming_char); //Print the incoming character to the terminal.
}
if(Serial.available(>0)
{
if(Serial.read() == 'A') break;
}
}
Serial.println("OK-2");

delay(100);
SIM900.println();
delay(30000);
while(1); // Espérate por tiempo indefinido

}
```

El módulo sim900 hace la confirmación de enganche a la red GSM por medio de un led denominado Led Net el cual tiene intermitencia durante 3 segundos. Esto se ilustra en la siguiente figura [4-28].

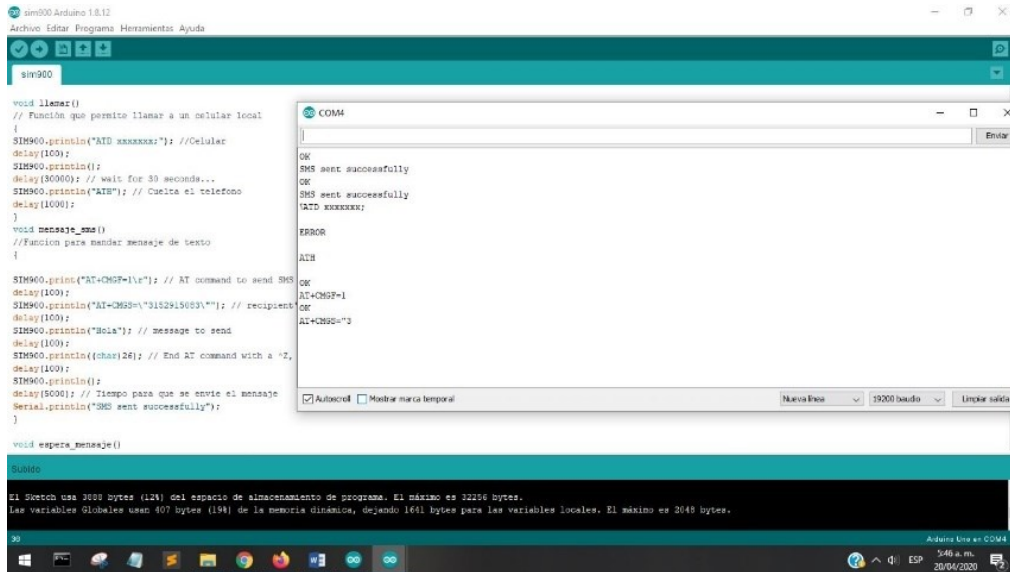
Figura 4-28: Led Net Conexión con el operador.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Por medio del IDE de Arduino instalado en el pc podemos confirmar el envío del mensaje de texto a través del puerto serial Com4 como se muestra en la siguiente figura [4-29].

Figura 4-29: Confirmación del MSM enviado por medio del Com4.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se ilustra en la figura [4-30] el pantallazo del móvil de donde se recibió el mensaje de texto confirmando el éxito del envío.

Figura 4-30: Pantallazo del MSM Recibido.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.10 SENSOR DE VOLTAJE.

Una variable a medir en el proyecto es el voltaje en corriente alterna, en esta etapa se harán pruebas del módulo sensor ZMPT101B compatible con Arduino, teniendo en cuenta que se requerirá realizar mediciones tanto en el voltaje de salida de la planta eléctrica como en las líneas eléctricas que suministra el operador de la red eléctrica comercial, estas señales serán censados por el módulo ZMPT101B, procesadas por el Arduino y enviadas a una base de datos hospedada en un servidor por medio del módulo Sim900.

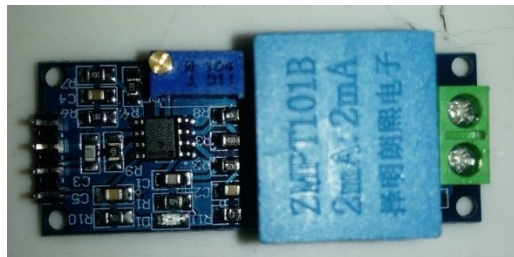
4.10.1 Modulo Zmpt101b.

Este módulo nos aporta un aislamiento galvánico por medio de un transformado reductor que proporcionara valores de salida seguros (0 a 5 voltios) para ser manejado por el puerto A1 correspondiente al convertidor análogo digital del Arduino. El lado primario del transformador se conecta a la fuente que se desea medir en este caso se utiliza una toma eléctrica de 110VAC simulando la salida de la planta eléctrica; en el secundario del transformador se encuentran un divisor de tensión con potenciómetro y un amplificador operacional LM358 para el tratamiento del offset.

Según las especificaciones del módulo: Soporta voltajes de entrada de hasta 250VAC y entrega una onda senoidal de amplitud regulable por un potenciómetro en placa. La onda senoidal de salida está desplazada positivamente para que la onda no tenga voltajes negativos y así poder leer la onda completamente con el ADC. El desplazamiento depende del voltaje con el que alimentemos el módulo: si el voltaje de alimentación es de 5V el desplazamiento será de 2.5V y si alimentamos el módulo con 3.3V el desplazamiento será de 1.65V. El circuito de acondicionamiento de señal permite que el voltaje de salida del módulo pueda ser leído por cualquier microcontrolador con entrada analógica (ADC), de esta forma es posible leer el voltaje instantáneo y realizar cálculos de energía, como: voltaje pico a pico (V_{pp}) y voltaje eficaz (V_{rms}) [19].

A continuación, figura [4-31] se muestran el módulo.

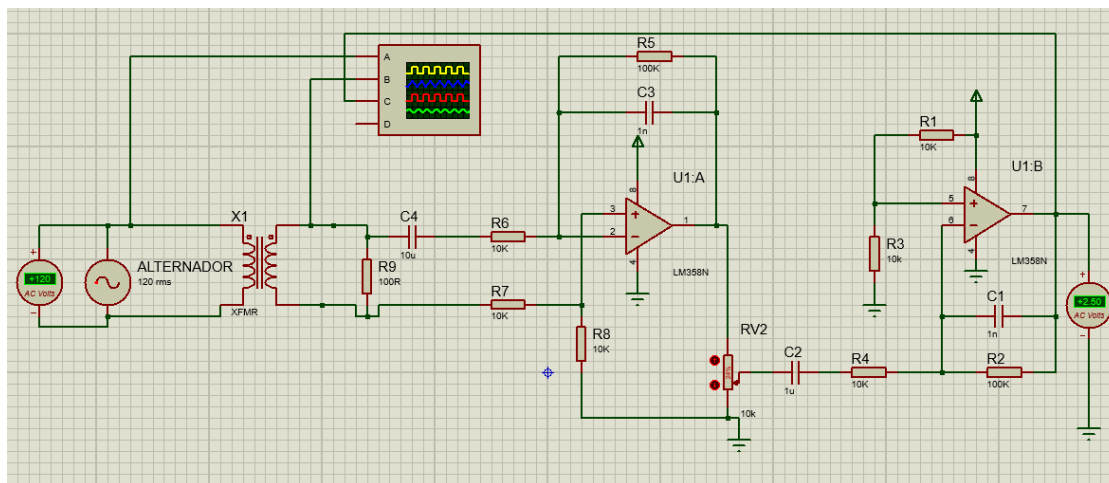
Figura 4-31: Módulo ZMPT101B.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

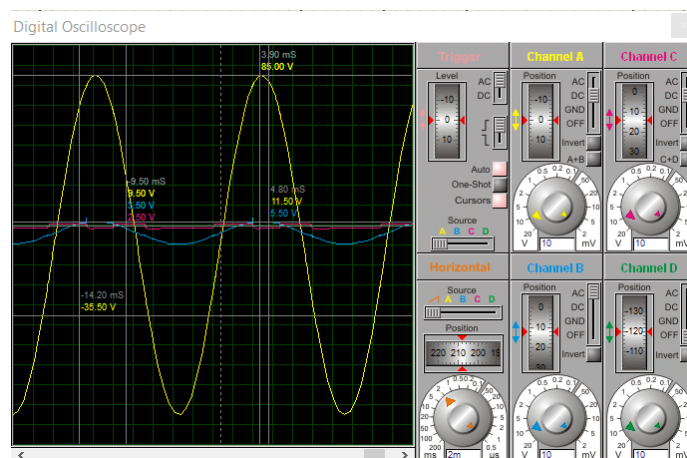
En la figura (4-32) se muestra la simulación del sensor de voltaje y en la figura (4-31) se muestra la señal de salida se observa la salida del offset en 2.5 voltios.

Figura 4-32: Diagrama electrónico del módulo ZMPT101B.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-33: Resultado en Osciloscopio.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.10.2 Características Del Zmpt101b.

- Voltaje de alimentación: 3.3V - 5VDC
- Voltaje alterno de entrada: 250VAC máx.
- Voltaje alterno de salida: Onda senoidal 5VAC máx.
- Señal de salida: analógica senoidal
- Dimensiones: 5 cm x 2 cm x 2.4 cm
- Propiedades del transformador:
- Corriente nominal de entrada y salida: 2mA
- Ratio entrada-salida 1000:1000
- Diferencia de fase: <math><30^\circ</math> (a 50ohm)
- Rango lineal: 0-3mA (a 50ohm)
- Linealidad: 1%
- Precisión: 0.2%
- Aislamiento eléctrico entrada: hasta 3000V.

4.10.3 Prueba Del Módulo Zmpt101b.

En la realización de la prueba se establece la medición de voltaje de 110 VAC proveniente de la toma de pared, simulando las lecturas de la salida de la planta eléctrica y la red comercial. A continuación, se describirán los pasos realizados con sus respectivas ilustraciones.

- Sketch de programación.

```
#include <Filters.h>
float testFrequency = 60;           // Frecuencia (Hz)
float windowLength = 40.0/testFrequency; // promedio de la señal
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
int Sensor = 2; //puerto analogo 2

float intercept = -0.04; // to be adjusted based on calibration testing
float slope = 0.0405; // to be adjusted based on calibration testing
float volts; // Voltage

unsigned long periodo = 1000;
unsigned long tiempoAnterior = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
```

```

lcd.backlight();
delay(5000);
}

void loop() {

RunningStatistics inputStats;
inputStats.setWindowSecs(windowLength);

