

Propuesta de Diseño de un Laboratorio de Energías Renovables para un Colegio Técnico en el
Municipio de Málaga, Santander

Cristian Leonardo Cardenas Basto, Edward Andres Vera Sanchez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electricista

Director

Gabriel Ordoñez Plata

Doctor en Ingeniería Industrial

Codirector

Gabriel Alexis Malagon Carvajal

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial De Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A Dios inicialmente por darme la sabiduría y el entendimiento para dar cumplimiento a este sueño y más que un sueño, un reto de superación.

A mis padres José y Matilde, mi hermana Lizeth, que día a día estuvieron brindándome su apoyo a lo largo de este proceso, quienes siempre fueron esa voz de aliento ante las adversidades, hoy comparto con ellos este logro lleno de felicidad.

Cristian Leonardo Cardenas

Dedicatoria

A Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida profesional, dándome salud, sabiduría, inspiración y fortaleza para asumir los retos académicos, superando adversidades en búsqueda de mi propio éxito.

A mi abuelo y padre Miguel, por su amor, consejos y ejemplo de vida, y que estando en la gloria de Dios es mi luz de esperanza y un ángel en mi vida, sé que allí te encuentras orgulloso de tu nieto.

A mi madre Gloria y mi abuela Teresa, que me acompañan en cada paso que doy, que son un ejemplo de lucha y coraje y siempre me llevan en sus oraciones, este logro es prueba de su amor, paciencia y sacrificio.

A mi esposa Angie, mi complemento perfecto para alcanzar esta dichosa vitoria; a mi hija Paulette, mi fuente más pura de inspiración, quienes con su amor me llenan de felicidad y me motivan a ser mejor cada día, las amo.

A mis hermanos, tíos y familia de crianza, que me enseñan a ver el mundo desde distintas perspectivas y son mi bastón de apoyo en momentos críticos de mi vida.

Edward Vera

Agradecimientos

A Dios por permitirnos culminar con éxito este proyecto de grado, sin su bendición no hubiese sido posible.

A nuestras familias quienes que nos alentaron a seguir adelante en el desarrollo de este proceso formativo, gracias por el apoyo incondicional.

A los docentes por transmitirnos sus conocimientos, en especial a los docentes Gabriel Ordoñez y Gabriel Alexis Malagon, quienes con su experiencia, sabiduría y calidez humana siempre estuvieron a disposición para apoyarnos y, orientarnos en la realización de este trabajo de grado con el que concluimos esta etapa de formación profesional.

A los compañeros y amigos de infancia y de carrera con quienes compartimos alegrías y tristezas, gracias por el tiempo compartido y por siempre estar presentes para brindar su mano amiga.

A la Universidad Industrial de Santander, gracias por su trabajo y gestión, en especial a la E3T por exigirnos tanto pero que a su vez permitirnos conseguir tan anhelado título.

A todas y cada una de las personas que nos de una u otra forma estuvieron presentes y nos brindaron su apoyo para culminar nuestra carrera profesional como ingenieros electricistas.

Tabla De Contenido

Introducción	16
1 Objetivos	18
1.1 Objetivo General.....	18
1.2 Objetivos Específicos.....	18
2 Marco Normativo.....	19
3 Marco Teórico.	22
3.1 Desarrollo Sostenible	22
3.2 Antecedentes.	23
4 Metodología.	27
4.1 Fase 1: Macro Localización y Micro Localización.....	27
4.2 Fase 2: Distribución Espacial Sobre el Tejado.....	30
4.3 Fase 3: Dimensionamiento del Sistema	32
4.3.1 <i>Cálculo de la Energía del Sistema.</i>	32
4.3.2 <i>Cálculo del Inversor.</i>	33
4.3.3 <i>Cálculo de la Cantidad de Paneles.</i>	34
4.3.4 <i>Cálculo del Controlador de Carga</i>	35
4.3.5 <i>Cálculo de Baterías</i>	36
4.3.6 <i>Cálculo de Conductores y Protecciones del Sistema.</i>	38
4.3.7 <i>Cálculos Mecánicos.</i>	42
4.3.8 <i>Tubería</i>	43
4.3.9 <i>Aerogenerador</i>	45

4.3.10	<i>Grupo Electrónico</i>	47
4.4	Fase 4: Representación Esquemática	48
4.4.1	<i>Bancos No. 1 y No. 2</i>	49
4.4.2	<i>Bancos No. 3 y No. 4</i>	50
4.4.3	<i>Bancos No. 5 y No. 6</i>	50
4.5	Fase 5: Diagramas Unifilares.....	52
4.6	Fase 6: Guía de Operación del Laboratorio.	54
4.7	Proyección Futura	55
4.7.1	<i>Actualización</i>	55
4.7.2	<i>Aprovechamiento</i>	56
4.7.3	<i>Estudios climatológicos</i>	56
4.8	Alternativas de Financiamiento	56
4.8.1	<i>Entidades Gubernamentales</i>	57
4.8.2	<i>Entidades Empresariales</i>	57
5	Etapas Constructivas.....	58
5.1	Etapa 1: Adecuación del Aula.....	58
5.1.1	<i>Estructuras de Apoyo</i>	58
5.1.2	<i>Tuberías</i>	59
5.1.3	<i>Sistema de Protección</i>	59
5.2	Etapa 2: Sistema Fotovoltaico On-Grid.....	59
5.2.1	<i>Instalación de Paneles</i>	61
5.2.2	<i>Implementación del Inversor</i>	61
5.2.3	<i>Funcionalidad</i>	61

5.3	Etapa 3: Sistema Fotovoltaico Aislado.	62
5.3.1	<i>Instalación de los Paneles.</i>	63
5.3.2	<i>Instalación del Controlador.</i>	63
5.3.3	<i>Instalación de Baterías.</i>	63
5.3.4	<i>Implementación del Inversor</i>	63
5.3.5	<i>Funcionalidad</i>	64
5.4	Etapa 4: Sistema Híbrido o Microred.	64
5.4.1	<i>Instalación de los Elementos Generadores.</i>	65
5.4.2	<i>Instalación de Inversor.</i>	66
5.4.3	<i>Instalación de los Aerogeneradores.</i>	66
5.4.4	<i>Instalación del Grupo Electrónico.</i>	66
5.4.5	<i>Funcionalidad</i>	67
6	Elementos Para La Dotación Del Laboratorio.	67
6.1	Panel Solar.	67
6.2	Inversor	68
6.3	Baterías.	69
6.4	Controlador.	70
6.5	Aerogenerador.....	70
6.6	Grupo Electrónico.....	71
7	Conclusiones.	73
8	Recomendaciones	74
	Referencias.....	75

Apendices..... 78

Lista de tablas

Tabla 1	Energía total diaria requerida	33
Tabla 2	Cálculo del inversor	34
Tabla 3	Estimación del número de paneles	35
Tabla 4	Dimensionamiento del controlador de carga.....	36
Tabla 5	Cálculo del banco de baterías.....	37
Tabla 6	Seccionamiento de la instalación	38
Tabla 7	Cálculo de fusibles	39
Tabla 8	Cálculo de protección DC	40
Tabla 9	Protecciones en AC	41
Tabla 10:	Dimensiones de los conductores	44
Tabla 11	Porcentaje de ocupación de la tubería	44
Tabla 12	Datos del viento en el municipio.....	46
Tabla 13	Estimación del potencial energético del viento.....	46
Tabla 14	Dimensionamiento del Aerogenerador.....	47
Tabla 15	Estimación de la potencia de las cargas	47
Tabla 16	Dimensionamiento del grupo electrógeno.....	48
Tabla 17	Elementos que componen el sistema On Grid en los bancos de trabajo	60
Tabla 18	Elementos que componen el sistema Off Grid de los bancos de trabajo	62
Tabla 19	Elementos que componen el sistema híbrido de los bancos de trabajo.....	64
Tabla 20	Cuadro comparativo de distribuidores de paneles solares	68
Tabla 21	Cuadro comparativo de distribuidores de inversores	68

Tabla 22 Cuadro comparativo de distribuidores de baterías solares	69
Tabla 23 Cuadro comparativo de distribuidores de controladores fotovoltaicos	70
Tabla 24 Cuadro comparativo de distribuidores de aerogeneradores	70
Tabla 25 Cuadro comparativo de distribuidores de plantas eléctricas	71

Lista de figuras

Figura 1	Instituto Técnico Industrial “Emeterio Duarte Suarez”	28
Figura 2	Ubicación de la Institución educativa en el municipio de Málaga Santander..	28
Figura 3	Aula seleccionada en la institución	29
Figura 4	Levantamiento arquitectónico	30
Figura 5	Distribución espacial del área de trabajo.....	30
Figura 6	Distribución espacial del área del tejado	31
Figura 7	Esquema de alimentación de los bancos No. 1 y No. 2.....	49
Figura 8	Esquema de alimentación de los bancos No. 3 y No. 4.....	50
Figura 9	Esquema de alimentación de los bancos No. 5 y No. 6.....	51
Figura 10	Diagrama unifilar del sistema On Grid	52
Figura 11	Diagrama unifilar del sistema Off Grid	53
Figura 12	Diagrama unifilar de un sistema hibrido	54

Lista de apendices

Apendice A: Levantamiento Arquitectónico.....	78
Apendice B: Levantamiento Arquitectónico 3D.....	78
Apendice C: Plantilla Dimensionamiento.....	78
Apendice D: Representación Esquemática	78
Apendice E: Diagramas Unifilares	78
Apendice F: Guías de Prácticas de Laboratorio.....	78
Apendice G: Referencias de Equipos	79

Resumen

Título: Propuesta de diseño de un laboratorio de energías renovables para un colegio técnico en el municipio de Málaga, Santander

Autor: Cristian Leonardo Cárdenas Basto, Edward Andrés Vera Sánchez

Palabras Clave:

FNCER, Dimensionamiento, Panel, Sistema aislado, Sistema en red, Microred, laboratorio

Descripción: Este trabajo de grado tiene como principio: familiarizar a los estudiantes con tecnologías actuales relacionadas con la generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, baterías, aerogeneradores y grupos electrógenos, así mismo como su funcionamiento frente a variados escenarios de irradiancia solar, estableciendo cómo afecta esto el rendimiento de los sistemas, las demás fuentes y las respectivas cargas eléctricas conectadas.

Adicionalmente, el trabajo de grado fortalece la vinculación en el desarrollo del proyecto de las entidades de educación media y superior, propiciando así un ambiente de investigación acerca de las nuevas alternativas de generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovable.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Gabriel Ordoñez Plata. Doctor en Ingeniería Industrial. Codirector: Gabriel Alexis Malagon Carvajal. Doctor en Ingeniería Eléctrica

Abstract

Title: Design plan of a renewable energy laboratory for a technical college in the municipality of Malaga, Santander

Author(s): Cristian Leonardo Cárdenas Basto, Edward Andrés Vera Sánchez

Key Words:

FNCER, Isolated system, Laboratory, Microgrid, On grid system, Panel, Sizing.

Description: This degree project has as a principle: to familiarize students with current technologies regarding the generation of electrical energy through photovoltaic panels, as well as its operation before various scenarios of solar irradiance to establish how this affects the performance of photovoltaic systems and the respective connected electrical loads.

Additionally, the degree work strengthens the link in the development of the entities of secondary and higher education, thus promoting an environment of inquiry and Research into new alternatives for electricity generation with sources renewable energy.

* Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electrical engineering. Director: Gabriel Ordoñez Plata. PhD in Industrial Engineering. Co-director: Gabriel Alexis Malagon Carvajal. PhD in Electrical Engineering

Glosario de Términos

- **Ah:** Amperios-hora.
- **FNCER:** Fuentes no convencionales de energías renovables
- **HSP:** Hora Solar Pico.
- **IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- **NASA:** La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio.
- **SFV:** Sistema Fotovoltaico.

Introducción

En las últimas décadas la prioridad de la humanidad por obtener recursos de manera desmedida ha desencadenado una aceleración en el deterioro medio ambiental, la explotación de los suelos, el agua y el aire, causando impactos considerables. El consumo energético de la humanidad es un gran participante de la producción de CO₂, causante del conocido efecto invernadero, es decir, que el uso irracional e ineficiente de la energía tiene consecuencias nocivas en la atmosfera, por ello se han puesto en marcha diferentes acciones para frenar y en el mejor de los casos revertir los daños causados.

