



**SISTEMA FOTOVOLTAICO ONGRID PARA COLEGIO PEDRO FERMÍN DE
VARGAS EN CEPITÁ, SANTANDER.**

AUTORES

**DIEGO GUILLERMO VILLARREAL PEÑALOZA 1098723246
MICHAEL ANDRÉS MARTÍNEZ GARCÍA 1098734998**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
24 DE ABRIL DE 2020**



**SISTEMA FOTOVOLTAICO ONGRID PARA COLEGIO PEDRO FERMÍN DE
VARGAS EN CEPITÁ, SANTANDER.**

AUTORES

**DIEGO GUILLERMO VILLARREAL PEÑALOZA 1098723246
MICHAEL ANDRÉS MARTÍNEZ GARCÍA 1098734998**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL.**

DIRECTOR

ING. MPE FABIO ALFONSO GONZÁLEZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA – GIE

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
24 DE ABRIL DE 2020**

Nota de Aceptación

José Carlos León A.

Firma del jurado

Franco A. González

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Para empezar, quisiera dedicar este logro tan importante para mí, a todas las personas que jamás han dudado de mis capacidades, capacidades que tenemos todos, es satisfactorio saber la determinación y fuerza que se tiene cuando se ponen metas claras.

A mis padres, Claudia Peñaloza, Guillermo Villarreal, todos los días agradezco a dios por haberme puesto entre ustedes, el tesoro más preciado es tenerlos a mi lado, y lo más valioso cada uno de los buenos valores que me han sabido inculcar.

A mi esposa Deicy Rojas que jamás ha dejado de creer en mí; mi compañera incondicional gracias a Dios por ponerla en mi camino que con su amor y apoyo me brindaron la fuerza para seguir y mi hijo Maximiliano Villarreal luz de mi camino.

A mis hermanos Andrés Villarreal y Alexis López por su compañía y apoyo en todo este proceso.

Diego Guillermo Villarreal Peñaloza.

Para llegar a esta instancia de una carrera profesional necesitamos el apoyo incondicional de quienes quieren vernos triunfar, por esta razón quiero agradecer a aquellas personas que siempre estuvieron ahí, cuando más las necesite.

Este triunfo que estoy por lograr será un pequeño detalle al esfuerzo que han hecho mis padres; Mariela García y Carlos Martínez al enfocarme siempre a realizar lo correcto y desempeñarme en lo que me apasiona.

A mis hermanas por estar cuando las necesité, de mi parte tendrán el mismo apoyo en el momento que lo necesiten, Dios bendiga sus caminos.

Michael Andrés Martínez García.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente toda nuestra gratitud a Dios por otorgarnos la inteligencia, paciencia, sabiduría, discernimiento y el talento para ejercer este proyecto.

A nuestros padres por toda la comprensión, confianza y su incondicional apoyo.

Al ingeniero Fabio González y al ingeniero Diego Becerra por su ayuda constante y consejo en este documento aportándonos todo su conocimiento.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u>	<u>12</u>
<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>13</u>
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	<u>14</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	16
<u>2. MARCOS REFERENCIALES</u>	<u>20</u>
2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.2. MARCO LEGAL.....	22
2.3. MARCO HISTÓRICO	23
<u>3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>28</u>
3.1. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN	28
3.2. PANELES FOTOVOLTAICOS.....	29
3.3. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS SALA DE PROFESORES	29
3.4. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS COLEGIO PEDRO FERMIN DE VARGAS	30
3.4.1. CÁLCULO DE PANELES SOLARES	31
3.4.2. CÁLCULO DE INVERSORES.....	31
3.4.3. PRIMERA ETAPA EJECUTADA.....	33
3.4.4. ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS.....	38
3.4.5. SEGUNDA ETAPA EJECUTADA.....	39
<u>4. RESULTADOS</u>	<u>41</u>
4.1. CURVA DE DEMANDA.....	41
4.2. NÚMERO DE PANELES SOLARES	44
4.2.1. TOTAL DE PANELES	44
4.3. SELECCIÓN DEL INVERSOR	48
4.4. PROTECCIONES EN DC.....	51

4.4.1.	SELECCIÓN DE PROTECCIONES DC	51
4.5.	PRESUPUESTO DISEÑO FOTOVOLTAICO ON-GRID.....	52
4.6.	ANÁLISIS DE RETORNO DE INVERSIÓN.	52
4.6.1.	ESPECIFICACIÓN Y POTENCIA DE LOS PANELES SEGÚN SU CANTIDAD ..	53
4.6.2.	EL CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS EN PROMEDIO MENSUAL.....	54
4.6.3.	AHORRO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR POR MEDIO PANELES	55
4.7.	RESULTADOS ILUMINACIÓN	57
4.7.1.	ILUMINACIÓN AULA TIPO	58
4.7.2.	ILUMINACIÓN SALA DE INFORMÁTICA	59
4.7.3.	ILUMINACIÓN RECTORÍA	60
4.8.	IMPLEMENTACIÓN EN SALA DE PROFESORES SISTEMA OFF-GRID A 24V..	60
4.9.	NÚMERO DE PANELES SOLARES PARA SALA DE PROFESORES.....	61
4.9.1.	NÚMERO DE PANELES.....	65
4.9.2.	SELECCIÓN DE INVERSOR.....	66
4.10.	PROTECCIONES EN DC	67
4.10.1.	SELECCIÓN DE PROTECCIONES DC.....	67
4.11.	REGULADOR SOLAR	67
<u>4.12</u>	<u>IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF- GRID</u>	<u>68</u>
4.13	RESULTADOS MEDICIONES EQUIPO ANALIZADOR Y VERIFICADOR DE MEDIDORES POLIFASICOS.	70
4.14	COSTOS EQUIPOS FOTOVOLTAICOS.....	75
4.15	RECOMENDACIONES	75
<u>5</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>76</u>
<u>5.</u>	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>78</u>
<u>6</u>	<u>ANEXOS.....</u>	<u>82</u>

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURA 1. SISTEMA IMPLEMENTADO EN CAÑO LIMÓN COVEÑAS.	19
FIGURA 2. PROCESO DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD FOTOVOLTAICA	20
FIGURA 3. MAPA DE IRRADIACIÓN SOLAR COLOMBIA.	26
FIGURA 4. CONEXIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS	29
FIGURA 5. PROMEDIO ANUAL HORAS PICO SOLAR (HSP).	32
FIGURA 6. POSIBLE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.	32
FIGURA 7. FOTO COLEGIO PEDRO FERMÍN VARGAS SALÓN GRADO 6.	33
FIGURA 8. FOTO COLEGIO PEDRO FERMÍN VARGAS SALÓN GRADO 9.	34
FIGURA 9. FOTO COLEGIO PEDRO FERMÍN VARGAS SALÓN AUDIOVISUAL.	34
FIGURA 10. FOTO COLEGIO PEDRO FERMÍN VARGAS LABORATORIO.	35
FIGURA 11. DISEÑO EN AUTOCAD PLANOS ARQUITECTÓNICOS.	35
FIGURA 12. PLANO ARQUITECTÓNICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS.	36
FIGURA 13. NECESIDADES DE ILUMINACIÓN EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS.	37
FIGURA 14. RENDER DEL COLEGIO PEDRO FERMÍN VARGAS DE CEPITÁ.	38
FIGURA 15: INSTALACIÓN DE LÁMPARAS.....	39
FIGURA 16: SALÓN CON LÁMPARAS INSTALADAS.	40
FIGURA 17: SALA DE INFORMÁTICA.	40
FIGURA 18. CURVA DE DEMANDA TOTAL COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS CEPITÁ- SANTANDER.....	43
FIGURA 19. CURVA DE DEMANDA POR AULA COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS CEPITÁ- SANTANDER.....	43
FIGURA 20. CONEXIÓN DE PANELES SOLARES COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS CEPITA (SANTANDER).....	46
FIGURA 21. INVERSOR SELECCIONADO	48
FIGURA 22. CONEXIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	49
FIGURA 23. PANEL SOLAR SELECCIONADO	50
FIGURA 24. SELECCIÓN DE FUSIBLE DE ALTA CAPACIDAD DE RUPTURA	51
FIGURA 25. CRITERIOS PARA ACB.....	53
FIGURA 26. TARIFAS ESSA 2020.	54
FIGURA 27. GRÁFICA DE RETORNO DE INVERSIÓN.....	56
FIGURA 28. PANEL SOLAR SALA DE PROFESORES.	62
FIGURA 29: UBICACIÓN PANEL SOLAR SALA DE PROFESORES SOBRE ESTRUCTURA METÁLICA.....	63
FIGURA 30: CARACTERÍSTICAS PANEL SOLAR	64
FIGURA 31. CONEXIÓN DE PANELES PARA SALA DE PROFESORES.....	66
FIGURA 32. INVERSOR SELECCIONADO PARA SALA DE PROFESORES.....	66
FIGURA 33. CONEXIÓN PANELES EN SALA DE PROFESORES.	67
FIGURA 34: CONTROLADOR SOLAR PWM.	68
FIGURA 35: INSTALACIÓN DE EQUIPOS FOTOVOLTAICOS.	69
FIGURA 36: MEDICIÓN MEDIANTE ANALIZADOR DE MEDIDORES POLIFÁSICOS AVM3F.	70
FIGURA 37. CARACTERÍSTICAS AVM3F.....	70
FIGURA 38: DATOS TÉCNICOS EQUIPO AVM3F.....	71