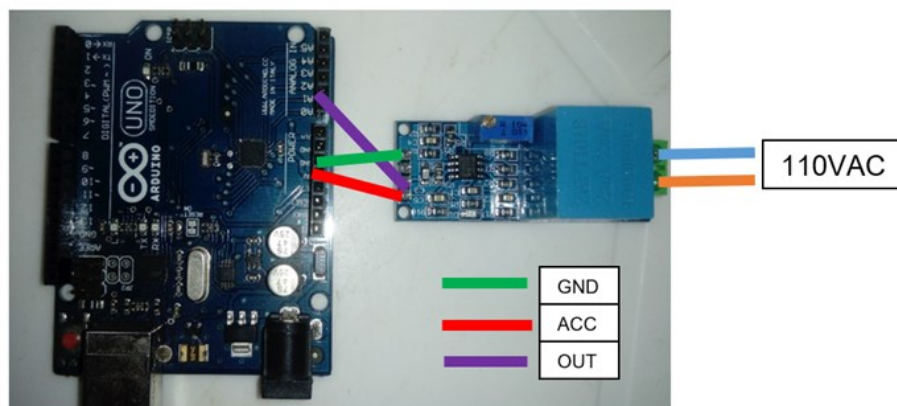
while(true) {
  Sensor = analogRead(A2); //Leer pin Analógico
  inputStats.input(Sensor);
  if(((unsigned long)(millis() - tiempoAnterior) >= periodo) {
    volts = intercept + slope * inputStats.sigma(); //offset y amplitud
    volts = volts*(40.3231); //calibración
    Serial.print("\tVoltage: ");
    Serial.println(volts);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Voltaje RMS:");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(volts);
    tiempoAnterior = millis();
  }
}
}
}

```

4.10.4 Conexión Zmpt101b Con Arduino.

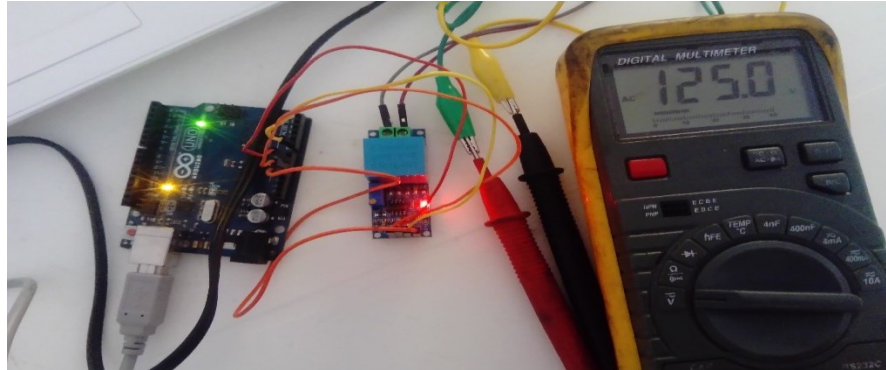
La conexión del Arduino y el módulo es relativamente sencillo el módulo será alimentado directamente por el Arduino a través de los pines 5v y GND a los pines acc y gnd respectivamente del módulo la señal de salida del módulo es el pin acc y este se conectará a la entrada analógica del Arduino pin A1. Esta conexión se muestra a continuación en la Figura [4-34].

Figura 4-34: Conexión entre ZMPT101B y Arduino.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

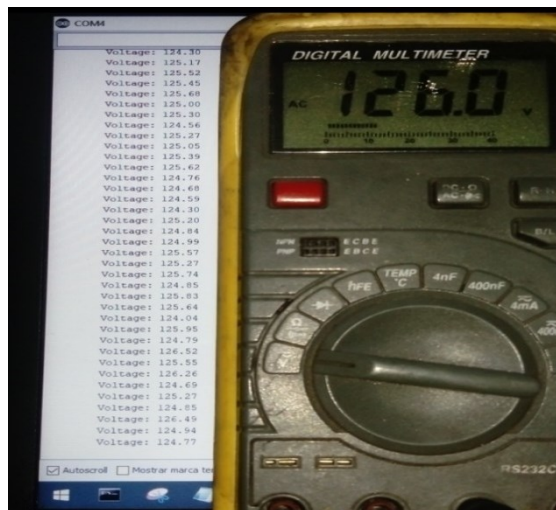
En la siguiente figura [4-35] se muestra la conexión y el voltaje medido en multímetro.

Figura 4-35: Circuito de Prueba.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.10.5 Resultado De La Medición En Monitor Serial.

En la gráfica se muestra los resultados más precisos obtenidos con el módulo y la calibración realizada en el potenciómetro del módulo. Se realizaron ajustes al sketch teniendo en cuenta que el voltaje arrojado era el voltaje pico-pico y el requerido es el voltaje RMS en la siguiente figura [4-36] se contrastan los resultados.

Figura 4-36: Medición con Arduino Vs Multímetro.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.11 SENSOR DE CORRIENTE.

La medición del amperaje en el proyecto se realizará con un sensor no invasivo tipo pinza. Este permitirá censar la corriente sin necesidad de hacer cortes o empalmes al cableado, una ventaja que proporciona el sensor SCT013 que se acoplará por medio de un circuito acondicionador de señal que le permitirá al Arduino leer la señal que envía este sensor. A continuación, se describe las características, la forma como se conectará, el circuito de acoplamiento y las pruebas que se realizaron al momento de la medición.

4.11.1 Sensor No Invasivo Sct013.

Como se mencionó anteriormente se prefiere el sensor SCT013 por practicidad en su utilización y bajo costo. El modelo de sensor a utilizar se determina por la capacidad de corriente que brinda la planta eléctrica de aproximadamente 100A, para este caso se selecciona el modelo SCT013-000 que permite un rango de medida de 50mA a 100 A; además de que debido a su principio de funcionamiento garantiza un aislamiento galvánico de protección al Arduino. En la siguiente figura [4-37] se muestra el sensor utilizado.

Figura 4-37: Sensor de corriente SCT013.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra la Figura [4-38] de parámetros técnicos de los diferentes modelos de sensores SCT013 brindada en la hoja de especificaciones de la empresa fabricante. (Ver anexo).

Figura 4-38: Tabla modelos SCT013.

Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output type	0-50mA	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-000V
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	0-100A
Output type	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V

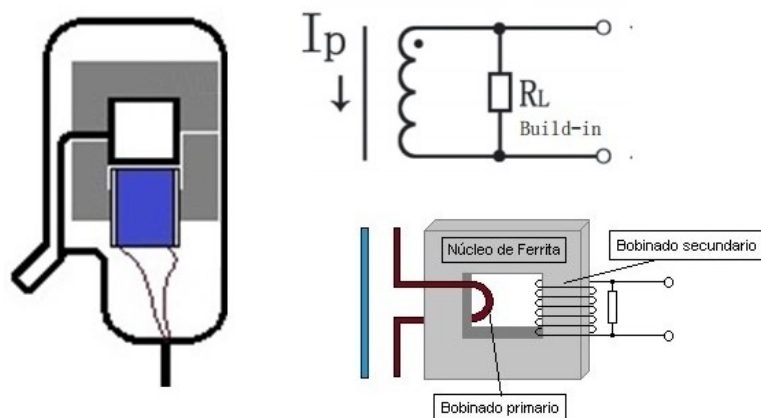
※ Output type: voltage output type built-in sampling resistor, current output type built-in protective diode.

Nombre de la Fuente: electrónicas caldas extraído de

http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/SCT-013-Series_YHDC.pdf

El principio de funcionamiento del SCT013 está basado en los transformadores de corriente denominados CT. Como se trata de un transformador se tiene un devanado primario y un devanado secundario que generará un campo magnético en una de las bobinas e inducirá una corriente en la bobina secundaria cumpliendo las leyes de electromagnetismo e inducción electromagnética que rigen a estas máquinas eléctricas.

Para el caso del modelo SCT013-000 según la tabla, este suministra una corriente de secundario entre 0 a 50 mA con esto se garantiza la protección del Arduino. Para poder leer esta señal se debe calcular una resistencia de carga y de esta forma obtener un voltaje en la entrada análoga del Arduino para que pueda ser leída por el conversor análogo digital. Como se observa en la siguiente figura [4-39].

Figura 4-39: Diagrama Sensor de corriente SCT013.

Nombre de la Fuente: https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html

El devanado primario del sensor está formado por una única espira que corresponde al cable que se está censando y el devanado secundario se obtiene de la ecuación de relación de transformación (ver ecuación (4-7)).

Ecuación 4-7. Relación de Transformación.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} \quad (4-7)$$

Donde:

N_p = Numero de espiras en el devanado primario. (espiras)

N_s = Numero de espiras en el devanado secundario. (espiras)

I_s = Corriente que circula en el devanado secundario. (Amperios)

I_p = Corriente que circula en el devanado primario. (Amperios)

V_p = Voltaje en el devanado primario. (Voltios)

V_s = Voltaje en el devanado Secundario. (Voltios)

Resolviendo para N_s en la Ecuación 4-7. Teniendo en cuenta que:

$I_s = 0.050$ A cuando la corriente en el primario $I_p = 100$ A. y que $N_p = 1$ espira

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\frac{1}{N_s} = \frac{0.050 \text{ A}}{100 \text{ A}}$$

$$N_s = 2000 \text{ espiras}$$

Para el calculo de la resistencia de carga o resistencia burden se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones [20].

- La corriente maxima que se puede sensar es de 100 A RMS.
- Tener en cuenta el voltaje de referencia analogico del arduino es $A_{ref}/2$.

La corriente pico en el devanado primario se calcula (ver ecuación (4-8)):

Ecuación 4-8. Corriente Pico Primario.

$$I_{pp} = I_{rms} \times \sqrt{2} \quad (4-8)$$

Donde:

I_{pp} = Corriente Pico en el Primario. (Amperios)

I_{rms} = Corriente eficaz maxima. (Amperios)

Reemplazando tenemos:

$$I_{pp} = 100 A (1.4142)$$

$$I_{pp} = 141.42 A$$

La corriente pico en el devanado secundario se calcula apartir de la ecuacion 4-7.

Teniendo en cuenta la corriente pico (I_{pp}).

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\frac{1}{2000} = \frac{I_s}{141.42 A}$$

Resolviendo para I_s se tiene

$$I_s = 0.07071 A$$

Calculo de la resistencia de carga teniendo en cuenta el voltaje pico de referencia que para el caso del arduino trabajando con tecnología TTL con 5 voltios.

$$A_{ref} = \frac{5V}{2}$$

$$A_{ref} = 2.5V$$

Aplicando la Ley de Ohm se obtiene el valor de la resistencia de carga. (ver ecuación (4-9)).

Ecuación 4-9: Resistencia de Carga

$$R_{carga} = \frac{A_{ref}}{I_s} \quad (4-9)$$

$$R_{carga} = \frac{2.5 V}{0.07071 A}$$

$$R_{carga} = 35.35 \Omega$$

La resistencia R_{carga} calculada se tiene que estandarizar a las resistencias comerciales según la siguiente figura [4-38].

Figura 4-40: Resistencias Comerciales.

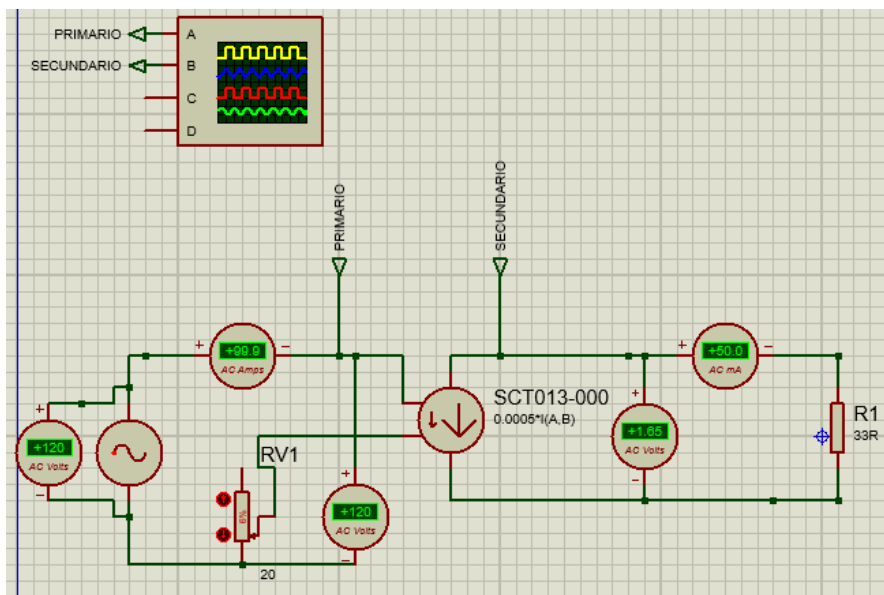
x 1	x 10	x 100	x 1.000 (K)	x 10.000 (10K)	x 100.000 (100K)	x 1.000.000 (M)
1 Ω	10 Ω	100 Ω	1 K Ω	10 K Ω	100 K Ω	1 M Ω
1,2 Ω	12 Ω	120 Ω	1K2 Ω	12 K Ω	120 K Ω	1M2 Ω
1,5 Ω	15 Ω	150 Ω	1K5 Ω	15 K Ω	150 K Ω	1M5 Ω
1,8 Ω	18 Ω	180 Ω	1K8 Ω	18 K Ω	180 K Ω	1M8 Ω
2,2 Ω	22 Ω	220 Ω	2K2 Ω	22 K Ω	220 K Ω	2M2 Ω
2,7 Ω	27 Ω	270 Ω	2K7 Ω	27 K Ω	270 K Ω	2M7 Ω
3,3 Ω	33 Ω	330 Ω	3K3 Ω	33 K Ω	330 K Ω	3M3 Ω
3,9 Ω	39 Ω	390 Ω	3K9 Ω	39 K Ω	390 K Ω	3M9 Ω
4,7 Ω	47 Ω	470 Ω	4K7 Ω	47 K Ω	470 K Ω	4M7 Ω
5,1 Ω	51 Ω	510 Ω	5K1 Ω	51 K Ω	510 K Ω	5M1 Ω
5,6 Ω	56 Ω	560 Ω	5K6 Ω	56 K Ω	560 K Ω	5M6 Ω
6,8 Ω	68 Ω	680 Ω	6K8 Ω	68 K Ω	680 K Ω	6M8 Ω
8,2 Ω	82 Ω	820 Ω	8K2 Ω	82 K Ω	820 K Ω	8M2 Ω
						10M Ω

Nombre de la Fuente: <https://www.electrontools.com/Home/WP/valores-comerciales-de-resistencias/>

4.12 Simulación SCT013-000 en Proteus.

En la siguiente figura [4-41] se muestra simulación realizada con Isis de Proteus y la resistencia de carga. Para simular el sensor de corriente se utiliza una fuente de corriente controlada por corriente y un potenciómetro de 20 ohmios para simular la carga se establece una función de transferencia de la fuente de corriente, esta función es la relación de corriente (0.050/100 A).

Figura 4-41: Simulación del SCT013-000 con resistencia de carga.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la imagen la corriente que circula por el primario es de 99.9A (RMS) que es la corriente maxima que sensa el SCT013-000 y en el secundario la corriente correspondiente de 50mA (RMS) cumpliendo con la relacion de transformacion (0.0005) con un voltaje ac de 1.65V (RMS). El voltaje en el primario se obtiene (Ver ecuación (4-10)).

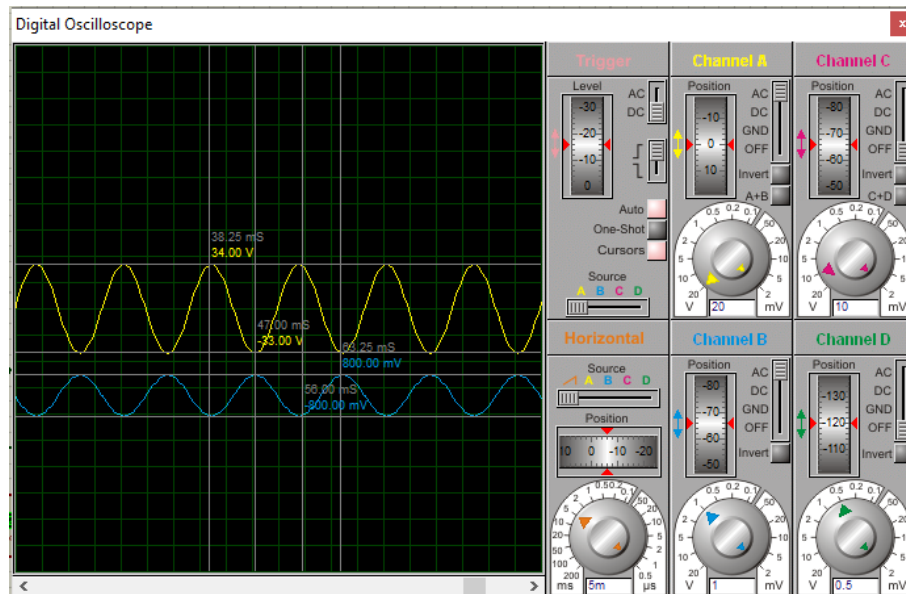
Ecuación 4-10: Voltaje pico.

$$V_p = 1,65 \text{ v} (\sqrt{2}) = 2.326 \text{ Vac} \quad (4-10)$$

Este valor de voltaje pico de 2.326Vac en realidad debería ser de 2.5Vac calculados anteriormente en la ecuación 3. Esto es debido a la resistencia comercial de 33 Ohmios.

En la siguiente figura [4-42] se pueden ver las señales de salida denominadas PRIMARIO y SECUNDARIO. Estas dos señales tienen componentes negativos y positivos propios de una onda de corriente alterna. La señal del SECUNDARIO se debe adecuar para que sus componentes pasen de ser alternos a un voltaje dc para que el conversor analógico digital del arduino lo pueda interpretar.

Figura 4-42: Señal de entrada Vs Señal de salida SCT013-000.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Para adecuar las señales se le debe sumar 2.5 V a la señal y cancelar el voltaje que se encuentra en la parte negativa de la señal; esto se hace por medio de un divisor de voltaje, un condensador y la fuente de 5V del Arduino.

Cálculo del divisor de tensión.

Conociendo:

$$V_s = 2.5 \text{ v} \quad (\text{voltaje de salida, deseado})$$

$$V_e = 5 \text{ v} \quad (\text{Voltaje de la fuente del Arduino})$$

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega \quad (\text{Resistencia Establecida})$$

Según la fórmula del divisor de tensión (ver ecuación (4-11)).

Ecuación 4-11: Divisor de Tensión.

$$V_s = \frac{V_e R_2}{R_1 + R_2} \quad (4-11)$$

Resolviendo para R1

$$R_1 = \frac{V_e(R_2)}{V_s} - R_2$$

$$R_1 = \frac{5V(10K)}{2.5v} - 10k\Omega$$

$$R_1 = 10 \text{ K}\Omega$$

El circuito hecho en Isis se observa en la siguiente figura [4-43].

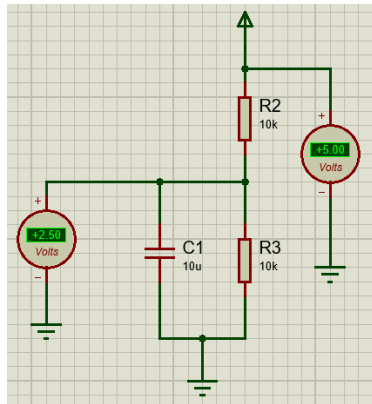
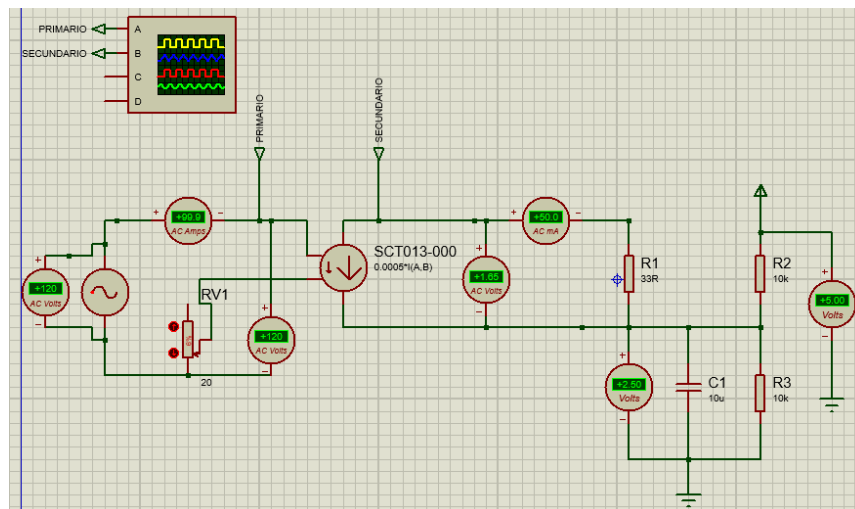


Figura 4-43: Divisor de Voltaje.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

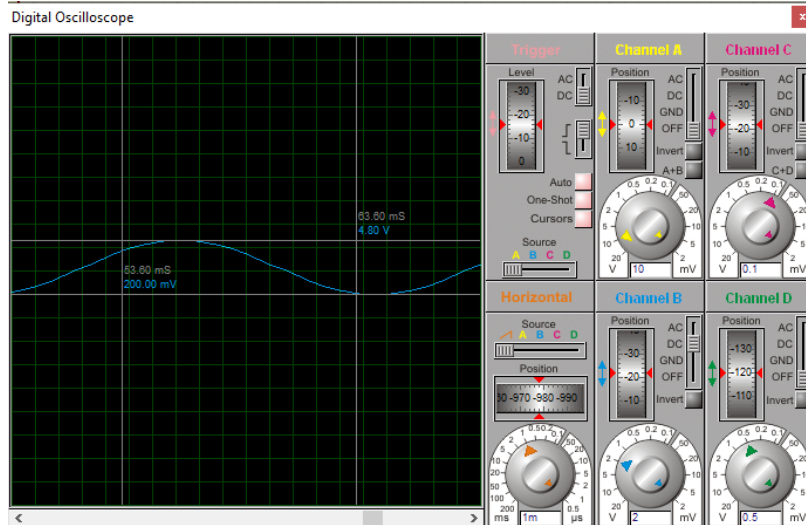
En la siguiente figura[4-44] se puede observar el circuito completo con el divisor de voltaje.

Figura 4-44: Circuito simulación sensor de corriente SCT013.



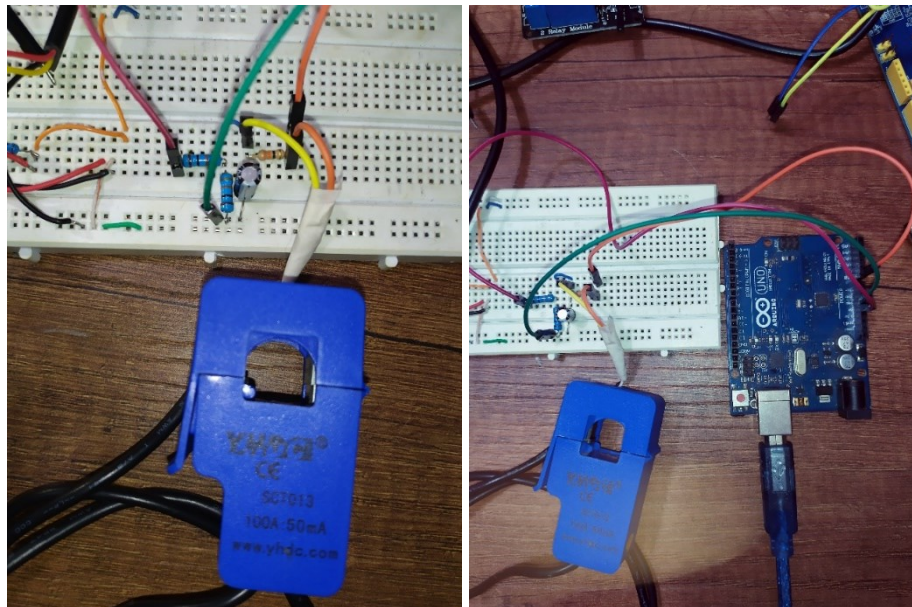
Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Encontramos que la señal ahora es de un pico máximo de 4.80V en Dc y se ha eliminado la parta negativa y se le ha sumado a los 2.32 Vp un voltaje de 2.5v para un total de 4.80v dc con los que el Arduino puede trabajar. El voltaje positivo se muestra en la siguiente figura [4-45].

Figura 4-45: Señal de salida DC.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

La implementación del circuito en protoboard se observa en la siguiente figura [4-46].

Figura 4-46: Implementación del Circuito Sensor de Corriente.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

- Sketch para el Sensor de Corriente SCT013-000.

El sketch y la librería EmonLib es el siguiente [20]. durante las pruebas realizadas es necesario realizar la calibración del sensor tomando como referencia en este caso una pinza amperimétrica el valor de la calibración en 54.

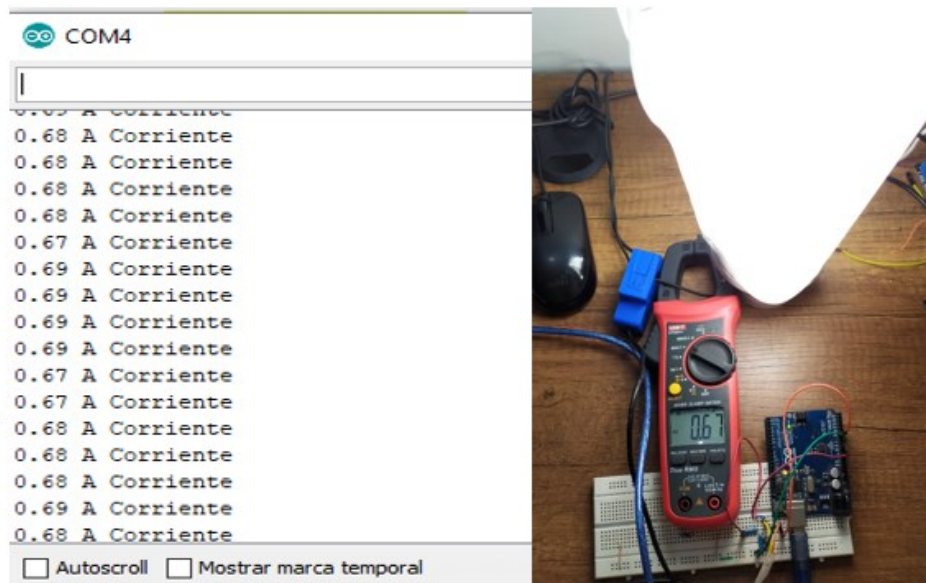
```
#include "EmonLib.h"
// Include Emon Library
EnergyMonitor emon1;
// Create an instance
void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  emon1.current(1, 111.1);           // Current: input pin, calibration.
}