Si bien la tecnología tiene efectos negativos, no podemos hacer a un lado los esfuerzos que se realizan en pro de disminuir estos, y un ejemplo son las energías renovables, las cuales provienen de fuentes que, aunque no son nuevas generan un impacto positivo al ambiente es significativo.

Hay que tener presente que para promover el cuidado medioambiental no solamente son necesarias las herramientas tecnológicas, también se requiere de voluntad, conciencia y capacitación de las nuevas generaciones para afrontar los retos venideros, de esta forma la formación de profesionales capaces de satisfacer y proponer soluciones ante estas problemáticas es importante. Es allí donde nace la propuesta de un laboratorio de energías renovables para un colegio técnico, la cual permite la interacción temprana con el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

En este documento se realiza el diseño de un laboratorio que permite desarrollar prácticas definiendo cada uno de los componentes necesarios para el funcionamiento del sistema fotovoltaico y las micro redes, así como sus modos de operación en conjunto con otras fuentes de energía como son baterías, aerogeneradores y grupos electrógenos. Así mismo, permite plantear

una integración entre instituciones de educación superior presentes en la región, ampliando sus ofertas educativas, de investigación y desarrollo.

1 Objetivos

A continuación, se describen los objetivos del trabajo de grado

1.1 Objetivo General

Diseñar un laboratorio de energías renovables modular con un grupo de equipos que permita su puesta en marcha por etapas.

1.2 Objetivos Específicos

- Diseñar los planos de distribución espacial para los elementos del laboratorio
- Definir las características para un banco de laboratorio que permita verificar el comportamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico
- Dimensionar y seleccionar elementos comerciales para la dotación del laboratorio

2 Marco Normativo.

A continuación, se identifica la normativa colombiana vigente para el funcionamiento legal ante los organismos de control que rigen actualmente las tecnologías relacionadas con las fuentes de energía no convencionales.

Ley 1715 de 2014

Esta ley tiene como finalidad establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, de igual manera que para la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía. (Congreso de la republica, 2014)

Ley 1955 de 2019

Por la cual se expide el plan de desarrollo nacional 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la equidad”, en su artículo 174 plantea la deducción de la declaración de renta no mayor al 50% de la renta líquida del contribuyente, para acceder a dicho beneficio se certifica como proyecto de generación de energía eléctrica a través de fuentes de energía no convencionales por la Unidad de planeación minero-energética -UPME. (Congreso de la Republica, 2019)

Decreto 2143 de 2015

Mediante este decreto el Ministerio de Minas y Energía establece el decreto reglamentario para los incentivos establecidos en el capítulo 111 de la ley 1715 del 2014, relacionando los proyectos de fuentes no convencionales de energía renovable y otras disposiciones mencionadas en la presente ley. (Ministerio de Minas y Energía, 2015)

Decreto 2469 de 2014

Este decreto regulado por el Ministerio de Minas y Energía establece los lineamientos relativos a la entrega de los excedentes de autogeneración de energía teniendo en cuenta las leyes ya presentes. (Ministerio de Minas y Energía, 2014)

Resolución 319 2022

Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para la evaluación de las solicitudes de certificación que permitan acceder a los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014. (Ministerio de Minas y Energía, 2022)

Decreto 1303 de 2018

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible declaro que dentro de los 6 meses siguientes al día que entra en vigor el certificado de exclusión del IVA, el titular puede obtener sus beneficios e incentivos tributarios teniendo en cuenta las leyes ya existentes. (Ministerio de Minas y Energía, 2018)

Resolución 1312 2016

Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental (EIA), requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016)

Resolución 1283 de 2016

Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de

energías renovables (FNCER) y gestión eficiente de la energía. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016)

Resolución 0281 de 2015

Por medio de esta resolución el Ministerio de Minas y Energía regula la integración de energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, para garantizar una oferta eficiente y otras disposiciones generales teniendo en cuenta las leyes ya presentes. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016)

NTC 2050.

La norma técnica colombiana 2050, establece los lineamientos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en sistemas de baja media y alta tensión. Esta norma cubre una amplia gama de temas, entre ellas la seguridad eléctrica, la protección contra sobretensiones, el sistema de protección de puesta a tierra, sistemas de distribución eléctrica y los métodos de cableado (Norma Técnica Colombiana 2050, 1998)

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)

Se trata de un documento que establece todos los requisitos que deben cumplir los productos y las instalaciones eléctricas para garantizar que son seguros para las personas, los animales y el medio ambiente. (CIDET, 2021)

3 Marco Teórico.

En este capítulo se abordan los objetivos de desarrollo sostenible, en la *Sección 3.1*, estos se establecen como base de trabajo para propuestas de apoyo social que impliquen la mejora de la calidad de vida y cuidado medioambiental. Posteriormente en la *Sección 3.2* se analizan propuestas de laboratorios implementadas y tomadas como referencia para el desarrollo de este proyecto de grado.

3.1 Desarrollo Sostenible

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) adopta un conjunto de objetivos globales para la erradicación de la pobreza, protección del planeta y prosperidad para todos, estos objetivos se denominan Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) cuyas metas deben fijarse a un plazo de 10 años, en 2015 se adoptaron 17 ODS con el objetivo de lucha contra el cambio climático.

Concretamente, este trabajo de grado se centra en dos de estos objetivos, el ODS 4 “Educación de calidad” y el ODS 7 “Energía asequible y no contaminante”, ya que la finalidad principal es actualizar una institución de educación media técnica en la municipio de Málaga, Santander con el diseño de un laboratorio de energías renovables no convencionales siendo.

Este trabajo de grado a su vez tiene un impacto indirecto con los ODS: 9 “Industria, innovación e infraestructura”, 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”, 12 “Producción y consumo responsable”, 13 “Acción por el clima” y 17 “Alianzas para lograr los objetivos”, generando un conjunto de oportunidades que brindan progreso para la institución, el municipio, la región y como consecuencia la nación.

3.2 Antecedentes.

En esta sección se resaltan algunas de las iniciativas como proyectos o artículos académicos que tienen relación con este trabajo de grado, ya que el campo de implementación de fuentes de energías no convencionales es amplio.

Laboratorio de Energías Renovables en Instituto Técnico Rafael Reyes (Duitama).

Este laboratorio se encuentra ubicado en la ciudad de Duitama, Boyacá se entregó el 14 de febrero del 2023, con ayuda del gobernador y alcalde municipal se logró la implementación en el Instituto Técnico Rafael Reyes con una inversión aproximada de 440 millones de pesos. La iniciativa del gobierno con este proyecto es fortalecer el conocimiento de los estudiantes en cuanto a energías limpias y no contaminantes (*Gobernación de Boyacá. 2023*).

El laboratorio cuenta con una gama de aplicaciones de la energía solar, como lo son el alumbrado público, sistemas asilados y calentadores solares, dándole un enfoque de fortalecimiento de conocimientos en mantenimiento de estos sistemas para darle a los estudiantes beneficiados la posibilidad de generar ingresos al culminar su formación, dada la poca oferta de profesionales en estos campos. Cabe resaltar que, aunque cuenta con módulos expuestos a la intemperie emulando sistemas reales, una gran parte de su equipamiento se encuentra al interior del aula, lo que brinda la experiencia en el funcionamiento del sistema, pero no permite apreciar un acercamiento a la realidad de su operación, de allí su enfoque orientado al mantenimiento.

Laboratorios sencillos para la enseñanza de las energías renovables en el nivel universitario básico.

En (Ovejero, 2007) los autores tienen como objetivo implementar una serie de laboratorios de energías renovables básicos, en el cual los estudiantes utilizando materiales de bajo costo diseñan, y desarrollan las prácticas poniendo en marcha un prototipo para tener idea del funcionamiento correcto y las etapas que se llevan a cabo en cada práctica. Con las experiencias realizadas, se logra dar a conocer a los estudiantes, alternativas que ofrecen las energías renovables a la actual problemática energética mundial y como aporta a la reducción del deterioro medio ambiental, generando en los beneficiarios el desarrollo de pensamiento crítico y reflexivo.

Educación en ingeniería centrada en el estudiante: el caso de energías renovables.

Los autores A. Al-Khasawneh, A. Al-Zoubi, B Hammand and H. Hijazi (2020) tienen como objetivo apoyar un sistema de aprendizaje en línea, enfocado en energías renovables, para los estudiantes de la universidad Hachemita (Jordania). Para ello se utilizan diferentes guías de estudio, videos explicativos y artículos como componente principal de su aprendizaje y desarrollo de manera interactiva (AL-Khasawnwh, 2020).

El material teórico planteado en esta propuesta introduce a los estudiantes en las temáticas, aclarando dudas ente los procesos y principios de funcionamiento, base necesaria para el desarrollo practico.

Laboratorio de ciencias de la energía Universidad Nacional de Colombia sede-Medellín

En este laboratorio se cuenta con un espacio científico en el cual pueden realizar proyectos de investigación y prácticas de procesos energéticos, a partir de pilotos o proyectos a escala, trabajando en actividades de docencia e investigación de grupos de investigación de la universidad. Las líneas de experimentación incluyen procesos termodinámicos y energías alternativas como la

energía solar, y aprovechamiento de la transformación de la biomasa y otros materiales carbonáceos. (Universidad Nacional de Colombia., 2017).

El laboratorio cuenta con un enfoque en procesos energéticos, termodinámicos y el uso de materiales carbonáceos, los cuales son materiales compuestos de carbono, en mayor medida respecto a la investigación de las energías alternativas, a pesar de contar con una planta solar no es suficiente para fomentar la descarbonización y el uso de energías renovables para lograr la transición energética.

Laboratorio de energía Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

El laboratorio trabaja temas relacionados con la generación y manejo de la energía eléctrica; cuenta con espacios dedicados al software especializado, a la docencia y energías renovables y a funciones administrativas, adicional a esto, el laboratorio de energías renovables cuenta con pruebas de un sistema solar aislado y otro con conexión al sistema eléctrico. (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2010)

Es un laboratorio robusto equipado para la formación de ingenieros electricistas, en el cual se pueden llevar a cabo practicas relacionadas con las energías renovables mediante equipos como paneles fotovoltaicos, generadores eólicos, inversores y micro inversores, lo que le permite ofertar servicios como dimensionamiento de sistemas energéticos híbridos y calidad de la energía. Es un laboratorio general que aunque no enfatiza en las tecnologías y sistemas de energías renovables permite un acercamiento a su operación.

Laboratorio de energías renovables Institución Educativa Técnico Damaso Zapata (Bucaramanga).

Este proyecto cuenta con una inversión de más de \$ 300 millones por parte de tres entidades, Electrificadora de Santander (ESSA), Universidad Industrial de Santander (UIS) y Cámara de Comercio de Bucaramanga (CCB). Se construyeron bancos de laboratorio para realizar prácticas de instalaciones eléctricas y energías alternativas y material pedagógico para desarrollo de aulas STEM.

El mobiliario cuenta con tres módulos de prueba de ensayo de instalaciones eléctricas domiciliarias, tres módulos de pruebas de máquinas eléctricas, así como dos bancos móviles para prácticas de energías renovables (solar), y material pedagógico guía para apoyar los laboratorios y lograr un amplio desarrollo educativo en el área técnica de la electricidad. (ESSA, 2023).

Este laboratorio es puesto en marcha para realizar diversas prácticas en el área técnica, por los estudiantes beneficiados, cuenta con una estrategia novedosa en el diseño ergonómico de los puestos de trabajo para el desarrollo de prácticas didácticas que permite un mayor afianzamiento del conocimiento. La exposición a temáticas novedosas que actualizan lo planes de estudio de estas instituciones permite capturar la atención de la comunidad y enfocar los intereses en continuar con la educación en estas áreas.