FIGURA 39: MEDIDA TOMADA 10:36 AM SÁBADO 15 DE FEBRERO.....	72
FIGURA 40: MEDIDA TOMADA 10:37 AM SÁBADO 15 DE FEBRERO.....	72
FIGURA 41: MEDIDA TOMADA 10:38 AM SÁBADO 15 DE FEBRERO.....	73
FIGURA 42: MEDIDA TOMADA 10:39 AM SÁBADO 15 DE FEBRERO.....	73
FIGURA 43: MEDIDA TOMADA 11:45 AM SÁBADO 15 DE FEBRERO.....	74
FIGURA 44: MEDIDA TOMADA 11:45 AM SÁBADO 15 DE FEBRERO.....	74
FIGURA 45: RELACIÓN DE COSTOS EQUIPOS FOTOVOLTAICOS.....	75

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE LAS TECNOLOGÍAS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE SILICIO	18
TABLA 2. POTENCIAL DE RADIACIÓN SOLAR EN COLOMBIA.	25
TABLA 3. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS Y CONSUMO SALA DE PROFESORES	30
TABLA 4. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS Y CONSUMO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS	30
TABLA 5. MÁXIMOS NIVELES DE ILUMINACIÓN EN CENTROS EDUCATIVOS.	37
TABLA 6. TABLA DE CONSUMOS DIARIOS POR ZONA EN (W).	42
TABLA 7. PRESUPUESTO DEL DISEÑO FOTOVOLTAICO PARA EL COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS.....	52
TABLA 8. GENERALIDADES DE LA POTENCIA DE LOS PANELES SOLARES.	54
TABLA 9. GENERALIDADES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.	55
TABLA 10. COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.	56
TABLA 11. CARGAS A RESPALDAR EN SALA DE PROFESORES	60

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS ILUMINACIÓN LED PARA AULAS TIPO.	82
ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS CABLE LIBRE DE HALÓGENOS.	83
ANEXO 3. TARIFARIA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER.	84
ANEXO 4. PANEL SOLAR PARA LA SALA DE PROFESORES.	85
ANEXO 5. INVERSOR USADO EN SALA DE PROFESORES.....	87
ANEXO 6. CONTROLADOR USADO EN SALA DE PROFESORES.	88
ANEXO 7. BATERÍAS USADAS EN LA SALA DE PROFESORES.	89
ANEXO 8. CABLE USADO EN LA INSTALACIÓN PARA LA SALA DE PROFESORES.	90
ANEXO 9. CONECTOR USADO EN LA INSTALACIÓN PARA LA SALA DE PROFESORES.	91
ANEXO 10. MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA SOLICITUD DE CONEXIÓN DE AUTOGENERADOR (AGPE) O GD.....	92
ANEXO 11. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)	96

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene por objeto diseñar un sistema fotovoltaico on-grid que aproveche la irradiación solar que tiene la zona donde se ubica el colegio mencionado en el título del mismo. Con base a esto poder determinar el tipo y cantidad de elementos a utilizar para que dicho sistema genere un ahorro con respecto al consumo actual, también incentivar en la comunidad educativa el uso de este tipo de energías alternativas que benefician amigablemente con el medio ambiente, aplicando el modelo de diseño a la sala de profesores a manera de exhibir el funcionamiento de este tipo de sistemas fotovoltaicos.

En las instalaciones eléctricas de baja tensión del Colegio Pedro Fermín Vargas del municipio de Cepitá (Santander), se hizo el rediseño eléctrico y adecuación de zonas críticas que se encontraron en una visita previa donde se revisaron los niveles de iluminación y el estado de la instalación eléctrica interna del colegio.

El resultado fundamental de este trabajo parte de analizar de manera adecuada las condiciones iniciales en las que se encuentra el colegio tanto de infraestructura como sus condiciones climáticas, de esta manera evaluar la aplicación de un sistema fotovoltaico que permita dar otra alternativa de alimentación eléctrica a la ya convencional donde se pueda evidenciar un ahorro en el consumo de energía eléctrica para de esta manera hacer una proyección en la cual se muestra en que tiempo se recuperaría la inversión hecha para el sistema fotovoltaico propuesto, la normatividad vigente para realizar un rediseño acorde para dar cumplimiento al reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y al reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP) lo que pondría al Colegio Pedro Fermín Vargas del municipio de Cepitá Santander en condiciones adecuadas para su uso el cual está destinado a la educación de niños y jóvenes.

PALABRAS CLAVE. Colegio, energías renovables, On grid, Cepitá, sistema fotovoltaico.

INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, los sistemas fotovoltaicos, gracias a la reducción de los costos de producción, son la opción más válida cuando se habla de suministro eléctrico en lugares donde aún no hay cobertura de la red eléctrica, ya que a través de soluciones individuales (domiciliarias), o sistemas con una red de distribución (mini grid) permiten acceder a este servicio. Adicionalmente, la reciente implementación de marcos regulatorios para la autogeneración y generación distribuida, impulsa a que estos sistemas se empleen cada vez más donde sí existe red eléctrica, como forma de reducir el costo de la energía que se paga al operador de red.

Para asegurar el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se deben tener en cuenta las variables más importantes, como lo son niveles de consumo, configuración del sistema que se debe implementar, análisis de cargas existentes, entre otros datos importantes para que el sistema funcione de la forma esperada.

Una de las variables más importantes es el nivel de radiación solar en la zona en que se quiere implementar el sistema fotovoltaico. Colombia tiene en promedio un nivel de radiación de 4.5 kWh/m²/d, lo que supera el promedio mundial que es de 3.9 kWh/m²/d y el de Alemania con 3 kWh/m²/d, que es el país que más uso de la energía fotovoltaica hace en el mundo. Esto habla del enorme potencial fotovoltaico que tiene nuestro país y de la importancia de la realización de proyectos fotovoltaicos en Colombia, que impulsen el crecimiento y utilización de estos sistemas generando energía eléctrica amigable al ambiente y llegando incluso a los lugares en los que el sistema eléctrico nacional no pueda llegar.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad no se ha encontrado con fuerza en la política quien promueva decididamente el uso de sistemas de generación fotovoltaicos on-grid, estos sistemas han sido utilizados de forma parcial por una notoria problemática en la ausencia de energías en lugares no interconectados; el decreto ley 1715 del 13 de mayo del 2014 ha sido un asunto alusivo para poder alcanzar esta meta. Las juntas que deciden en el congreso de la república no han escogido un periodo para la reglamentación de esta ley, dejando de lado la oportunidad de diferenciar una matriz energética del país. El gobierno nacional con su propuesta actual de racionalidad energética da un fiel resultado de la poca variedad en equipos de generación energética y se muestra imperioso con los recursos renovables que cuenta el país como la capacidad solar. (Remmers & Antony, 2008)

Por otro lado, se evidencia que se desperdicia una fuente de energía inagotable como lo es la energía solar en el sector que se encuentra ubicado el Colegio Pedro Fermín Vargas del municipio de Cepitá (Santander). (Universidad Autonoma Del Occidente, 2016) la cual ayudaría a minimizar los altos costos que se pagan por energía eléctrica actualmente en el colegio, así como se ha evidenciado que no se ha llegado a plantear un plan de ayuda de la conservación del medio ambiente implementando el uso de energías limpias (ATERSA, 2008).

