



Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,
Sistemas y Telecomunicaciones
Programa de Ingeniería Eléctrica

**Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico con planta de respaldo,
como parte del proyecto de ampliación de cobertura en electrificación rural y
urbana en el municipio de Chitagá, norte de Santander**

Elvis Matheo Mendoza Muñoz

**Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,
Sistemas y Telecomunicaciones
Programa de Ingeniería Eléctrica
Pamplona N. DE S. – Colombia
2022**

**Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico con planta de respaldo,
como parte del proyecto de ampliación de cobertura en electrificación rural y
urbana en el municipio de Chitagá, norte de Santander**

Elvis Matheo Mendoza Muñoz

Director

M.Sc. Víctor Manuel Garrido Arévalo

Codirector

Ing. Jorge Alfred Araque Vera

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero
Eléctrico**

**Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica,
Sistemas y Telecomunicaciones
Programa de Ingeniería Eléctrica
Pamplona N. DE S. – Colombia
2022**

DEDICATORIA

*A mi madre, por ser el faro que siempre
está alumbrando mi rumbo, sin importar la
inmensidad del océano*

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios y a todas las personas que siempre me brindaron su apoyo incondicional y nunca dejaron que desistiera de mi sueño.

*A mi señora madre, hermanas y abuela que son el pilar fundamental de mi vida. **Este logro es para ustedes.***

*Agradecer a la empresa **DINGE S.A.S.** por brindarme la oportunidad de realizar las prácticas profesionales, a los ingenieros Rolando Guevara y Alfredo Araque por sus enseñanzas durante mi etapa en la empresa.*

Quiero agradecer a mi Alma mater la Universidad de Pamplona y a los docentes de la carrera por los conocimientos y enseñanzas que me brindaron.

Agradecimiento inmenso a aquellas madrinas (Sandra, Yolanda, Nubia) que Dios puso en mi camino y que aportaron su granito de arena para que yo pudiera culminar mis estudios, de todo corazón GRACIAS.

Resumen

Durante los últimos años se ha incrementado la implementación de paneles solares fotovoltaicos a nivel mundial, esto gracias a las diversas políticas que fueron creadas en distintos países con la finalidad de promover el uso de fuentes no convencionales de energía renovable, proyectada como solución para el abastecimiento del servicio de electricidad a zonas de difícil acceso y que por dicha razón están en zonas declaradas no interconectables. Este es el caso de la vereda Cornejo en el municipio de Chitagá, Norte de Santander, estos usuarios se encuentran en una zona de difícil acceso por lo que llevar la red tendría un gasto que no puede ser costeadado debido a que la inversión es alta y el retorno no costearía el valor invertido, es por eso que se planteó una alternativa a este problema, energía fotovoltaica fue la solución que se implementó en esta zona, con la instalación de un kit solar para cada usuario, y la implementación de un parque solar fotovoltaico junto a una planta generadora de respaldo, la cual cuenta con un sistema programado de control para poder llevar a cabo el inicio de la misma bajo diferentes parámetros establecidos en el código de programación, con estos sistemas se busca satisfacer el consumo básico de cada uno de los usuarios al igual que proveer un servicio de calidad para los mismos.

Palabras clave: energías renovables, parque solar, programación, paneles solares.

ABSTRACT

During the last years, the implementation of photovoltaic solar panels has increased worldwide, thanks to the various policies that were created in different countries with the purpose of promoting the use of non-conventional sources of renewable energy, projected as a solution for the supply of electricity service to areas that are difficult to access and that for this reason are in areas declared non-interconnectable. This is the case of the Cornejo village in the municipality of Chitagá, Norte de Santander, these users are in an area of difficult access, so carrying the network would have an expense that cannot be afforded because the investment is high and the return would not cover the invested value, that is why an alternative to this problem was proposed, photovoltaic energy was the solution that was implemented in this area, with the installation of a solar kit for each user, and the implementation of a solar park photovoltaic next to a backup generating plant, which has a programmed control system to be able to start it under different parameters established in the programming code, with these systems it is sought to satisfy the basic consumption of each one of users as well as providing a quality service for them.

Keywords: renewable energy, solar park, programming, solar panels.

Tabla de Contenido

Capítulo 1. Plan de trabajo	6
1.1. Descripción de la empresa.	6
1.2. Planteamiento del problema.	6
1.2.1. Descripción del problema.	6
1.2.2. Justificación.	7
1.3. Objetivos.	8
1.3.1. Objetivo general.	8
1.3.2. Objetivos específicos.	8
1.3.3. Acotaciones.	8
Capítulo 2. Desarrollo.....	9
2.1. Descripción de las actividades realizadas para lograr el cumplimiento de los objetivos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados.	9
2.1.1. Ubicación del proyecto.	9
2.1.2. Alcance del proyecto.	9
2.1.3. Planeación de actividades y recursos para el montaje en campo de sistemas de generación fotovoltaicos.	10
2.1.4. Diseño de las protecciones en DC y AC por sobrecargas	11
2.1.5. Programado de arranque automático de la planta de respaldo y el cambio de gasolina a gas.	13
2.1.6. Implementación de las instalaciones fotovoltaicas individuales y el sistema grupal con la planta de respaldo.....	21
2.2. Descripción de las herramientas conceptuales y metodológicas utilizadas en la práctica empresarial.	22
2.2.1. Sistema fotovoltaico.....	22
2.2.2. Control del sistema de respaldo.	26
Capítulo 3. Resultados.....	33
3.1. Descripción de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados.....	33
3.1.1. Instalación del sistema fotovoltaico en campo.....	33
3.1.2. Montaje del control de la planta generadora de respaldo.	36
3.1.3. Informe de campo.	36

3.1.4. Sistema de control de la planta generadora.	40
3.2. Análisis de impactos de la práctica empresarial realizada.....	44
Capítulo 4. Recomendaciones.....	45
4.1. Para el programa.....	45
4.1.1. Temáticas, software, habilidades, etc. Usados en la práctica y que en su criterio faltaron en su formación como ingeniero eléctrico.	45
4.1.2. Temáticas, software, habilidades, etc. Usados en la práctica y que efectivamente utilizó y aprendió en su formación como ingeniero eléctrico.	46
4.2. Para futuros practicantes.....	46
Bibliografía	48

Tabla de Figuras.

Figura 1. Ubicación del Proyecto.....	9
Figura 2. Costo del material requerido en campo para la instalacion fotovoltaica.	10
Figura 3. Planeación y control de actividades por sitio DINGE S.A.S.	11
Figura 4. Curvas B, C y D Calibres de 6 a 63 A	12
Figura 5. Declaración de uso de los pines en la tarjeta Arduino	13
Figura 6. Declaración de uso en los puertos de Arduino Mega	14
Figura 7. Inicio del programa en Arduino.....	15
Figura 8. Obtención del valor de la corriente AC y Potencia – Parte 1	15
Figura 9. Obtención del valor de la corriente AC y Potencia – Parte 2	16
Figura 10. Cálculo de la corriente en DC	17
Figura 11. Divisor de voltaje para lectura de entrada del voltaje en DC.....	17
Figura 12. Definición de parámetros de encendido de la planta generadora	17
Figura 13. Inicio del encendido de la planta en estado de Gas.....	18
Figura 14. Fallo en encendido del generador.....	18
Figura 15. Generador funcionando en Gas	19
Figura 16. Generador funcionando en Gasolina	19
Figura 17. Modo prueba de la planta	20
Figura 18. Falla de encendido en generador.....	20
Figura 19. Apagado de la Planta - Parámetros Normalizados.....	21
Figura 20. Panel Solar Policristalino 335W.....	23
Figura 21. Curva comparativa Corriente Vs Tensión para la incidencia de irradiación.....	23
Figura 22. Batería de ácido de plomo inundada Trojan T1275 de 12V	24
Figura 23. Ciclo de vida útil en relación con la profundidad de descarga.....	24
Figura 24. Inversor Powest 1KVA – 3KVA.....	25
Figura 25. Placa Arduino Mega2560.	26
Figura 26. Relé mecánico de 8 Canales Opto acoplados.....	27
Figura 27. Relé 11 Pines 110VAC.....	27
Figura 28. Contactor Steck S-K1 18Amp.....	28
Figura 29. Sensor de Corriente DC ACS758LCB 100A.....	28
Figura 30. Fuente Lm2596 Convertidor Dc-Dc Step down	29
Figura 31. Driver Puente H L298N 2A.....	30
Figura 32. Display 1602 16x2 LCD HD44780	31
Figura 33. Motor paso a paso PK245M-01AA	32
Figura 34. Portada Manual de instrucciones entregada a los usuarios.	34
Figura 35. Inversor instalado.....	34
Figura 36. Diagrama de instalación fotovoltaica individual.	35
Figura 37. Diagrama de instalación fotovoltaica - Parque solar.....	36
Figura 38. Pantalla del inversor donde se evidencia que no se envía corriente a las baterías.....	37

Figura 39. Voltaje en baterías del usuario U15	37
Figura 40. Terminal quemado por donde se provocó la avería del inversor	38
Figura 41. Terminales en mal estado que fueron retirados	39
Figura 42. Daño en el cableado del panel al inversor del usuario U12	39
Figura 43. Adhesivos informativos en la instalación fotovoltaica	40
Figura 44. Panel de control de la planta de respaldo	41
Figura 45. Conexión interno del control de la planta generadora	42
Figura 46. Diagrama de flujo de la planta generadora	43
Figura 47. Identificación de los relés	43

Tabla de Tablas

Tabla 1. Listado de usuarios del proyecto	9
Tabla 2. Códigos de fallas comunes en el inversor	33
Tabla 3. Códigos de advertencias comunes en el inversor	33

Capítulo 1. Plan de trabajo

1.1. Descripción de la empresa.

La empresa DINGE S.A.S. es una empresa de actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica, donde también se desarrollan instalaciones eléctricas

DINGE LTDA, es una organización que diseña y desarrolla proyectos de construcción y mantenimiento enfocados a la ingeniería eléctrica, aportando para ello la infraestructura adecuada y un personal capacitado; por tal motivo enfoca la prestación del servicio teniendo como compromisos fundamentales:

- Cumplir con las necesidades y exigencias de los clientes y partes interesadas.
- Aplicar controles para eliminar o minimizar los riesgos presentes en los sitios de trabajo, procurando con ello prevenir lesiones, incidentes y enfermedades laborales en los trabajadores, contratistas y visitantes.
- Cumplir con los requisitos legales vigentes y requisitos de otra índole aplicables a las actividades desarrolladas por la organización.

Para el logro de estos compromisos DINGE LTDA, dispone de talento humano competente, y los recursos económicos, tecnológicos y de infraestructura física necesarios para el desarrollo y mejora continua del Sistema de Gestión Integrado.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Descripción del problema.

En la actualidad en Colombia existen ciertas poblaciones que por diferentes motivos, ya sean sociales o económicos no se encuentran dentro del SIN (Sistema Interconectado Nacional), generando así una problemática para estas comunidades en especial las que se encuentran en zonas rurales de todo el territorio colombiano, ya que no cuentan con el servicio de energía eléctrica, dicha falta de este servicio conlleva a un impedimento para el desarrollo de las actividades diarias de las

familias que viven en estas comunidades; Colombia posee la sexta matriz más limpia de producción de energía a nivel mundial, el 68% de la capacidad instalada es de fuentes renovables de energía, con esta información sabemos que Colombia cuenta con las facilidades para generar energía con fuentes renovables.