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E3T UIS

Desde sus áreas de énfasis la eléctrica, electrónica y telecomunicaciones, la E3T lidera la formación e investigación en áreas de alto impacto como lo es el uso racional de la energía y sostenibilidad. Dos proyectos que destacan por permitir el aprendizaje e investigación en niveles de pregrado y posgrado: la implementación de un piloto de edificación verde que busca reducir el consumo de energía eléctrica y agua potable (Petit Suárez, 2012), así como también la implementación de un laboratorio de Uso Racional de la Energía (URE) y Energías renovables,

4 Metodología.

La propuesta para la puesta en marcha del laboratorio se distribuye en 6 fases, *Fase 1: selección del lugar, Fase 2: aprovechamiento del tejado, Fase 3: Dimensionamiento del sistema, Fase 4: Esquemas gráficos, Fase 5: Diagramas unifilares, Fase 6 guías de laboratorio*. También se complementa con una *proyección futura y alternativas de financiamiento*, estableciendo la ruta de diseño, permitiendo el conocimiento general de operación, de la composición de los sistemas y la distribución espacial.

4.1 Fase 1: Macro Localización y Micro Localización

El sitio de trabajo elegido es la institución educativa “Instituto Técnico Industrial – Emeterio Duarte Suarez” vista de perfil en la *Figura 1*, esta institución se encuentra ubicada en el municipio de Málaga-Santander y con vista de planta en la *Figura 2* debido a que imparte la modalidad de electricidad en su formación de bachillerato y media técnica la hacen idónea para implementar lo propuesto en este trabajo de grado.

Figura 1

Instituto Técnico Industrial “Emeterio Duarte Suarez”



Nota. Fuente: fotografía hecha por los autores, 2023

Figura 2

Ubicación de la Institución educativa en el municipio de Málaga Santander



Nota. Fuente: Google Earth.

Una vez realizado el recorrido se selecciona el lugar de ubicación del laboratorio, base necesaria para proceder con el levantamiento y modelado del sitio. A continuación, en la *Figura 3* se aprecia el aula seleccionada, en la *Figura 4* se presenta una vista lateral y la *Figura 5* donde se presenta la distribución espacial. Se dispone de un aula con un área de 96 m², en la cual se distribuyen 6 bancos de trabajo distribuidos de forma que cada uno cuente con un área de 6 m² permitiendo un área segura.

Figura 3

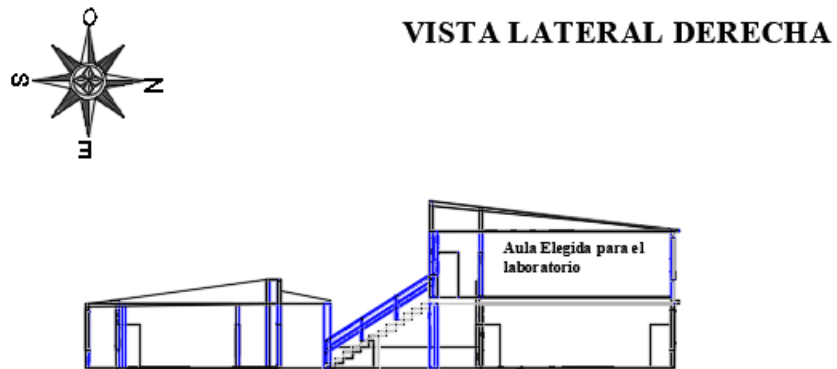
Aula seleccionada en la institución



Nota. Fuente: Fotografía hecha por los autores, 2023.

Figura 4

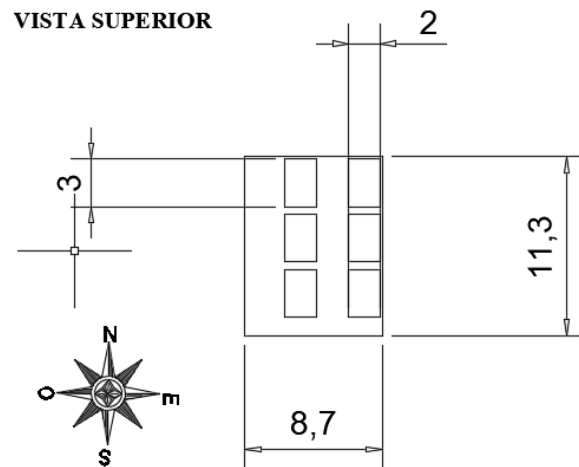
Levantamiento arquitectónico



Nota. Fuente: Autores, 2023

Figura 5

Distribución espacial del área de trabajo



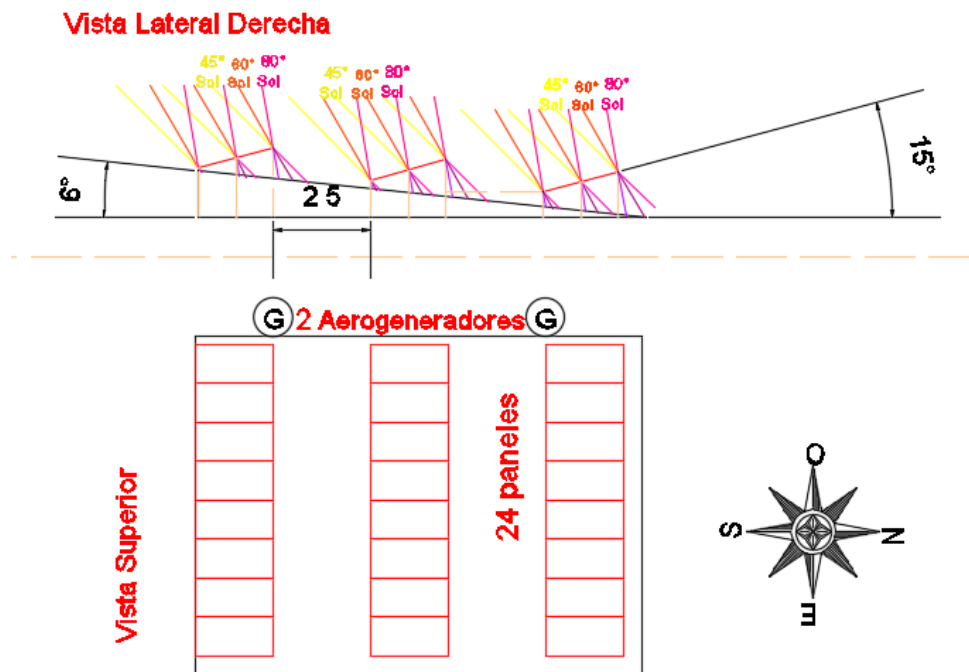
Nota. Fuente: Autores, 2023

4.2 Fase 2: Distribución Espacial Sobre el Tejado

El tejado del aula cuenta con un área de 99m^2 , como se aprecia en la *Figura 6* se ubican 24 paneles fotovoltaicos distribuidos en 3 filas de 8 unidades. Su instalación considera la inclinación del tejado de 6° de elevación orientados al sur, debido a la posición geográfica los SFV se orientan con 15° de elevación al norte, por lo que las estructuras de apoyo compensan esto, además se cuenta con un distanciamiento de 2.5m que permite evitar el sombreado en los paneles en las filas adyacentes, en la parte lateral izquierdo se ubican los 2 aerogeneradores verticales de tal forma que su sombra se proyecta en contra de la ubicación de las celdas fotovoltaicas.

Figura 6

Distribución espacial del área del tejado



Nota. Fuente: Autores, 2023.

El modelo 3D realizado en AutoCAD que representa el levantamiento arquitectónico realizado, así como el modelo de la institución se adjuntan en el *Apendice A* y *Apendice B*

4.3 Fase 3: Dimensionamiento del Sistema

En esta fase se realiza el dimensionamiento y selección de elementos a utilizar, los cuales se calculan apoyados en una plantilla creada en Excel, que se adjunta en el *Apendice C* como material didáctico para la formación en el laboratorio, usando la metodología que se describe a continuación:

4.3.1 Cálculo de la Energía del Sistema.

Para realizar el cálculo de la energía requerida en cada banco de laboratorios se emplean las siguientes ecuaciones:

Cálculo de potencia instalada mediante la *Ecuación 1*:

$$P_S = \sum_1^n (N * P) \quad (1)$$

Donde:

Ps: valor de potencia del sistema

N: Número de cargas de la misma potencia

P: Potencia de cada elemento.

n: Cantidad de cargas por tipo

El cálculo de energía diaria en [Wh/d] se realiza mediante la *Ecuación 2*:

$$E_T = \sum_1^n (P_S * H) \quad (2)$$

Donde:

E_T: Energía total demandada por el sistema.

P_S: Potencia del sistema

H: tiempo de uso en horas al día de cada carga.

n: Cantidad cargas por tipo

Tabla 1

Energía total diaria requerida

CARGAS INSTALADAS						AREA
DESCRIPCIÓN	POTENCIA (W)	CANTIDAD	TOTAL CARGA [W]	Horas de Uso	Energía [Wh/día]	90
Circuito de pequeños aparatos y herramientas	500	1	500	5	2500	Estrato
Iluminacion LED 12W	12	4	48	5	240	1
Barra de sonido	40	2	80	6	480	Tensión [V]
Computador Portatil	250	2	500	4	2000	120
Motor 1f	500	1	500	2	1000	
Potencia Instalada [W]			1628			
Energía Requerida [Wh/día]			6220			

Nota. Fuente: Autores, 2023.

En la *Tabla 1* se aprecia un listado recomendado de cargas que se podrían encontrar en un aula de laboratorio, así como sus valores nominales de consumo.

4.3.2 Cálculo del Inversor.

El inversor se calcula teniendo en cuenta la suma de la potencia de las cargas, se estima la capacidad del inversor con base en un 75% de simultaneidad de las cargas del sistema, para luego asumir un factor de seguridad del 20% por encima (*Ecuación 3*), finalmente se ajusta el valor obtenido a un valor comercial que mejor se acopla al sistema en la *Tabla 2*.

$$P_{St} = ((\sum_1^n P_L) * 0.75) * 1.2 \quad (3)$$

Donde:

Ps: Potencia total suministrada por el inversor

P_L : Potencia total de cada tipo de carga

Tabla 2

Cálculo del inversor

	Potencia [W]	Tensión salida [V]	
Inversor al 75% de simultaneidad	1465,2	110	VAC
Inversor valores comerciales	1500		

Nota. Fuente: Autores, 2023

En la *Tabla 2* se muestra la potencia obtenida, así como su ajuste al valor comercial para la selección del inversor adecuado para el sistema.

4.3.3 Cálculo de la Cantidad de Paneles.

Para determinar la cantidad de paneles a utilizar se realiza un análisis de radiación solar con datos tomados de la NASA y el IDEAM, tomando como base el caso más crítico, seleccionando el mes con menor cantidad de HSP (Hora Solar Pico), cálculo de la cantidad de paneles se establece mediante la *Ecuación 4*.

$$\text{Numero de paneles} = \frac{E_T/HSP}{P_{nom}} \quad (4)$$

Donde:

E_T : Energía total

HSP: Hora Solar Pico

P_{nom} : Potencia nominal del panel

Tabla 3*Estimación del número de paneles*

Potencia pico [W]	1566,751
Potencia nominal [W]	400
Nº de paneles	3,917

Paneles	4 X 400
----------------	----------------

Nota. Fuente: Autores, 2023.

La *Tabla 3* muestra la estimación de la cantidad de paneles y su potencia nominal para suplir la energía total requerida.

4.3.4 Cálculo del Controlador de Carga

El controlador se encarga de gestionar el flujo de corriente generada por el SFV cuidando el estado de las baterías en el proceso de carga y descarga, este será del tipo MPPT el cual permite aprovechar al máximo el SFV.

La conexión de los paneles es abierta a disposición de las prácticas de laboratorio, por lo cual su regulador debe soportar tanto la conexión en paralelo como en serie, por lo cual se dimensiona las tensiones y corrientes que debe tolerar mediante las siguientes ecuaciones:

$$V_R = N_{o_{paneles}} * V_{nom_{panel}} \quad (5)$$

Donde:

V_R : Tensión del controlador

$N_{o_{paneles}}$: Cantidad de paneles

$V_{nom_{panel}}$: Tensión nominal del panel

$$I_R = \frac{N_{\text{paneles}} * P_{\text{nom panel}}}{V_{\text{Bat}}} \quad (6)$$

Donde:

I_R : Corriente del controlador

N_{paneles} : Cantidad de paneles

$P_{\text{nom panel}}$: Potencia nominal de un panel

V_{Bat} : Tensión de las baterías

Los valores obtenidos para el controlador de carga se muestran en la Tabla 4, así como su ajuste a valores comerciales, para el sistema se requiere un controlador de carga 100/70, es decir que soporte 100 V y 70A.