El Colegio Pedro Fermín Vargas del municipio de Cepitá (Santander) cuenta con instalaciones que tienen varios años de uso y funcionamiento, instalaciones que al día de hoy no se encuentran en las mejores condiciones para que los estudiantes puedan desenvolverse en sus actividades de manera adecuada. Mediante una visita previa se evidenció que la institución educativa no cuenta con los planos arquitectónicos para poder rediseñar y remodelar la instalación eléctrica existente, se tomaron medidas en referente a la iluminación las cuales están por debajo de la media permitida y no cumple con estándares de las normas eléctricas vigentes de la ESSA, RETIE y RETILAP, además que su servicio eléctrico no es de la mejor calidad. Todas estas problemáticas juntas evitan un desarrollo de condiciones óptimas de las clases, dificultando así al estudiantado en su proceso de aprendizaje. (Ruiz, 2015)

Con base en lo anterior se formula la pregunta de investigación: ¿Cómo generar un ahorro en el consumo de la energía eléctrica en El Colegio Pedro Fermín Vargas del municipio de Cepitá (Santander) aprovechando la energía solar?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El programa de Ingeniería Eléctrica de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) actualmente se encuentra realizando proyectos de investigación y aplicación de energías renovables lideradas por el grupo de investigación de energía (GIE). Se hace necesario realizar un dimensionamiento de un sistema de energías alternativas debido a las continuas fallas en el fluido eléctrico de la zona, siguiendo la ley 1715 garantizando el abastecimiento eléctrico en el colegio (Mesa, 2015). La energía solar fotovoltaica es empleada en países avanzados para conseguir energía eléctrica desde las viviendas y ésta ha sido manejada en diversas ocasiones para la red eléctrica estatal a través de equipos de medición bidireccionales (Vega Salas, 2003). En Cepitá (Santander) los niveles de irradiación en horas pico solares corresponden aproximadamente a 4.0 kWh/m² lo cual hace factible la idea de realizar un sistema fotovoltaico y exponer como proyecto inicial que la energía solar es posible en la zona. Si se comienza a tomar en cuenta y de forma seria el beneficio de los recursos ofrecidos por la naturaleza, se lograría extender la existencia del planeta ya que en la actualidad a raíz del cambio climático la energía solar con sistemas de interconexión a red han sido una alternativa factible y eficaz para producir energía libre de consecuencias dañinas para el medio ambiente, suavizando así la adelantada contaminación que deteriora al planeta en general. (Galvis, 2013)

Con el avance tecnológico actual, diversidad de software y herramientas para el diseño eléctrico, se pueden realizar planos eléctricos en tiempos cortos y de alta calidad, por tanto al identificar las necesidades del colegio Pedro Fermín Vargas del municipio de Cepitá (Santander) se hace necesario realizar un análisis más profundo para mejorar las condiciones de estudio y trabajo de la comunidad mediante el rediseño de las instalaciones eléctricas y del sistema de iluminación del mismo.

Siguiendo la política de proyección social de la institución, el programa de ingeniería eléctrica se vincula siendo partícipe con estos proyectos en pro del beneficio de la comunidad. La forma de vinculación se da por medio de un acuerdo entre las dos instituciones y los estudiantes. Por parte de la institución educativa (Colegio Pedro Fermín Vargas) se suministrará un pequeño presupuesto para los materiales necesarios y la universidad conjunto con los estudiantes inscritos al GIE (Grupo de Investigación de Energía) y semilleros de investigación a cargo del proyecto ejecutarán la mano de obra y estudios necesarios para que todo resulte de la mejor manera. (ICEX, 2012)

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema fotovoltaico on-grid para el colegio Pedro Fermín de Vargas en Cepitá, Santander, con el fin de ayudar a la actualización de su infraestructura eléctrica y reducir los costos de la energía eléctrica.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de sostenibilidad y retorno de inversión con el sistema fotovoltaico on-grid del cual se espera evidenciar la rentabilidad del proyecto y atraer la inversión de capital.
- Realizar el estudio de cargas para determinar el consumo actual del colegio mediante una visita donde se colocará los elementos de consumo zona por zona del colegio lo cual es necesaria para implementar un sistema fotovoltaico ajustado a las necesidades del colegio.
- Calcular el sistema de energía alternativo de tipo fotovoltaico on-grid que suministre energía a la sala de profesores del colegio Pedro Fermín Vargas de Cepitá, Santander para mostrar su funcionamiento y viabilidad.
- Implementar un sistema fotovoltaico on-grid que aproveche la irradiación solar en la zona donde se ubica el Colegio Pedro Fermín Vargas de Cepitá (Santander), suministrando así la energía a la sala de docentes.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

El territorio nacional a la fecha cuenta con el privilegio de los hidrocarburos con un abastecimiento interno, sin embargo, el fin de este recurso no renovable cada vez tiende a disminuir ya que se ha evidenciado que se cuenta con cerca de 6 años de durabilidad de esta materia prima con lo cual, la nación pasaría de ser un terreno extractor del crudo a un país netamente importador de este recurso. La Agencia Internacional de Energía (AIE) manifiesta que el 80% del fundamento actual de la humanidad depende del crudo y al incrementar el nivel poblacional y los estados aumenten producción, también crece el consumo de energía. (AIE, 2002)

La energía primaria producida en Colombia es generada por el proceso hidroeléctrico, aprovechada de la mayoría de zonas del país que cuentan con abundancia hídrica, en un segundo lugar se cuenta con petróleo, gas y carbón, combustibles fósiles que ya se agotan en el territorio. Por esta razón el Gobierno Nacional decidido incentivar y apoyar proyectos de desarrollo y emplear tecnologías

limpias que aumenten la generación de energías que operen con recursos renovables, con esto contribuir a la solución del problema que existe con la crisis energética mundial y de esta manera incrementar los procesos amigables con el medio ambiente. (Ministerio de Minas y Energías, 2010)

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) asegura, que cerca del 20% del consumo de electricidad en el mundo se genera con energías renovables. La investigación, el desarrollo e innovación implementado en módulos solares y su utilización, cuenta con una aplicación superior e impacto mundial de acuerdo a las amplias características en estos equipos; un sistema generador de energía amigable con el ambiente, no cuenta con componentes de fricción, su fabricación es modular, sin emisión de sonidos y con capacidad de generar sin la intensidad ni el resplandor de la luz directa.

El inicio de los ochenta, trajo consigo que una gran compañía norteamericana estableciera técnicas y esquemas de pruebas y operatividad óptima aplicadas a las celdas fotovoltaicas. Mostrando ayudas con este oficio a las demás corporaciones para así aminorar precios, optimizar la operatividad de los equipos y a su vez la eficiencia y confiabilidad; con este avance la Solar Energy Research Institute (SERI) ahora, National Renewable Energy Laboratory (NREL) se mostró como pioneros sobresaliendo de la competencia. En la Tabla 1, están presentadas las ventajas y las desventajas de cada una de las tecnologías de los módulos fabricados a partir de silicio. Así mismo se comprenden allí la efectividad de transformación a nivel laboratorio y elaboración comercial, así como los elaboradores más destacados. (CONACYT, 2010).

La industria fotovoltaica moderna en el continente norteamericano, logró que importantes compañías de petróleo en esta zona fijaran bases para este fin, involucrándose en investigaciones y desarrollos tecnológicos en estos sistemas, entre las compañías más sobresalientes en la década de los 70 estuvieron Exxon, Shell y Mobyly Arco; su análisis fue enfocado a protegerse de un alza de precios del crudo hasta niveles excesivos. Sin embargo, estos precios han estado relativamente estables durante dos décadas, lo que llevó a que las compañías anteriormente mencionadas se desentendieran poco a poco de la demanda fotovoltaica, finalmente haciendo el traspaso de Arco Solar, la compañía más importante internacionalmente en elaboración de celdas solares, a Siemens, de Alemania, así como los derechos de tecnología a Isofotón de España. (Murcia, 2008).

Tabla 1. Resumen de las tecnologías de módulos fotovoltaicos de silicio

TIPO DE CELDA	EFICIENCIA (%)		VENTAJAS	DESVENTAJAS	FABRICANTES
	LAB.	PROD.			
SILICIO MONOCRISTALINO	25	15 a 18	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología bien desarrollada y probada. Estable. Mayor eficiencia. Se fabrica en celdas cuadradas. 	<ul style="list-style-type: none"> Emplea material caro. Se genera mucho desperdicio (casi la mitad). Manufactura costosa. 	Siemens (Alemania) Solec (E.U.) Solarex (E.U.) Tidelans (E.U.) CEL (India) Hoxan (Japon) Pragma (Italia) BP solar (R.U.) Ansaldo (Italia) Nippon Elec. (Japon) Sharp (Japon) Helios (Japon) Hitachi (Japon) Mitsubishi (Japon) Kyocera (Japon) Heliodynamica (Brazil) Bharat (India) Isofoton (España) Komatsu (Japon)
SILICIO POLICRISTALINO	18	12 a 16	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología bien desarrollada y probada. Estable. Mayor eficiencia. Se fabrica en celdas cuadradas. Menos costoso del monocristal. 	<ul style="list-style-type: none"> Material costoso. Se genera desperdicio. Manufactura costosa. Menor eficiencia que el monocristal. 	Pragma (Italia) Photowatt (Francia) AEG (Alemania) Kyocera (Japon)
SILICIO LAMINADO	16	11 a 14	<ul style="list-style-type: none"> No requiere rebanado. Menos material desperdiciado. Potencial para rapidez de manufactura. Buena eficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Complejidad en crecimiento del cristal. 	ASE (E.U.) Westinghouse (E.U.)
SILICIO AMORFO	12.5	6 a 9	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza muy poco material. Alto potencial y producción rápida. Costo bajo, 50% del silicio cristalino. Menos afectado por bajos niveles de insolación. 	<ul style="list-style-type: none"> Algo de degradación. Menor eficiencia. 	Solarex (E.U.) Sovonics (E.U.) Sanyo (Japon) Sharp (Japon) Taneka (Japon)