El municipio de Chitagá en Norte de Santander, cuenta con una cobertura de energía eléctrica en zonas rurales del 83,39% según datos de TerriData tomados de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética), del 2019, un porcentaje por encima del departamental que es del 79% pero por debajo del nacional que es del 88,1%, contando así con un déficit del 16,61%, el porcentaje equivale a 2.097 personas aproximadamente que no cuentan con el servicio público de energía eléctrica.

1.2.2. Justificación.

Con la implementación de este proyecto apoyado por la alcaldía municipal se busca implementar un sistema fotovoltaico que contribuya al mejoramiento del estilo de vida de las familias de la vereda Cornejo, en el municipio de Chitagá, Norte de Santander, esto surge como una alternativa viable socioeconómicamente para poder solucionar la problemática de la prestación del servicio de energía eléctrica en esta zona del municipio, aumentando así su conectividad, facilidad de acceso a las nuevas tecnologías, incremento en la productividad de sus actividades diarias.

Contando con acceso a la electricidad, se incrementaría el porcentaje del nivel académico de niños y adolescentes, ya que por las limitaciones de la zona, un gran porcentaje solo cursan la primaria, con este beneficio podrán acceder a estudios de manera virtual para poder seguir avanzando en sus estudios, no solo beneficiando a los jóvenes, sino a aquellos agricultores de la zona que también tendrán acceso a información y conocimientos en sus áreas de interés.

Por otra parte, se plantea una solución a la problemática actual, no solo para la energización de zonas no interconectables, sino con el fin de dar un punto de inicio para el comienzo de la tan necesaria transición energética de fuentes convencionales y no renovables a fuentes renovables no convencionales de energía, con el objetivo de aportar a la disminución de la crisis ambiental actual, del cambio climático y del deterioro de los recursos naturales limitados que poseemos, como lo plantea la proyección de la matriz de generación energética 2050.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar e Implementar un sistema fotovoltaico con planta de respaldo, como parte del proyecto de ampliación de cobertura en electrificación rural y urbana mediante sistemas aislados de energías renovables en el municipio de Chitagá, Norte de Santander.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Planear actividades y recursos para montaje en campo del sistema de generación fotovoltaico.
- Diseñar las protecciones en DC y AC por sobrecargas o por bajos niveles de tensión.
- Programar arranque automático de la planta de respaldo y el cambio de gasolina a gas.
- Implementar las instalaciones fotovoltaicas individuales y el sistema grupal con la planta de respaldo.

1.3.3. Acotaciones.

- El uso del Arduino se hace por lineamientos de la misma empresa.
- El proyecto tiene una capacidad de 21 usuarios de los cuales 4 componen el parque solar con la planta de respaldo.

Capítulo 2. Desarrollo

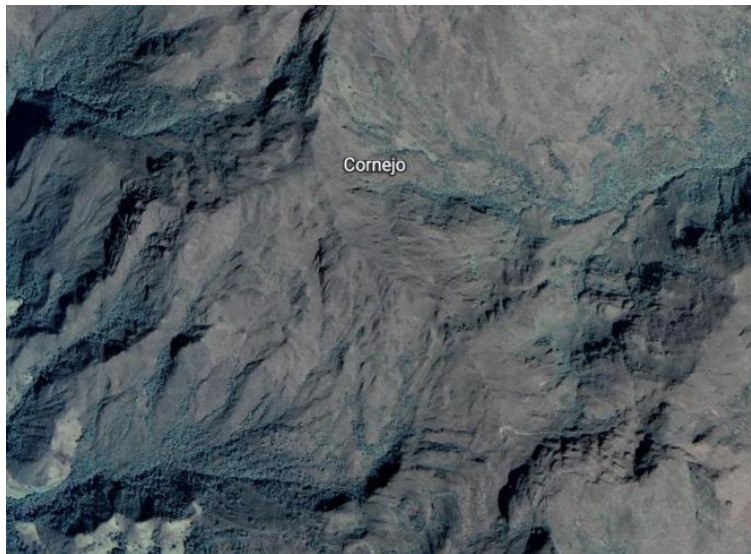
2.1. Descripción de las actividades realizadas para lograr el cumplimiento de los objetivos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados.

2.1.1. Ubicación del proyecto.

El proyecto se desarrolló en la vereda Cornejo, municipio de Chitagá, Norte de Santander

Coordenadas: 7°03'48" N 72°37'56" W

Figura 1. Ubicación del Proyecto



Tomado de: Google Earth.

2.1.2. Alcance del proyecto.

Tabla 1. Listado de usuarios del proyecto

U1	Escuela	U8	Hernando Villamizar	U15	Jorge Jaimes
U2	Antonio Maldonado	U9	Agustín Alvarado	U16	Juan Villamizar
U3	Wilmer Andrés	U10	Nidia Villamizar	U17	Andrea Quintero
U4	Mauricio Calderón	U11	Olinto Alvarado	U18	Javier Villamizar
U5	Yesid Villamizar	U12	Pedro Erasmo	U19	Ana Villamizar
U6	Esteban Ortiz	U13	Ramon Villamizar	U20	Edwin Carvajal
U7	Felix Calderón	U14	Manuel Alvarado	U21	Miryan Maldonado

2.1.3. Planeación de actividades y recursos para el montaje en campo de sistemas de generación fotovoltaicos.

Para el planteamiento de las actividades y de los recursos que se necesitaron en campo para lograr el montaje de los sistemas de generación se llevó a cabo un repaso previo de las idas a campo que se habían realizado, revisando así el orden y planeamiento que se había hecho y los recursos que se habían implementado, con el fin de tener una idea clara del trabajo en campo, del rendimiento de la cuadrilla y del avance que había tenido la misma con los materiales y la planeación hecha.

Se procede en base al análisis anterior a hacer el planeamiento, y contactar con los proveedores indicados en la empresa para la compra del material que se necesita para la próxima ida a campo, donde se realizó la revisión a dos inversores los cuales estaban presentando un fallo, por lo cual se tuvo que contar con dos inversores de respaldo para hacer el cambio en caso de que los que se encuentran ya instalados no se les pueda dar una solución y necesiten ser reemplazados, se requerían de dos kits de instalación (Compuestos de 2 Paneles de 335W – 1 Batería de Ciclo Profundo Trojan T1275 de 12V – Inversor Powest 1KVA – Material para realizar las instalaciones internas para tres (3) puntos de luminarias junto con tres (3) Tomacorrientes con interruptor.

Para la compra del material de la instalación fotovoltaica (excluyendo material usado para instalaciones internas debido a que este material se encontraba disponible en la empresa) se hicieron las cotizaciones del mismo para poder saber el presupuesto que se iba a gastar en este espacio y así poder

Figura 2. Costo del material requerido en campo para la instalacion fotovoltaica.

401	MODULO SOLAR DE AUTOGENERACION 670 W/H CON RADICION UTIL DE 3 HORAS -	REFERENCIA;	13	UNIDAD	UND
	Materiales				
COD MATER	DESCRIPCION (INCLUYE TRANSPORTE DESDE FABRICA O ALMACEN HASTA SITIO DE INSTALACION EN VEREDA)	UND	CANT.	V.UNITARIO CON IVA	V. TOTAL
	PANEL SOLAR 335W	UN	1	\$ 960.000,0	\$ 1.920.000,0
	INVERSOR DE ONDA PURA 12V 1KVA, CARGADOR MPPT	UN	1	\$ 1.800.000,0	\$ 1.800.000,00
	BATERIA DE CICLO PROFUNDO 200A	UN	1	\$ 2.680.000,0	\$ 2.680.000,00
	PROTECCIONES TERMO MAGNETICAS, EN DC PARA PANELES Y BATERIAS	UN	2	\$ 145.000,0	\$ 290.000,00
	ACCESORIOS DE CONEXIÓN (TERMINALES, CABLEADO, SOPORTE DE PANEL, ETC)	GLOB	1	\$ 500.000,0	\$ 500.000,00
				Subtotal Materiales	\$ 7.190.000,00

Tomado de: Autor

Figura 3. Planeación y control de actividades por sitio DINGE S.A.S.

		PLANEACIÓN Y CONTROL DE ACTIVIDADES POR SITIO EN ETAPAS O JORNADAS				Código: F-GCE-07	
		Proceso: GESTIÓN DE CONTRATACIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRA				Fecha de Aprobación: 18-12-2009	
		Versión: 01				Página: 1 de 3	
INFORMACIÓN USUARIO							
CONSECUTIVO DE EJECUCIÓN:		IN 10 _____	USUARIO:	U10	NOMBRE USUARIO	Nidia Villamizar	
COORDENADA GUÍA		N		C.C.	VEREDA:	CORNEJO	
		O		FECHAS:	PLANEACIÓN: 7/11/2022	EJECUCIÓN: 9/11/2022	TERMINACIÓN: 10/11/2022
DESCRIPCIÓN DE RECURSO HUMANO			ENCARGADO CUADRILLA:		Elvis Matheo Mendoza Muñoz		
TIPO DE INSTALACIÓN							
INTERNA ☐ REDES ☐ FOTOVOLTAICA ☒							
INSTALACIÓN DE POSTERÍA							
PLANEADO		DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES INCLUYENDO SITIOS DE SER NECESARIO					EJECUTADO
CÓD.	CANT						CANT
I1	3	INSTALACIÓN DE KIT BÁSICO DE DOS PLAFONES Y DOS SALIDAS CON INTERRUPTOR MIXTO					3
F1	2	INSTALACIÓN DE INVERSOR INDIVIDUAL					2
F2	4	INSTALACIÓN DE PANEL SOLAR					4
	0						
	0						
	0						
	0						
TIEMPO ESTIMADO PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO: 2 Días PROGRAMADOR Y FIRMA: _____							
OBSERVACIONES A LA PROGRAMACIÓN POR PARTE DEL EJECUTOR:							
COMO ENCARGADO EJECUTOR DECLARO HABER ENTENDIDO LA PROGRAMACIÓN Y CONTAR CON LOS RECURSOS PARA SU EJECUCIÓN (FIRMA TÉCNICO JEFE)							
COPIA CONTROLADA							

Tomado de: Autor

2.1.4. Diseño de las protecciones en DC y AC por sobrecargas

Se realizó la revisión del avance del proyecto, así como de los diferentes valores que se les habían dado a las protecciones eléctricas, en base a estos valores y guiándose de los cálculos de protección se hace la observación que las protecciones en AC se encontraban sobredimensionadas y las protecciones en DC se encontraban muy por debajo de los valores nominales, por lo tanto, se hicieron los siguientes cálculos para que así

- Cálculos en CD

$$P = i * v \quad \text{Por lo tanto } P = 40 * 12 \rightarrow P = 480W$$

Un valor que se encuentra a poca más mitad de la capacidad de generación del inversor, por lo que el nuevo cálculo se estima teniendo en cuenta un consumo aproximado de alrededor del 90% del total para la nueva protección

$$P = i * v \quad \text{Por lo tanto } P = 60 * 12 \rightarrow P = 720W$$

Con esto obtenemos un 90% de la capacidad máxima de generación.