Tabla 4

Dimensionamiento del controlador de carga

Controlador de carga FV	Valor Nominal del sistema	Ajuste a Valor comercial
Tension [V]	139,52	140
Corriente de carga [A]	66,667	70

Nota: fuente: Autores, 2023.

4.3.5 Cálculo de Baterías.

Para el cálculo de baterías es necesario acumular el doble de la energía de tal forma que al momento de realizar la descarga estas queden por la mitad, para suplir correctamente la demanda, de igual manera al momento de realizar el cálculo es necesario multiplicar la energía con el factor de seguridad de descarga del 85% esto con el fin de garantizar la conectividad del sistema.

Para calcular la capacidad de almacenamiento en Ah requerido por el sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = E_T / (V_B * F_d) \quad (7)$$

Donde:

C: Capacidad de almacenamiento en Ah

V_B: Tensión de la batería

F_d: Factor de descarga

E_T: Energía total requerida

Tabla 5

Cálculo del banco de baterías

Ah	250
C	304,902
Baterias	1,220

Baterias	2 X 250 Ah
-----------------	-------------------

Nota. Fuente: Autores, 2023.

La *Tabla 5* muestra los resultados obtenidos para el banco de baterías, la cantidad necesaria, la capacidad de almacenamiento requerida y su valor nominal de Ah.

4.3.6 Cálculo de Conductores y Protecciones del Sistema.

Para el cálculo de protecciones y conductores se tiene en cuenta la tensión y la corriente de corto circuito de cada panel, la metodología de estimación parte de un seccionamiento del circuito ramal de la instalación como se muestra en la *Tabla 6*.

Tabla 6

Seccionamiento de la instalación

SECCION	DESCRIPCION
1	Conductor desde el panel al inversor y fusible DC
2	Termomagnéticos DC
3	Conductor desde el inversor al tablero
4	Cálculo de conductores para conexiones en el banco

Nota. Fuente: Autores, 2023.

Sección 1 Conductor y Fusible

Esta sección comprende el trayecto de salida desde cada uno de los paneles hasta la llegada al punto de interconexión al inversor, añadiendo en su intermedio el fusible de protección, su dimensionamiento se realiza a continuación.

Para realizar los cálculos de conductor y fusibles de conexión al panel se utiliza la siguiente ecuación.

$$I_f = I_{sc} * F_s \quad (8)$$

Donde:

I_f : Corriente del fusible

F_s : Factor de seguridad, para este caso se asume de 1,25

I_{sc} : corriente de corto circuito del panel

De esta manera se calcula la corriente en los fusibles, teniendo cuenta que el valor de fusible debe ajustarse al valor comercial más próximo por encima de lo obtenido en el cálculo, así como la selección del conductor adecuado como se evidencia en la *Tabla 7*.

Tabla 7

Cálculo de fusibles

Tramo Panel a Barraje DC	Corriente del fusible [A]		13,788
	Ajustado al valor comercial [A]		15
	Conductor y ampacity	PV XLPE No 10 CU	29,12
Tramo Barraje DC a Inversor	Corriente del fusible [A]		44,120
	Ajustado al valor comercial [A]		45
	Conductor y ampacity	PV XLPE No 8 CU	55

Nota. Fuente: Autores, 2023.

De acuerdo con el manual del fabricante del panel, se selecciona el tipo de conductor que para este caso es Solar Fotovoltaico, es un conductor con aislamiento en material termoestable de polietileno de cadena cruzada (XLPE) sin propagación de incendios, soporta las condiciones de intemperie y la luz ultravioleta (SR), con temperatura máxima de operación de 90°C y nivel de tensión máximo de 600V.

Sección 2 Interruptor Termomagnético DC

Esta sección corresponde al dimensionamiento del interruptor termomagnético que permite abrir el circuito para realizar la interconexión de los paneles de cada banco en diferentes configuraciones, esto garantizando un trabajo y manipulación segura puesto que los paneles están siempre activos.

Para realizar el cálculo de la protección termomagnética se procede mediante la *ecuación 9*, su valor en el mercado se ajusta aproximando al valor más cercano por encima del calculado como se muestra en la *Tabla 8*.

$$\text{Interruptor termomagnético} = I_F * f_S * \text{cantidad de paneles} \quad (9)$$

Donde:

I_F : Corriente del fusible

f_S : Factor de seguridad

Tabla 8

Cálculo de protección DC

Tramo Panel a Barraje DC	Termomagnético DC [A]	13,788
	Ajustado al valor comercial DC [A]	16
Tramo Barraje DC a Inversor DC	Termomagnético DC [A]	44,120
	Ajustado al valor comercial DC [A]	45

Nota. Fuente: Autores, 2023.

Sección 3. Conductores en AC

Para el cálculo de conductores de esta sección se tiene en cuenta la Tabla 310-16 de la NTC 2050 (Norma Técnica Colombiana 2050, 1998). Para este caso se selecciona el conductor Cu No

8 AWG-THWN, ya que es el que mejor se acopla al sistema diseñado para un máximo de corriente de 50 [A].

Sección 4 Terminales y Protecciones AC

En esta sección se dimensionan las protecciones en AC a la salida del inversor necesarias para la protección a la hora de realizar la conexión de las cargas, así como también el calibre de los terminales requeridos para realizar las interconexiones entre los elementos dispuestos en los tableros de los bancos de trabajo.

Para el cálculo de protecciones en AC y distribución ramal de los circuitos se establece mediante la *Ecuación 10*.

$$Protecciones\ en\ AC = (Potencia\ del\ inversor / Tensión\ de\ salida) * Fs \quad (10)$$

Donde:

F_s: Factor de seguridad

Tabla 9

Protecciones en AC

Termomagnetico AC [A]	17,045
Ajuste a valor comercial AC [A]	20

Nota. Fuente: Autores, 2023

En la *Tabla 9* se muestra el valor obtenido para la protección termomagnética en AC, así como su ajuste al valor comercial más próximo por encima del calculado.

Para la selección de los conductores a emplear en la conexión del laboratorio se emplea un conductor de Cu No 10 AWG THWN 75°C, para los puentes de las conexiones didácticas en el tablero del laboratorio.

4.3.7 Cálculos Mecánicos.

Al momento de realizar los cálculos mecánicos de la estructura que soportan el sistema de generación se tiene en cuenta el peso propio y la fuerza del viento sobre la estructura, esta debe soportar el peso adicional de los sistemas que se calcula de la siguiente manera.

$$F_{panel} = \frac{W_{panel}}{A_{panel}} \quad (11)$$

Donde:

F_{panel} : Fuerza que ejerce el panel a la estructura

W_{panel} : fuerza del peso del panel

A_{panel} : Área del panel

Donde la fuerza ejercida por el peso del panel sobre la estructura es el siguiente

$$F_{panel} = 108 [Nm]$$

Para el cálculo que ejerce el viento sobre la estructura se utiliza los datos expuestos por el IDEAM y la NASA, para obtener datos estimados de la velocidad y presión del viento, basados en estos datos se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de influencia del viento sobre la estructura y el panel de la siguiente manera.

$$F_{viento} = A * P * Cd \quad (12)$$

Donde:

F: es la fuerza o carga del viento

A: es el área del panel.

P: es la presión del viento

Cd: es el coeficiente de arrastre

Dada esta ecuación la fuerza que aplica el viento sobre la estructura propuesta es de 3.56 [Nm], con el fin de no someter el techo existente a grandes esfuerzos y atendiendo a manuales y recomendaciones de fabricantes, se elige una estructura de soporte en material de aluminio por su bajo peso y elevada resistencia, cuya configuración se encarga de garantizar tanto la ubicación como la inclinación de los paneles presentada en la *Figura 6*.

4.3.8 Tubería

Los conductores eléctricos se canalizan hasta su destino, el tipo de tubería para la bajante desde el conjunto de paneles hasta los bancos será Conduit IMC, tubería metálica tipo rígido con capacidad de soportar las condiciones de intemperie, para distinguir y facilitar la conexión de la alimentación de cada banco de trabajo se realiza una bajante para cada tipo de SFV, el conductor de puesta a tierra se interconecta al SPT existente.

Su dimensionamiento contempla los calibres de los conductores necesarios para interconectar el SFV con el banco de trabajo, la cantidad de conductores y su sección transversal, estos datos se muestran en la *Tabla 10* mediante la ecuación:

$$At_{GC} = A_C \times N_{oC} \quad (13)$$

Donde:

At_{GC} : Sección transversal del grupo de conductores

A_C : Sección transversal de un conductor

No c: Cantidad de conductores

Tabla 10:
Dimensiones de los conductores

<i>Tubería</i>					
Conductor:	Calibre	Diametro mm	Área unitaria	No de conductores	Área Total
PV XLPE Cu 600V 90°C	10	7,1	39,59192142	8	316,735371
AWG XLP 90°C Tierra	8	7,8	47,78362426	1	47,7836243
Total:					364,518996

Nota: fuente: Autores, 2023.

Para la selección del calibre del Conduit se considera la tabla 1 de la NTC 2050, que establece que la ocupación del ducto no debe superar el 40% de su capacidad total, como se aprecia en la *Tabla II*, calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\%Ocupación = \frac{At_{GC}}{A_T} \times 100 \tag{14}$$

Donde:

At_{GC}: Área total del grupo de conductores

A_T: Área nominal de la tubería

%Ocupación: Ocupación del Grupo de conductores en la tubería

Tabla 11
Porcentaje de ocupación de la tubería

Conduit	1-1/4"
Área	1062,46182
% Ocupación	34,000 Cumple

Nota: fuente: Autores, 2023.

4.3.9 Aerogenerador

Para estimar potencial energético del viento se tomaron datos del municipio disponibles en la página web del IDEAM como se aprecian en la *Tabla 12*, necesarios para calcular un valor promedio de la potencia del viento y la energía que podría producir vistos en la *Tabla 13*, al ser de uso residencial y con enfoque en tecnología novedosa se optó por integrar un aerogenerador vertical cuya área de barrido media es de 1m^2 , usando las siguientes ecuaciones:

$$Pv = A * \frac{1}{2} * d * v^3 \quad (15)$$

Donde:

P_v : Potencia del viento

A: área de barrido

d: densidad del viento

v: velocidad del viento

$$Ev = A * \frac{1}{2} * d * \left(\frac{6*v^3}{\pi}\right) * t \quad (16)$$

Donde:

E_v : Potencia del viento

A: área de barrido

d: densidad del viento

v: velocidad del viento

t: tiempo, 24 horas

Su estimación de energía se realiza mediante un promedio entre los resultados obtenidos, basados en datos históricos mensuales disponibles en el IDEAM y las ecuaciones anteriores, se aprecian en la Tabla 12 y la Tabla 13.

Tabla 12
Datos del viento en el municipio

Datos del sitio		
Velocidad media del viento [m/s]	2	km/h
		7,2
Altura [msnm]	2235	
Temperatura media [°C]	16	
Densidad del aire [kg/m3]	1,225	
Area de barrido [m2]	1	

Nota. Fuente: Autores, 2023.

Tabla 13
Estimación del potencial energético del viento

	Velocidad del viento [km/h]	Potencia del viento [W/m2]	Energía del viento por hora [Wh]	Energía del viento por día [Wh/día]
Media	6,183	156,228	298,373	7160,956

Nota. Fuente: Autores, 2023.

La energía requerida por la instalación se presentó en la sección 4.3.1 “*Calculo de la energía del sistema*” y la energía estimada del viento vista en la *Tabla 13* nos permite conocer la capacidad adecuada del generador, así como la velocidad del viento necesaria para que éste produzca energía, tal como se muestran en la *Tabla 14*.