Fuente: (CONACYT, 2018)

Últimamente, la fascinación ha resucitado en dichas organizaciones, actualmente por causas ecológicas y metodológicas, tal es el asunto de, Showa-Shell, British Petroleum (BP) por mencionar ejemplos. En Colombia se podría crear en superior grado en las zonas del Magdalena, La Guajira, San Andrés y Providencia. (Murcia, 2008)

En Colombia este método de generación se ha implementado en muchas partes a lo extenso de todo el territorio nacional, algunas de ellas son. (García & Mellado, 2012)

- **Hospital Pablo Tobón en Medellín en el año 1984:** Debido a la necesidad de calentar diariamente 22.500 L de agua a 45°C en el Centro Las Gaviotas en ciudad Salitre – Bogotá y solo contar con una caldera la cual no era suficientemente efectiva para dicha obligación, la institución decidió reemplazarla en el año 1987 instalando 345 m² de colectores solares de placa plana y así mostrar con esta inversión una reducción en su consumo de energía (Hospital Pablo Tobón, 2010.).
- **Sistema solar de 2.8 kWp instalado por el antiguo ICEL (Instituto Colombiano de Energía eléctrica, hoy IPSE):** Buscando el bienestar para las comunidades sin cobertura de la red eléctrica por su ubicación geográfica y gracias a la implementación de esta tecnología, en la Venturosa, Vichada, en el año 1996 se logra el suministro de energía a 120 V AC a una comunidad de doce (12) familias y el centro escolar de la zona. (ICEL, 2012)
- **Sistema fotovoltaico de 3.4 kWp del Oleoducto Caño Limón-Coveñas.** Este oleoducto cuenta con un sistema que le permite operar sus propios equipos desde hace 20 años, de esta manera facilitaron la alimentación eléctrica a sus áreas más distantes. El sistema implementado le permitió a la compañía cuantificar la disponibilidad de válvulas remotas disminuyendo a su vez los desbordados gastos por abastecer a partir de fuentes con generación hidráulica convencional. En la Figura 1 se evidencia la técnica implementada en el oleoducto Caño Limón-Coveñas. (Murcia, 2009)

Figura 1. Sistema implementado en Caño Limón Coveñas.



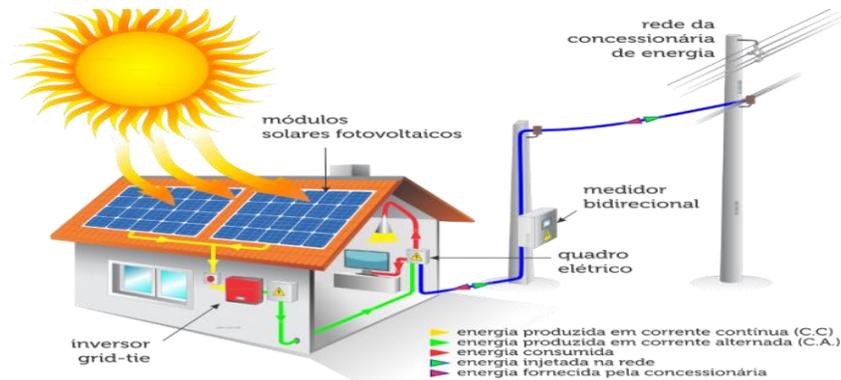
Fuente: (Horn, 1997)

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO TEÓRICO

El efecto fotoeléctrico o fotovoltaico consiste básicamente en captar luz solar y convertirla en electricidad, esta se encuentra denominada como el fundamento de la energía solar fotovoltaica. La propiedad de atraer fotones y emitir electrones es una característica principal de los materiales utilizados en este proceso. Al momento que son capturados estos electrones libres, se obtiene un flujo de electrones que puede ser aprovechada como energía (Sunedison, 2014). En la Figura 2 se puede valorar una pequeña reseña del procedimiento de generación solar fotovoltaica (Paredes, 1994)

Figura 2. Proceso de generación de electricidad fotovoltaica



Fuente: (Sunedison, 2014)

El silicio es el material semiconductor más utilizado en esta tecnología llamada energía solar fotovoltaica, conformando una o varias láminas cubiertas por un vidrio transparente siendo así más eficiente al dejar atravesar la radiación solar y minimizar las pérdidas.

Las investigaciones constantemente enfocan su esfuerzo para mejorar la eficiencia de los módulos, inicialmente estos cuentan con una vida útil estimada de 30 años y el beneficio se mantiene por encima del 80% después de 25 años de trabajo. Estas células son agrupadas en los módulos para ser integrados en sistemas fotovoltaicos. (Sunedison, 2014)

Para obtener el flujo de electricidad en una mayor proporción es vital que la luz solar sea muy intensa. No es primordial que se tenga irradiación directa en el módulo, incluso se puede conseguir electricidad en días nublados, amaneceres y atardeceres. Los sistemas fotovoltaicos a través de sus módulos producen corriente

continúa y es convertida a corriente alterna a través de un “inversor” (Abella, 2005). Después la energía eléctrica se mueve por el “centro de transformación” y una vez elevados sus niveles de intensidad y tensión es inyectada para su traslado y finalmente ser consumida.

En el transcurso de 1.839 al 1.900 se presentaron múltiples avances en el tema de efectos fotoeléctricos y verificaciones de su existencia en diferentes condiciones por físicos de las épocas como Edmundo Becquerel, Willoughby Smith y Lenard. La humanidad grabaría en su historia el premio Nobel de Física que ganó Albert Einstein en 1920 tras describir la naturaleza de la luz, el efecto fotoeléctrico en el cual está basada la tecnología fotovoltaica. Un año después el físico norteamericano Millikan corrobora completamente la teoría de Einstein. Sin embargo, los laboratorios Bell construyen el primer módulo fotovoltaico en 1.954 exhibido como un experimento científico ya que para utilizarse a gran escala tendría elevados costos en su elaboración. (Ruiz Hernández, 2006)

A nivel mundial, se debe recalcar que la energía solar fotovoltaica en países europeos abastece diariamente sus sistemas eléctricos con gran éxito, y al no contar con reservas petroleras esta tecnología es esencial. Por ejemplo, (Rebacas, 2019) determina en 2002 que el montaje fotovoltaico de mayor dimensión en el mundo se encuentra en Hemau (Baviera), uno de los terrenos más soleados de Alemania, ya que tiene posesión en siete hectáreas y cuenta con una potencia de cuatro (4) MW.

Desde el año 1991 el gobierno alemán viene patrocinando iniciativas con respecto a este tema, por esta razón el autor indica que el país más emblemático es Alemania. Cerca al año 2000 la cuarta fase del programa “100.000 Techados Solares” dio inicio, buscando con esto impulsar el mercado de los paneles solares a base de créditos de bajo interés. Este mismo año fue incorporada la Ley de Energías Renovables en el país. Estos sistemas son bastante populares en Europa, se pueden ver aplicados en edificios administrativos de cualquier tamaño, también se encuentran en edificios residenciales o locales comerciales, para la parte arquitectónica son mucho más atractivos. (GCL , 2017)

La contribución de este informe al vigente trabajo de indagación se encuentra en que los sistemas fotovoltaicos alemanes son supuestos teóricos y funcionales para la ejecución del diseño en la parada La Aguada, siendo causa de información confidencial de tecnologías espléndidamente desarrolladas en estructuras y circunstancias similares y puntos de similitud en el momento de estudiar la eficiencia del sistema diseñado. (Solar-Technology, 2019)

2.2. MARCO LEGAL

La Ley 1715 promulgada en mayo del 2014, tiene como objeto que en el interior del sistema energético colombiano incrementa el desarrollo y aplicación de fuentes no convencionales de energía. Las empresas que acogen la ley y emprender cualquier tipo de proyecto relacionado con energía renovable obtienen beneficios tributarios, pero solo hasta el 3 de febrero de este año salió su reglamentación, los incentivos mencionados y la manera de ejecutarlas aún no han sido socializados. (Congreso de la República de Colombia, 2014)

Los incentivos tributarios posibilitan la recuperación del gasto realizado en energías renovables en poco tiempo, por esta razón se muestran verdaderamente atractivos. Desde otro punto de vista, se aminoran los activos del programa a cinco años, esto reduce el bien en porcentajes superiores y rebajan los impuestos a cancelar. Además, se cuenta con derecho a reducir de la renta el 50% del costo de la inversión del proyecto durante sesenta (60) meses posteriormente a la ejecución y según el Artículo 12, “los equipos, elementos, maquinaria y servicios importados para la ejecución de estos emprendimientos están exentos de IVA y aranceles”. (UPME, 2014)