void loop()
{
  double Irms = emon1.calcIrms(1480); // Calculate Irms only
  Serial.print(Irms*230.0);           // Apparent power
  Serial.print(" ");
  Serial.println(Irms);               // Irms
}
```

En el circuito de prueba se utilizó una lámpara de 70w conectada a 110v Ac obteniendo un amperaje teórico de 0.63 A, esta prueba se muestra a continuación en la figura [4-47].

Figura 4-47: Circuito de Prueba Sensor de Corriente.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.13 SENSOR DE TEMPERATURA.

Para medir la temperatura del ambiente de la cabina insonorizada donde estará ubicada la planta eléctrica y teniendo en cuenta que la temperatura de funcionamiento recomendada en el manual técnico de la planta es de 40°C, se plantea censar esta variable con el sensor de temperatura DS18B20 fabricado por empresa dallas semiconductor.

4.13.1 Sensor De Temperatura Digital Ds18b20.

Es un sensor de temperatura digital de bajo costo con la particularidad de que utiliza un protocolo de comunicación denominado One-Wire que permite la comunicación de varios sensores a través de un único cable gracias a la configuración de una dirección única de 64 bits para cada sensor fabricado. Las características técnicas son las siguientes:

- Rango de tensiones de alimentación: 3.0V a 5.5V
- ± 0.5 °C exactitud entre -10 °C a + 85 °C
- Rango de temperatura: -55 a 125 °C (-67 °F a +257 °F)
- Resolución: seleccionable de 9 a 12 bits
- Interfaz 1-Wire. Requiere sólo un pin digital para la comunicación
- Identificador único de 64 bits grabado en el chip. Múltiples sensores pueden compartir el mismo bus
- Sistema de alarma de límite de temperatura
- Tiempo de consulta menor a 750ms.
- Conexionado con 3 hilos.
- Diámetro: 6 mm, tubo de acero inoxidable de 35 mm de largo.
- Diámetro del cable: 4 mm.
- Longitud total con cable: 90 cm.

En la siguiente figura [4-48] se muestra el sensor ds18b20 en encapsulado antifluido.

Figura 4-48: Sensor DS18B20.



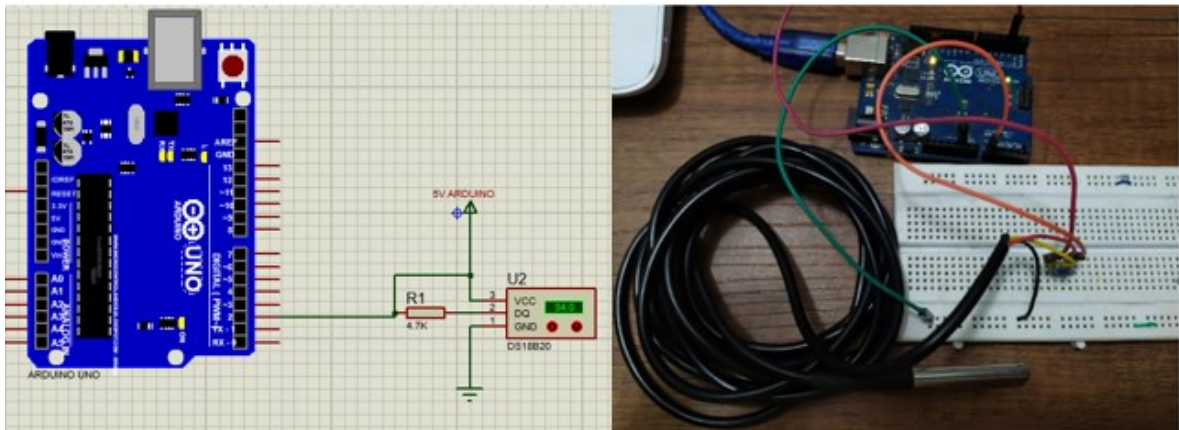
Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

La configuración del cableado es la siguiente:

- Rojo : VDD alimentación que puede ser de 3.3 a 5 VDC.
- Negro: GND negativo.
- Amarillo: DQ cable por donde se transmite los datos.

Se debe agregar una resistencia Pull-up entre DQ y VDD para mantener estable la comunicación entre el Arduino y el sensor la alimentación se puede suministrar desde la fuente del Arduino debido a que el consumo de este sensor es de 1mA como se muestra en la siguiente figura [4-49].

Figura 4-49: Conexión Sensor DS18B20.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

- Sketch del Sensor del de Temperatura.

Para la ejecución del sketch es necesario la utilización de dos librerías. La librería OneWire encargada de la ejecución del protocolo OneWire y la librería Dallas Temperature, quien realiza las configuraciones del sensor. A continuación, se muestra el sketch [21].

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

OneWire ourWire(2);          //Se establece el pin 2 como bus OneWire

DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se declara una variable u objeto para nuestro sensor

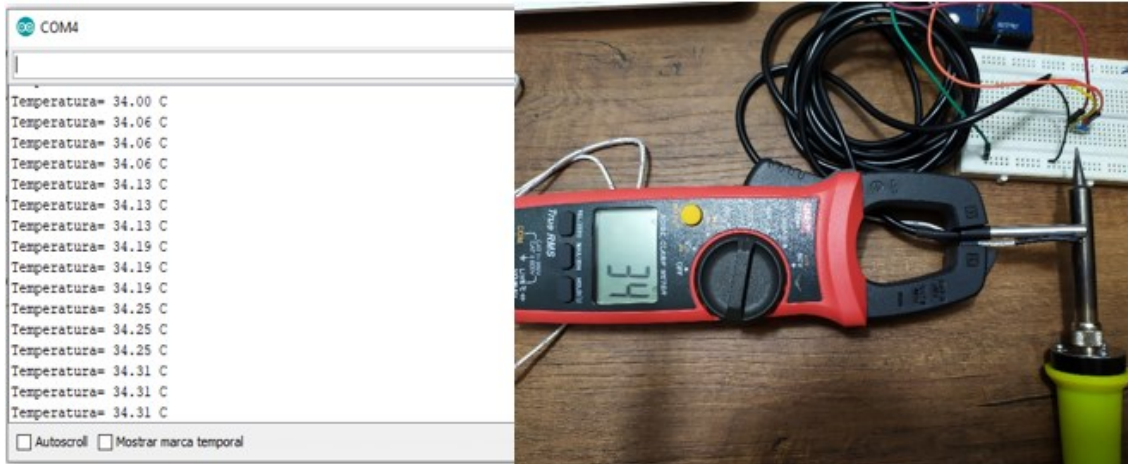
void setup() {
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin(); //Se inicia el sensor
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
  float temp= sensors.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C

  Serial.print("Temperatura= ");
  Serial.print(temp);
  Serial.println(" C");
  delay(100);
}
```

A continuación, se muestran en la figura [4-50] el resultado de la medición de temperatura de un caudín de 60w con el sensor ds18b20 a través del monitor serial comparadas con una pinza amperimétrica Unit204.

Figura 4-50: Medición de Temperatura.

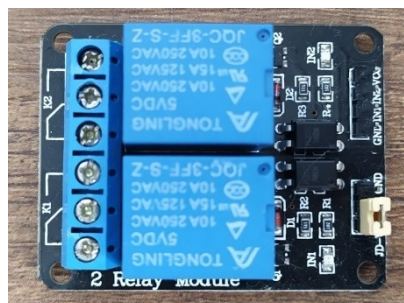


Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.14 Módulo Relé De Dos Canales.

El encendido de la planta eléctrica se lleva a cabo por medio de un motor de arranque que se controla a través de un módulo relé de dos canales, la señal de activación se enviara desde el pin digital #3 del Arduino al módulo relé y este conmutara el circuito de la batería hacia el motor de arranque. Este módulo se presenta en la siguiente figura [4-51].

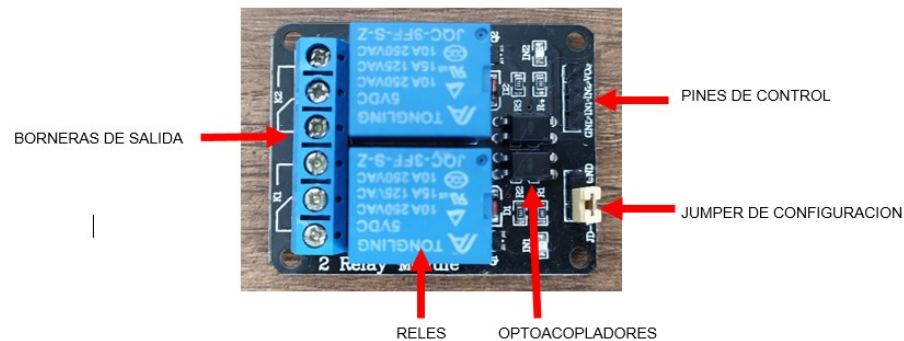
Figura 4-51: Modulo relé de 2 canales.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

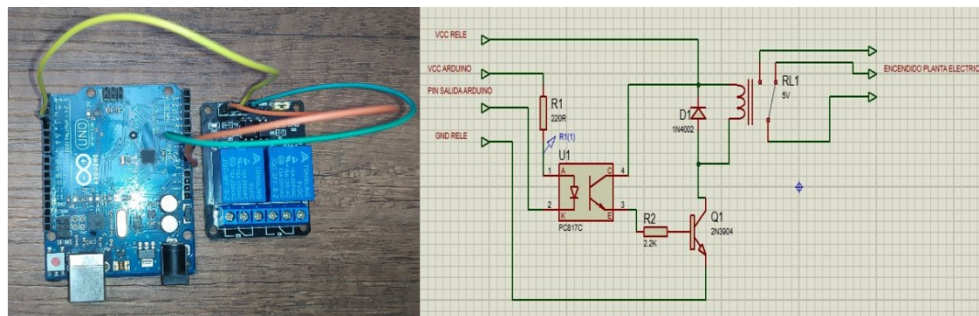
Este módulo consta de dos relés con capacidad de 250 VAC/10 A y 125VAC/15 A. activados por una bobina de 5 VDC ideal para ser activado por el Arduino. Unas borneras de salidas correspondientes a cada relé, dos salidas normalmente abiertas y dos salidas normalmente cerradas. La ventaja principal de este módulo radica en que posee dos optoacopladores PC817 que garantizan un aislamiento óptico del circuito de potencia es decir la carga en este caso el motor de arranque de la planta eléctrica con el circuito de control que se centra en el Arduino. Posee cuatro pines dos de los cuales son de activación de las bobinas de los relés dos de alimentación GND y VCC, adicionalmente está provisto de un jumper y tres pines de configuración JD-VCC que selecciona la alimentación por medio de la fuente interna del Arduino, cuando se retira el jumper el módulo funciona con una alimentación externa. A continuación, se muestra la figura [4-52] con los detalles descritos, la conexión Arduino-relé y el circuito esquemático en Proteus en la figura [4-53].