Tabla 14
Dimensionamiento del Aerogenerador

E requerida	6220	Wh/día
Em viento	7160,956	Wh/día
AG en valor comercial	7000	Wh/día
V de inicio	2	m/s

Nota. Fuente: Autores, 2023

4.3.10 Grupo Electrónico

El grupo electrónico es una fuente de suministro de energía de respaldo, la cual se activa cuando la alimentación principal no tiene la capacidad para abastecer la energía requerida. Para su dimensionamiento se diferencian las cargas que alimentara, en motrices y no motrices, puesto que las motrices demanda una mayor energía en su puesta en marcha, a estas se les debe multiplicar su potencia por un factor de arranque que asegura el 300% de su valor nominal, como se aprecia en la *Tabla 15*.

Tabla 15
Estimación de la potencia de las cargas

	P [W]	Factor de arranque	P total [W]
Cargas No motrices	1128	1	1128
Cargas motrices	500	3	1500

Nota. Fuente: Autores, 2023.

La potencia total resulta de la suma de la potencia individual del tipo de carga, este valor se expresa en kVA (kilo Volt Amper) mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{P_{total}}{FP} \quad (17)$$

Donde:

S: Potencia de dimensionamiento en kVA

P_{total}: Potencia total de las cargas

FP: factor de potencia

En la Tabla 16 se muestran los valores de la potencia de dimensionamiento, así como la capacidad necesaria del grupo electrógeno usando un factor de seguridad del 20% por encima y su ajuste a un valor comercial.

Tabla 16

Dimensionamiento del grupo electrógeno

Total	2628
Total en kW	2,628
FP	0,85
Total en kVA	3,0918
% FS	20

Grupo Electrónico	3,710	kVA
GE en valor comercial	4	kVA

Nota. Fuente: Autores, 2023.

4.4 Fase 4: Representación Esquemática

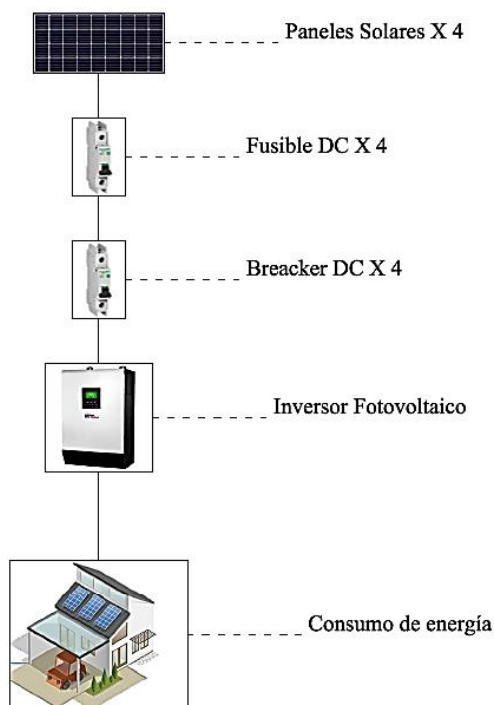
Se definen los componentes por banco de manera que permita tener experiencia de manejo de los principales tipos de sistemas de generación fotovoltaica, como lo son los sistemas On Grid, Off Grid e Híbridos, para lo cual se reparten dos bancos de trabajo por tipo de sistema, distribuidos gráficamente como se especifica a continuación:

4.4.1 Bancos No. 1 y No. 2

Estos dos bancos brindan la experiencia parcial de un sistema On Grid, no se interconecta a la red debido a que solo es un sistema de laboratorio, pero permite apreciar la necesidad de tener un sistema alterno que soporta la demanda cuando el sistema fotovoltaico no suministra la energía suficiente, en la *Figura 7* se tiene una representación gráfica de los elementos que componen la alimentación de estos bancos de trabajo:

Figura 7

Esquema de alimentación de los bancos No. 1 y No. 2



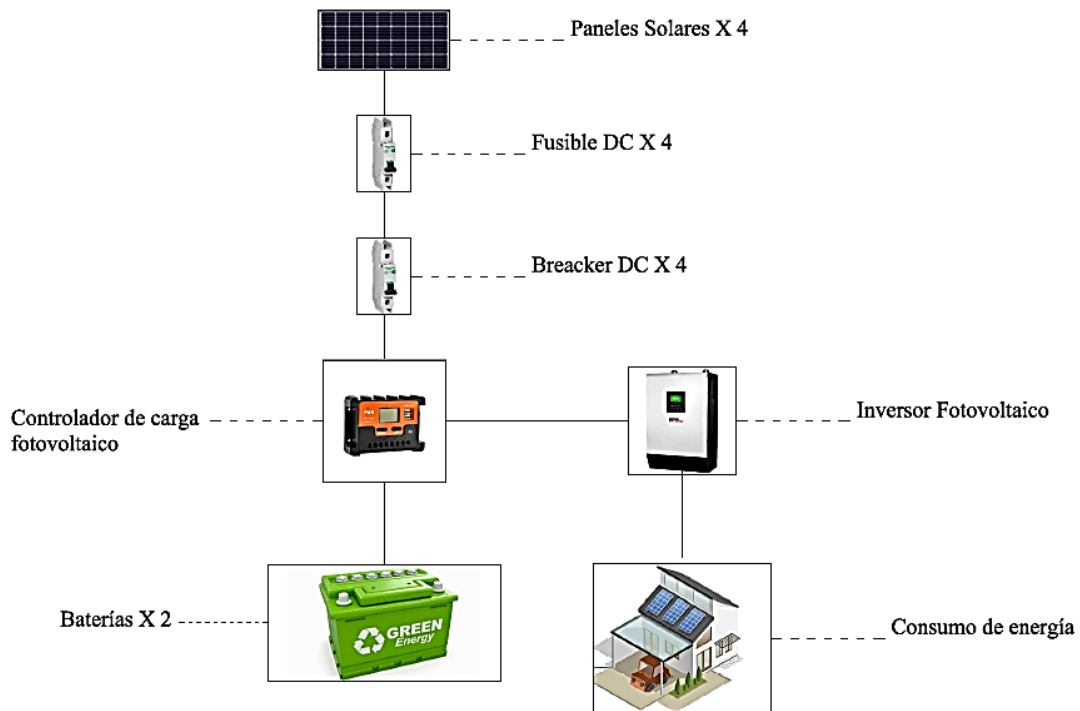
Nota. Fuente: Autores, 2023.

4.4.2 Bancos No. 3 y No. 4

Estos bancos brindan la experiencia total de un SFV aislado, dotados de bancos de baterías que le permiten almacenar la energía producida para ser suministrada a las cargas cuando no se genere lo suficiente, en la *Figura 8* se tiene una representación gráfica de los elementos que componen la alimentación de los bancos de trabajo.

Figura 8

Esquema de alimentación de los bancos No. 3 y No. 4



Nota. Fuente: Autores, 2023.

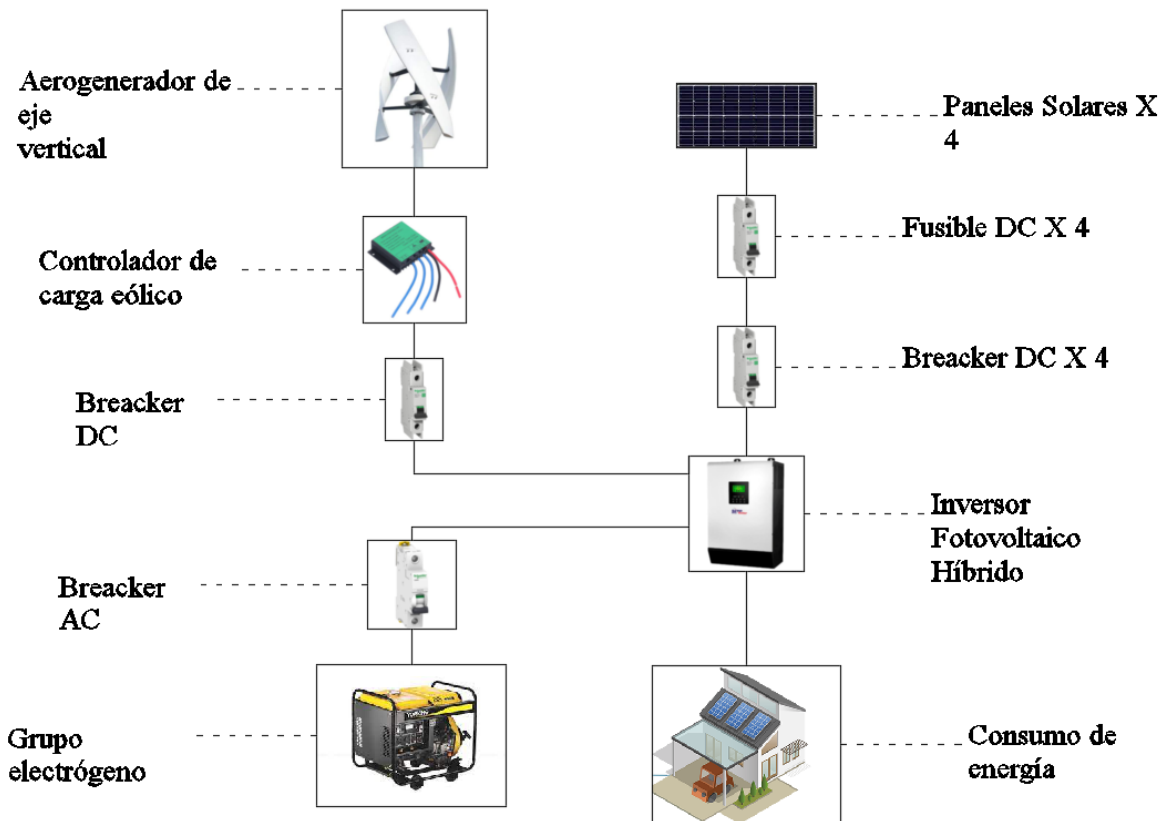
4.4.3 Bancos No. 5 y No. 6

El tercer par de bancos reúne las características de los sistemas modernos, las micro redes, las cuales son generadores y distribuidores locales que operan de forma independiente de la red

eléctrica. En este trabajo de grado el sistema híbrido integra la generación fotovoltaica y la generación eólica junto a un grupo electrógeno, un generador a base de combustible que actúa como fuente de respaldo. La *Figura 9* contiene una representación gráfica de los elementos que alimentan estos bancos de trabajo.

Figura 9

Esquema de alimentación de los bancos No. 5 y No. 6



Nota. Fuente: Autores, 2023.

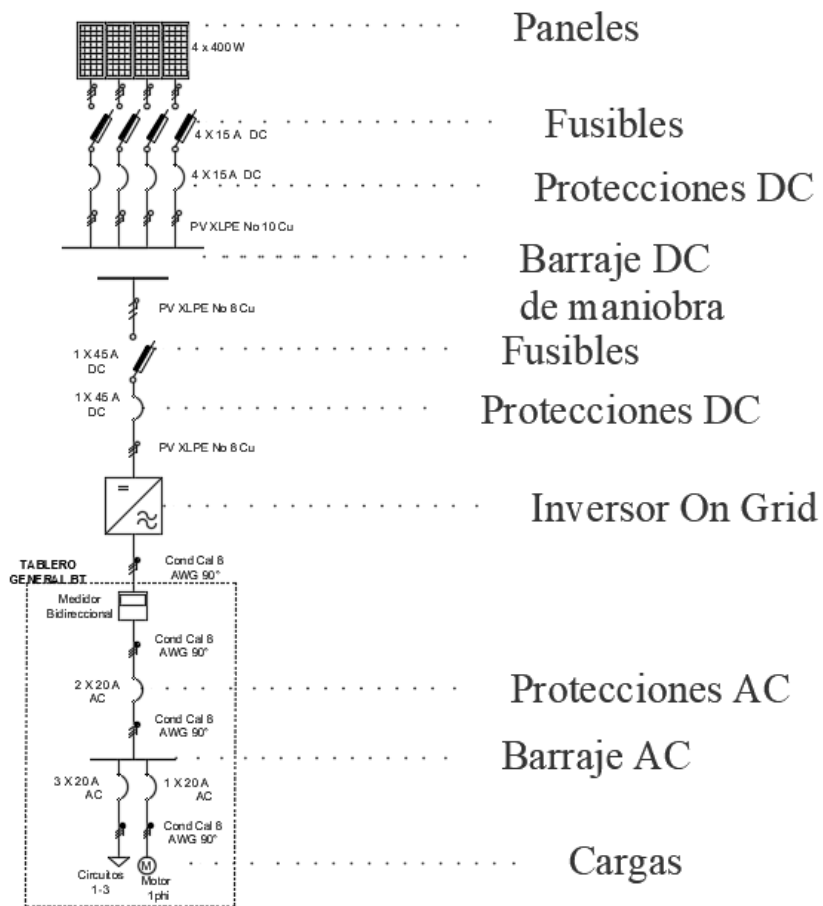
Los diagramas esquemáticos se proporcionan en el *Apendice D* sirviendo como complemento a la formación de los estudiantes.