Constantemente se encontrarán obstáculos, el procedimiento y el tiempo para acceder a este incentivo lo son para esta ley, porque se solicita asistir a dos Ministerios, con todo el papeleo, duración y valores agregados que esto trae. En primera instancia, es primordial dirigirse a la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), correspondiente al Ministerio de Minas y Energía, quienes aprueban, contraponen o declinan el proyecto presentado dentro de los 45 días hábiles de producirse la entrega de la documentación pertinente. (CREG, 2014). Posteriormente, si la UPME acepta el proyecto propuesto, es importante dirigirse al Ministerio de Medioambiente y Desarrollo Sostenible, sin tener conocimiento qué se debe exponer, ni tener respuesta del tiempo que tardarán para contar con los incentivos tributarios. En otros países latinoamericanos para adquirir directamente los privilegios fiscales, solo se requiere justificar el planteamiento y su reserva para contenciones ministeriales a manera de información, siempre y cuando su programa este por debajo de 3 Mega vatios de potencia (MWp) de generación. Un claro ejemplo para que Colombia acogiera esta metodología. (Presidencia de la República de Colombia, 2018)

Cuando hay dificultades de energía en el país, es indispensable ejecutar planes que equilibren el pedid eléctrico que las centrales hidroeléctricas no compensan. Así la ley 1715 verdaderamente exhibe una conveniencia para motivar a todos los que invierten en este tipo de planteamientos a ejecutar proyectos alternativos que sean amistosos con el medio ambiente, siempre y cuando la burocracia no los desanime. Es de suma importancia en esta situación identificar cada paso a realizar, aminorar

los tiempos de revisión y monto para de esta manera tener certeza de cómo obtener la aceptación de los estímulos que el estado colombiano confiere. Toda ley y procedimiento que contribuya a promover el uso de las energías renovable deberá ser bien acogido, puesto que, al producirse más energía, su costo se reduce, entregando ahorros al país y a la cuenta de todos aquellos que le dan uso. Además, las energías renovables facilitan el cuidado de la biodiversidad exclusiva y cuantiosa con la que Colombia se siente orgullosa como país. (Prias, 2018)

2.3. MARCO HISTÓRICO

Colombia ha venido aumentando sus aplicaciones térmicas a mediados del siglo pasado iniciando en la zona costera con calentadores que aún están instalados, pero no se encuentran en operación. En los años sesenta fueron instalados calentadores solares de procedencia israelí por estudiantes e ingenieros de la Universidad Industrial de Santander para realizar algunos estudios a partir de los datos tomados allí. Posteriormente en finales de los setenta hubo gran aporte por parte de algunas instituciones universitarias en el cual fueron instaladas bases para la instalación de calentadores solares para uso doméstico y sistemas que se utilizan para calentar grandes cantidades de agua para el uso en entidades estatales y comerciales como hospitales y cafeterías. (Murcia, 2008).

Todo esto llevó a un desarrollo bastante innovador en la época. Sin embargo, se tomaron sistemas convencionales que tenían de uno o más recolectores solares y de su respectivo tanque de acaparamiento. Estos colectores contenían materiales en cobre para la tubería de la parrilla, aluminio y cobre para las láminas de los absorbedores, se implementó una cubierta en su exterior en cristal corriente o templado y también tenían un aislamiento en fibra de vidrio, icopor o poliuretano. continuamente se usaban materiales metálicos para el tanque el cual era un sistema presurizado o en sistemas abiertos de asbesto cemento. (Murcia, 2008).

Estos desarrollos aumentaron considerablemente a mediados de los ochenta en las ciudades Medellín y Bogotá siendo una aplicación masiva de calentadores en urbanizaciones fabricados por el centro Las Gaviotas (fundación). Estos equipos tuvieron una gran demanda a mediados de los ochenta y fue aprovechado por varias grandes empresas del rentado nacional que surgieron en Medellín, Bogotá y Manizales as cuales fabricaron e instalaron calentadores solares de varias capacidades en estas ciudades. Instituciones religiosas y una cadena hotelera (Hoteles Dann) montaron estos equipos para beneficio propio.

La electricidad producida por energía solar que utiliza sistemas fotovoltaicos siempre ha estado enfocada o dirigida al sector del campo o rural, en el cual las distantes zonas remotas dificultan la operación y mantenimiento de las diferentes líneas de alimentación elevando considerablemente los costos de lo nombrado

anteriormente, estas instalaciones solares resultan más económicas a largo plazo y aumenta la confiabilidad. Telecom fue pionero en actividades relacionadas aplicando el programa de Telecomunicaciones rurales a comienzos de los 80, con ayuda de personal técnico de la Universidad Nacional. En este programa inicialmente pudieron instalar pequeños generadores fotovoltaicos con capacidad de 60 Wp (vatio pico) para radioteléfonos rurales y ya en 1983 se había crecido el número a 2950 unidades de esta tecnología. La empresa logró un gran avance alcanzando la capacidad de 3 a 4 kWp instalada para las antenas satelitales terrestres. Estos sistemas son necesarios para las telecomunicaciones del área rural de la nación actualmente. Según una publicación realizada, entre 1985 y 1994 se importaron 48.499 paneles solares para una potencia de 2.05 MWp. De estos 21238 paneles con la potencia de 843.6 Kw en proyectos de telecomunicaciones y 20829 módulos con 953.5 KWp en electrificación rural. El estudio preliminar además indico, referente a un modelo de 248 sistemas (con 419 módulos), que 56% de los equipos instalados trabajaban sin defectos, 37% trabajaban con algunas dificultades y 8% estaban sin servicio. La falta de minúsculo acondicionamiento, provisión de algunas partes para remplazar (reguladores y lámparas) y sistemas sub-dimensionados. Estas dificultades, que se repiten a menudo actualmente, muestran la trascendencia que tiene el garantizar el abastecimiento del servicio de energía para todos los usuarios conectados. En estos sistemas de energía estos obstáculos se han detallado como una de las debilidades más graves. Y más que ser un obstáculo meramente técnico, el inconveniente radica en la eficacia del servicio y de atención a los usuarios que la usan.

Los equipos que conforman un sistema convencional para los hogares distantes se componen de un módulo solar de 50 a 70 Wp, una batería entre 60 y 120 Ah y un regulador de carga. Este sistema suministra energía para iluminación, radio y TV a familias de zona lejanas en programas de electrificación rural. La principal afectación a esta comunidad se encuentra en los elevados costos de los equipos y su instalación puesto que estos se consiguen en el orden de COL\$ 3.800.000 a COL\$ 4.700.000. (Murcia, 2008)

En estos últimos años, utilizando recursos del FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas) y a su vez auxilios del estado ha incrementado la instalación de los sistemas fotovoltaicos de electrificación rural. En Colombia el IPSE (Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas) es la institución que comanda las actividades del gobierno en la parte de energización del campo. Según esta corporación del estado al día de hoy existen más de 15000 sistemas fotovoltaicos instalados para estas aplicaciones. Pero, además, el IPSE trabaja en desenvolver e innovar sistemas híbridos, en donde se pueden fusionar energías producidas por el sol y los combustibles como el diésel. El mercado de sistemas con energía solar tuvo un importante incremento hacia fin de la década de

los 80's con el programa de telecomunicaciones rurales de TELECOM; los ya conocidos sucesos de orden público de la década de los 90's pausaron de modo abrupto el impulso de este mercado en incremento, que este instante se puede estimar sobre los 300 KW por año. Si se considera que simplemente tiene 30 años de progreso de esta muestra de energías entonces la potencia instalada sería del orden de 9 MWp.

El éxito por parte de los colombianos en este campo aún es muy escaso y el crecimiento en la actualidad no equilibra la potencia que tienen ciertas fuentes ni la capacidad de expansión que hay en la actualidad, que deje al país poder meterse en las tecnologías energéticas eximidas de las tradicionales dependencias de tecnologías extranjeras. De otro modo, si se ha perdido demasiado tiempo valioso donde se muestra que los equipos desarrollados en los años ochenta causaban admiración e impresión en el país y el exterior, pero en relación a los sistemas implementados actualmente en otras naciones no son medianamente comparables y posiblemente no serían competitivos frente a los productos foráneos.

Para apreciar el potencial solar en el estado colombiano se ha dispuesto principalmente investigación de las estaciones meteorológicas del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), empleada para poder ser cambiada los datos que se recogen de meteorología los convierte en información energética. En distintas zonas del territorio nacional se ha evaluado la energía obtenida del sol, unas de estas son la costa atlántica, la sabana de Bogotá, entre otras. De acuerdo con la

Tabla 2 es posible observar toda la potencia de la irradiación solar que posee el territorio de la guajira comparado con otros lugares del suelo colombiano.