Figura 4-52: Partes del Módulo Relé.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-53: Diagrama y Conexión del módulo Relé.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

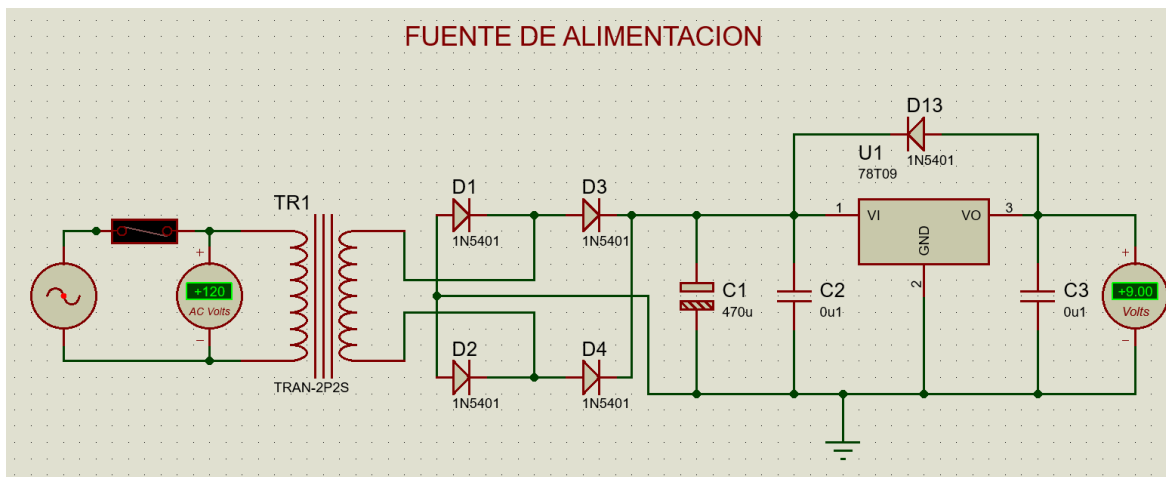
4.15 FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA.

La fuente de energía del sistema de monitoreo se plantea inicialmente por medio de cargadores comerciales de 9 Voltios dc a 3 Amperios conectados a la red eléctrica comercial como se evidencio en las pruebas realizadas. Se plantea en esta sección se realiza la simulación de un circuito fuente de 9 voltios a 3 A, un cargador de baterías con desconexión automática a una batería de 12 v que será la encargada de suministra la energía eléctrica a causa de fallas en la red comercial y la misma planta eléctrica.

4.15.1 Fuente De Alimentación Normal.

La fuente de alimentación brindara el voltaje y corriente necesaria para el funcionamiento del circuito de monitoreo remoto encargado de la gestión sobre el grupo electrógeno. Se plantea la utilización de una fuente de 9VDC a 3 A debido a las pruebas realizadas se obtuvo buen rendimiento con estas especificaciones en la siguiente figura [4-54] se muestra la fuente y simulación planteada.

Figura 4-54: Fuente de Alimentación.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

en la figura se puede observar el regulador de 9 V debe de ser de 3 Amperios o superior, diodos de protección y rectificadores de 3 A, el transformador de 120 V en el primario y el secundario de 12 V a 3 amperios. El resultado es la obtención de una fuente de 9 Voltios a 3 Amperios.

4.15.2 Cargador Automático De Baterías.

Partiendo de la utilización de una batería de 12V a 4Ah con composición de plomo-acido seleccionada por ser comercial y de bajo costo además de brindar el amperaje solicitado para el buen funcionamiento del circuito. A continuación, se muestra la forma como se seleccionaron algunos componentes. El objetivo del cargador es brindar una corriente de carga a un voltaje establecido para este caso se establece a 13,8 Voltios y una corriente 0.4 A para un proceso de carga lenta con desconexión automática para garantizar la vida útil de la batería.

Teniendo los valores de la batería y la corriente de carga podemos seleccionar el voltaje de carga y la corriente de carga. (Ver ecuación (4-12)) y (Ver ecuación (4-13))

Ecuación 4-12: Voltaje de carga

$$\text{Voltaje} = 12 \text{ v} * 15\% = 13.8 \text{ voltios} \quad (4-12)$$

Ecuación 4-13 : Corriente de Carga:

$$\text{corriente} = 4A * 10\% = 0.4 A \quad (4-13)$$

Con la corriente de carga y voltaje de carga se selecciona la resistencia limitadora con la siguiente ecuación (Ver ecuación (4-14))

Ecuación 4-14: Resistencia Limitadora.

$$R = \frac{13.8 \text{ v} - 12 \text{ v}}{0.40 \text{ A}} = 4.5 \Omega \quad (4-14)$$

Se selecciona una resistencia comercial de 4.7 ohmios

La potencia de la resistencia juega un papel importante para la disipación del calor y evitar daños mayores. (Ver ecuación (4-15)).

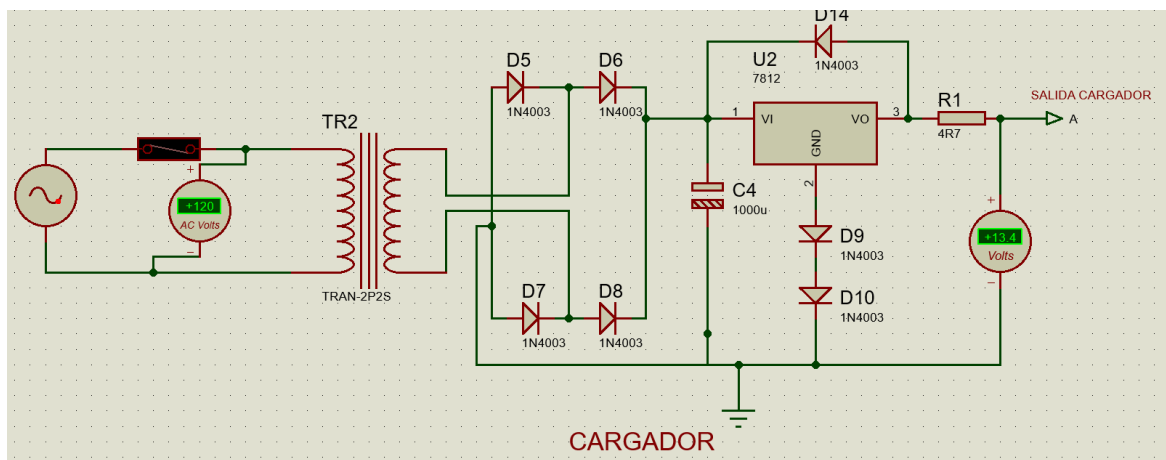
Ecuación 4-15: Potencia de la resistencia Limitadora.

$$P = 0.4 \text{ A} * (13.8 - 12) \text{ v} = 0.72 \text{ W} \quad (4-15)$$

Se selecciona un valor más arriba de 2W.

Los otros elementos como regulador de 12 voltios lm7812 a 1 A, transformador con secundario de 24 voltios a 1 A puente rectificador con diodos 1n4003. En la figura [4-55] se muestra el circuito.

Figura 4-55: Circuito Cargador.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

La realización de la desconexión automática cuando se adquiere un voltaje 13.8 V dc se realiza por medio del amplificador operacional Lm741 configurado como comparador de voltaje cuya salida está conectada por medio de una resistencia base de 560 Ohm a un

transistor de 2n3904 que hace la función de corte a la bobina del relé que realiza la desconexión de la fuente. A continuación, se presente la forma en cómo se selecciona el voltaje de referencia a la entrada inversora del amplificador, el divisor de voltaje para la entrada no inversora y la selección de la resistencia base del transistor.

Para la entrada no inversora se establece un voltaje de referencia de 12V por medio de un diodo Zener 1N4742A con su resistencia en serie seleccionada según la ecuación. (ver ecuación (4-16)).

Ecuación 4-16: Resistencia Zener.

$$R_Z = \frac{V_{min} - V_Z}{1.1 * I_{lmax}} \quad (4-16)$$

Reemplazando:

$$R_Z = \frac{13.3 \text{ v} - 12 \text{ v}}{1.1 * 0.40 \text{ A}} = 2.27 \Omega$$

Se escoge la resistencia comercial de 2.7 Ohmios.

El divisor de voltaje se establece para una salida de 12.9 V seleccionando la resistencia R1 de 10kΩ y aplicando la ecuación (ver ecuación (4-17)).

Ecuación 4-17: Divisor de Voltaje.

$$R_2 = \frac{V_{out} - R_1}{V_{in} - V_{out}} \quad (4-17)$$

Reemplazando:

$$R_2 = \frac{12.9 \text{ v} * 10 \text{ k}\Omega}{(13.3 - 12.9) \text{ v}} = 322.5 \text{ k}\Omega$$

Se selecciona una resistencia comercial más cercana de 330kΩ.

La activación de la bobina del relé se realiza por medio un transistor configurado en colector común para actuar como swicht conectando y desconectando la bobina al circuito, el cálculo de la resistencia base se realiza de la siguiente forma.

Estableciendo la corriente del colector en $I_c=0.100$ A para activar el relé, asumiendo una ganancia $B=30$. La corriente en la base se despeja de la ecuación (ver Ecuación (4-18)).

Ecuación 4-18: Corriente Colector.

$$I_c = B * I_b \quad (4-18)$$

Despejando para I_b :

$$I_b = \frac{I_c}{B}$$

$$I_b = \frac{0.100A}{30} = 0.0033 A$$

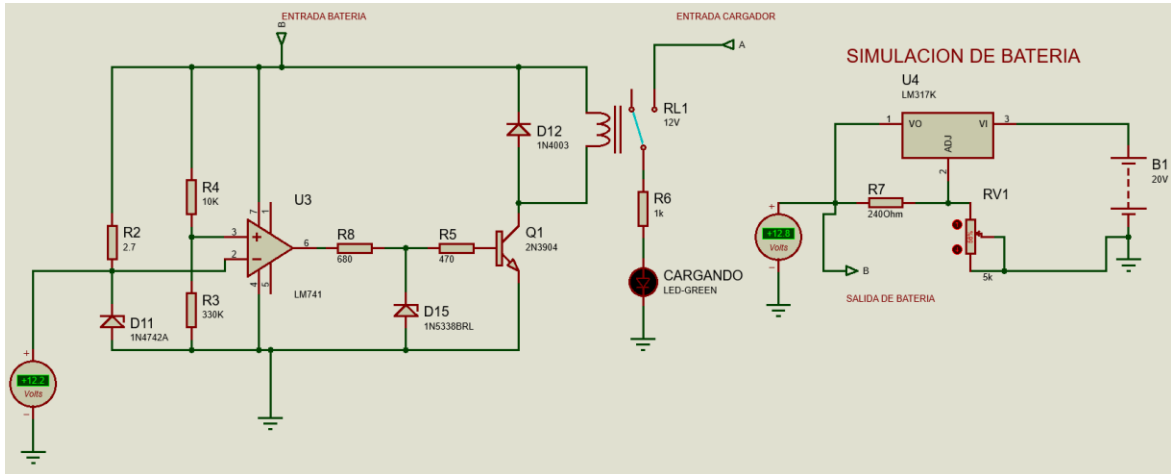
Para evitar daños es recomendable utilizar un factor de seguridad de 3 para una $I_b=0.010$ Amperios. En esta parte se debe aclarar que la salida del amplificador se regula el voltaje en 5 V por medio de un diodo Zener. La resistencia base se calcula (ver ecuación (4-19))

Ecuación 4-19: Resistencia Base.

$$R_b = \frac{(5 - 0.7)v}{0.010A} = 430 \Omega$$

Se selecciona una resistencia comercial de 470 Ohmios.

En la siguiente Figura [4-56] se muestra el diseño realizado en Proteus. Para la simulación del cargador de baterías propuesto se simula la carga de la batería por medio de un regulador de voltaje que permite aumentar y disminuir el voltaje.

Figura 4-56: Diseño Cargador Automático.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.16 DESARROLLO DEL PROTOTIPO.

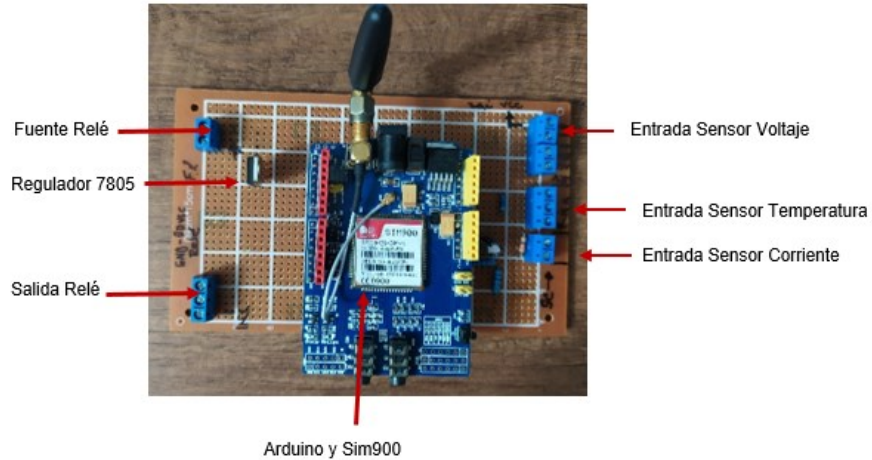
El desarrollo del prototipo monitor de la planta eléctrica se realiza en una plaqueta universal perforada, donde se integra los circuitos vistos anteriormente de los sensores de temperatura, corriente y voltaje. Se adiciona una fuente de 9VDC que se regulan a 5VDC por medio del regulador de voltaje Lm7805 para la alimentación independiente de la bobina del relé para de esta forma aislar completamente el circuito de potencia del circuito de control para así proteger el Arduino y el Sim900. En la siguiente grafica [4-57] se ilustra el diagrama de bloques del prototipo que se plantea desarrollar.

Figura 4-57: Planteamiento del Prototipo.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Para la elaboración del prototipo se utiliza una placa para circuitos universal debido a su facilidad y versatilidad en el momento de la elaboración de las pistas. A continuación, se muestra el prototipo elaborado en la figura [4-58]. Se puede observar las borneras de entrada de los sensores y la salida para el módulo relé.