- Cálculos en AC

$$P = i * v \quad \text{Por lo tanto } P = 40 * 120 \rightarrow P = 4800W$$

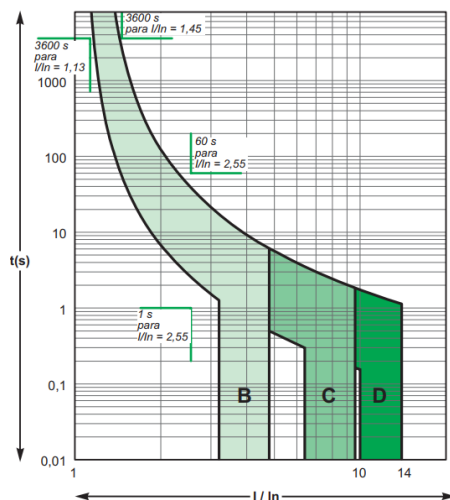
A diferencia del caso en CD en el caso de AC las protecciones se encontraban sobredimensionadas estando calculadas para una potencia de 4800W la cual es 6 veces más alta que la que puede entregar nuestro inversor que es de 800W

$$P = i * v \quad \text{Por lo tanto } P = 6 * 120 \rightarrow P = 720W$$

Al igual que el caso anterior obtenemos un 90% de la capacidad máxima de generación. y en comparación con la Figura X. que nos describe el comportamiento de la curva ITIC vemos que a esta capacidad puede durar más de una hora antes de que se dispare

Dejando como resultado en AC usaremos protecciones de 6Amperios, anteriormente teníamos una protección de 40 A por lo cual se encontraba sobredimensionada, y no lograría activarse en caso de existir un consumo alto o un corto que pueda provocar algún tipo de daño, al igual el inversor en su máxima capacidad nos entrega 800W por lo que jamás llegaría a esos niveles de consumo de corriente, en el caso de DC usaremos una protección de 60 Amperios, que a comparación de la de 40 está se encontraba en un nivel medio de consumo por lo que estaba por debajo de los niveles normalizados.

Figura 4. Curvas B, C y D Calibres de 6 a 63 A



Tomado de: (Tolocka, 2019)

2.1.5. Programado de arranque automático de la planta de respaldo y el cambio de gasolina a gas.

Para la programación del control de la planta generadora de 6KW se utilizó una tarjeta Arduino y programación del mismo lenguaje para plantear el código con el cual funcionaria este control, planteamos el uso de los siguientes pines

Figura 5. Declaración de uso de los pines en la tarjeta Arduino

```
const int valvulagasolina = 2;    float Sensibilidadcc = 0.012; // Modelo 100A [A/A]
const int valvulagas = 3;         int NumMuestras = 100;
const int selechoke = 4;          float voltaje_entrada;
const int selecgas = 41;          float voltaje_final;
const int contactor1 = 6;         float R1 = 9500; //Resistencia de 10K
const int botonpruebal = 7;      float R2 = 950; //Resistencia de 1k
const int arranque = 8;           unsigned long tiempoahora=0;
const int apagado = 10;           int estadogenerador1=1;
const int contactor = 9;          int estadoselecgas=1;
const int SeguroGas = 11;         int estadobotonpruebal=1;
const int piloto1 = 22;           int contadorprueba=0;
const int piloto2 = 23;           int contadorencendido=0;
const int piloto3 = 24;           int tiempo=30000;
const int estadogeneradorac = 25; int motorgas=5000;
                                int encendidogas=0;
```

Tomado de: Autor

A continuación, se declara el uso que se le va a dar a los diferentes pines de Arduino, siendo tres los modos que tenemos en esta parte del código:

OUTPUT: Pines configurados como OUTPUT con pinMode () se dice que están en un estado de baja-impedancia. Esto significa que pueden proveer una substancial cantidad de corriente a otros circuitos.

INPUT_PULLUP: El microcontrolador ATmega en el Arduino tiene resistencia acopladas a positivo internamente (resistencias que se conectan al poder internamente) que puedes usar. Si deseas usar estos en vez de resistencias externas se recomienda el uso de INPUT_PULLUP en pinMode ().

INPUT: Los pines del Arduino (ATmega) configurados como INPUT con pinMode () se dice que se encuentran en estado de alta-impedancia. Pines configurados como INPUT hacen muy poca demanda en el circuito en el que se usan, equivalente a una resistencia en serie de 100 Megohms en frente del pin. Esto los hace útiles para leer un sensor.

LOW y HIGH: Indican que la entrada o salida trabajará como Bajo o Alto / Low or High, el signo = ! Indica negación. (Arduino, 2017)

Figura 6. Declaración de uso en los puertos de Arduino Mega

```
pinMode(valvulagasolina, OUTPUT);  
pinMode(valvulagas, OUTPUT);  
digitalWrite(valvulagas, !LOW);  
pinMode(selechoke, OUTPUT);  
digitalWrite(selechoke, !LOW);  
pinMode(apagado, OUTPUT);  
pinMode(selecgas, INPUT_PULLUP);  
pinMode(contactor1, OUTPUT);  
digitalWrite(contactor1, !LOW);  
pinMode(botonpruebal, INPUT_PULLUP);  
pinMode(contactor, OUTPUT);  
digitalWrite(contactor, !LOW);  
pinMode(piloto1, OUTPUT);  
pinMode(piloto2, OUTPUT);  
pinMode(piloto3, OUTPUT);  
pinMode(arranque, OUTPUT);  
digitalWrite(arranque, !LOW);  
pinMode(estadogeneradorac, INPUT_PULLUP);
```

Tomado de: Autor

Aquí hacemos la iniciación al programa dando la bienvenida en la pantalla de la caja donde se instala el control, se encienden los bombillos piloto 1,2 y 3 que indican para el 1, Planta Encendida con Gasolina, para el 2, Planta encendida con Gas y para el 3 es cuando hubo un fallo en la planta.

Se hace un apagado y se verifica esto antes de iniciar el programa, cerrando la válvula de gasolina, el arranque y el choque, al igual que el apagado de la planta en general.

Figura 7. Inicio del programa en Arduino

```
lcd.begin(16, 2);  
lcd.clear();  
lcd.setCursor(3, 0);  
lcd.print("INICIANDO");  
lcd.setCursor(4, 1);  
lcd.print("SISTEMA");  
delay(1500);  
lcd.clear();  
digitalWrite(piloto1, HIGH);  
digitalWrite(piloto2, HIGH);  
digitalWrite(piloto3, HIGH);  
delay(1000);  
digitalWrite(valvulagasolina, !LOW);  
digitalWrite(arranque, ! LOW);  
digitalWrite(selechoke, ! LOW);  
digitalWrite(apagado, !LOW);
```

Tomado de: Autor

Comenzando el void loop tenemos la ecuación para poder hallar la corriente de Alterna y La potencia del mismo consumo, declarando las variables para estas dos medidas y se hace la impresión del resultado.

Figura 8. Obtención del valor de la corriente AC y Potencia – Parte 1

```
void loop()  
{  
float Irms=get_corriente(); //Corriente eficaz (A)  
float P=Irms*120.0; // P=IV (Watts)  
Serial.print(Irms);  
Serial.print(P);  
estadogenerador1=digitalRead(estadogeneradorac);  
estadoselecgas=digitalRead(selecgas);  
estadobotonpruebal=digitalRead(botonpruebal);
```

Tomado de: Autor

En esta segunda parte del código que se encuentra por afuera del void loop ().

Figura 9. Obtención del valor de la corriente AC y Potencia – Parte 2

```
float get_corriente()
{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    float Sumatoria=0;
    long tiempo=millis();

    int N=0;
    while(millis()-tiempo<500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30 ciclos de 60Hz)
    {
        analogReference(INTERNAL1V1);//sensorac// |
        voltajeSensor = analogRead(A7)*0;
        delay (10);
        voltajeSensor = analogRead(A7) * (1.1 / 1023.0);////voltaje del sensor
        corriente=voltajeSensor*100.0; //corriente=VoltajeSensor*(100A/1.1V)

        Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados
        N=N+1;
        delay(1);
    }
    Sumatoria=Sumatoria*2;//Para compensar los cuadrados de los semiciclos negativos.
    corriente=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del RMS
    return(corriente);
}
```

Tomado de: (Naylamp Mechatronics , 2016)

Notar que se duplicó el valor de la sumatoria para compensar el semiciclo negativo que se anuló en la rectificación de media onda.

El tiempo que dura la toma de muestras para el cálculo del RMS, debe ser múltiplo del Periodo. En nuestro caso 500ms que representan 30 ciclos de una señal de 60Hz.

En la (Figura 8) se realiza el código y el cálculo de la corriente de DC con un sensor bidireccional, aplicando un ciclo for con la finalidad de tomar varias muestras y hacer un promedio entre ellas, de esta forma obtenemos un valor medio con más precisión.

Figura 10. Cálculo de la corriente en DC

```
float corrienteSuma = 0;
for (int i = 0; i < NumMuestras; i++)
{
  analogReference(DEFAULT); //sensorDC//
  voltaje = (analogRead(A6) * 4.9) / 1023.0;
  corrienteSuma += (((-2.29489+ voltaje) / Sensibilidadcc)*-1);
  Serial.print(corrienteSuma);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(analogRead(A6));
}
corriente += (corrienteSuma / NumMuestras);

MostrarMedicion("Intensidad: ", corriente, " A ,");
MostrarMedicion("SalidaSensor: ", voltaje, " V");
```

Tomado de: Autor.

En esta parte del código tenemos la fórmula de un divisor de voltaje, realizando un montaje físico, con el fin de reducir el voltaje que va a entrar al puerto de Arduino, recordando que este valor de entrada no puede ser superior a los 5V para evitar daños en el puerto del Arduino.

Figura 11. Divisor de voltaje para lectura de entrada del voltaje en DC

```
analogReference(DEFAULT);
float analogvalue = analogRead(A5);
voltaje_entrada = (analogvalue * (4.9 / 1023.0)); //Lee el voltaje de entrada//
voltaje_final = (voltaje_entrada)+2 / (R2 / ( R1+R2 )); //Fórmula del divisor resistivo para el voltaje final
```

Tomado de: Autor

Tendremos establecidas 3 condiciones por las cuales nuestra planta entraría en funcionamiento:

por un alto consumo en Directa, en este caso mayor a **85 A**
para corriente en alterna un valor mayor a **18 A**
cuando el voltaje de la batería caiga por debajo de los **21,4 V**

Figura 12. Definición de parámetros de encendido de la planta generadora

```
if ( (corriente > 85.00) || (Irms > 18.0) || (voltaje_final < 21.40) ){
  estadogenerador1=digitalRead(estadogeneradorac);
```

Tomado de: Autor.

Una vez que se cumplan los parámetros de inicio, la comprueba en qué estado se encuentra el selector de Gas o Gasolina, con esto procede a hacer el encendido de la planta, como lo podemos ver a continuación, apaga la planta, abre la válvula de gasolina, efectúa la conexión con el choque y da arranque, luego baja estas señales y comprueba el estado del generador.

Figura 13. Inicio del encendido de la planta en estado de Gas

```
if (estadoselecgas==0)
{
    digitalWrite(apagado, !LOW);
    digitalWrite(valvulagasolina, !LOW);
    delay(3500);
    digitalWrite(selechoke, !HIGH);
    delay(6500);
    digitalWrite(arranque, !HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(arranque, !LOW);
    digitalWrite(selechoke, !LOW);
    delay(1000);

    estadogenerador1=digitalRead(estadogeneradorac);
```

Tomado de: Autor.

Cabe mencionar que este proceso de encendido lo hace un total de tres veces, después de esto el arroja el siguiente mensaje donde indica que hubo un fallo al momento de encender el generador.

Figura 14. Fallo en encendido del generador

```
if (( contadorprueba==2)&&(estadogenerador1==1)) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("FALLA ENCENDIDO ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("GENERADOR");
    delay(2000);
    digitalWrite(piloto3, HIGH);
}
}
```

Tomado de: Autor.