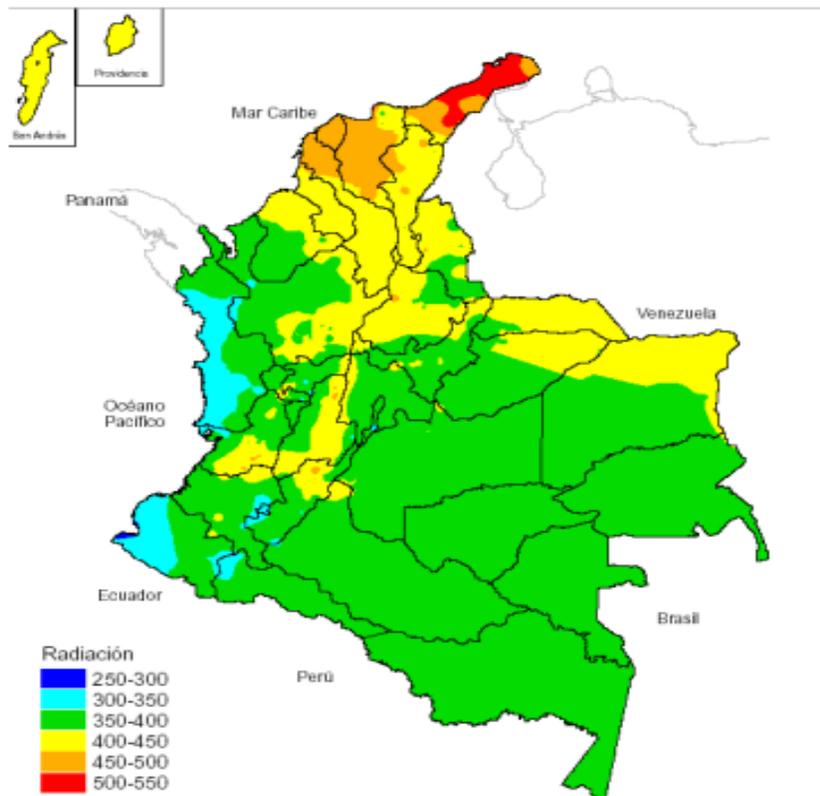
Tabla 2. Potencial de radiación solar en Colombia.

Región del país	Radiación solar (Kwh/m2/año)
Guajira	2000 – 2100
Costa Atlántica	1730 – 2000
Orinoquía – Amazonía	1550 – 1900
Región Andina	1550 – 1750
Costa Pacífica	1450 – 1550

Fuente: (IDEAM, 2018)

Teniendo como referencia puntual que el máximo valor mundial es de 2500 kWh/m²/año, el potencial en Colombia con relación a este máximo es cambiante entre 58% en la costa del pacifico y 84% en la guajira. Pero lo más significativo, la variación mensual global de la radiación frente al promedio del año el tremendamente mínima en comparación con las variantes en otros lugares del mundo todo esto lo que da como resultado que los sistemas que almacenan energía son de una capacidad considerablemente baja. La indagación de estos estudios merece, sin embargo, los siguientes comentarios: en la zona andina las estaciones son consistentes y es crecidamente elevada que, en otras partes de Colombia, razón por la cual el resultado de interpolar los valores que se obtienen de la radiación entre cambios de estación es no tan real para otros lugares del país que para la parte andina. Desde otro punto de vista, los patrones establecidos de radiación no siempre son completamente revisados y certificados para Colombia, esperando que en un futuro la indagación sea más acertada y que autorice así optimizar la calidad de la información relativo a estos sistemas. Figura 3 deja observar el nivel alto de radiación solar que le pertenece al departamento de la Guajira y en toda la nación, los niveles se muestran e identifican de acuerdo al color.

Figura 3. Mapa de irradiación solar Colombia.



Fuente: (IDEAM, 2018)

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN

Los cálculos de iluminación se hacen mediante el programa **DIALUX evo 8.0** que hace la simulación de las luminarias en cada zona del colegio, estos cálculos sirven para cuando no haya el destello solar por algún cambio climático, remplazar la luz natural solar por artificial y aplicar un color de pintura de mayor reflexión en las aulas de clase, lo cual mejora notablemente la visibilidad y ejecución del docente y a su vez contribuye en el desempeño de las clases con los estudiantes. **El DIALUX evo** calcula los lux del área punto a punto con la ecuación: (UPCOMMONS, 2015)

Ecuación 1

$$\Phi = \frac{(E \times S)}{(\eta \times \delta)}$$

Φ : Flujo total emitido por las luminarias (lm)
 E: Iluminación media dependiendo de la zona (lux)
 S: Superficie de la zona (m²)
 η : Factor de utilización de la zona.
 δ : Factor de depreciación

CÁLCULO DEL VALOR LÍMITE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA ILUMINACIÓN

El valor límite es la eficiencia energética de una instalación de la iluminación de una zona y esta expresado de la siguiente manera (W/m² por cada 100 lux). (UPCOMMONS, 2015)

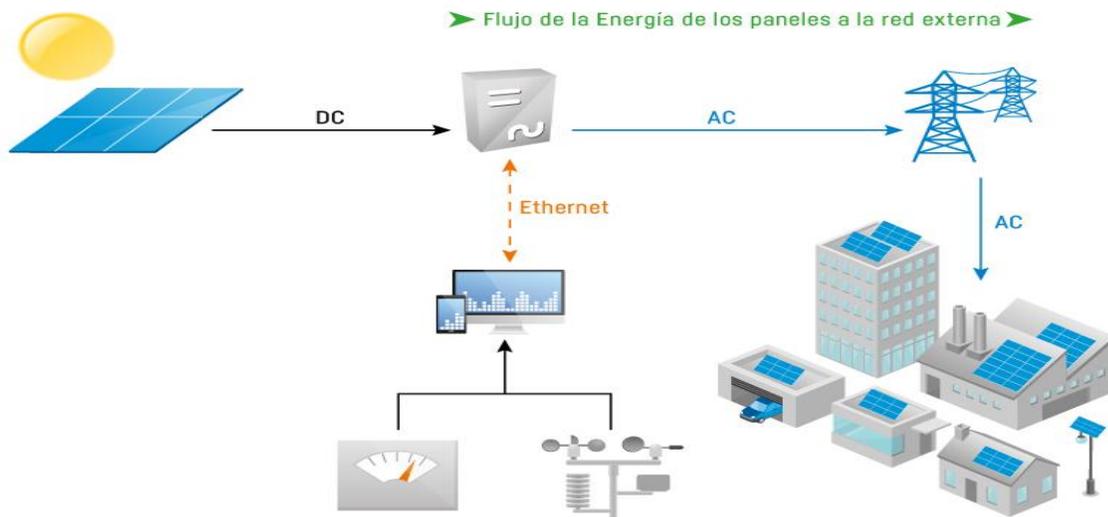
Ecuación 2

$$VEEI = \frac{(P \times 100)}{(S \times Em)}$$

P: Potencia de las lámparas (W).
 S: Superficie de la zona a calcular (m²).
 Em: Luxes medios de la superficie a calcular (lux).

3.2. PANELES FOTOVOLTAICOS.

Figura 4. Conexión de paneles fotovoltaicos



Fuente: (UNAM, 2010)

Generador fotovoltaico: es un artefacto que convierte la energía solar en electricidad.

Cuadro de protecciones: protege contra aumentos desmedidos de energía al igual que bajas de electricidad que pueden dañar los equipos.

Inversores: son los encargados de tomar la energía captada por los paneles fotovoltaicos y convertirla en energía eléctrica continua o en energía eléctrica alterna son muchos los tipos de inversores que se usan actualmente en los invernaderos fotovoltaicos.

3.3. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS SALA DE PROFESORES

Teniendo en cuenta que hipotéticamente se estiman condiciones climatológicas óptimas para el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta que el sol sale a las 6:30 am y se esconde a las 5:45 pm se obtiene la siguiente tabla de cargas para diseñar el sistema fotovoltaico que se va a aplicar en sala de profesores.

Tabla 3. Cuadro de distribución de cargas y consumo sala de profesores

#	EQUIPO	CARGA EN [W]	HORAS DE USO	CARGA TOTAL	HORAS DE CONSUMO WH/DÍA
3	LUMINARIA LED	12 W	8	36 W	288
1	VENTILADOR	100 W	3	100 W	300
2	PC PORTATIL	500 W	2	500 W	1000
TOTAL					1588

Fuente: (AUT17)

3.4. CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS COLEGIO PEDRO FERMIN DE VARGAS

Teniendo en cuenta que hipotéticamente se estiman condiciones climatológicas óptimas para el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta que el sol sale a las 6:30 am y se esconde a las 5:45 pm se obtiene la siguiente tabla de cargas para diseñar el sistema fotovoltaico que se va a aplicar en sala de profesores.