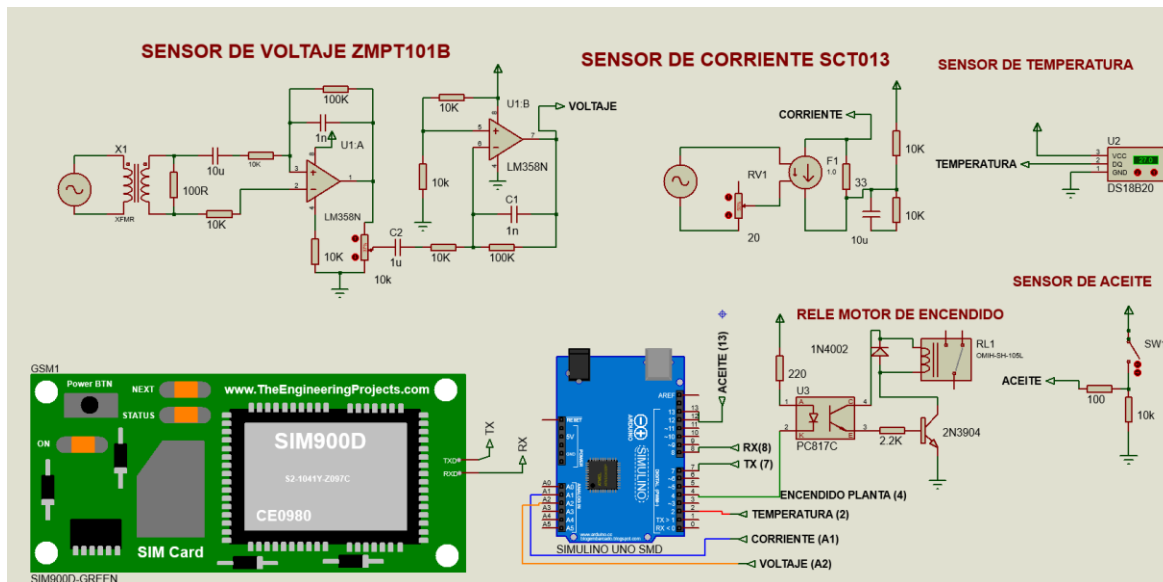
Figura 4-58: Prototipo Monitor Planta Eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

El diagrama del prototipo elaborado en el software Proteus se muestra en la figura [4-59] allí se puede observar el sensor de corriente se conecta al pin A1, el sensor de voltaje en el pin A2, temperatura pin2, sensor de aceite pin 13, Rx pin 8, Tx pin 7, la salida para activar el relé del motor de arranque es el pin 4.

Figura 4-59: Diagrama del Prototipo.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

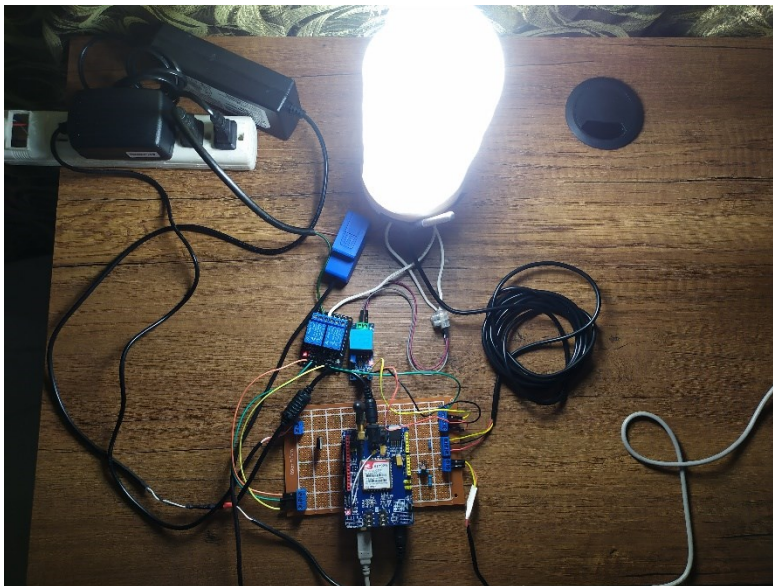
4.16.1 Programa Del Prototipo.

El programa del monitor remoto de la planta eléctrica se desarrolla reuniendo todos los programas de prueba que se describieron anteriormente realizando mejoras en el momento de la unión del código. Este código se describe en el Anexo A.

4.17 PRUEBA DEL PROTOTIPO.

La prueba del prototipo se realiza con un bombillo de 70 vatios a 120 voltios, debido a la cuarentena obligatoria por la pandemia del Covid-19 no se realiza la prueba con la planta eléctrica ver figura [4-60]. Al bombillo se le hace el censando de las variables de temperatura, voltaje y corriente. Se controla el encendido y el apagado del mismo por medio de un botón en la página web, que simulara el sistema de arranque de la planta eléctrica. Los valores de las variables enviadas por medio del Sim900 se visualizaran de dos formas una gráfica de los valores en tiempo real y en forma de una tabla que se puede consultar como consolidado histórico de las mediciones realizadas en la página web www.tuplantaelectricaweb.com.

Figura 4-60: Prueba del Prototipo Monitor Planta Eléctrica.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Los datos obtenidos se pueden visualizar de forma local por medio de una herramienta denominada monitor serial del Ide del Arduino a continuación se muestra figura [4-61].

Figura 4-61: Valores Mostrados por el Monitor Serial de Arduino.

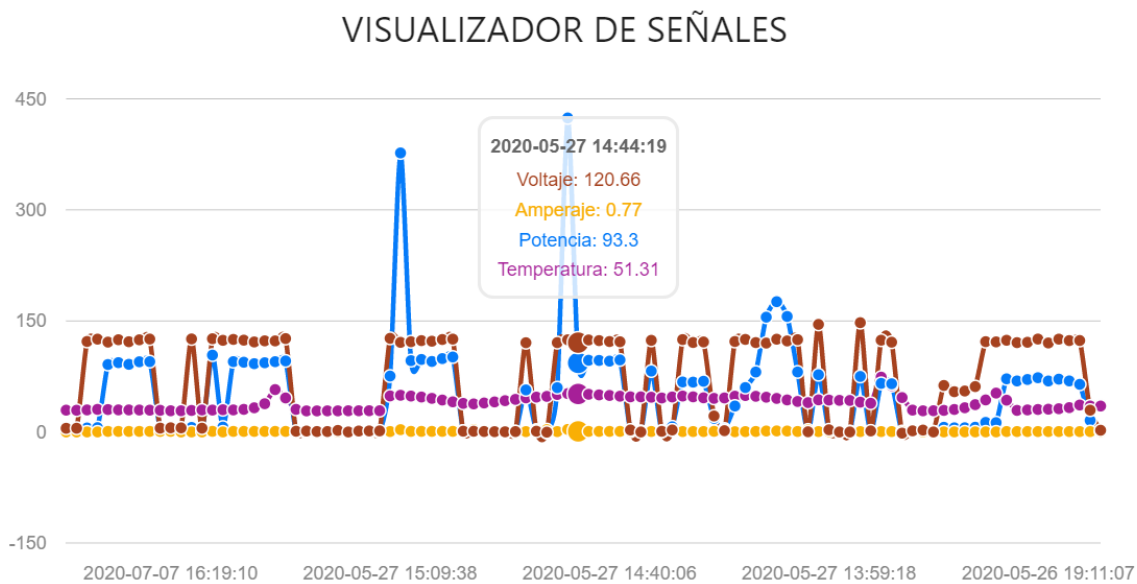
```

OK
29.75°C Temperatura
amperaje: 0.75
Potencia: 91.34
voltaje: 121.90
AT+CIPSTART="TCP","tuplantaelectricaweb.com","80"
OK
    
```

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Los datos se pueden observar desde cualquier lugar del mundo por medio de un computador con conexión a internet o dispositivo móvil e ingresando a la página web. El modo de grafica se muestra en la siguiente figura [4-62].

Figura 4-62: Visualización Web Modo Gráfico. Continua.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, figura [4-63] se muestra el visualizador de las variables en modo tabla en columnas junto con la fecha y la hora que quedaron registrados en el servidor.

Figura 4-63: Visualización Web Modo Tabla. (Continuación)

Datos registrados

ID	13447	13446	13445	13444
Voltaje	125.92	123.78	125	123.99
Amperaje	0.82	0.05	0.76	0.76
Potencia	103.8	6.59	94.97	94.18
temperatura	29.56	30	29.75	30.5
Fecha	07/07/2020 16:13:32	07/07/2020 16:12:08	07/07/2020 16:09:19	07/07/2020 16:07:55

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.17.1 Promedio De Visualización De Mediciones.

La velocidad de visualización de las mediciones tomadas por los sensores de temperatura, voltaje y corriente dependen en gran medida de la velocidad en que se procesan, transmiten los datos en esto interviene el poder de procesamiento del programa del microcontrolador Atmega328P y el estado de la red Gprs que varía dependiendo la cobertura, en este caso se establece como mejor opción al operador Claro cómo se detalla en secciones anteriores. A continuación, se ilustra en la figura [4-64] una muestra del tiempo de medición de 37 minutos en el que se calcula un promedio de visualización en la página web 1 minuto con 35 segundos.

Figura 4-64: Muestra usada para la medición de visualización.

<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13336	121.51	0.05	6.35	40.5	2020-05-23 15:42:45
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13335	122.05	0.05	6.51	39.69	2020-05-23 15:41:20
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13334	120.78	0.05	6.51	38.88	2020-05-23 15:37:08
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13333	121.73	0.06	6.71	39.06	2020-05-23 15:35:44
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13332	121.12	0.06	6.86	40.31	2020-05-23 15:34:20
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13331	124.55	0.05	6.68	40.38	2020-05-23 15:32:56
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13330	122.57	0.05	6.59	40.19	2020-05-23 15:31:31
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13329	121.63	0.06	6.81	40.19	2020-05-23 15:30:07
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13328	124.01	0.05	6.7	40.19	2020-05-23 15:28:43
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13327	125.07	0.05	6.64	39.75	2020-05-23 15:27:19
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13326	124.08	0.05	6.77	39.25	2020-05-23 15:25:55
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13325	125.62	0.05	6.62	38.19	2020-05-23 15:24:31
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13324	121.4	0.06	6.72	38.19	2020-05-23 15:23:07
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13323	125.19	0.05	6.86	38.88	2020-05-23 15:21:43
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13322	123.39	0.05	6.57	39.88	2020-05-23 15:20:19
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13321	122.85	0.05	6.37	40.75	2020-05-23 15:18:55
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13320	123.19	0.05	6.59	40.44	2020-05-23 15:16:07
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13319	124.79	0.05	6.69	40	2020-05-23 15:14:43
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13318	121.64	0.05	6.32	39.75	2020-05-23 15:13:19
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13317	121.69	0.05	6.41	39.63	2020-05-23 15:11:55
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13316	125.78	0.05	6.43	39.44	2020-05-23 15:10:31
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	13315	122.41	0.05	6.3	38.94	2020-05-23 15:09:07

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Se exporta la tabla a formato Excel y se realiza el promedio de la medición en formato tiempo. El resultado se observa en la siguiente tabla [4-1].

Tabla 4-1: Promedio y Tasa de muestra.

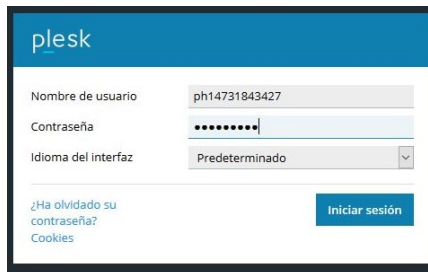
ID	HORA	DIFERENCIA
13339	15:46:56	0:01:24
13338	15:45:32	0:01:24
13337	15:44:08	0:01:23
13336	15:42:45	0:01:25
13335	15:41:20	0:04:12
13334	15:37:08	0:01:24
13333	15:35:44	0:01:24
13332	15:34:20	0:01:24
13331	15:32:56	0:01:25
13330	15:31:31	0:01:24
13329	15:30:07	0:01:24
13328	15:28:43	0:01:24
13327	15:27:19	0:01:24
13326	15:25:55	0:01:24
13325	15:24:31	0:01:24
13324	15:23:07	0:01:24
13323	15:21:43	0:01:24
13322	15:20:19	0:01:24
13321	15:18:55	0:02:48
13320	15:16:07	0:01:24
13319	15:14:43	0:01:24
13318	15:13:19	0:01:24
13317	15:11:55	0:01:24
13316	15:10:31	0:01:24
13315	15:09:07	
TIEMPO DE MUESTRA	00:37:49	
TASA DE MUESTRA	00:01:35	

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.18 CREACION DE LA BASE DE DATOS.

Para lograr visualizar los datos medidos por los sensores en la nube, es necesario adquirir un espacio de almacenamiento o hosting en un servidor conectado a internet. Para lograr este objetivo se adquirió un hosting en un servidor de Goddady.com con capacidad de 10GB, almacenamiento por FTP, administración de hosting con Plesk Onyx y administración de bases de datos Mysql con PhpMyAdmin. En la siguiente figura [4-65] se muestra el inicio de sesión.

Figura 4-65: Inicio de sesión en Plesk Onyx.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Después de iniciada la sesión se procede a la creación de la base de datos en este caso en Mysql. La base de datos es creada con el nombre de ph14731843427_voltaje. Posteriormente se crea una tabla llamada datos en donde se crearán cuatro campos (id, voltaje, amperaje, potencia, temperatura, fecha) en donde se almacenarán los valores enviados por el módulo Sim900. En la siguiente figura [4-66] se ilustra la estructura de la base de datos.

Figura 4-66: Estructura de la base de datos.

id	VOLTAJE	AMPERAJE	POTENCIA	TEMPERATURA	FECHA
12823	-1.61	43.58	0	0	2020-05-11 18:03:44
12822	-1.61	43.64	0	0	2020-05-11 18:03:04
12821	-1.61	43.72	0	0	2020-05-11 18:02:24
12820	-1.61	43.32	0	0	2020-05-11 18:01:45
12917	132.52	1.32	163.62	0	2020-05-13 18:43:22
12916	133.2	1.32	163.62	0	2020-05-13 18:42:43
12815	-1.61	44.06	0	0	2020-05-11 18:01:05
12818	-1.61	44.1	0	0	2020-05-11 18:00:25
9	123	0	0	0	2020-04-14 18:57:52
10	123	0	0	0	2020-04-14 18:57:55
12817	-1.61	43.96	0	0	2020-05-11 17:59:45
12915	2.36	1.32	163.62	0	2020-05-13 18:42:03
12914	126.49	1.32	163.62	0	2020-05-13 17:53:16
12916	-1.61	44.95	0	0	2020-05-11 17:59:05

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.18.1 **Conexión De La Base De Datos Con Php.**

La conexión de la base de datos con un host remoto sin importar la Ip del Host es necesario que el servidor se habilite el acceso remoto. A continuación, se describe el código en php utilizado para la realización de la prueba inicial de conexión de la base de datos con Mysql y el host.

```
<?php
$servername = "188.121.44.187";
$dbname = "ph14731843427_voltaje";
$username = "ph14731843427";
$password = "██████████";

// Create connection

$conn = mysqli_connect($servername, $username, $password, $dbname);

// Check connection

if (!$conn) {
    die("Connection failed: " . mysqli_connect_error());
}
$voltaje= $_POST ['VOLTAJE'];
$amperaje= $_POST ['AMPERAJE'];
$potencia= $_POST ['POTENCIA'];
echo "Connected successfully";

$sql = "INSERT INTO `datos` (`id`, `VOLTAJE`, `AMPERAJE`, `POTENCIA`, `FECHA`)VALUES(NULL, '$voltaje', '$amperaje', '$potencia', CURRENT_TIMESTAMP)";
if (mysqli_query($conn, $sql)) {
    echo "New record created successfully";
} else {
    echo "Error: " . $sql . "<br>". mysqli_error($conn);
}
mysqli_close($conn);

?>
```

Una vez creada la conexión de la base de datos se realizan pruebas de inserción de datos por medio de un formulario creado en HTML. En las siguientes figuras [4-63] y [4-64] se ilustra el formulario y los datos insertados.

- Código HTML para crear el formulario de prueba.