En esta parte Si el estado del generador es = 0 lo cual nos indica que el generador encendió de manera adecuada, lo que hace es hacer la apertura de la válvula de gas mediante el motor paso a paso, haciendo un avance de 50 pasos, aproximadamente un 45° de desplazamiento en grados, luego de esto hace el cierre de la válvula de gasolina, entrando el contactor de la planta generadora y sacando los relés que vienen desde el inversor, este control mediante contactores y relés se hace por seguridad, evitando así que se puedan llegar a encontrarse ambas corrientes

Figura 15. Generador funcionando en Gas

```

if (estadoselecgas==0)
{
    digitalWrite(apagado, !LOW);
    digitalWrite(valvulagasolina, !LOW);
    delay(3500);
    digitalWrite(selechoke, !HIGH);
    delay(6500);
    digitalWrite(arranque, !HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(arranque, !LOW);
    digitalWrite(selechoke, !LOW);
    delay(1000);
}

if ( estadogenerador1==0){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("GENERADOR GAS");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("AUTO ON 120V AC");
    delay (4500);
    digitalWrite(SeguroGas, !HIGH);
    delay (1500);
    motor.setSpeed(25);
    motor.step(-50);
    delay(500);
    digitalWrite(valvulagasolina, !HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(contactor1, !HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(contactor, !HIGH);
    digitalWrite(pilotol, HIGH);
    delay(60000);
    contadorencendido=0;
    encendidogas++;
}

```

Tomado de: Autor.

Como aclaración de esta parte del código, sabemos que el generador no podría encender mediante la gasolina, por esto mismo el encendido del generador si o si se debe hacer con gasolina, después de un tiempo establecido para que se establezca la planta generadora, luego de esto la planta entra en funcionamiento con gas.

Si no se hace el funcionamiento de la planta por Gas, esta funcionaria con Gasolina, siendo que la perilla esté seleccionando dicho funcionamiento, el cual realizará el mismo ciclo de encendido que se hizo en la modalidad de Gas.

Figura 16. Generador funcionando en Gasolina

```

else if (estadoselecgas==1) {
    digitalWrite(apagado, !LOW);
    digitalWrite(valvulagasolina, !LOW);
    delay(3500);
    digitalWrite(selechoke, !HIGH);
    delay(6500);
    digitalWrite(arranque, !HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(arranque, !LOW);
    digitalWrite(selechoke, !LOW);
    delay(1000);
}

if ( (estadogenerador1==0) ){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("GENER GASOLINA");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("AUTO ON 120V AC");
    delay(2000);
    digitalWrite(contactor1, !HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(contactor, !HIGH);
    digitalWrite(pilotol, HIGH);
    contadorencendido=0;
}

```

Tomado de: Autor

El sistema de control también cuenta con un botón de prueba, esto para hacer uso de la planta en casos donde haya pasado más de 15 días sin darle un uso a la planta, esto para que no presente algún tipo de fallo por el no uso de la misma, o simplemente para probar el funcionamiento de la misma, esto se hace con un If, donde indica dos condiciones, una que sea que el botón de prueba esté presionado y que el generador se encuentre apagado.

Figura 17. Modo prueba de la planta

```
if (( estadobotonprueba==0) && (estadogenerador1==1)) { if (estadogenerador1==0) {
    delay(100);
    contadorprueba++;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("PRUEBA ");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print("ON");
    delay(100);
    if ( estadoselecgas==0)
    {
        digitalWrite(apagado, !LOW);
        delay(2500);
        digitalWrite(selechoke, ! HIGH);
        delay(6500);
        digitalWrite(arranque, ! HIGH);
        delay(3000);
        digitalWrite(arranque, ! LOW);
        digitalWrite(selechoke, ! LOW);
    }
    estadogenerador1=digitalRead(estadogeneradorac);
    delay(1000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("GENERADOR EN ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("PRUEBA 120V AC");
    digitalWrite(SeguroGas, !HIGH);
    delay (1500);
    motor.setSpeed(25);
    motor.step(-50);
    delay(5000);
    digitalWrite(valvulagasolina, !HIGH);
    delay(60000);
    digitalWrite(SeguroGas, !HIGH);
    delay (1500);
    motor.setSpeed(25);
    motor.step(50);
    delay(1000);
    digitalWrite(apagado, !HIGH);
    delay(5000);
    digitalWrite(apagado, !LOW);
    digitalWrite(valvulagasolina, !LOW);
    contadorprueba=0;
};
```

Tomado de: Autor.

Si el generador no logra hacer el encendido en menos de 3 intentos la planta dejará de hacer el proceso de encendido y proyectará en la pantalla el mensaje “Fallo Encendido Generador”

Figura 18. Falla de encendido en generador

```
if (( contadorprueba==2) && (estadogenerador1==1)) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("FALLA ENCENDIDO ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("GENERADOR");
    delay(2000);
    digitalWrite(piloto3, HIGH);
}
}
```

Tomado de: Autor.

Una vez que los parámetros se hayan normalizado, y después de pasados 20min, estos minutos son para que no tengamos una entrada y salida de la planta generadora cada pocos minutos ya que esto puede llegar a bajar el rendimiento del generador, la planta hará la salida, el programa volverá a activar los relés que llevan la corriente desde el inversor a la carga.

Figura 19. Apagado de la Planta - Parámetros Normalizados

```
if ((Irms < 8.0) && (estadogenerador1==0) && (encendidogas==1)){  
  
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(3,0);  
    lcd.print("PARAMETROS");  
    lcd.setCursor(2,1);  
    lcd.print("NORMALIZADOS");  
    delay(120000); //9000000  
    digitalWrite(apagado, !HIGH);  
    delay(3000);  
    digitalWrite(contactor, !LOW);  
    delay(2000);  
    digitalWrite(contactor1, !LOW);  
    delay(1000);  
    delay(100000);  
    digitalWrite(apagado, !LOW);  
    digitalWrite(valvulagasolina, !LOW);  
    digitalWrite(SeguroGas, !LOW);  
    delay(1500);  
    motor.setSpeed(25);  
    motor.step(50);  
    lcd.setCursor(3,0);  
    lcd.print("ERROR");  
    contadorencendido=0;  
    digitalWrite(pilotol, LOW);  
    encendidogas=0;  
}
```

Tomado de: Autor.

Con eso terminamos el código programado para llevar a cabo el control de la planta generadora.

2.1.6. Implementación de las instalaciones fotovoltaicas individuales y el sistema grupal con la planta de respaldo.

Para la implementación de las instalaciones fotovoltaicas de manera individual se llevó el material correspondiente para cada usuario, compuesto del panel solar, inversor, batería, y redes eléctricas internas, al igual que para el parque solar y el sistema de respaldo con planta generadora de 6KW.

El proyecto está planteado desde la parte del DPS de la alcaldía de Chitagá donde ellos hicieron el análisis y revisión de la vereda por lo en el proyecto no es necesario calcular y caracterizar aspectos como lo son cargas, irradiaciones, etc. El proyecto ya traía lineamientos que se tienen que cumplir

al pie de la letra para no desacatar o incumplir el contrato, o en el caso de tener ciertas recomendaciones se podrían hacer a la misma alcaldía, pero generalmente el proyecto se ejecuta de la forma en la que viene planteado.

De los 21 usuarios que tiene el proyecto, 17 de los usuarios tienen una instalación individual y 4 se encuentran ubicados y alimentados por un mismo inversor de mayor capacidad, que tienen el respaldo de la planta generadora, aquí es donde se implementa el parque solar.

Para las instalaciones individuales contamos con 2 paneles de 335W una batería de 12V y 200Ah , un inversor de 1KVA y las instalaciones internas, el parque solar por el contrario cuenta con 6 paneles de 335W 4 baterías de 6V y 250Ah, un inversor de 3KVA, la planta de respaldo junto con el control y las instalaciones internas.

Ver resultados.

2.2. Descripción de las herramientas conceptuales y metodológicas utilizadas en la práctica empresarial.

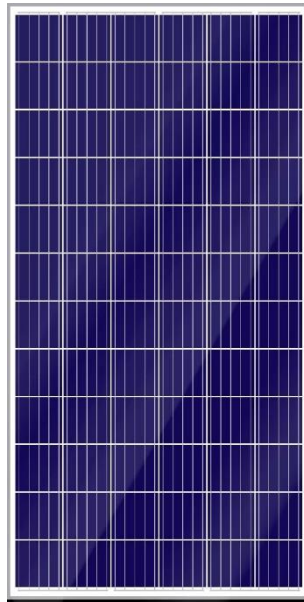
Dentro de los diferentes componentes utilizados para poder llevar a cabo el proyecto de grado en modalidad de prácticas tenemos los siguientes

Hemos de saber que el proyecto se dividió en dos partes, la primera son aquellos componentes que conforman el sistema fotovoltaico para cada usuario y el otro es el sistema de respaldo que lleva un control programable para el encendido de la planta generadora

2.2.1. Sistema fotovoltaico.

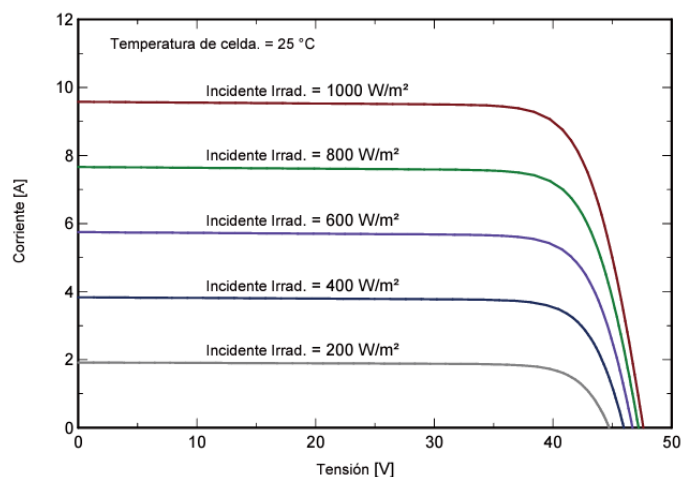
- ***Panel Solar Policristalino 335W***

Figura 20. Panel Solar Policristalino 335W



Tomado de: (Autosolar, 2022)

Figura 21. Curva comparativa Corriente Vs Tensión para la incidencia de irradiación



Tomado de: (Autosolar, 2022)

Los paneles policristalinos tienen una mayor resistencia al sobrecalentamiento, comparado con los paneles policristalinos, esto ya que los policristalinos absorben el calor a una mayor velocidad que los policristalinos, estos paneles son la unión de varios cristales de silicio, estas células de silicio que forman el panel se originan enfriando artificialmente una célula monocristalina, cuando el silicio se enfría, se fragmenta y forman cristales individuales, este proceso es realizado con el silicio en bloque, el cual posteriormente es cortado en placas los cuales son módulos fotovoltaicos que son los usados en los paneles solares policristalinos, estos paneles no requieren de un mantenimiento

especial, sin embargo se recomienda que sus celdas estén limpias para que su funcionamiento sea optimo. (Autosolar, 2022)

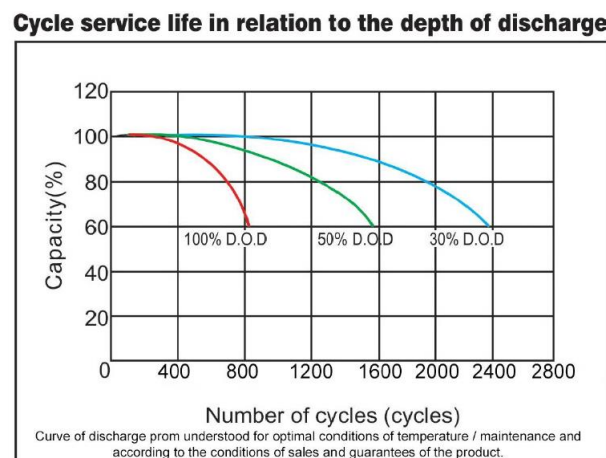
- **Batería de ciclo profundo**

Figura 22. Batería de ácido de plomo inundada Trojan T1275 de 12V



Tomado de: (Crown Battery, 2021)

Figura 23. Ciclo de vida útil en relación con la profundidad de descarga



Tomado de: (Crown Battery, 2021)

Una batería de ciclo profundo, es una batería de plomo que está diseñada para abastecer la energía de una manera sostenida por un periodo de tiempo prolongado de una manera segura, esto con el fin de realizar una descarga de aproximadamente un 80% o más, después de este ciclo de descargar del 80% o más se debe recargar, para prolongar su vida útil y mejorar su eficiencia, estas baterías pueden descargarse hasta este porcentaje, pero es recomendable incluso por los mismos

fabricantes no descargarla más del 50% para de igual manera poder prolongar sus ciclos y así mismo aumentar su vida útil.