4.5 Fase 5: Diagramas Unifilares

La interconexión eléctrica de cada banco de trabajo se dispone en los diagramas unifilares realizados como guía de apoyo para la implementación del laboratorio. Los diagramas comprenden el camino desde la generación hasta el consumo final, donde la *Figura 10* contiene el diagrama unifilar para el sistema On Grid, la *Figura 11* contiene el diagrama unifilar correspondiente al sistema Off Grid y la *Figura 12* el diagrama unifilar que interconecta los elementos de la micro red.

Figura 10

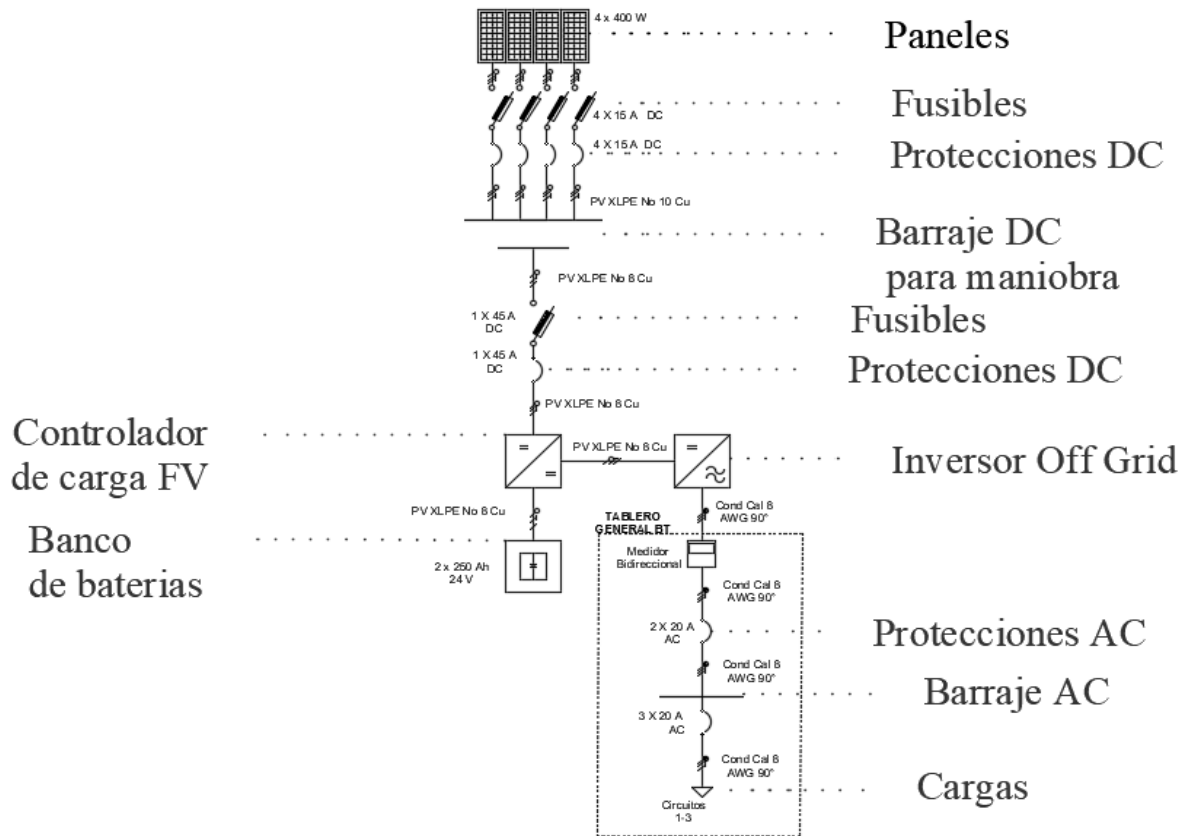
Diagrama unifilar del sistema On Grid



Nota. Fuente: Autores, 2023

Figura 11

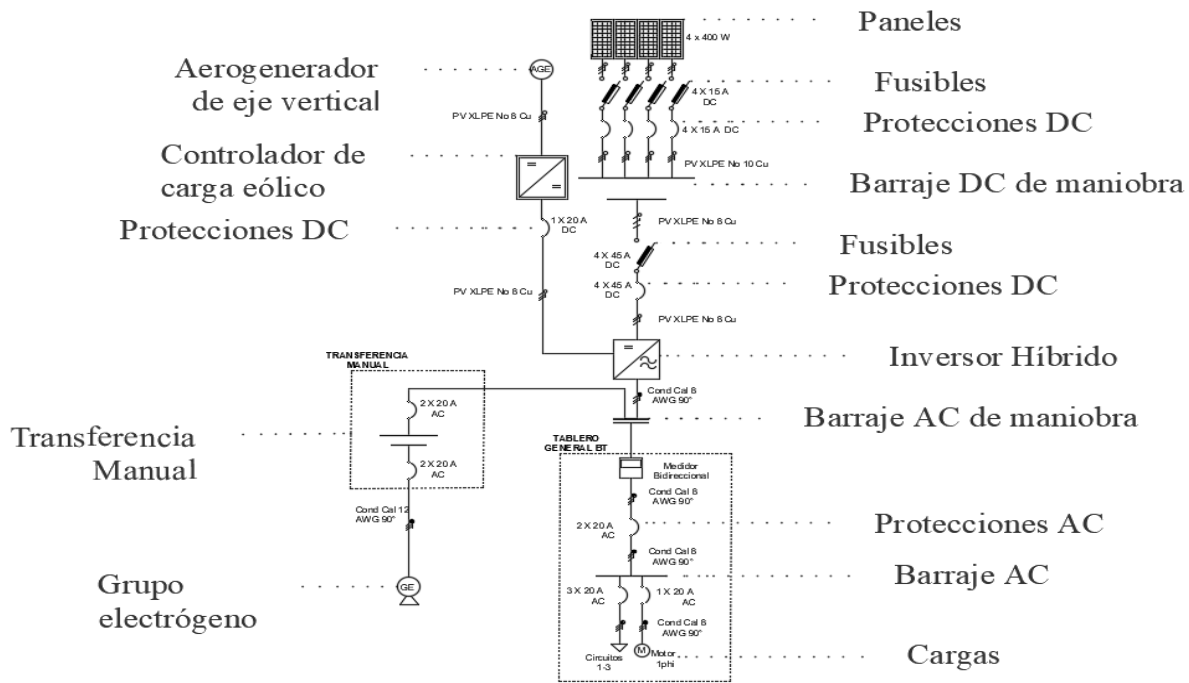
Diagrama unifilar del sistema Off Grid



Nota. Fuente: Autores, 2023

Figura 12

Diagrama unifilar de un sistema híbrido



Nota. Fuente: Autores, 2023

Las capacidades de cada uno de los elementos en los diagramas unifilares corresponden a los valores obtenidos en cada uno de los ítems descritos en la *Fase 3: Dimensionamiento del Sistema*, estos diagramas se proporcionan como material didáctico en el *Apendice E*.

4.6 Fase 6: Guía de Operación del Laboratorio.

La operación de los elementos dispuestos en el laboratorio se realiza bajo la supervisión de un encargado capacitado, que atienda y guíe a los practicantes en el desarrollo de las actividades, evitando así el daño de los implementos por mal uso o posibles accidentes por el mismo motivo.

Se plantean actividades prácticas básicas, que permitan la familiarización con los sistemas, la materialización de los conceptos teóricos, el funcionamiento y operación de cada uno de los

elementos que lo componen, entre otras, además de propiciar el ambiente de investigación por parte de la comunidad académica de la institución.

Las guías de actividades se desarrollan bajo la modalidad implementada por parte de la unión europea, que impulsa la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas o STEM por sus siglas en inglés, iniciativa que busca despertar el interés de los estudiantes en estas áreas del conocimiento para impulsar la formación competente de profesionales capaces de satisfacer las necesidades que demanda la industria a futuro (Jose Diego, 2020).

Las guías de actividades prácticas se encuentran disponibles en el *Apendice F* como material de formación para la institución.

4.7 Proyección Futura

Uno de los propósitos de este trabajo de grado es la creación de un ambiente investigativo, formativo y motivacional para la comunidad estudiantil de la institución, así pues, se plantean oportunidades de mejoramiento posterior a su construcción, brindando posibilidades de actualización en la *Sección 4.7.1*, el aprovechamiento de la energía generada en la *Sección 4.7.2* y la capacidad de realizar estudios climatológicos en la *Sección 4.7.3*.

4.7.1 Actualización

La actualización tecnológica permite el mejoramiento continuo de la calidad, trabajando el mutualismo de sistemas que se benefician como podría ser la agricultura en invernaderos con techos de paneles solares, o el aprovechamiento de los residuos de las actividades agrícolas.

Al ser un laboratorio modular y escalable, se prevé que su impacto positivo acarree un apoyo a su implementación, renovación y actualización, permitiendo que las actividades prácticas y de investigación sean más diversas, como podría ser la integración de más fuentes de generación,

como la biomasa o la biodigestión, al ser una región con diversas actividades en agricultura, el aprovechamiento de los residuos que estas actividades produce.

4.7.2 Aprovechamiento

La dotación del laboratorio cuenta con un potencial considerable de generación de energía. El principio de la modularidad de este, fue en consideración a una posible interconexión y configuración del sistema que permita a la institución disponer de este recurso para suministrar energía eléctrica a cargas de este tipo, como podrían ser la iluminación de las aulas aledañas cuando en este no se encuentren realizando actividades prácticas, mediante una transferencia manual general que permita unificar la producción de la totalidad de los paneles fotovoltaicos, y cubrir la demanda de la institución mediante un inversor cuya capacidad suficiente para el sistema.

4.7.3 Estudios climatológicos

Los elementos presentes en el laboratorio permiten realizar la medición indirecta y estudios de constantes climatológicas en la ubicación, datos que actualmente son información base para el desarrollo de proyectos de energías renovables futuros en la región.

4.8 Alternativas de Financiamiento

Para la realización de este trabajo de grado se requiere de un capital importante, a pesar de su estructuración de módulos de construcción y puesta en marcha realizado para el alivio financiero. Así mismo se proponen alternativas de las cuales podría llegar a recibir el apoyo mediante entidades gubernamentales en la *Sección 4.8.1* y entidades empresariales en la *Sección 4.8.2*.

4.8.1 Entidades Gubernamentales

Las entidades gubernamentales podrán sumarse apostando a la innovación. Actualmente el gobierno nacional ha puesto en marcha en su plan nacional de desarrollo una directriz denominada “transformación productiva, internacionalización y acción climática” para la cual tienen una estimación planteada de 114,3 billones de pesos que impulsaran el desarrollo de proyectos que desarrollen ciencia y tecnología y potencien la investigación con el fin de acelerar de la transición energética segura y dejar atrás los hidrocarburos (Presidente de la República - Gustavo Francisco Petro Urrego, 2023), el proyecto comparte estos ideales por lo cual cuenta con el potencial para recibir el apoyo financiero.

Así también dentro del plan de desarrollo de la alcaldía municipal proyectado para el 2020-2023, ven la necesidad de invertir en la adecuación de la infraestructura de las instituciones, la creación de semilleros de investigación y subsidios para el acceso a la educación superior (Arenales, 2020), por ende, cabe la posibilidad de recibir un apoyo financiero al proyecto.