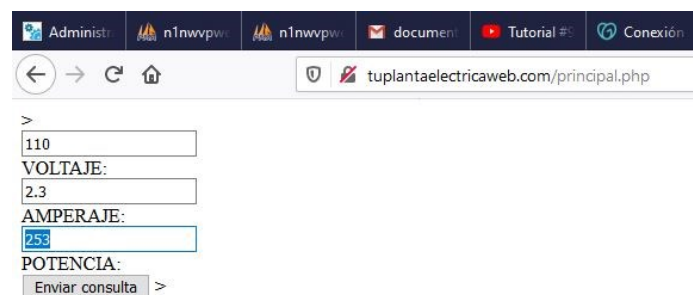
```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>formulario</title>
</head>>
<body>

  <form action="conexion1.php" method="POST">
    <input type="text" name="VOLTAJE" ><br>
    VOLTAJE:<br>
    <input type="text" name="AMPERAJE" ><br>
    AMPERAJE:<br>
    <input type="text" name="POTENCIA" ><br>
    POTENCIA:<br>
    <input type="submit" name="Enviar">

  </body>
</html>>
```

Para ejecutar el formulario basta con escribir en la url del navegador la siguiente dirección : <http://www.tuplantaelectricaweb.com/principal.php> y se presentara lo siguiente.[4-67]

Figura 4-67: Formulario de Prueba para insertar datos en la tabla.



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying "tuplantaelectricaweb.com/principal.php". The page content includes a form with three text input fields and a submit button. The first input field is labeled "VOLTAJE:" and contains the value "110". The second input field is labeled "AMPERAJE:" and contains the value "2.3". The third input field is labeled "POTENCIA:" and contains the value "253". Below the input fields is a button labeled "Enviar consulta" with a right-pointing arrow.

Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Una vez ingresados los datos y pulsado el botón enviar se debe enviar un mensaje de conexión exitoso como se observa en la siguiente figura [4-68]:

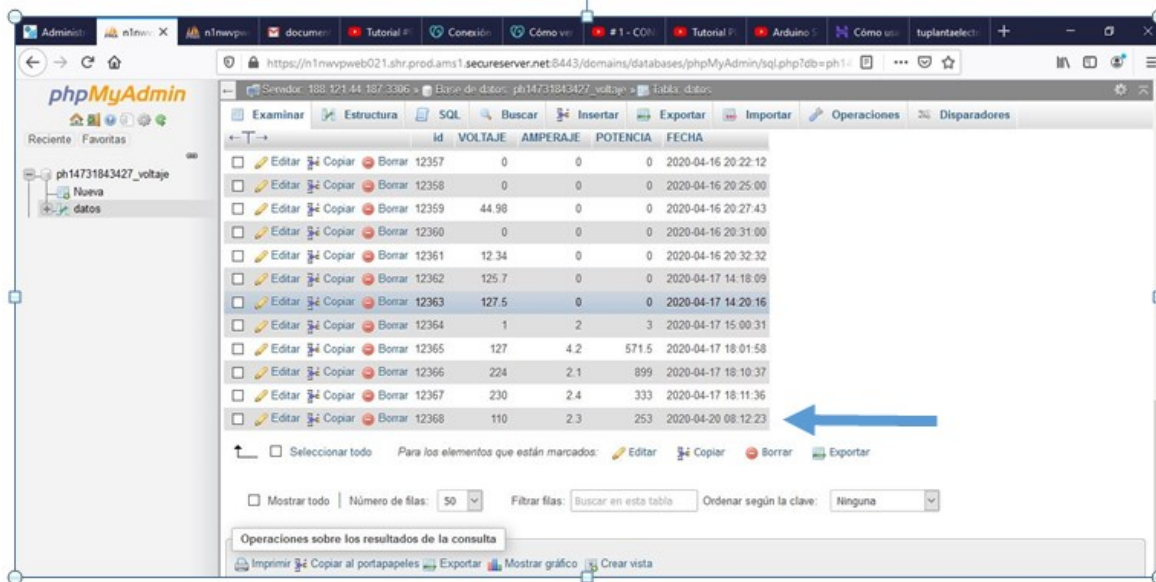
Figura 4-68: Mensaje de conexión exitosa.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

Para verificar los datos insertados se hace directamente en PHPMYADMIN como se muestra a continuación en la figura [4-69]. El código completo de la conexión se puede consultar en el anexo A.

Figura 4-69: Mensajes recibidos del Arduino.

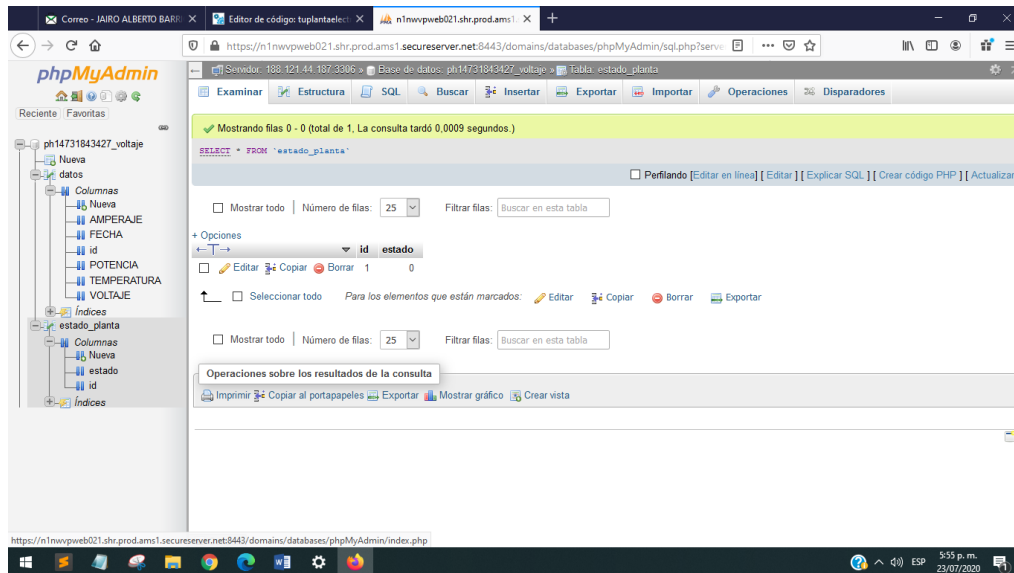


Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.18.2 Creación Tabla Estado_Planta

Para controlar el estado de encendido de la planta, primero se debe saber si el estado es Off u On para este fin se crea una tabla denominada estado planta con dos columnas de llamadas id y estado esta última tendrá valores de 1 si la planta está encendida o 0 si la planta está apagada. En la siguiente figura [4-70] se muestra la tabla.

Figura 4-70: Tabla Estado_planta.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.19 ESTRUCTURA DE LA PAGINA WEB.

El resultado final de una página web es la visualización de una información e interacción del usuario final a través de un navegador web con los datos e información que se quiera dar a conocer o que se quieran obtener. Para lograr este objetivo la página del monitoreo remoto se desarrolla en dos diferentes frentes de programación: una parte denominada backend y otra denominada frontend. A continuación, se tratará de aclarar estos términos y posteriormente se definirá la estructura de la página de monitoreo remoto.

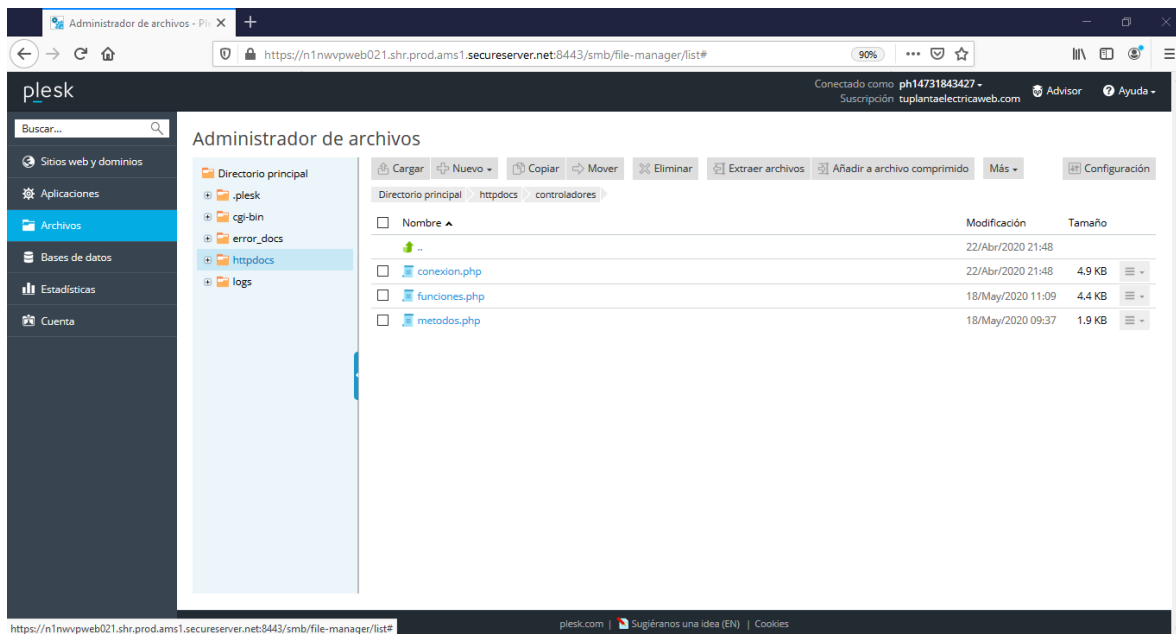
4.19.1 Backend.

Es la parte “trasera” de la página web, el usuario no la puede ver debido a que los lenguajes como Php, Python, Ruby, c, se ejecutan del lado del servidor. Esta

programación es la encargada de lógica de ejecución de acciones como la conexión a la base de datos, acceso, comunicación al servidor y el navegador.

Para la página de monitoreo remoto que se desarrolló, los archivos de backend se ubican en httpdocs/controladores; donde se encuentran tres archivos desarrollados en Php denominados conexión.php el cual se describió anteriormente como el encargado de enlazar la base de datos con la página y junto con los otros dos archivos denominados funciones.php y métodos.php. A continuación, se muestra una imagen en la figura [4-71] del contenido de la carpeta controladores.

Figura 4-71: Archivos backend.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

4.19.2 Archivo Funciones.Php

En este archivo se ejecutan las funciones Php necesarias para crear un registro en la base de datos, es decir tomar los valores de voltaje, amperaje y temperatura enviados por el Arduino y los registra en la tabla datos, inicialmente se establece la conexión, se crean los registros en la tabla y se actualizan cada 10 segundos, de igual forma en este

archivo se hacen las consultas a la tabla. El archivo funciones es invocado en la parte inicial del archivo métodos.Php.

En el momento de realizar las consultas o búsquedas se requieren tres parámetros el nombre de la tabla, campos y valores que son almacenadas en las variables de \$tabla, \$campos, \$valores respectivamente. En el anexo c se escribe el código del archivo funciones.php.

4.19.3 Archivo Metodos.Php

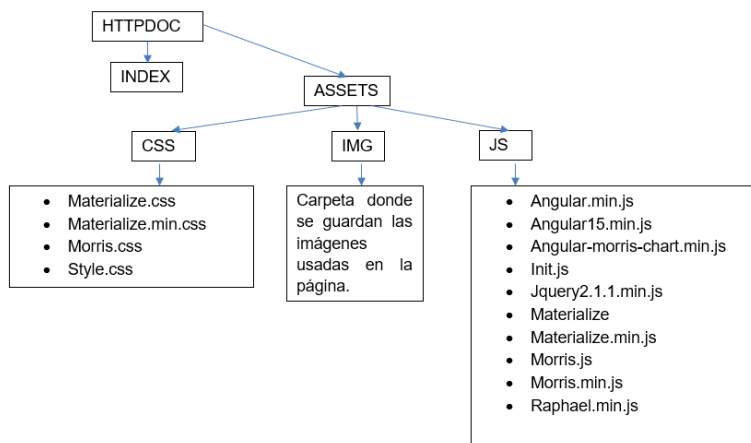
Como se mencionó anteriormente este archivo es donde se invoca el archivo funciones.php y es el encargado de ser el intermediario entre la base de datos y el index.html, cumple con funciones de brindar los datos para las tablas y la gráfica; además de vigilar el botón de encendido y apagado de la planta el código del archivo se escribe en el anexo D.

4.19.4 Frontend.

Es toda la información con la que el usuario interactúa o también llamada interfaz de usuario, por medio de dispositivos y navegadores como pc, tabletas y celulares. Esto incluye imágenes, botones, videos, documentos y la distribución misma de la página. Algunos lenguajes de programación que interviene en el frontend son Html5, CSS y JavaScript.

En la siguiente figura [4-72] se ilustra los archivos necesarios para el desarrollo del frontend.

Figura 4-72: Archivos Frontend.



Nombre de la Fuente: Elaboración Propia.

La carpeta asset ubicada en httpdocs del servidor contiene las carpetas css, img y js. En la carpeta js se guardan las librerías necesarias para el funcionamiento y visualización agradable de las imágenes y las graficas de líneas en donde se visualiza las señales de voltaje, corriente y temperatura para ello se utilizan las librerías de Morris y Raphael.

4.19.5 Archivo Init.Js

Este archivo contiene el desarrollo de las funciones necesarias la actualización de la tabla de la página que está configurada cada 10 segundos, el número de filas que se pueden visualizar que son 100, consulta y escritura de la tabla además de la función que llama a la consulta del estado del botón de encendido y apagado de la planta eléctrica. El código de ese archivo se escribe en el anexo E.

4.19.6 Página Índice.

Es un archivo con extensión .html que será la página a visualizar cuando se ingrese en la url www.tuplantaelectricaweb.com alojada dentro de la carpeta httpdocs del administrador de archivos. Aquí se muestra todo el contenido de los datos tanto de forma gráfica o en tablas, en pocas palabras el index.html es la página en sí cuando se ejecuta la url en un navegador web. En está se encuentra estructurada la página y se hacen los llamados a las subrutinas para visualización de gráficas y estilos. El código en html se puede ver en el anexo f

5. Conclusiones.

- En la revisión del estado del arte se logró evidenciar el creciente interés por la elaboración de proyectos que permiten el monitoreo de señales y el control de diferentes dispositivos gracias al desarrollo de las comunicaciones móviles y el aumento del valor de la información que brinda el internet de las cosas. Este nuevo concepto en la actualidad es aplicado a grupos electrógenos, aires acondicionados, sistemas de vigilancia y en general a cualquier dispositivo que posea sensores. Es de destacar el artículo descrito brevemente en el estado del arte y elaborado por los doctores Flavio Humberto Fernández-Morales y Julio Enrique Duarte, que permitió servir como punto de partida para el inicio del proyecto que se realizó.
- Con el desarrollo del software y hardware para el sistema de monitoreo, control y transferencia se implementó una alternativa a bajo costo gracias al desarrollo y masificación de las placas de Arduino y sus módulos. Esto se logra por la gran comunidad que rodea el entorno Arduino, en la selección del software se utilizaron las herramientas que teníamos al alcance de la universidad Antonio Nariño sede Barranquilla, para el control y la transferencia de la planta eléctrica se utilizó Simulink se optó por utilizar este software de diseño debido a que el diseño fue planeado con máquinas de estado finito, y plasmar este diseño en Simulink tomaba menos tiempo de programación, además de poder interactuar con las señales de entrada y salida. El software seleccionado para el monitoreo remoto incluye elementos de desarrollo de páginas web como PHP, JavaScript, Angular que permiten visualizar las señales en un entorno web.

- El sistema de control, transferencia automática con monitoreo nació con el fin de suplir una necesidad en el sector de las comunicaciones, pero este sistema se puede aplicar a cualquier grupo electrógeno de hasta 30Kw.
- A través del monitoreo se garantiza la confiabilidad del grupo electrógeno y se brinda ahorro de recursos ya que no es necesario movilizar al personal hasta la ubicación de la planta eléctrica solo para realizar el encendido rutinario.
- La velocidad de llegada de los datos a la página web depende del poder de procesamiento del Arduino, el software y la red GSM.
- Se logró una exactitud de las mediciones de temperatura, corriente y voltaje con elementos de bajo costo.
- Con el diseño del control para grupo electrógeno en el software de simulación se logró tener una lógica de control aplicable en diferentes tarjetas de control Arduino e incluso se puede aplicar controladores lógicos programables PLC, de esta manera se da solución a los problemas ocasionados por falta de inventario y de trasiego de personal técnico hasta la estación base del operador de telecomunicaciones.