Este nivel de descarga de ciclo profundo que diferencia de otros tipos de baterías que solo suministran pequeñas ráfagas de energía antes de que tengan que ser recargadas nuevamente, en este proyecto se implementaron las baterías de ciclo profundo inundadas/húmedas, estas requieren de un monitoreo regular, esto se hace cuando los niveles de electrolitos son bajos en este tipo de baterías, en ese momento el usuario debe rellenar la batería adecuadamente para mantener el rendimiento. (Crown Battery, 2021)

- **Inversor Powest – UPS Híbrida 1KVA**

Figura 24. Inversor Powest 1KVA – 3KVA



Tomado de: (Powest, 2019)

El inversor POWEST está equipado con un controlador MPPT que de manera eficiente administra la energía de sistemas de paneles solares, baterías, generadores eólicos y de red eléctrica, este logra ser un sistema aislado sin cortes de luz, que tiene la capacidad de trabajar de 19 modos diferentes según la necesidad y prioridad, este viene con un cargador inteligente, el cual es capaz de detectar el tipo de batería que se esté conectando al mismo. (Powest, 2019)

Características del inversor:

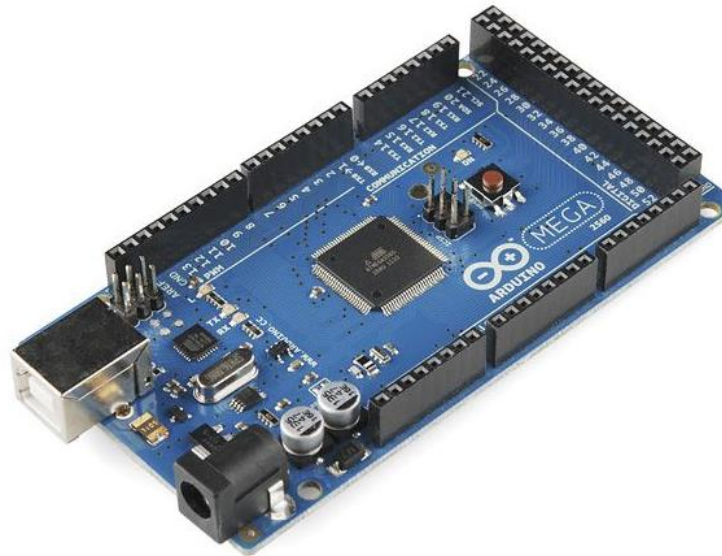
- Señal de salida onda senoidal pura
- Capacidad de carga solar MPPT controlador
- Rango de tensión de entrada seleccionable para los electrodomésticos y ordenadores personales

- Compatible con la tensión de red o de un generador
- Auto reinicio mientras que el AC se está recuperando
- Protección de sobrecarga y cortocircuito

2.2.2. Control del sistema de respaldo.

- **Arduino Mega 2560**

Figura 25. Placa Arduino Mega2560.



Tomado de: (Proyecto Arduino, 2018)

Este modelo de Arduino es una placa basada en el microcontrolador ATmega2560. Dispone de 54 entradas y salidas digitales (Según su configuración), de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM (Pulse Wide Modulation), cuenta con 4 puertos seriales por hardware (UART), un cristal de 16MHz, conexión USB, un conector de alimentación, conector ICSP para programación y un botón de reset. Esta placa es óptima para proyectos grandes gracias a la cantidad de pines que dispone para ser tomados ya sea como salida o entrada. (Proyecto Arduino, 2018)

- **Módulos Relé**

Figura 26. Relé mecánico de 8 Canales Opto acoplados



Figura 27. Relé 11 Pines 110VAC



Tomado de: (Industrias GSL, 20201)

Este módulo de relevadores es para la conmutación de cargas de potencia, los contactos de los relevadores son diseñados para conmutar cargas de hasta 10A y 250VAC o 30VDC, Las entradas de control están aisladas con optoacopladores para poder minimizar el ruido que es percibido por el circuito de control TTL o CMOS como puede ser un microcontrolador. Es ideal para conmutar cargas de corriente alterna conectadas a la red eléctrica. Se puede aplicar en zonas industriales, control del PLC entre otros. (Industrias GSL, 20201)

- **Contactor Steck S-K1**

Figura 28. Contactor Steck S-K1 18Amp



Tomado de: (NIVIHE S.A., 2021)

El contactor es un dispositivo eléctrico que puede abrir o cerrar circuitos en carga o en vacío, en los cuales intervengan algunas cargas de intensidad capaces de producir algún efecto dañino para algún operario que lo accione como lo serian maniobras de cierre y apertura de instalaciones de motores, estos son dispositivos de conmutación eléctrica, similares a los relés, a diferencia de estos, los contactores pueden manejar niveles de corriente mucho más altos que los relés comunes, esta característica es la que los hace más útiles en aplicaciones de equipos móviles, este funciona aplicando un voltaje a la bobina que trae , lo cual crea un campo magnético, el cual mueve los contactos a la posición cerrada y completa el circuito, luego de que se quita el voltaje en la bobina, estos contactos se abrirán lo cual pondrá en posición abierta los contactos y desconectará el circuito. (NIVIHE S.A., 2021)

- **Sensor de Corriente DC**

Figura 29. Sensor de Corriente DC ACS758LCB 100A

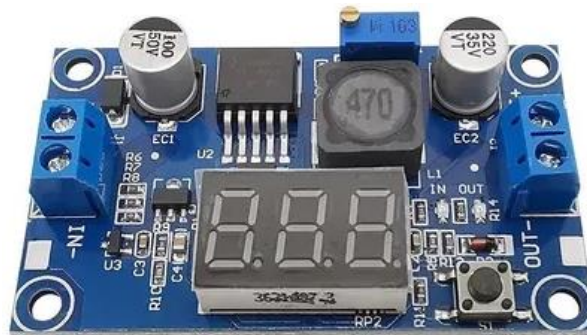


Tomado de: (Makerfabs, 2021).

El sensor de corriente DC proporciona una medida precisa de detección de corriente tanto en AC y DC, es comúnmente utilizado para el control de motores, detección de carga, fuente de alimentación y control del convertidor de DC a AC, control de inversor y detección de fallas por sobre corriente, este sensor consta de un Hall lineal de precisión y baja compensación, genera un campo magnético que el Hall convierte en un voltaje proporcional, la precisión del mismo es optimizado a través de la proximidad de la señal magnética al transductor Hall, Posee inmunidad de alto nivel a conductor de corriente dv/dt y parasita, este dispositivo tiene un rendimiento líder en la industria en la disminución de ruido empleando técnicas de diseño de amplificaciones y filtros, el blindaje integrado que posee reduce en gran medida el acoplamiento capacitivo del conductor de corriente, una pérdida de potencia ultra baja, gracias a un conductor interno de $100\ \mu\Omega$ resistencia. (Makerfabs, 2021).

- **Fuente Lm2596 Convertidor Dc-Dc**

Figura 30. Fuente Lm2596 Convertidor Dc-Dc Step down

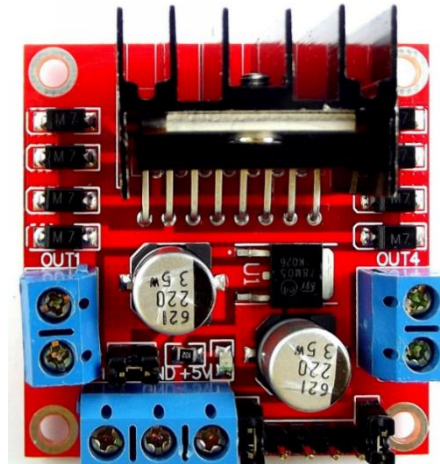


Tomado de: (Naylamp mechatronics, 2021)

Este convertidor Dc-Dc es un circuito integrado monolítico que es adecuado para el diseño fácil y conveniente de una fuente de conmutación de tipo Buck, capaz de conducir una corriente máxima de 3A, maneja una carga con excelente regulación de línea y bajo un voltaje de rizado, cuenta con un voltímetro que permite medir el voltaje de entrada y de salida, este módulo reduce al mínimo los componentes externos para simplificar el diseño de fuentes de alimentación, este al ser una fuente de alimentación conmutada, hace que su eficiencia sea significativamente mayor en comparación de los reguladores lineales de tres terminales, especialmente cuando la tensión de entrada es bastante elevada. (Naylamp mechatronics, 2021)

- **Driver L298N**

Figura 31. Driver Puente H L298N 2A

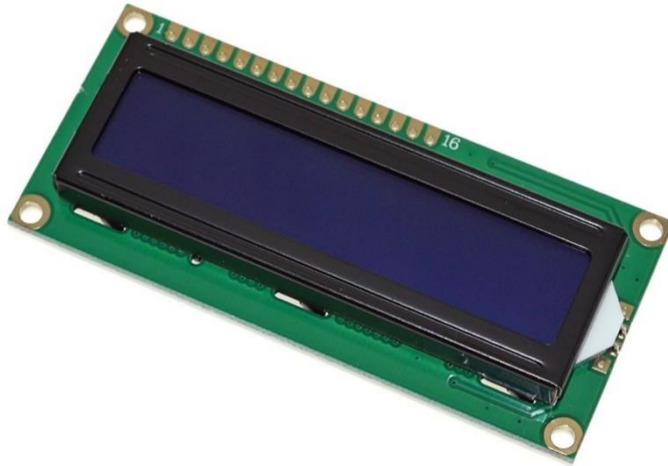


Tomado de: (Naylamp mechatronics, 2021)

El driver L298N es el módulo más usado para el control de motores DC de máximo 2A, el chip interno trae dos Puentes H completos que permiten realizar en control de dos motores DC o un motor paso a paso ya sea unipolar o bipolar, el módulo también permite hacer el control del sentido y velocidad de giro de los motores mediante señales TTL que se pueden obtener de microcontroladores y tarjetas de desarrollo como lo es Arduino o Raspberry Pi, el control es realizado mediante dos pines para cada motor, o los 4 para uno paso a paso, la velocidad puede ser regulada haciendo uso de la modulación por ancho de pulso o conocida por sus siglas en ingles PWM, tiene integrado un regulador de voltaje LM7805 de 5V el cual se encarga de alimentar la parte lógica, posee un regulador de voltaje, el cual trae un jumper con dos diferentes configuraciones. Si el jumper del regulador está cerrado el regulador de tensión del L298N se activará, y en V lógico tendremos una salida de 5V. Si el jumper es quitado se desactivará el regulador, de tal modo que necesitaremos alimentar la parte lógica del módulo con una entrada de 5V por la conexión del V lógico para que el módulo funcione correctamente. (Naylamp mechatronics, 2021)