La secretaria de educación departamental tiene dentro de su plan de asistencia técnica, proyectos cuyos objetivos son mejorar la calidad de la educación y mitigar la deserción escolar, así como el fortalecimiento pedagógico, académico e institucional (Santander, 2018), por lo que el desarrollo de un laboratorio de estas características complementa y ayuda al cumplimiento de estos objetivos, el apoyo financiero por parte del ente es una posibilidad para la institución.

4.8.2 Entidades Empresariales

Las empresas particulares podrán adherirse al proyecto realizando sus aportes, realizando donaciones económicas o de implementos logrando que se lleve a cabo la implementación de las etapas funcionales del laboratorio, apoyando al progreso y educación de las nuevas generaciones. Y de esta forma realizando un aporte al cuidado medio ambiental y el desarrollo sostenible de la

región, lo que traerá beneficios a sus empresas dado que estos mismos profesionales serán quienes a futuro les proporcionen las soluciones energéticas para lograr un consumo eficiente y responsable.

5 Etapas Constructivas.

Al contar con la definición de los tipos de sistemas a instalar en la *fase 4 “Representación esquemática”*, ubicación y distribución en la *fase 1 y 2 “macro y micro localización y distribución espacial”* de cada uno de los elementos a utilizar en el diseño de laboratorio se da a conocer las etapas constructivas para su puesta en marcha funcional, ya que la institución no cuenta con los recursos suficientes para la implementación del laboratorio en una única inversión total. Por lo tanto se divide la construcción en etapas así: etapa 1 se realiza la adecuación del aula, la etapa 2 implementación del sistema On Grid, etapa 3 implementación de sistema Off Grid, etapa 4 implementación de la Microred.

5.1 Etapa 1: Adecuación del Aula

Para la estructuración del laboratorio, es necesario garantizar que los paneles solares estén debidamente asegurados, que los conductores y tuberías estén protegidos y organizados permitiendo su fácil identificación en las etapas posteriores, así como también los espacios de ubicación, conexión e interconexión de los bancos. En esta etapa se procede a adecuar las instalaciones del salón.

5.1.1 Estructuras de Apoyo.

Basados en la *Figura 6* que muestra la ubicación de los paneles, las estructuras de apoyo deben realizarse teniendo en cuenta la ubicación, peso, inclinación y orientación de los paneles, garantizando el cumplimiento de lo establecido en los diseños para lograr la operatividad de los

sistemas. Es importante que la estructura sea lo suficientemente rígida para soportar los paneles y que cumpla con los requisitos de los códigos de seguridad, por lo cual se recomienda realizar la adecuación estructural necesaria para soportar el sistema.

5.1.2 Tuberías.

El cableado de la instalación se lleva en tuberías y bandejas porta cables, para evitar fallas por el desgaste de los conductores que conectan los bancos. Además, estos deben de ser accesibles y con el espacio suficiente para dada la expansión de la instalación se cuente con el espacio para la integración de nuevos elementos.

5.1.3 Sistema de Protección.

Al ser una instalación eléctrica, por normatividad debe contar con sistemas de puesta a tierra que brinden protección del personal y los dispositivos, por ello debe garantizarse que se cuente con sistema de conexión de puesta a tierra de los sistemas eléctricos del laboratorio utilizando el sistema de puesta de puesta a tierra existente en la institución.

Las distancias de seguridad garantizan la operación y manipulación segura en los bancos de trabajo y las estructuras, por ello en el diseño dispuesto en la *Figura 5* se garantiza una amplia área de trabajo y separación entre grupos de trabajo, brindando confort para la realización de las actividades.

5.2 Etapa 2: Sistema Fotovoltaico On-Grid.

En esta etapa se da a conocer la propuesta de un sistema solar fotovoltaico ON-Grid acoplado en 2 bancos de trabajo, en la *Tabla 17* se listan los elementos que componen cada banco y el total requerido para completar la etapa.

Tabla 17*Elementos que componen el sistema On Grid en los bancos de trabajo*

Elementos	Cantidad por banco	Cantidad por etapa
Panel Solar 405 W 24V Monocristalino	4	8
Inversor Cargador 1500W 24V Green	1	2
Point		
Medidor Bidireccional	1	2
Breaker DC 2P 550VDC 15A	4	8
Breaker DC 2P 550VDC 45A	1	2
Fusible DC 15A	4	8
Fusible DC 45A	1	2
Vigilante de tensión 110 V 20A 1Hp monofásico	1	2
Luminarias	4	8
Toma corrientes	4	8
Multímetro	1	2
Conductores para laboratorio	100	200
Luz Piloto verde	2	4
Guardamotor	1	2
Motor	1	2

Nota. Fuente: Autores, 2023.

5.2.1 Instalación de Paneles.

En esta etapa se realiza la adquisición y montaje de los 8 paneles, 4 por banco, en las estructuras instaladas en el techo del salón, ubicados y orientados como se dispone en el diseño propuesto en la *Fase 2 “Distribución espacial sobre el tejado”* y su interconexión a los bancos mediante el cableado realizado en la *Etapa 1 “Adecuación del aula”*.

5.2.2 Implementación del Inversor.

Para el desarrollo de las actividades se precisa de la adquisición e instalación de un inversor por banco con las características propuestas en la *Tabla 2*. Uno de los bancos tiene el adicional de que su inversor soporta la interconexión del conjunto de paneles de los dos bancos, potenciando el modularidad del laboratorio, que es su fuerte.

5.2.3 Funcionalidad

Estos bancos de trabajo representan el sistema integrado a la red, para lo cual se destina una conexión básica y ocasional a la red, solo para efectos prácticos y educativos, contando con indicadores luminosos para señalar cuando el sistema consume energía de la red y para cuando el sistema inyecte energía a la red.

Las posibilidades que brindan estos bancos de trabajo son: el estudio de la producción de energía por los SFV, el análisis de la eficiencia de las celdas fotovoltaicas, el estudio de las variaciones de producción, dimensionamiento de los sistemas, orientación y ubicación de los sistemas y aplicaciones de uso final como son: alimentación de cargas residenciales y alimentación de un maquina eléctrica.

Por otra parte, integra la posibilidad de realizar estudios de calidad de la energía eléctrica, análisis del comportamiento de cargas eléctricas, estudios de producción energética, estudios

climáticos entre otros, que podrán realizarse mediante convenios entre instituciones de educación superior con la Institución.

5.3 Etapa 3: Sistema Fotovoltaico Aislado.

En esta etapa se da a conocer la propuesta de un sistema solar fotovoltaico Off-Grid o aislado acoplado en 2 nuevos bancos de trabajo. En la *Tabla 18* se listan los principales elementos a utilizar.

Tabla 18

Elementos que componen el sistema Off Grid de los bancos de trabajo

Elemento	Cantidad por banco	Cantidad por etapa
Panel Solar 405 W 24V Monocristalino	4	8
Inversor Cargador 1500W 24V Green Point	1	2
Batería GEL 24V	2	4
Breaker DC 2P 550VDC 15A	4	8
Breaker DC 2P 550VDC 45A	1	2
Fusible DC 15A	4	8
Fusible DC 45A	1	2
Vigilante de tensión 110V 20A 1Hp monofásico	1	2
Luminarias	4	8
Toma corrientes	4	8
Multímetro	1	2
Conductores para laboratorio	100	200

Luz Piloto verde	1	2
-------------------------	---	---

Nota. Fuente: Autores, 2023

5.3.1 Instalación de los Paneles.

En esta etapa se realiza la adquisición y montaje del segundo grupo de 8 paneles, 4 por banco, en las estructuras instaladas en el techo del salón, ubicados y orientados como se dispone en el diseño propuesto y su interconexión al segundo grupo de bancos mediante el cableado realizado en la *Etapa 1 de implementación*.

5.3.2 Instalación del Controlador.

Al ser un sistema aislado, se necesita del controlador o regulador, dispositivo que distribuye la energía generada entre la alimentación del sistema y la carga de las baterías, manteniéndose en niveles adecuados al tipo de batería según especificaciones del fabricante. Para la prolongación de su vida útil, su ubicación en el sistema y conexión se realiza de acuerdo con los diseños propuestos en la Sección *4.4.2 Bancos No. 3 y No. 4*.

5.3.3 Instalación de Baterías.

Se realiza la adquisición e instalación de un banco de baterías, su ubicación se realiza de acuerdo con los diseños propuestos en la Sección *4.4.2 Bancos No. 3 y No. 4*.

5.3.4 Implementación del Inversor

Para continuar la expansión del laboratorio se realiza la adquisición e instalación de un inversor, el cual a diferencia del usado en la *Etapa 2 sistema On Grid* estos son tipo aislado, que permite interconectar los bancos de baterías y regulador de carga. También un banco tiene un

inversor que soporta la interconexión del conjunto de paneles de los dos bancos, permitiendo un mayor fortalecimiento de la modularidad del laboratorio.

5.3.5 Funcionalidad

Este grupo de bancos cuenta con indicadores luminosos que identifican la fuente de la cual proviene la energía, conjuntamente cumple la funcionalidad mencionada en la *Sección 5.2.3* y también permite: el análisis de eficiencia de los sistemas de almacenamiento, análisis de variación de producción y almacenamiento, dimensionamiento de los sistemas aislados, aplicaciones de uso final como son: alimentación de cargas residenciales en DC.

5.4 Etapa 4: Sistema Híbrido o Microred.

Un sistema híbrido es un sistema que combina diferentes tecnologías para suplir la misma carga, en esta etapa funcional se plantea suplir dos bancos de trabajo el cual se propone para simular los tipos de generaciones moderna, a continuación, en la *Tabla 19* se muestran los elementos a utilizar en esta etapa.

Tabla 19

Elementos que componen el sistema híbrido de los bancos de trabajo

Elemento	Cantidad por banco	Cantidad por etapa
Panel Solar 405 W 24V Monocristalino	4	8
Aerogenerador	1	2
Grupo electrógeno	1	2
Inversor híbrido 1500W 24V Green Point	1	2
Breaker DC 2P 550VDC 15A	4	8
Breaker DC 2P 550VDC 45A	1	2

Fusible DC 15A	4	8
Fusible DC 45A	1	2
Vigilante de tensión 110V 20A 1Hp monofásico	1	2
Luminarias	4	8
Toma corrientes	4	8
motor	1	2
Guardamotor	1	2
Multímetro	1	2
Luz Piloto verde	3	6
Terminales	100	200
Aerogenerador y controlador de carga eólico	1	2
Grupo Electrónico	1	2

Nota. Fuente: Autores, 2023

La combinación de varias fuentes de energía se ha convertido en un método muy utilizado actualmente, es por esto por lo que esta etapa funcional consta de un sistema híbrido con el fin de abastecer el 100% de la carga y evitar interrupciones en el suministro de energía.

5.4.1 Instalación de los Elementos Generadores.

Esta es la última etapa de la instalación de los elementos generadores, a diferencia de la *Etapa 2* y *Etapa 3*, se implementan fuentes de generación convencionales y no convencionales

como son los grupos electrógenos y aerogeneradores respectivamente, que complementan a los SFV. Estas se gestionan en el banco de trabajo para ser aprovechadas, las conexiones de los paneles, aerogeneradores y grupos electrógenos se instalan acorde a lo propuesto en el diagrama unifilar de la *Figura 12*.

5.4.2 Instalación de Inversor.

Para el desarrollo de las actividades se precisa de la adquisición e instalación de un inversor con una característica especial que lo diferencia de los usados en la *Etapa 2 sistema On Grid* y en la *Etapa 3 Sistema Off Grid*, al ser un sistema que integra varias fuentes de generación este debe ser del tipo híbrido que tiene como función la gestión de la energía para suplir la demanda. Adicionalmente uno de los bancos soporta la interconexión del conjunto de paneles de todos los bancos.

5.4.3 Instalación de los Aerogeneradores.

La instalación de los aerogeneradores se realiza respetando los diseños propuestos en la *Figura 6 y Figura 12*, ubicados estratégicamente para no interferir con el SFV, al ser de eje vertical estos cuentan con un controlador de carga eólica manteniendo la generación en niveles seguros, este controlador generalmente se incluye junto al aerogenerador y se interconecta al inversor tal como se muestra en el diagrama unifilar de la *Figura 12*.