Tabla 4. Cuadro de distribución de cargas y consumo Colegio Pedro Fermín De Vargas

ZONA	ILUMINACIÓN			VENTILADOR			OTROS EQUIPOS			CARGA POR AULA (W)
	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TOTAL (W)	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TOTAL (W)	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TOTAL (W)	
LABORATORIO	6	64	384	2	150	300				684
RECTORÍA	6	32	192	2	150	300				492
GRADO 6	5	32	160	2	150	300	1	200	200	660
GRADO 7	5	32	160	4	150	600	1	200	200	960
GRADO 8	5	32	160	3	150	450	1	200	200	810
GRADO 9	5	32	160	2	150	300	1	200	200	660
GRADO 10	5	32	160	3	150	450	1	200	200	810
BIOLOGÍA	4	64	256	1	150	150	1	200	200	606
GRADO 11	5	32	160	3	150	450	1	200	200	810
PRIMARIA	8	64	512	3	510	1530	1	200	200	2242
SALA DE PROFESORES	3	12	36	1	100	100	2	500	1000	1136
SALA DE INFORMÁTICA	6	150	900	3	150	450	40	200	8000	9350
ALUMBRADO EXTERIOR	15	12	180							180
TOTAL POR EQUIPOS			3420			5380			10600	
TOTAL										19400 W

Fuente: Autores

3.4.1. CÁLCULO DE PANELES SOLARES

Teniendo los datos como carga eléctrica, la irradiación del sol y la eficacia promedio del panel fotovoltaico es posible encontrar el vatiaje de un panel solar fotovoltaico que abarque toda la demanda encontrada. Hay diversos métodos y muy sencillos para poder hallar el tamaño del panel adecuado a la carga que debe tener el colegio Pedro Fermín de Vargas. La radiación del sol cambia año tras año al igual que el consumo son factores muy variables y en constante cambio por tal razón hay que hallar con mucho cuidado el tamaño del sistema eléctrico, ya que pueden surgir errores por el cambio de tiempo. Ahora se utiliza la siguiente ecuación. (Clickrenovables, 2015)

Ecuación 3

$$\# \text{ de Módulos} = \frac{\text{(energía necesaria)}}{\text{(HSP * rendimiento de trabajo * potencia pico del módulo)}}$$

Donde:

HSP: Hora sol pico (kWh / m² / día)

Rendimiento de trabajo: tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioro de los paneles fotovoltaicos (normalmente 0,7 – 0,8). (Clickrenovables, 2015)

3.4.2. CÁLCULO DE INVERSORES

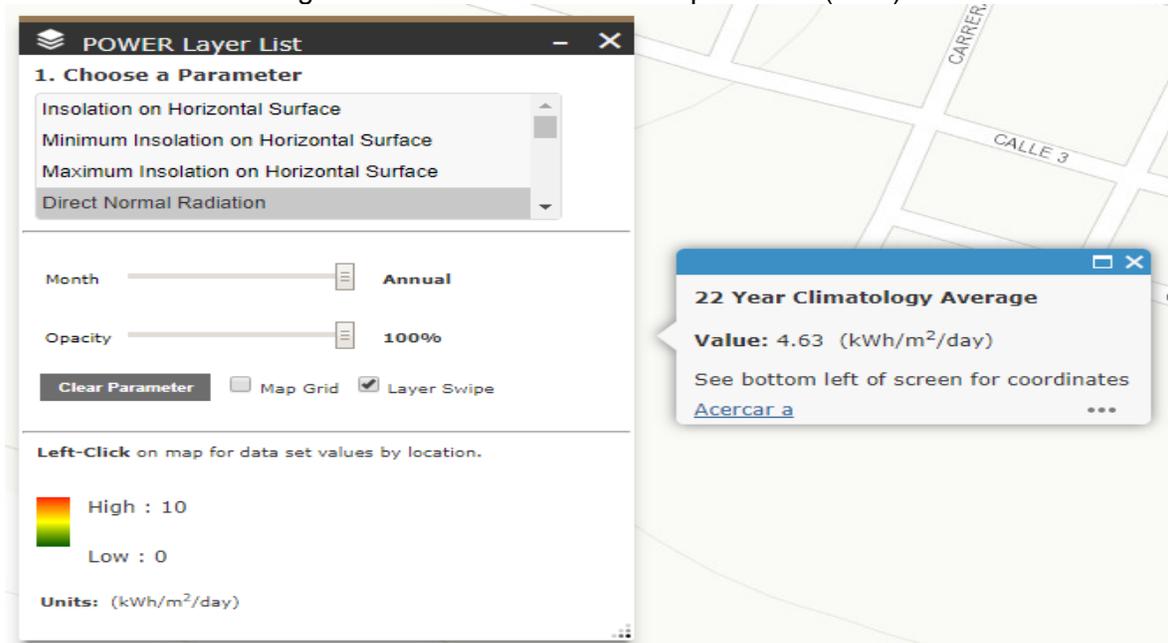
Para calcular el número de inversores necesarios se utilizará la siguiente ecuación.

Ecuación 4

$$\# \text{ de inversores} = \frac{\text{total de watts consumidos}}{\text{watts máximos del inversor a utilizar}}$$

Con base a la página NASA se ubicó geográficamente el municipio de Cepitá y de allí se tomaron los datos e irradiación de la zona durante el año. Obteniendo como resultado una media promedio como se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Promedio anual horas pico solar (HSP).



Fuente: (NASA, 2019)

Figura 6. Posible producción de energía eléctrica fotovoltaica.



Fuente: (La Web de las Energías Renovables, 2019)

3.4.3. PRIMERA ETAPA EJECUTADA

El proceso inicial del trabajo cuenta con una visita previa para evaluar las condiciones actuales del colegio. Una vez se obtengan datos iniciales en cuanto a medidas (Iluminación y levantamiento de cargas actuales) se procede al levantamiento de planos de instalaciones eléctricas existentes y así posteriormente realizar los respectivos cambios presentando un plano que cuente con las normas vigentes y se tenga en cuenta los estudios para su ejecución en el transcurso del proyecto.

1. Levantamiento de planos arquitectónicos: Se hace visita para poder tomar las medidas de las instalaciones del colegio con las cuales se hace plano arquitectónico con el cual no contaba el colegio.

Figura 7. Foto Colegio Pedro Fermín Vargas salón grado 6.



Fuente: Autores

Figura 8. Foto Colegio Pedro Fermín Vargas salón grado 9.



Fuente: Autores

Figura 9. Foto Colegio Pedro Fermín Vargas salón audiovisual.



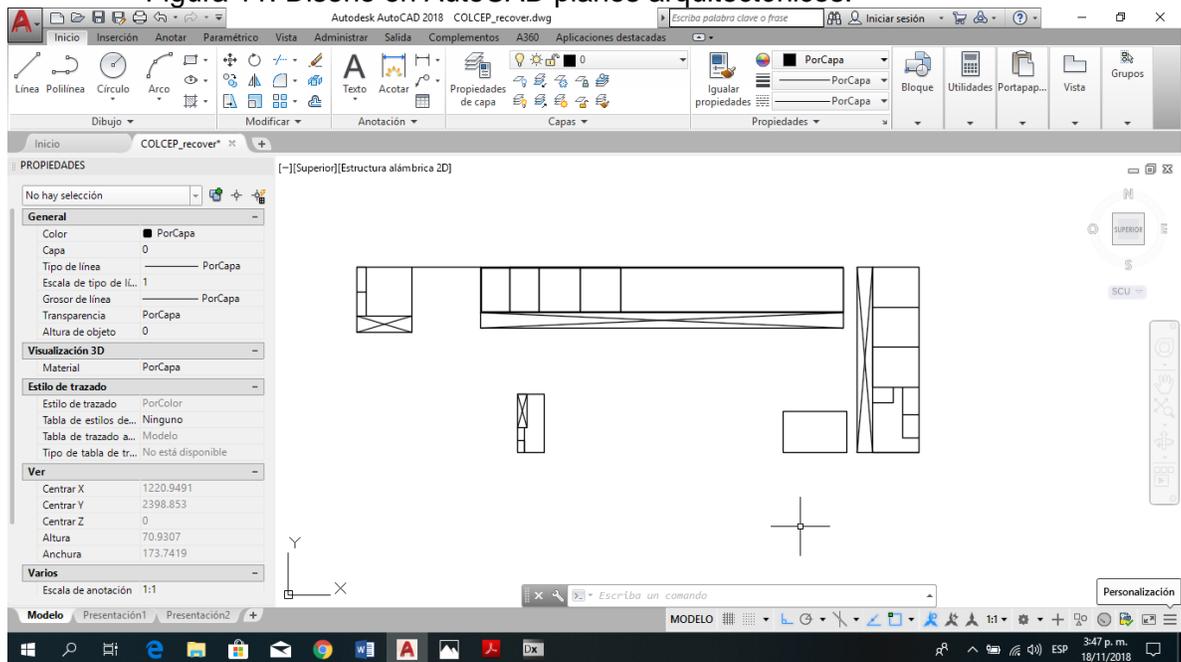
Fuente: Autores

Figura 10. Foto Colegio Pedro Fermín Vargas laboratorio.



Fuente: Autores

Figura 11. Diseño en AutoCAD planos arquitectónicos.