- **Display LCD 16x2**

Figura 32. Display 1602 16x2 LCD HD44780



Tomado de: (Ferretrónica, 2021)

Pantalla básica LCD usada generalmente para proyectos con microcontroladores, con las siguientes características:

- Voltaje de Operación DC: 5V
- Consumo de corriente con luz de fondo: 25 mA
- 2 líneas x 16 caracteres
- Controlador HD44780 (compatible KS0066U)
- Interface paralela. Puede operar en modo de 8 bits, o de 4 bits para ahorrar pines del Microcontrolador
- Luz de Fondo color Azul
- Caracteres color blanco
- Tamaño de caracteres: 5 x 8 puntos
- Tamaño de caracteres: 5.23 mm x 3 mm. (Ferretrónica, 2021)

- ***Motor Paso a Paso***

Figura 33. Motor paso a paso PK245M-01AA



Tomado de: (TME Electronic Components, 2020)

Un motor paso a paso es un motor de CC sin escobillas en el que el movimiento de rotación resultante de la construcción del motor se divide en pasos. Una rotación del eje suele ser de 360° dividida en 200 pasos. Esto significa que en este caso el eje solo realiza una carrera cada $1,8^\circ$. Debido a que los motores paso a paso saltan entre estados intermedios en lugar de girar suavemente, el funcionamiento de los motores paso a paso tiene un sonido y una vibración característicos. Consta de un rotor y un estator. El estator es la parte estacionaria y el rotor está montado sobre un eje con cojinetes que giran de acuerdo con el campo magnético giratorio generado alrededor del estator. Cuando una corriente fluye a través de un devanado del estator, se genera un campo magnético a su alrededor. Un flujo magnético dado tiene una dirección y magnitud que depende de la magnitud y dirección de la corriente que fluye a través de una bobina en particular.

Características:

- Torque: 0,43 N·m
- Corriente por fase: 0,85 A/Fase
- Voltaje: 5,6 VDC
- Inercia del Rotor: $68 \times 10^{-7} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

Para nuestro particular caso usamos un motor de $1,8^\circ$ de step, que nos genera la precisión más que suficiente para poder efectuar la apertura y cierre de nuestra válvula de gas. (TME Electronic Components, 2020)

Capítulo 3. Resultados

3.1. Descripción de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta los criterios de ingeniería aplicados.

3.1.1. Instalación del sistema fotovoltaico en campo.

Se realizó (a cada uno de los usuarios que se encuentran fuera del parque solar) la respectiva instalación del sistema fotovoltaico, compuesto por Inversor, Breakers, Paneles Solares y junto a esto también se hicieron las instalaciones de las redes internas residenciales que cuentan con 4 puntos de iluminación al igual que 4 puntos de Mixtos (Interruptor y Toma Corriente), y se les hizo las debidas aclaraciones de uso a los mismos usuarios con el fin de no tener fallos de sobrecarga en el inversor, así mismo se les hizo una inducción junto con la entrega de un manual de uso en caso de que se llegue a presentar alguna falla, estas fallas que se implementaron en el manual fueron aquellas que se presentaron durante las pruebas que se le hicieron al inversor en las instalaciones de la empresa, dándose como más frecuentes las siguientes fallas y advertencias :

Tabla 2. Códigos de fallas comunes en el inversor

Código de Falla	Nombre de la Falla
04	Voltaje bajo de la Batería
05	Los componentes internos del convertidor detectan un cortocircuito de salida o un exceso de temperatura.

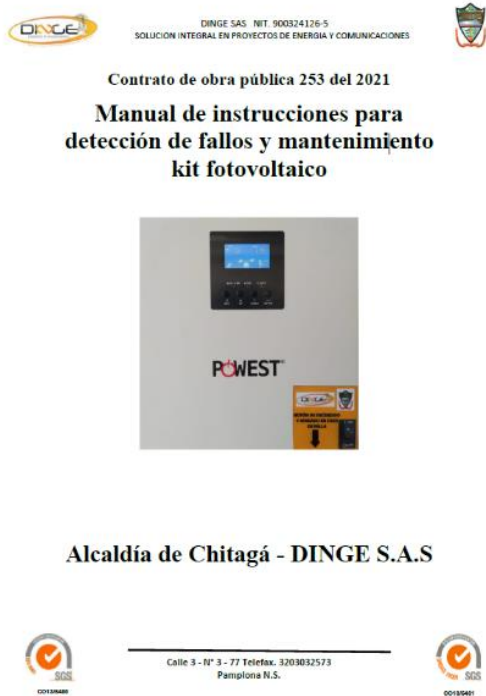
Nota: En esta tabla vemos las fallas más comunes que se pueden presentar en el inversor obtenidas de las pruebas hechas en la empresa, sin embargo, no se excluye que haya otra falla.

Tabla 3. Códigos de advertencias comunes en el inversor

Código de Advertencia	Nombre de la Advertencia
04	Batería baja
07	Sobrecarga

Nota: En esta tabla vemos las Advertencias más comunes que se pueden presentar en el inversor obtenidas de las pruebas hechas en la empresa, sin embargo, no se excluye que haya otra advertencia.

Figura 34. Portada Manual de instrucciones entregada a los usuarios.



Tomado de: Autor.

Figura 35. Inversor instalado



Tomado de: Autor.

Figura 36. Diagrama de instalación fotovoltaica individual.

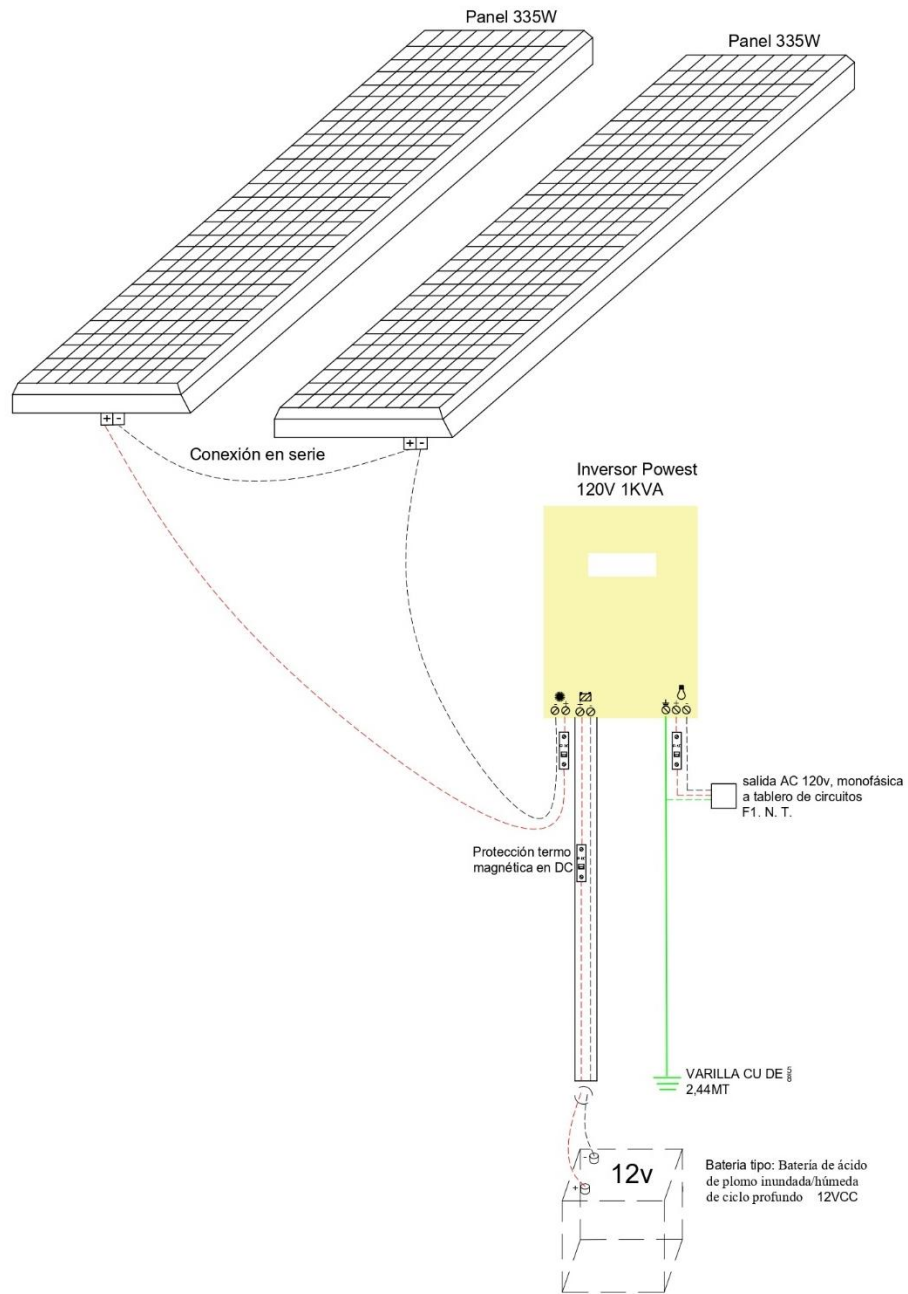
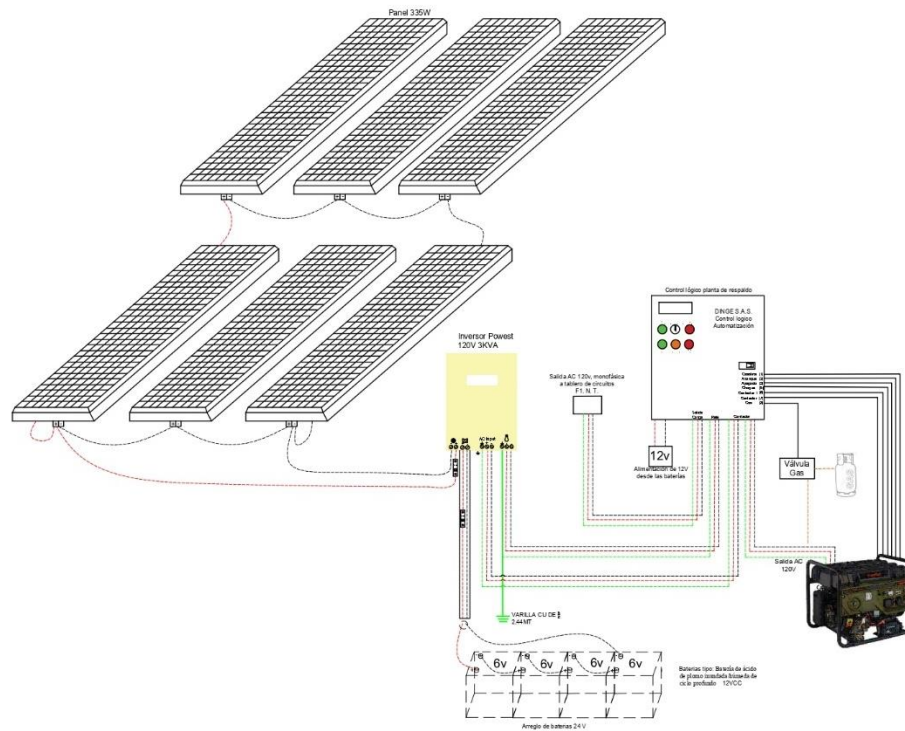


Figura 37. Diagrama de instalación fotovoltaica - Parque solar.