5.4.4 Instalación del Grupo Electrónico.

Estos grupos electrógenos van a cada costado de los bancos con un tubo de extracción hacia afuera del salón para evitar los residuos de los humos generados por la combustión del combustible, se interconecta a un sistema de transferencia manual, se implementan en la última etapa para complementar el diseño y aprovechar la ubicación de los bancos para la correcta extracción de los residuos procedentes de la combustión, como es el CO₂.

5.4.5 Funcionalidad

Al ser el grupo de bancos más robustos su gama de actividades es más amplia, suplir un conjunto de cargas mayores, su dotación de elementos emula una micro red, lo que permite realizar actividades de estudios de comportamiento de dichos sistemas, como afectan a las cargas y como las cargas podrían afectar los sistemas, permite estudios de calidad de la energía y los efectos de su entrada al sistema de distribución, además de contar con la funcionalidad de la *Etapa 2 y Etapa 3*.

6 Elementos Para La Dotación Del Laboratorio.

Con base en la información de la *Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19* del capítulo anterior, con el fin de brindar un apoyo a la selección de los equipos, se realiza la comparación de los principales componentes de cada sistema, de las opciones de equipos encontradas actualmente en el mercado en la cual se relacionan los aspectos más importantes que se consideran para elegir el equipo adecuado, la mano de obra no es del alcance de este trabajo de grado, la institución será la encargada de gestionarla dependiendo de las necesidades específicas de la obra, al ser un colegio técnico podría ejecutar como practica estudiantil la construcción o instalación de alguna etapa constructiva.

Las referencias de los equipos dimensionados y sugeridos para la dotación se encuentran en el *Apendice G*.

6.1 Panel Solar.

La *Tabla 20* describe una comparación de 3 distribuidores, con las principales características de los paneles como apoyo en la selección de los elementos de dotación,

Tabla 20*Cuadro comparativo de distribuidores de paneles solares*

	Auto solar	Solartex	Emergente
Precio unitario	\$ 1.173.523	\$659.000	\$795.000
Potencia	545 [W]	405[W]	335[W]
Garantía	10 años	15 años	12 años
Eficiencia (%)	20	21	17.27
Material de construcción	Monocristalino	Monocristalino	Policristalino

Nota. Fuente: cotizaciones realizadas por los autores, 2023

6.2 Inversor

La *Tabla 21* describe una comparación de 3 distribuidores, con las principales características de los inversores como apoyo en la selección de los elementos de dotación,

Tabla 21*Cuadro comparativo de distribuidores de inversores*

	Auto solar	Solartex	Emergente
Precio unitario	\$2.135.803	\$2.890.000	\$1.791.000
Garantía	2 años	2 años	2 años
Tensión [V]	24	24	24
Tipo de onda	Sinusoidal pura	Sinusoidal pura	Sinusoidal pura
Eficiencia (%)	85	93	88

Nota. Fuente: cotizaciones realizadas por los autores, 2023

6.3 Baterías.

La *Tabla 22* describe una comparación de 3 distribuidores, con las principales características de los baterías solares como apoyo en la selección de los elementos de dotación.

Tabla 22

Cuadro comparativo de distribuidores de baterías solares

	Auto solar	Solartex	Emergente
Precio unitario	\$1.500.000	\$ 1.099.000	\$8.778.522
Tensión [V]	12	12	24
Garantía	1 año	1 año	5 años
componente	Gel	Gel	Litio
Capacidad nominal [Ah]	250	150	200
Ciclos de vida			
% Descarga	30	50	80
Ciclos	2200	1500	6000

Nota. Fuente: cotizaciones realizadas por los autores, 2023

6.4 Controlador.

La *Tabla 23* describe una comparación de 3 distribuidores, con las principales características de los controladores de carga para baterías solares como apoyo en la selección de los elementos de dotación.

Tabla 23

Cuadro comparativo de distribuidores de controladores fotovoltaicos

	Auto solar	Solartex	Emergente
Precio unitario	\$560.579	\$615.000	\$473.000
Garantía	2 años	3 años	2 años
Eficiencia (%)	98	99%	98%
Corriente [A]	40	50	40

Nota. Fuente: cotizaciones realizadas por los autores, 2023

6.5 Aerogenerador.

La *Tabla 24* describe una comparación de 3 distribuidores, con las principales características de los aerogeneradores verticales como apoyo en la selección de los elementos de dotación.

Tabla 24

Cuadro comparativo de distribuidores de aerogeneradores

	TESUP	Solartex	Ventdepot
Precio unitario	\$8.736.830	\$1.515.000	\$4.297.300
Garantía	1 año	1 año	1 año

Tensión [V]	24/48	12/24	12
Potencia [W]	7000	400	200
Velocidad de arranque del viento [m/s]	3	2	1.5
Velocidad Nominal del viento [m/s]	17	12	11

Nota. Fuente: cotizaciones realizadas por los autores, 2023

6.6 Grupo Electrónico.

La *Tabla 25* describe una comparación de 3 distribuidores, con las principales características de las plantas eléctricas a base de combustibles como apoyo en la selección de los elementos de dotación

Tabla 25

Cuadro comparativo de distribuidores de plantas eléctricas

	Equipmaster	Ferrefarbef	Homecenter
Precio unitario	\$ 2.490.000	\$2.190.000	\$1.999.900
Garantía	1 año	1 año	1 año
Potencia [kW]	4	3.4	3.5
Tensión [v]	120	120/240	110
Autonomía	8.5 horas	8 horas	6 horas
combustible	gasolina	Diesel	Gasolina

Nota. Fuente: cotizaciones realizadas por los autores, 2023

7 Conclusiones.

Las conclusiones del trabajo de grado son las siguientes:

- Con la culminación de este trabajo de grado nos ha permitido desarrollar capacidades de planeación, diseño e investigación, reforzando la formación profesional que se adquirió durante la formación profesional, gracias a estas habilidades adquiridas, es posible plantear y proponer soluciones a las problemáticas sociales actuales, contribuyendo al desarrollo social del municipio de Málaga Santander
- Una vez realizado un reconocimiento de la planta de la institución, se define el área adecuada con espacio suficiente para llevar a cabo este trabajo de grado, donde se realiza el levantamiento y distribución de los espacios de trabajo y ubicación de elementos generadores, como se aprecia en las fases 1 y fase 2 de la Metodología.
- El objetivo del laboratorio es incursionar en las energías renovables por lo cual se diseñan tres bancos de trabajo, donde su fuerte es la energía fotovoltaica combinada con sistemas de almacenamiento de energía y otras fuentes de generación como se aprecia en la fase 3, fase 4, fase 5 y fase 6 de la Metodología., lo que permite desarrollar una gama amplia de estudios y practicas al respecto.
- El laboratorio representa una iniciativa de aprendizaje que puede replicarse en otras instituciones, promoviendo desde la educación media en el área técnica un mayor interés sobre los tipos de energías alternativas y el cuidado medio ambiental, con lo cual se refuerza el interés de los alumnos por la educación en nuevas tecnologías, logrando mitigar la deserción estudiantil.
- Los diseños de proyectos eléctricos en el siglo XXI son utilizados en el área educativa de acuerdo con los elementos utilizados que generalizan los datos en cuanto a diseño, costos e inventario de materiales a utilizar en proyectos de corto y largo alcance en el sector energético.

8 Recomendaciones

Algunas recomendaciones son las siguientes:

- El constructor deberá validar que la ubicación y orientación de los paneles fotovoltaicos cumplan con los requisitos definidos en el diseño, garantizando el óptimo desempeño de los sistemas.
- Los valores nominales de los equipos están sujetos al tipo de cargas establecidas, el costo de estos equipos en el mercado propuesto en este trabajo de grado se debe actualizar en momento de la ejecución ya que estos están sujetos a la disponibilidad y variabilidad del mercado.
- La institución deberá buscar nuevos convenios donde el alcance del laboratorio se extienda a otras instituciones de educación media técnica y superior donde el proyecto alcance su objetivo de funcionalidad y aprendizaje en la región.
- La Institución debe contemplar el alcance de nuevos proyectos de tal manera que cumpla la normativa vigente para que la operabilidad del sistema se actualice y se complemente con nuevas tecnologías.

Referencias

- AL-Khasawnwh. (2020). Propuesta de implementación de un laboratorio de energías alternativas en la universidad antonio nariño.
- Arenales, A. O. (31 de 03 de 2020). *Alcaldia Municipal de Málaga, Santander*. Obtenido de <http://www.malaga-santander.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-de-territorial-pdt-malaga-somos-todos>
- CIDET. (15 de 02 de 2021). *Documento en sitio web*. Obtenido de <https://blog.cidet.org.co/qu%C3%A9-es-un-certificado-retie-para-instalaciones-el%C3%A9ctricas#:~:text=El%20RETIE%20es%20el%20Reglamento,animales%20y%20el%20medio%20ambiente>.
- Congreso de la republica. (2014). Obtenido de <https://www.senado.gov.co/>
- Congreso de la republica. (2019). Obtenido de <https://www.senado.gov.co/>
- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2010). LABORATORIO DE ENERGÍA.
- ESSA. (23 de MARZO de 2023). Aprendiendo con ESSA buena energía.
- IDEAM. (). Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/presentacion/>
- Jose Diego, T. R. (2020). *STEM for youth*. Obtenido de <https://stemforyouth.unican.es/>
- Jose Diego-Mantecón, T. R. (2020). *STEM for youth*. Obtenido de <https://stemforyouth.unican.es/>
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2016). Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/#>
- Ministerio de minas y energia. (2014). Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/>

Ministerio de minas y energía. (2015). Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/>

Ministerio de minas y energía. (2018). Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/>

Ministerio de minas y energía. (2022). Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/>

Nacional, U. (2017). Laboratorio de ciencias de la energía Universidad Nacional de Colombia sede-Medellín.

NASA. (). Obtenido de <https://www.nasa.gov/centers/ames/spanish/research/lifeonearth/lifeonearth-adis.html>

Norma Técnica Colombiana 2050. (1998). CODIGO ELECTRICO COLOMBIANO.

Ovejero, C. &. (2007). Laboratorios sencillos para la enseñanza de las energías renovables en el nivel universitario básico.

Petit Suárez, J. F. (Diciembre de 2012). *Sistema de información científica Redalyc*. Obtenido de redalyc.org: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553756872001>

Presidente de la República - Gustavo Francisco Petro Urrego, M. d.-J.-J. (06 de 02 de 2023). *DNP.gov.co*. Obtenido de departamento nacional de planeacion: <https://2022.dnp.gov.co/Paginas/plan-nacional-de-desarrollo-2023-2026.aspx>

Santander, S. d. (05 de 03 de 2018). *Gobernación de Santander*. Obtenido de <https://santander.gov.co/publicaciones/8849/plan-de-asistencia-técnica/>

Tabla 310-16 NTC2050. (25 de 11 de 1998). *Capacidad permisible de corriente soportada por el conductor*. Obtenido de <https://curaduria1santamarta.com/files/NTC-2050.pdf>

Universidad Autonoma de MANizales. (2019). Patente UAM para generador de energía con fuentes renovables.

Universidad Nacional de Colombia. (2017). Laboratorio de Ciencias de la Energía.

Apendices

Apendice A: Levantamiento arquitectónico

Levantamiento Arquitectónico del colegio Instituto Técnico Industrial “Emeterio Duarte Suarez” en 3D

Archivo de AutoCAD

Apendice B: Levantamiento arquitectónico 3D

Levantamiento arquitectónico del aula del laboratorio en 3D

Archivo de AutoCAD

Archivo PDF

Apendice C: Plantilla dimensionamiento

Plantilla Dimensionamiento de Elementos de Sistemas Fotovoltaicos

Archivo de Excel

Apendice D: Representación esquemática

Representación esquemática de sistemas de operación de los bancos

Archivo PDF

Apendice E: Diagramas unifilares

Diagramas unifilares de los bancos

Archivo de AutoCAD

Archivo PDF

Apendice F: Guías de prácticas de laboratorio

Guías Prácticas para desarrollar en el laboratorio

Archivo de Excel

Apendice G: Referencias de equipos

Referencia de equipos seleccionados en el dimensionamiento para la dotación del laboratorio

Archivo PDF