6.Recomendaciones.

- Se recomienda utilizar el módulo Sim900 de la serie Z90S ya que con los módulos Z90C utilizado inicialmente no se logró obtener una comunicación con el servidor.
- Es necesario reemplazar la antena GSM que trae el módulo Sim900 por una de uso externo con ganancia de 7dBi, 50 Ohm de impedancia y ubicarla en un sitio alto preferiblemente para mejorar la cobertura y la velocidad de transmisión de los datos.
- El sim 900 es un dispositivo de comunicación por tal motivo aplica todas las leyes existentes para el uso del espectro electromagnético de cada país. En el caso colombiano es la Agencia Nacional del Espectro ANE.
- El poder de procesamiento del Arduino uno R3 está limitado al microcontrolador Atmega328 se recomienda utilizar microcontroladores superiores en capacidad de Ram y velocidad de reloj para mejorar el tiempo de ejecución del código.
- Utilizando tarjetas de control Arduino se deben utilizar dispositivos de protección por sobre voltaje o DPS y deben ser de tipo I+II, esto se debe a que estas tarjetas electrónicas son muy sensibles a descargas atmosféricas y generan afectación en el servicio de estas.
- En el caso de querer optimizar el diseño y brindar más confiabilidad, se recomienda utilizar controladores de lógico programables, y sensores de voltaje AC aislados por transformadores, debido a que brindan mayor protección al diseño por descargas atmosféricas.
- Se recomienda que en la implementación del diseño se haga un análisis del sistema de puesta a tierra en la edificación donde se va instalar los equipos, y garantizar el óptimo funcionamiento de las tarjetas de control.

A. Anexo: Programa del Prototipo de la tarjeta de Monitoreo.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Filters.h> // LIBRERIA PARA VOLTAJES
#include <String.h> // LIBRERIA PARA VOLTAJE
#include "EmonLib.h"
EnergyMonitor energyMonitor;
//VOLTAJES
float testFrequency = 60; // Frecuencia (Hz)
float windowLength = 40.0/testFrequency; // promedio de la señal
int Sensor = 1; //puerto analogo 2
float intercept = -0.04; // to be adjusted based on calibration testing
float slope = 0.0405; // to be adjusted based on calibration testing
float volts; // Voltage
float amperaje; //Corriente eficaz (A)
float potencia; // P=IV (Watts)

unsigned long periodo = 1000;
unsigned long tiempoAnterior = 0;
////////

#define Dato 2 // defino pin6 como lectura del sensor de temp
SoftwareSerial SIM900(7, 8); // configure software serial port
OneWire ourWire (Dato); // defino el pin de lectura
DallasTemperature sensors (&ourWire); // inicio la libreria Dallas
float temp;
int LedPlanta= 4;
String datos; // contador ciclo voltaje

void setup() {

  Serial.begin(19200);
  SIM900.begin(19200); // comunicacion Sim900
  sensors.begin(); // comunicacion del sensor temp
  Serial.print(" :: Power Up :: ");
  pinMode(LedPlanta, OUTPUT);
  delay(2000);
  energyMonitor.current(1, 60); //2.6 pin de lectura 1
  settings();
}

void loop(){

  voltaje();

}
```



```

    Serial.println("°C Temperatura");           // texto de acompañamiento
    delay(1000);
}
void encenderApagarPlanta(){
    settings();

    SIM900.println("AT+HTTPACTION=0");//submit the request
    delay(10000);//the delay is very important, the delay time is base on the return from the website, if the return datas are
    very large, the time required longer.
    ShowSerialData();

    SIM900.println("AT+HTTPREAD=0,20");// read the data from the website you access
    delay(5000);

    String content = "";
    while(SIM900.available()!=0) {
        content = content + char (SIM900.read());
    }

    if(content.substring(33,34)== "0"){
        Serial.println("Apagado");
        digitalWrite(LedPlanta, HIGH);
    }else{
        Serial.println("Encendido ");
        digitalWrite(LedPlanta, LOW);
    }
    content = "";
}

void ShowSerialData(){
    while(SIM900.available()!=0)
        Serial.write(char (SIM900.read()));
}

void settings(){
    SIM900.println("AT+CSQ"); // Signal quality check
    delay(500);
    ShowSerialData();// this code is to show the data from gprs shield, in order to easily see the process of how the gprs
    shield submit a http request, and the following is for this purpose too.

    SIM900.println("AT+CGATT=1"); //Attach or Detach from GPRS Support
    delay(500);
    ShowSerialData();

    SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\",\"GPRS\"");//setting the SAPBR, the connection type is using gprs
    delay(1000);
    ShowSerialData();

    SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\",\"internet.comcel.com.co\"");//setting the APN, Access point name string
    delay(1000);
    ShowSerialData();

    SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"USER\",\"webcomcel\"");//setting the APN, Access point name string ----
    delay(1000);
    ShowSerialData();

    SIM900.println("AT+SAPBR=3,1,\"PWD\",\"webcomcel\"");//setting the APN, Access point name string----
    delay(1000);
    ShowSerialData();

    SIM900.println("AT+SAPBR=0,1");//setting the SAPBR
    delay(5000);
    ShowSerialData();

    SIM900.println("AT+SAPBR=1,1");//setting the SAPBR
    delay(5000);
    ShowSerialData();
}

```

```
SIM900.println("AT+HTTPINIT"); //init the HTTP request
delay(5000);
ShowSerialData();

SIM900.println("AT+HTTTPARA=\\"URL\\",\\"http://www.tuplantaelectricaweb.com/controladores/metodos.php?accion=obtenerEstado\\""); // setting the httppara, the second parameter is the website you want to access
delay(5000);
ShowSerialData();
}

//////////
void voltaje(){
  RunningStatistics inputStats;
  inputStats.setWindowSecs(windowLength);

  while(true) {

    Sensor = analogRead(A2); //Leer pin Analógico
    inputStats.input(Sensor);
    if((unsigned long)(millis() - tiempoAnterior) >= periodo) {

      encenderApagarPlanta();
      enviodatos();

      volts = intercept + slope * inputStats.sigma(); //offset y amplitud
      volts = volts*(40.3231);
      Serial.println("GET voltaje: " + String(volts));
      tiempoAnterior = millis();

      //Irms = get_corriente(); //Corriente eficaz (A)

    }
  }
}
```

B. Anexo: Código para la Conexión a la Base de Datos.

A continuación, se lista el código de la conexión final con PHP.

```
<?php
/**
 * CLASE CONEXION
 */
class conexion{
    private $conexion;

    /**
     * FUNCION CONSTRUCTORA
     */
    public function __construct(){
        $servidor = "188.121.44.187";
        $basedatos = "ph14731843427_voltaje";
        $usuario = "ph14731843427";
        $contrasena = "J@iro2020";

        $this->conexion = mysqli_connect($servidor, $usuario, $contrasena);
        mysqli_select_db($this->conexion, $basedatos)or die(mysqli_error());
    }

    /**
     * FUNCION CONSTRUCTORA
     */
    public function __construct(){
        $servidor = "localhost";
        $usuario = "root";
        $contrasena = "";
        $basedatos = "test";

        $this->conexion = mysqli_connect($servidor, $usuario, $contrasena);
        mysqli_select_db($this->conexion, $basedatos)or die(mysqli_error());
    }

    /**
     * [FUNCION QUE BUSCA Y DEVUELVE SI LA CONSULTA EXISTE]
     * @param [VARCHAR] $sql [VARIABLE QUE TRAE LA CONSULTA A EJECUTAR]
     * @return [MYSQL_QUERY] [VARIABLE QUE DEVUELVE LA EJECUCION DE LA CONSULTA]
     */
    public function busca($sql){
        $res = mysqli_query($this->conexion, $sql);
        $row = mysqli_fetch_array($res);
        return $row;
    }
}
```

```

/**
 * [FUNCION QUE EJECUTA Y DEVUELVE LA EJECUCION DE UNA CONSULTA]
 * @param [VARCHAR] $sql [VARIABLE QUE TRAE LA CONSULTA A EJECUTAR]
 * @return [MYSQL_QUERY] [VARIABLE QUE DEVUELVE LA EJECUCION DE LA CONSULTA]
 */
public function filtro($sql){
    $result = mysqli_query($this->conexion, $sql);
    return $result;
}

/**
 * [FUNCION QUE FINALIZA LA EJECUCION DE UNA CONSULTA]
 * @param [VARCHAR] $query [VARIABLE QUE TRAE LA EJECUCION DE UNA CONSULTA A FINALIZAR]
 */
public function cerrarfiltro($query){
    mysqli_free_result($query);
}

/**
 * [FUNCION QUE RETORNA LOS REGISTROS DE LA EJECUCION DE UNA CONSULTA]
 * @param [VARCHAR] $query [VARIABLE QUE TRAE LA EJECUCION
DE UNA CONSULTA]
 * @return [mysqli_fetch_array] [VARIABLE QUE DEVUELVE LOS REGISTROS DE LA VARIABLE TRAIDA]
 */
public function filas($query){
    $row = mysqli_fetch_array($query);
    return $row;
}

/**
 * [FUNCION QUE CONSULTA UNA TABLA ENVIADA SEGUN LOS CAMPOS ENVIADOS]
 * @param [VARCHAR] $tabla [VARIABLE QUE TRAE LA TABLA EN LA QUE SE VA A B]
 * @param [VARCHAR] $campos [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS A BUSCAR]
 */
public function consulta($tabla, $campos, $orden = ""){
    $sql = "SELECT * FROM $tabla WHERE $campos $orden";
    $res = mysqli_query($this->conexion, $sql) or die (mysqli_error($this->conexion));
    $row = mysqli_fetch_array($res);
    return $row;
}

/**
 * [FUNCION QUE ACTUALIZA UN REGISTRO]
 * @param [VARCHAR] $tabla [VARIABLE QUE TRAE LA TABLA QUE SE VA A ACTUALIZAR]
 * @param [VARCHAR] $campos [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS QUE SE VAN A ACTUALIZAR]
 * @param [VARCHAR] $where [VARIABLE QUE TRAE EL CAMPO DE BUSQUEDA]
 */
public function actualizar($tabla, $campos, $where){
    $upd = "UPDATE $tabla SET $campos WHERE $where";
    $res = mysqli_query($this->conexion, $upd) or die (mysqli_error($this->conexion));
}

/**
 * [FUNCION QUE INGRESA UN REGISTRO]
 * @param [VARCHAR] $tabla [VARIABLE QUE TRAE LA TABLA QUE SE VA A INGRESAR]
 * @param [VARCHAR] $campos [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS QUE SE VAN A INGRESAR]
 * @param [VARCHAR] $where [VARIABLE QUE TRAE LOS VALORES QUE SE VAN A INGRESAR]
 */
public function insertar($tabla, $campos, $valores){
    echo '<br>'. $ins = "INSERT INTO $tabla ($campos) VALUES ($valores)";
    $res = mysqli_query($this->conexion, $ins) or die (mysqli_error($this->conexion));
}

```



```
/**
 * [FUNCION QUE EJECUTA UNA CONSULTA]
 * @param [VARCHAR] $sql [VARIABLE QUE TRAE LA CONSULTA A EJECUTAR]
 */
public function ejecutar($sql){
    mysqli_query($this->conexion, $sql)or die("No se puede eliminar el dato, existen datos ligados.");
}

/**
 * [FUNCION QUE EJECUTA UNA CONSULTA Y DEVUELVE EL ULTIMO ID CREADO]
 * @param [VARCHAR] $sql [VARIABLE QUE TRAE LA CONSULTA A EJECUTAR]
 * @return [INT] [VARIABLE QUE DEVUELVE EL ID DEL ULTIMO REGISTRO INGRESADO]
 */
public function ejecutald($sql){
    mysqli_query($this->conexion, $sql);
    return $this->conexion->insert_id;
}

/**
 * [FUNCION QUE RETORNA LA CANTIDAD DE REGISTROS EJECUTADOS]
 * @param [VARCHAR] $res [VARIABLE QUE TRAE LA CONSULTA EJECUTADA A CONTAR]
 * @return [INT] [VARIABLE QUE DEVUELVE LA CANTIDAD DE REGISTROS BUSCADOS]
 */
public function numeroRegistros($res){
    return mysqli_num_rows($res);
}

/**
 * [FUNCION QUE RETORNA SI HAY REGISTROS O NO DE UNA CONSULTA PASADA]
 * @param [VARCHAR] $sql [VARIABLE QUE TRAE LA CONSULTA A VERIFICAR]
 * @return [INT] [VARIABLE QUE DEVUELVE 1 O 0]
 */
public function siHayRegistros($sql){
    $res = mysqli_query($this->conexion, $sql);
    $num = mysqli_num_rows($res);

    if($num > 0){
        return 1;
    }else{
        return 0;
    }
}

/**
 * [FUNCION QUE CIERRA LA CONEXION ABIERTA]
 */
public function cerrarconexion(){
    mysqli_close($this->conexion);
}

/**
 * [FUNCION DESTRUCTOR DE LA CLASE]
 */
public function __destruct(){
}
}

?>
```

C. Anexo: Código para el archivo funciones.php

```
<?php
require_once("conexion.php");
// llama la clase conexion de la base de datos.

/**
 * [crearDato FUNCION QUE CREA UN REGISTRO]
 * $tabla [VARIABLE QUE TRAE EL NOMBRE DE LA TABLA]
 * $campos [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS QUE SE VAN A REGISTRAR]
 * $valores [VARIABLE QUE TRAE LOS VALORES QUE SE VAN A REGISTRAR]
 */
function crearDato($tabla, $campos, $valores){
    $conexion = new conexion();
    $sqlInser = "INSERT INTO $tabla($campos) VALUES($valores)";
    $resInser = $conexion->ejecutaId($sqlInser);
    return $resInser;
}

/**
 * [actualizarDatos FUNCION QUE ACTUALIZA LOS DATOS DE UNA TABLA]
 * $tabla [VARIABLE QUE TRAE EL NOMBRE DE LA TABLA]
 * $campos [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS A MODIFICAR]
 * $where [VARIABLE QUE TRAE EL CAMPO DE BUSQUEDA]
 */
function actualizarDatos($tabla, $campos, $where){
    $conexion = new conexion();
    $conexion->actualizar($tabla, $campos, $where);
}
```

```
}
```

```
/**
```

```
 * [busquedasGenerales FUNCION QUE BUSCA Y DEVUELVE TODOS LOS RESULTADOS DE UNA CONSULTA]
```

```
 * $table [VARIABLE QUE TRAE EL NOMBRE DE LA TABLA]
```

```
 * $where [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS DE BUSQUEDA]
```

```
 * $order [VARIABLE QUE TRAE EL ORDEN EN QUE SE VAN A MOSTRAR LOS RESULTADOS]
```

```
 */
```

```
function busquedasGenerales($table, $where = "", $order = ""){
```

```
    $conexion = new conexion();
```

```
    $sqlBusca = "SELECT * FROM $table $where $order";
```

```
    $resBusca = $conexion->filtro($sqlBusca);
```

```
    return $resBusca;
```

```
}
```

```
/**
```

```
 * [busquedaIndividual FUNCION QUE BUSCA Y DEVUELVE UN SOLO REGISTRO DE UNA CONSULTA]
```

```
 * $table [VARIABLE QUE TRAE EL NOMBRE DE LA TABLA]
```

```
 * $where [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS DE BUSQUEDA]
```