3.1.2. Montaje del control de la planta generadora de respaldo.

Para el montaje de control y de la planta generadora, se realizó en la escuela U1, donde parte la red para los otros 3 usuarios, ya que el 4to usuario se encuentra justo al lado de la escuela. La instalación se realizará dejando en cuartos distintos el cajón de control y por otro lado la planta generadora, con esto se busca prevenir daños a el control de la planta, siendo que dado a los ruidos electrónicos que esta causa, sumado a las vibraciones de generadas por la planta, por esto mismo es que se instaló por aparte.

3.1.3. Informe de campo.

Se realizó la visita a algunos de los usuarios donde se han instalado el sistema fotovoltaico, esta visita se hizo en base a la disponibilidad de los usuarios en sus viviendas y del recorrido planteado junto con el técnico acompañante en campo.

De las instalaciones revisadas solo 2 de estas estaban presentando problemas, de estas 2 instalaciones la del usuario Pedro Erasmo presentaba un problema en la parte del controlador de

carga, debido a que el inversor desde el panel hacia un correcto envío de la potencia hacia la carga, pero al momento de hacer el envío de carga a la batería este no registraba ningún tipo de potencia o amperaje hacia la batería como podemos observar en la siguiente imagen.

Figura 38. Pantalla del inversor donde se evidencia que no se envía corriente a las baterías



Tomado de: Autor.

Presenta un error en la pantalla debido a que indica que la batería se encuentra cargando, pero realmente no se envía ningún tipo de carga a la misma.

El inversor del usuario U15 presentaba fallo total debido a que este a pesar de que la batería se encontraba en un voltaje estable de aproximadamente 11.5 V como se puede ver en la siguiente imagen.

Figura 39. Voltaje en baterías del usuario U15



Tomado de: Autor.

Pero al momento de encender el inversor este no presenta ningún tipo de indicio de funcionamiento, se hicieron varias pruebas para intentar darle funcionamiento al inversor pero no se logró encender, se determinó que debido a una conexión realizada de manera externa a la empresa (por el usuario) en las baterías estas fueron conectadas de manera incorrecta debido a que estas llevan una polarización indicada para hacer la conexión con el inversor, debido a esto el inversor sufrió un corto circuito en la entrada de las baterías lo que provocó el daño.

Se evidencia una apertura por parte de los usuarios del inversor lo cual en este caso que se presentó una falla no se puede acceder a la garantía por dicho motivo de apertura.

La empresa se hace cargo de dicho inconveniente y hace la reposición del inversor de sus recursos para poder prestar el mejor servicio a los usuarios.

En ambos casos se hizo el cambio del inversor para dejar funcionando ambos sistemas para que los usuarios puedan seguir usando su sistema fotovoltaico.

En la casa del señor U15 en el terminal de los paneles a la entrada del inversor se encuentra uno de los terminales quemados, esta quemadura afectó a el inversor ya que este fue el que se encontró en estado de falla y que no encendía.

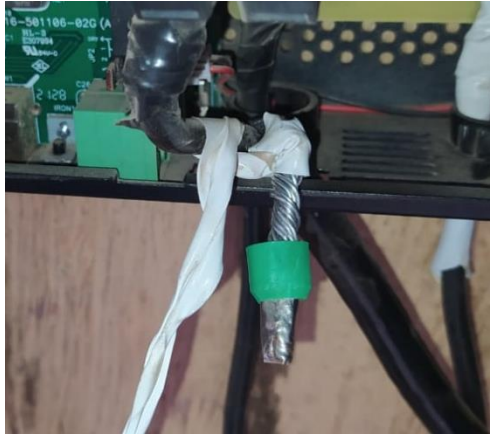
Figura 40. Terminal quemado por donde se provocó la avería del inversor



Tomado de: Autor.

Se encontró que los terminales que se instalaron en la entrada de los paneles hacia el inversor eran de una mala calidad lo que provocaba que cuando se hizo la revisión ellos mismo salían sin necesidad de ejercer algún tipo de fuerza, esto podría facilitar un falso contacto provocando un corto o el daño del inversor, se realizó el retiro de dichos terminales y se instaló sin incluirlos dejando directamente el cable en la entrada del inversor. En la siguiente foto se evidencian los terminales de entrada de los paneles.

Figura 41. Terminales en mal estado que fueron retirados



Tomado de: Autor.

Se evidenció en la casa del usuario U12 en el cableado del panel una ruptura de los hilos del cableado lo que pudo provocar un daño en el mismo controlador de carga, como se observa en la siguiente imagen.

Figura 42. Daño en el cableado del panel al inversor del usuario U12



Tomado de: Autor.

Se dejaron adheridos unos stickers que indican cual es el breaker de los paneles y el breaker de las baterías, también el sticker del inversor que indica el botón que se encuentra debajo del mismo inversor para realizar un apagado en caso de fallo

Figura 43. Adhesivos informativos en la instalación fotovoltaica



Tomado de: Autor.

Se evidenció que, por su ubicación, las viviendas de Pedro Erasmo y Jorge Jaimes el nivel de radiación solar que llega a estas viviendas no es la suficiente para que con los dos paneles instalados se haga una recarga suficiente de la batería, por lo cual la empresa va a instalar de manera adicional al contrato establecido, un panel extra a estos dos usuarios para que puedan generar la potencia suficiente para poder cargar la batería y puedan tener un servicio adecuado.

3.1.4. Sistema de control de la planta generadora.

El sistema de control que se implementó en la planta generadora fue programado en Arduino y complementado con diferentes drivers y componentes, los cuales están descritos en la sección 2.2. del presente documento.

El funcionamiento del mismo es que entra en 3 situaciones, corriente alterna por sobre los 18Amperios, Corriente continua por sobre los 85 Amperios, o un Voltaje en las baterías por debajo de los 21.4 Voltios, para cualquiera de los 3 casos tenemos entradas independientes en el Arduino, para la corriente en alterna usamos el medidor Sensor de corriente SCT-013-100, para el sensor de corriente continua usamos el Sensor de Corriente DC ACS758LCB 100 A, y para la medición del voltaje de la batería, usamos un divisor de voltaje para reducir el voltaje de entrada al Arduino, y en el código volvemos a aplicar el divisor de voltaje para volver a obtener el voltaje que tenemos de entrada.

Usamos un Convertidor Dc-Dc Step down Lm2596 para poder regular un voltaje de salida de 12 V el cual utilizamos para la alimentación de el Arduino y el Driver Puente H L298N, con esto nos aseguramos que mantengamos un voltaje estable para evitar daños por voltajes inestables.

El Driver Puente H L298N Lo usamos para el control del motor paso a paso, el driver tiene dos salidas y usamos ambos para el control del mismo, implementando la librería (#include <Stepper.h>;) donde nos facilita el manejo del driver, donde declarando las entradas a utilizar, y la cantidad de pasos, podremos implementar cuantos pasos va a dar nuestro motor y que velocidad va a tener, con este control tan preciso podemos hacer una apertura regulada de nuestra válvula de gas

Tenemos tres pilotos, que son tres leds que nos dan indicaciones sobre la planta, el primero nos indica que el inversor se encuentra funcionando con gas, el segundo indica el funcionamiento con gasolina y el tercero indica un fallo en el generador, con el fin de facilitar una “comunicación” con los usuarios que tendrán la instalación.

Se implementaron unas electroválvulas antes del motor que realiza la apertura de la válvula de gas, con el fin de crear un filtro de seguridad, el cual en caso de que se pierda la energía en el control del generador, en caso de que el motor falle o en caso de que haya un apagado, estas electroválvulas al momento de perder la energización se cierran automáticamente, de este modo nos aseguramos que de ninguna forma tengamos problemas con el gas.

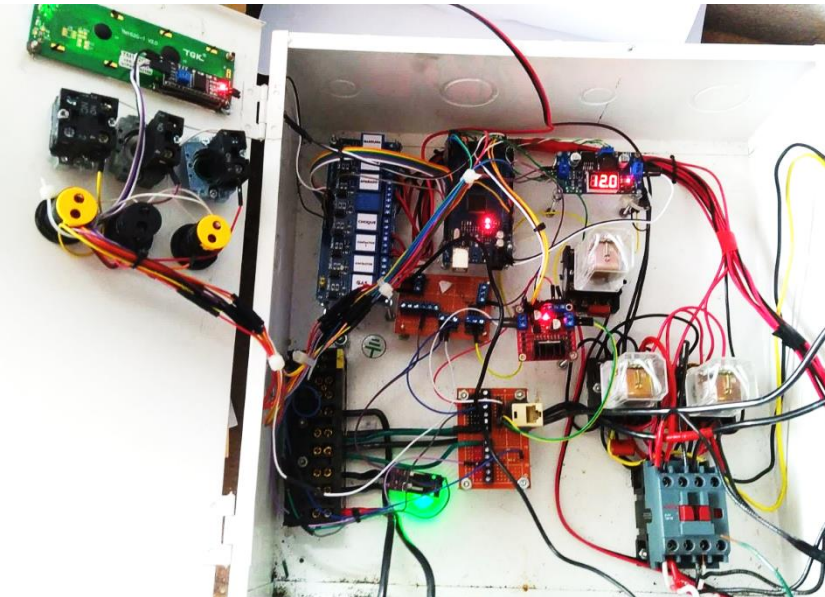
Como se mencionó los relés y el contactor funcionan de forma de que puedan sacar el inversor y pueda entrar el generador, con el fin de evitar que se crucen las corrientes y puedan generar un fallo o incluso el daño mismo del inversor, estos tienen doble seguro, ya que el neutro y fase de la bobina que activa el contactor únicamente en caso de

Figura 44. Panel de control de la planta de respaldo



Tomado de: Autor

Figura 45. Conexión interno del control de la planta generadora.



Tomado de: Autor

El sistema de Arduino se encarga de las salidas y entradas, tenemos relés electromecánicos que controlan las señales que le envía el Arduino para abrir o cerrar sus compuertas, con estas controlamos 7 funciones, se separó en 2 el total de los relés, de forma que los 4 primeros trabajen a 5 Voltios y los otros 5 Funcionen a 110 Voltios, de los primeros cuatro usamos solamente tres, los cuales son Válvula de gasolina, Arranque, Apagado, ya para los 4 siguientes que como se menciona funcionan a 110Voltios tenemos El choque de la planta, el contactor y contactor 1, que funcionan para el Inversor y la planta respectivamente, y por ultimo tenemos Gas que nos indica el funcionamiento del seguro que se realizó mediante electroválvulas

Figura 46. Diagrama de flujo de la planta generadora.

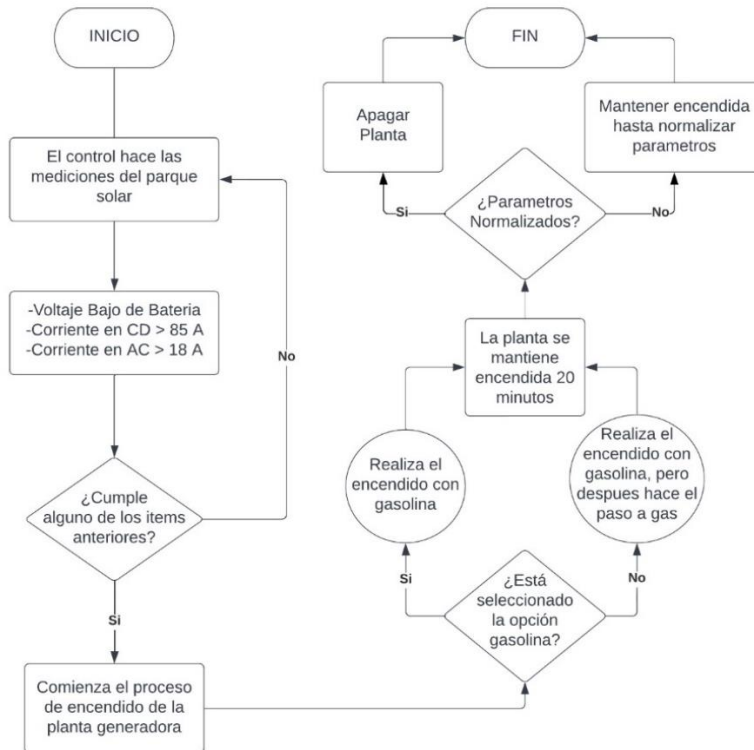


Figura 47. Identificación de los relés.