```
 * $order [VARIABLE QUE TRAE EL ORDEN EN QUE SE VAN A MOSTRAR LOS RESULTADOS]
```

```
 */
```

```
function busquedaIndividual($table, $where = "", $order = ""){
```

```
    $conexion = new conexion();
```

```
    $rowBusca = $conexion->consulta($table, $where, $order);
```

```
    return $rowBusca;
```

```
}
```

```
/**
```

```
 * [busquedaEspecifica FUNCION QUE BUSCA Y DEVUELVE UN DATO EN ESPECIFICO]
```

```
 * $campo1 [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS DE LA TABLA A BUSCAR]
```

```
 * $campo2 [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS A SACAR DE LA TABLA A BUSCAR]
```

```
 * $table [VARIABLE QUE TRAE EL NOMBRE DE LA TABLA]
```

```
 * $where [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS DE BUSQUEDA]
```

```
 * $order [VARIABLE QUE TRAE EL ORDEN EN QUE SE VAN A MOSTRAR LOS RESULTADOS]
```

```
 */
```

```
function busquedaEspecifica($campo1, $campo2, $table, $where = ""){
```

```
    $conexion = new conexion();
```

```
    $sqlBusca = "SELECT $campo1 FROM $table WHERE $where";
```

```
    $resBusca = $conexion->filtro($sqlBusca);
```

```
    $rowBusca = $conexion->filas($resBusca);
```

```
    return $rowBusca[$campo2];
```

```
}
```

```
/**
 * [busquedaSQL FUNCION QUE BUSCA Y DEVUELVE UN SOLO REGISTRO DE UNA CONSULTA]
 * $sql [VARIABLE QUE TRAE EL SQL A BUSCAR]
 */
function busquedaSQL($sql){
    $conexion = new conexion();
    $rowBusca = $conexion->filtro($sql);
    return $rowBusca;
}

/**
 * [busquedaSQLInd FUNCION QUE BUSCA Y DEVUELVE UN SOLO REGISTRO DE UNA CONSULTA]
 * $sql [VARIABLE QUE TRAE EL SQL A BUSCAR]
 */
function busquedaSQLInd($sql){
    $conexion = new conexion();
    $resBusca = $conexion->filtro($sql);
    $rowBusca = $conexion->filas($resBusca);
    return $rowBusca;
}

/**
 * [busquedaSQLCant FUNCION QUE BUSCA Y DEVUELVE UN SOLO REGISTRO DE UNA CONSULTA]
 * $sql [VARIABLE QUE TRAE EL SQL A BUSCAR]
 */
function busquedaSQLCant($sql){
    $conexion = new conexion();
    $resBusca = $conexion->filtro($sql);
    $canBusca = $conexion->numeroRegistros($resBusca);
    return $canBusca;
}

/**
 * [busquedaCantidad FUNCION QUE DEVUELVE LA CANTIDAD DE REGISTROS ENCONTRADOS]
 * $table [VARIABLE QUE TRAE EL NOMBRE DE LA TABLA]
 * $where [VARIABLE QUE TRAE LOS CAMPOS DE BUSQUEDA]
 * $order [VARIABLE QUE TRAE EL ORDEN EN QUE SE VAN A MOSTRAR LOS RESULTADOS]
 */
function busquedaCantidad($table, $where = "", $order = ""){
    $conexion = new conexion();
    $sqlBusca = "SELECT * FROM $table $where $order";
    $resBusca = $conexion->filtro($sqlBusca);
}
```

```
$scanBusca = $conexion->numeroRegistros($resBusca);  
return $scanBusca;  
}
```

```
/**  
 * [hacerSQL FUNCION QUE EJECUTA UNA CONSULTA]  
 * $sql [VARIABLE QUE TRAE EL SQL A HACER]  
 */
```

```
function hacerSQL($sql){  
    $conexion = new conexion();  
    $rowBusca = $conexion->filtro($sql);  
}
```

```
?>
```

D. Anexo: Código para el archivo metodos.php

```
<?php
require_once("funciones.php");

$accion = $_REQUEST['accion'];

/*****FUNCIONES *****/

/**
 * [METODO PARA INSERTAR LOS DATOS QUE NOS LLEGA EL ARDUINO
 */
if($accion == 'insertarDato'){
    $vol = $_REQUEST['vol'];
    $amp = $_REQUEST['amp'];
    $pot = $_REQUEST['pot'];
    $tem = $_REQUEST['tem'];

    $insGen = crearDato("datos", "VOLTAJE, AMPERAJE, POTENCIA, TEMPERATURA, FECHA", "".$vol.",
".$amp.", "".$pot.", "".$tem.", CURRENT_TIMESTAMP");
    if($insGen != "" && $insGen != NULL){
        return 1;
    }else{
        return 0;
    }
}

/**
 * [METODO PARA BUSCAR LOS DATOS CON CANTIDAD REQUERIDA PARA SER MOSTRADOS EN LA GRILLA Y
GRAFICA]
```

```
*/
if($accion == 'obtenerDatoCnt'){
    $arr1 = array();
    $cant = "";
    if($_REQUEST['cant'] != "") $cant = " LIMIT ".$_REQUEST['cant'];
    $sqlDatos = busquedasGenerales("datos", "", " ORDER BY 1 DESC ".$cant);
    while ($rowDatos = mysqli_fetch_array($sqlDatos)) {
        array_push($arr1, array(
            'id' => $rowDatos['id'],
            'voltaje' => $rowDatos['VOLTAJE'],
            'amperaje' => $rowDatos['AMPERAJE'],
            'potencia' => $rowDatos['POTENCIA'],
            'temperatura' => $rowDatos['TEMPERATURA'],
            'fecha' => date("d/m/Y H:i:s", strtotime($rowDatos['FECHA'])),
            'fecha2' => date("Y-m-d H:i:s", strtotime($rowDatos['FECHA']))
        ));
    }
    echo json_encode($arr1);
}

/**
 * [METODO PARA ENCENDER PLANTA]
 */
if($accion == 'encenderPlanta'){
    $sqlDatos = actualizarDatos("estado_planta", "estado=1", "id=1");
    echo 1;
}

/**
 * [METODO PARA APAGAR LA PLANTA]
 */
if($accion == 'apagarPlanta'){
    $sqlDatos = actualizarDatos("estado_planta", "estado=0", "id=1");
    echo 1;
}

/**
 * [METODO PARA SABER EL ESTADO DE LA PLANTA]
 */
if($accion == 'obtenerEstado'){
    $arr1 = array();
    $rowDatos = busquedaIndividual("estado_planta", "id=1", "");
    echo $rowDatos["estado"];
}
}
```

E. Anexo: Código para el archivo metodos.php

```

var app = angular.module( "Demo", ['angular.morris-chart'] );
app.controller("AppController", function($scope, $http) {
    $scope.estadoPlanta;
    $scope.cantRow = 100;
    getDatos();
    getEstado();
    rebuildDatos();

    /*
    * Funcion que carga la informacion cada 10 segundo
    */
    function rebuildDatos() {
        getDatos();
        setTimeout( function() { rebuildDatos(); }, 10000);
    };

    /*
    * Función para cargar los datos a la grilla
    */
    function getDatos() {
        $http({
            method : 'GET',
            url      :
'controladores/metodos.php?accion=obtenerDatoCnt&cant='+ $scope.cantRow
        }).then(function successCallback(response) {
            $scope.datosRegistrados = response.data;
        });
    }

    /*
    * Función para cargar los datos a la grilla
    */

```



```
function getEstado() {
    $http({
        method : 'GET',
        url      : 'controladores/metodos.php?accion=obtenerEstado'
    }).then(function successCallback(response) {
        console.log(response);
        $scope.estadoPlanta = response.data;
    });
}

/*
 * Función para actualizar el estado de la planta a encendido
 */
$scope.fncEncender = function() {

    $http({
        method : 'GET',
        url      : 'controladores/metodos.php?accion=encenderPlanta'
    }).then(function successCallback(response) {
        $scope.estadoPlanta=1;
    });
}

/*
 * Función para actualizar el estado de la planta a apagado
 */
$scope.fncApagar = function() {

    $http({
        method : 'GET',
        url      : 'controladores/metodos.php?accion=apagarPlanta'
    }).then(function successCallback(response) {
        $scope.estadoPlanta=0;
    });
}
}

);
```

F. Anexo: Código para el archivo Index.html

```

<!DOCTYPE html>
<html ng-app="Demo">
  <head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8"/>
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1"/>
    <link rel="icon" type="image/png" sizes="32x32" href="assets/img/favicon-32x32.png">
    <title>Tu Planta Eléctrica Web</title>
    <link href="https://fonts.googleapis.com/icon?family=Material+Icons" rel="stylesheet">
    <link type="text/css" rel="stylesheet" href="assets/css/materialize.min.css" media="screen,projection"/>
    <link type="text/css" rel="stylesheet" href="assets/css/style.css" media="screen,projection"/>
    <link type="text/css" rel="stylesheet" href="assets/css/morris.css">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0"/>
  </head>

  <body ng-controller="AppController">
    <nav class="white" role="navigation">
      <div class="nav-wrapper container">
        <a id="logo-container" href="#" class="brand-logo"></a>
      </div>
    </nav>

    <div id="index-banner" class="parallax-container">
      <div class="section no-pad-bot">
        <div class="container">
          <br><br>
          <h1 class="header center red-text text-darken-4">Tu Planta Eléctrica</h1>
          <div class="row center">
            <h5 class="header col s12 red-text text-darken-4">Control Remoto de plantas eléctricas</h5>
          </div>
          <br><br>
        </div>
      </div>
      <div class="parallax"></div>

```

```

</div>

<div class="container">
  <div class="section">

    <!-- Icon Section -->
    <div class="row">
      <div class="col s12 m12">
        <div class="icon-block">
          <h2 class="center brown-text"><i class="material-icons">flash_on</i></h2>
          <h5 class="center">VISUALIZADOR DE SEÑALES</h5>

          <div class="row">
            <div
              class="line-chart"
              line-chart
              line-post-units=""
              line-data='datosRegistrados'
              line-xkey='fecha2'
              line-xmax="200"
              line-ykeys=["voltaje", "amperaje", "potencia","temperatura"]
              line-labels=["Voltaje", "Amperaje", "Potencia","Temperatura"]
              line-colors=["#A6421F", "#F9AF05", "#057BF9", "#A61F98"]>
            </div>
          </div>
        </div>
      </div>
    </div>
    <div class="col s12 m12">
      <div class="col s2 m2">
        <a class="waves-effect waves-light btn" ng-click="fncEncender()" ng-if="estadoPlanta==0"><i
class="material-icons left">settings_power</i>encender planta</a>
        <a class="waves-effect waves-light btn red" ng-click="fncApagar()" ng-if="estadoPlanta==1"><i
class="material-icons left">remove_circle</i>apagar planta</a>
      </div>
      <div class="col s8 m8">
        <div class="icon-block">
          <h2 class="center brown-text"><i class="material-icons">chrome_reader_mode</i> </h2>
          <h5 class="center">Datos registrados</h5>
        </div>
      </div>
      <div class="col s2 m2"></div>
    </div>

    <div class="col s12 m12">
      <table class="responsive-table striped" id="tablaDatos">
        <thead>
          <tr>
            <th>ID</th>
            <th>Voltaje</th>
            <th>Amperaje</th>
            <th>Potencia</th>
            <th>Temperatura</th>
            <th>Fecha</th>
          </tr>
        </thead>
        <tbody>
          <tr ng-repeat="obj in datosRegistrados">
            <td>{{obj.id}}</td>
            <td>{{obj.voltaje}}</td>

```

```
<td>{{obj.amperaje}}</td>
<td>{{obj.potencia}}</td>
<td>{{obj.temperatura}}</td>
<td>{{obj.fecha}}</td>
</tr>
</tbody>
</table>

</div>
</div>

</div>
</div>

<!--JavaScript at end of body for optimized loading-->
<script src="assets/js/jquery-2.1.1.min.js"></script>
<script src="assets/js/raphael-min.js"></script>
<script src="assets/js/morris.js"></script>
<script src="assets/js/angular15.min.js"></script>
<script src="assets/js/angular-morris-chart.min.js"></script>
<script src="assets/js/materialize.js"></script>
<script src="assets/js/init.js"></script>
</body>
</html>
```

Bibliografía.

- [1] Fernandez-Morales, Flavio Humberto; Duarte, Julio Enrique, «Automatismo para el Moitoreo y Control de un Grupo Electrógeno con Arranque Eléctrico,» 2 11 2015. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/2654/265443638020.pdf>. [Último acceso: 24 10 2019].
- [2] IGSA, Manual de O&M.
- [3] Cumins, Power Generation, «Manual de Aplicacion, Conjuntos Generadores Enfriados por Liquido,» 2010.
- [4] Fernandez, Maria, «Univresitat Politecnica de Catalunya,» [En línea]. Available: https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=51427/2011/1/54513/tema_5_simulink-5156.pdf. [Último acceso: 20 02 2020].
- [5] «Unicauca,» [En línea]. Available: <ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/SEDS/Material%20Auxiliar/FSM.pdf>. [Último acceso: 20 02 2020].
- [6] Universidad de la Coruña, «Matematica Discreta,» Universidad de la Coruña, Coruña.
- [7] M. O. Quiñonez, Internet de las Cosas (IoT), 1 ed., Ibukku, 2019, p. 290.
- [8] M. A. Moreno y S. Corcoles, «Arduio. Edición 2018 Curso Práctico,» de *Arduio. Edición 2018 Curso Práctico*, Adrid, Ra-ma, 2018, p. 452.
- [9] M. J. M. Huidobro, Comunicaciones Móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE, 1 ed.,

Madrid: Ra-ma, 2014, p. 102.

- [10] Oracle, «www.oracle.com,» oracle, [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/co/database/what-is-database.html>. [Último acceso: 21 05 2020].
- [11] M. Fossati, «Todo sobre Mysql,» 2017. [En línea]. Available: https://books.google.com.co/books?id=GS3kAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=todo+sobre+mysql&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjv84jis7LrAhWFjlkKHRD7B_EQ6AEwAHOECAAQAg#v=onepage&q=todo%20sobre%20mysql&f=false. [Último acceso: 20 05 2020].
- [12] J. Puertas Pavon y E. L. Borges, Creación de un Sitio Web con Php y Mysql, Madrid: Ra-ma, 2015.
- [13] D. A. Aristizabal Martinez, PHP Básico y Practico, Medellin: ITM, 2012, p. 398.
- [14] M. A. Sanchez Maza, JavaScript, Antequera: Innova y Cualification, 2001, p. 186.
- [15] P. Arizmendi, AngularJS, Kindle, 2018, p. 229.
- [16] Instituto Colombiano de Normas Tecnicas, NTC 2050,"Codigo Electrico Colombiano", Bogotá D.C: INCONTEC, 1998, p. 640.
- [17] Geek Factory, «www.geekfactory.mx,» [En línea]. Available: <https://www.geekfactory.mx/tienda/radiofrecuencia/sistema-minimo-sim900-modulo-simcom/>. [Último acceso: 19 04 2020].
- [18] RogerBit, «The Power of the Bit; Sim900 Primeros Pasos Envío de SMS, Llamada, Encendido de un Led.,» [En línea]. Available: <http://rogerbit.com/wprb/2018/05/sim900-primeros-pasos-envio-de-sms-llamada-encendido-de-led/>. [Último acceso: 20 04 2020].
- [19] Naylamp Mechatronics, «Naylamp Mechatronics. Transformadores de Voltajes AC-ZMPT101B.,» [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/sensores-corriente-voltaje/393-transformador-de-voltaje-ac-zmpt101b.html>. [Último acceso: 20

04 2020].

[20] Open Energy Monitor, «learn.openenergymonitor.org,» [En línea]. Available: <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/interface-with-arduino..> [Último acceso: 01 06 2020].

[21] Naylamp Mechatronics SAC, «www.naylampmechatronics.com,» [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/46_Tutorial-sensor-de-temperatura-DS18B20.html. [Último acceso: 10 06 2020].