Tomado de: Autor

3.2. Análisis de impactos de la práctica empresarial realizada.

Social: Energización a aquellos usuarios que no son interconectables y que por lo tanto no cuentan con un suministro de energía eléctrica y que el mismo se optimice de manera que los usuarios cuenten con un servicio adecuado durante un tiempo prolongado en la Vereda Cornejo.

Económico: Siendo esta una zona declarada no interconectable se optó por instalar energía renovable más específicamente la fotovoltaica para poder brindar un servicio óptimo y a un costo accesible para los usuarios de esta zona.

Basándonos en costos de las energías renovables están son de varios tipos como lo son costos fijos, donde incluimos los costos de la inversión (tecnología, instalaciones, administración) y los costos que son de capital costos variables, en especial los relativos a operación y mantenimiento, si se hace la comparación con los combustibles convencionales, los renovables son mayores, generalmente por la inversión inicial que se da.

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolla en la Vereda Cornejo, una zona declarada no interconectable, tenemos que sumar el costo de hacer la construcción de las redes de BT hasta la zona, sumado a esto los usuarios no se encuentran situados a cortas distancias unos de los otros (lo cual facilitaría la construcción) por el contrario estos están situados algunos a decenas de metros, hasta mas de 1 kilometro entre usuario y usuario por lo que el valor inicial de la inversión comparada con el retorno que tendrá la misma hace que una electrificación convencional sea inviable para la operadora de red, por dicho motivo la oficina de planeación que gestionó el proyecto en la zona optó por realizar instalaciones fotovoltaicas

Ambiental: Las energías renovables tienen como propósito la sostenibilidad y el impacto positivo sobre el medio ambiente. Cada día que pasa vemos mas la introducción de estas a nivel global, y es que esta, es una de las principales soluciones para la reducción de la huella de carbono.

Dado que la explotación de los recursos no renovables y que contaminan eran una de las opciones mas usadas para generar energía en la mayoría de países alrededor del mundo, esto hasta hace un par de años, por eso es que hemos visto esta transición a las energías limpias, y así como lo mencionábamos poder hacer una mitigación del impacto negativo que se generó en el medio ambiente.

Las energías renovables son fundamentales para el planeta, por que no contaminan, estas no se agotan, de dicha forma podemos garantizar que futuras generaciones no tengan el problema y la dependencia de combustibles fósiles que a largo plazo se acabarán.

A largo plazo Colombia, basándose en el plan energético nacional proyectado al 2050, tendremos una matriz de generación renovable, y dependiendo del territorio se podrá generar de diferentes

modos, con esta generación de energía renovable, el país no se encontrará a merced de las potencias que suministran la energía, y de esta forma podemos evitar una crisis energética .

Capítulo 4. Recomendaciones

4.1. Para el programa.

Como recomendación para el programa y de manera especial, se sugiere el aumento de laboratorios y practicas de las distintas asignaturas, fomentando el contacto directo de los estudiantes con equipos, herramientas y distintos elementos los cuales el estudiante podría encontrarse en el ámbito laboral, esto también para poner en contexto la teoría que se ven en las clases, ubicando a el estudiante de forma mas precisa sobre los contenidos y temas que se imparten en la asignatura.

Gestionar las salidas y visitas a sitios relacionados a la carrera como centrales generadoras, de los distintos tipos que cuentan en la región para familiarizar los estudiantes del ámbito profesional, contextualizar al mismo de los distintos procesos que se llevan a cabo en estos lugares y que se fomente el aprendizaje, ya que estas visitas generan gran impacto en los estudiantes.

Fomentar el dinamismo en las clases y laboratorio, para poder captar la atención del estudiante con respecto al tema en estudio, evitando que la clase se torne tediosa.

4.1.1. Temáticas, software, habilidades, etc. Usados en la práctica y que en su criterio faltaron en su formación como ingeniero eléctrico.

- Dialux: Dialux es una herramienta de diseño, en la cual podremos crear distintos planos eléctricos en un modelo 3D incluso pudiendo tomar bases de AutoCAD y poder importar planos para poder reducir el tiempo del diseño, fue un software que no tuvimos la posibilidad de verlo durante la estancia de la carrera.
- Normatividad eléctrica: La normativa eléctrica para nosotros como ingenieros eléctricos es de alta importancia debido a que se implementa en gran variedad de trabajos y proyectos de ejecución de obra, por lo que sería muy importante hacer una revisión y mantener actualizada esta información.
- Cálculo de Mppt: Los MPPT “Maximum Power Point Tracker” que es el Seguidor del Máximo punto de Potencia, esto unido a un inversor, consigue alcanzar un balance entre el voltaje y la corriente en aquellas placas que trabajan en su máxima potencia, El funcionamiento del mismo se realiza haciendo una variación del ciclo útil de un convertidor de potencia, con el fin de calcular la tensión en la cual el módulo producirá la máxima potencia según las

condiciones meteorológicas que haya, por esto es de gran importancia enfocar también en la materia correspondiente dichos cálculos.

- Herramientas eléctricas para medición: Durante la carrera hace falta la instrucción de ciertas herramientas que son importantes para el desarrollo como ingenieros eléctricos, como lo son Luxómetros, Telurómetros y otros tipos de herramientas que son de alta utilidad en el ámbito laboral, por lo cual sería de gran ayuda en nuestra formación tener conocimientos de estas mismas.
- Manejo a profundidad de Excel: Excel es una herramienta fundamental y de amplio uso en las diferentes áreas de la ingeniería, por lo cual este software es pieza fundamental en el desarrollo personal y profesional de un ingeniero, por lo tanto, la universidad debería hacer un enfoque directo y a nivel medio-avanzado del mismo.

4.1.2. Temáticas, software, habilidades, etc. Usados en la práctica y que efectivamente utilizó y aprendió en su formación como ingeniero eléctrico.

1. Temáticas asociadas a las materias de:
 - Fuentes alternativas de energía
 - Sistemas de Potencia
 - Líneas de transmisión
 - Circuitos Eléctricos
 - Electrónica de Potencia
 - Teoría de Control
2. Manejo de AutoCAD
3. Manejo de Proteus y Arduino

4.2. Para futuros practicantes.

Como recomendación para futuros practicantes se recomienda tener buena disposición y flexibilidad para aprender, compromiso con la empresa, pensamiento analítico y excelente capacidad para adaptarse a equipos de trabajo y desarrollar proyectos de la mano de compañeros con diversos perfiles, además de contar con buena comunicación oral y escrita, estos son factores fundamentales que las empresas toman en cuenta al momento de seleccionar a un practicante.

También es de alta importancia crear redes de contacto, ya que es el primer acercamiento que se tiene al mundo laboral, se debe aprovechar para observar y aprender a acercarse a personas que pueden ser claves, que pueden ayudarlos y recomendarlos en un futuro.

Es importante tener la mejor actitud y tomar en serio lo que se está haciendo, lo que el practicante haga o no haga, es la primera impresión que dejará en el mundo laboral, es importante tener claro

que esta etapa nos puede abrir muchas puertas y muchas personas pueden quedarse con esa buena o mala referencia, eso depende del trabajo que uno haga.

Bibliografía

- Arduino. (15 de Noviembre de 2017). *Constantes*. Obtenido de Arduino:
<https://www.arduino.cc/reference/es/language/variables/constants/constants/>
- Autosolar. (2022). *Paneles Solares Policristalinos*. Obtenido de Autosolar:
<https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-policristalinos#:~:text=Los%20paneles%20solares%20policristalinos%20son,enfriando%20artificialmente%20una%20c%C3%A9lula%20monocristalina>
- Crown Battery. (6 de Diciembre de 2021). *¿Qué es una batería de ciclo profundo?* Obtenido de Crown Battery: <https://www.crownbattery.com/es/blog/what-is-a-deep-cycle-battery>
- Ferretrónica. (19 de Agosto de 2021). *Pantalla Display LCD 2x16*. Obtenido de Ferretrónica:
https://ferretronica.com/products/pantalla-display-lcd-2x16-azul-con-backlight?variant=12507826749533¤cy=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&utm_campaign=s-2021-10-19&utm_source=google&utm_
- Industrias GSL. (21 de Julio de 2020). *Relé Electromecánico*. Obtenido de Industrias GSL:
https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/rele_electromecanico
- Makerfabs. (2021). *ACS758LCB 100A*. Obtenido de Makerfabs:
<https://www.makerfabs.com/acs758lcb-50a-current-sensor.html>
- Marín Cano, E., & Quintero Moreno, D. (2017). *METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR RURAL DEL EJE CAFETERO*. Pereira, Colombia.
- Naylamp Mechatronics . (2016). *Tutorial sensor de corriente AC SCT-013*. Obtenido de Naylamp Mechatronics : https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html
- Naylamp mechatronics. (2021). *Convertidor Voltaje DC-DC Step-Down 3A LM2596*. Obtenido de Naylamp mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/196-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-lm2596.html>
- Naylamp mechatronics. (2021). *Driver Puente H L298N*. Obtenido de Naylamp mechatronics:
<https://naylampmechatronics.com/drivers/11-driver-puente-h-l298n.html><https://www.prometec.net/l298n/>
- NIVIHE S.A. (13 de Octubre de 2021). *Contactores: ¿Qué son y para qué sirven?* Obtenido de Motores Eléctricos: <https://motores-electricos.com.ar/contactores-que-son-y-para-que-sirven/>
- Peralta, R. E. (Marzo de 2011). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FACTOR DE DESARROLLO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA*. Bogotá, Colombia.

- Powest. (2019). *Ficha Técnica - POWEST UPS Híbrida 1 KVA*. Obtenido de Powest:
<https://powest.com/landing/producto/powest-ups-hibrida-1-kva/>
- Proyecto Arduino. (23 de Agosto de 2018). *Arduino Mega 2560*. Obtenido de Proyecto Arduino:
<https://proyectoarduino.com/arduino-mega-2560/>
- Solartex. (2022). *Inversor bla*. Obtenido de Solartex:
<https://www.solartex.co/tienda/producto/inversor-infinisolar-wplv-6kw-48v-fase-dividida/>
- Solartex. (2022). *Inversor bla* . Obtenido de Solartex:
<https://www.solartex.co/tienda/producto/inversor-infinisolar-wplv-6kw-48v-fase-dividida/>
- Téllez, A. L. (22 de Julio de 2021). FORMULACIÓN PROYECTO PANELES SOLARES MUNICIPIO DE GUATEQUE. Bogotá, Colombia.
- TME Electronic Components. (8 de Septiembre de 2020). *Motor paso a paso - Tipos y ejemplos de uso de motores paso a paso*. Obtenido de TME Electronic Components:
<https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/#:~:text=El%20motor%20paso%20a%20paso,eje%20cada%201%2C8%C2%B0.>
- Tolocka, E. (18 de Abril de 2019). *Entendiendo las curvas de disparo de los Interruptores automáticos*. Obtenido de Profe Tolocka:
<https://www.profetolocka.com.ar/2019/04/18/entendiendo-las-curvas-de-disparo-de-los-interruptores-automaticos/>