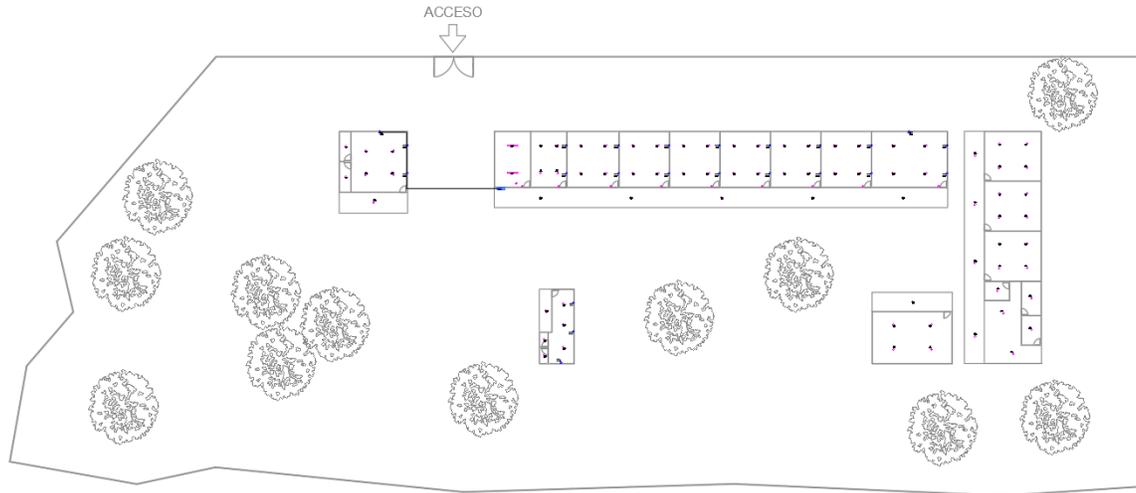
Fuente: Autores

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Figura 12. Plano Arquitectónico Colegio Pedro Fermín de Vargas.



Fuente: Autores

2. Estudio de iluminación: el día domingo 23 de septiembre se hace estudio de iluminación midiendo con el luxómetro cada una de las instalaciones del colegio los resultados se anexan a continuación.

En las lecturas tomadas en campo con el medidor de iluminancias (lux, fc) **Light Meter** se evidenciaba un bajo nivel de iluminación (64Lx, 100Lx, 150Lx y 200 Lx), las razones principales desde el punto de vista del diseño según la norma de iluminación RETILAP:

- Las paredes estaban pintadas de un color mostaza oscuro el cual tiene un grado de reflexión bajo aproximadamente del 35% lo cual es muy mínimo para apoyar la iluminación artificial por lo cual se recomendó pintar las aulas de un color blanco el cual tiene un grado de reflexión de 98 % este tipo de color mejora la iluminación disminuyendo así el número de lámparas ahorrando presupuesto y cumpliendo norma de iluminación RETILAP.
- Los niveles de iluminación encontrados en la institución educativa estaban entre 64 lx y 100 lx lo cual es bastante bajo ya que el RETILAP es bastante específico en la iluminación de aulas para el estudio.

Tabla 5. Máximos niveles de iluminación en centros educativos.

Colegios y centros educativos	UGR Max	Iluminación Min (lx)	Iluminación Med (lx)	Iluminación Max (lx)
Salones de clase				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
Salas de conferencia				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300
UGR : Índice de Deslumbramiento Unificado				
lx: unidad de iluminación equivale a un lumen/m ²				

Fuente: (Ministerio de Minas y Energías, 2010)

Figura 13. Necesidades de iluminación en instituciones educativas.

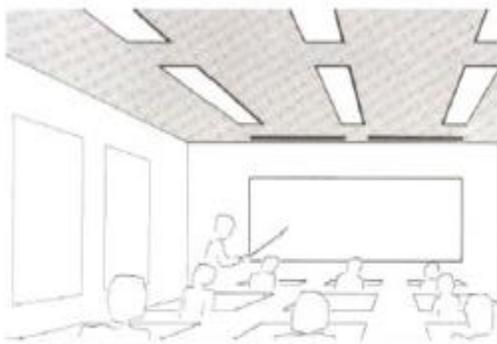


Figura 420.1.2 a. Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas

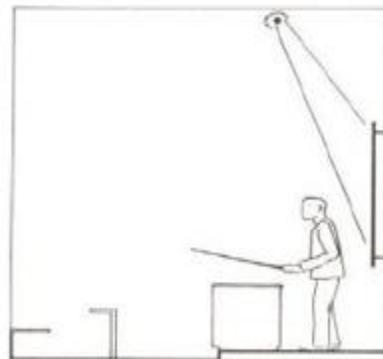


Figura 420.1.2 b. Alumbrado adicional sobre el tablero.

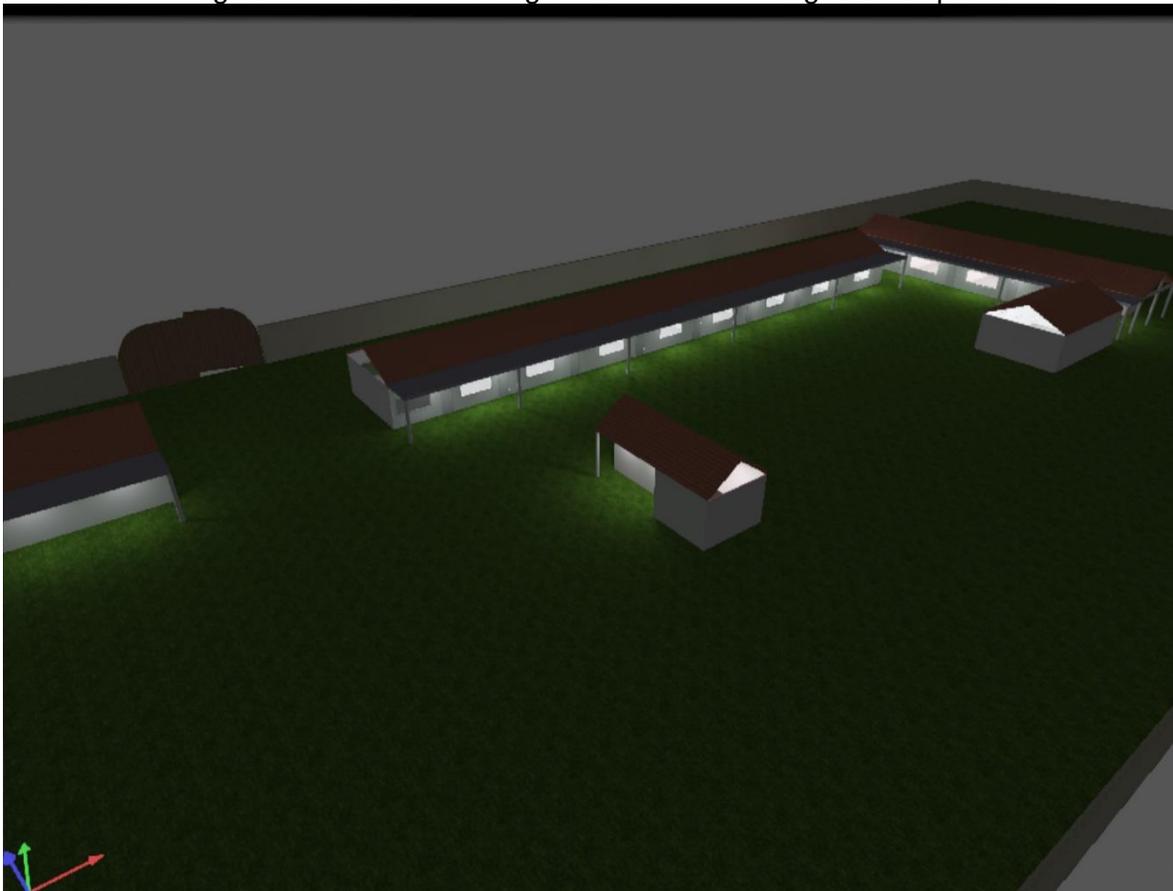
Fuente: (Ministerio de Minas y Energías, 2010)

3.4.4. ALUMBRADO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS

Este tipo de espacio en especial es de mucho cuidado y de mucha responsabilidad por parte de quien diseña y de quien construye estos sistemas de iluminación porque una iluminación que no cumpla los mínimos estándares puede causar serias afectaciones visuales fundamentalmente en niños pequeños y adolescentes con consecuencias de la más alta gravedad en algunos casos por las limitaciones visuales.

- Iluminación de salones para dictar clases:** este alumbrado en especial debe ser el más apropiado para realizar clases como de escritura, lectura de libros y otros documentos y del tablero. Como todas estas actividades son muy afines a las realizadas en oficinas, los requisitos generales de iluminación de estas pueden ser aplicadas a las escuelas.

Figura 14. Render del colegio Pedro Fermín Vargas de Cepitá.

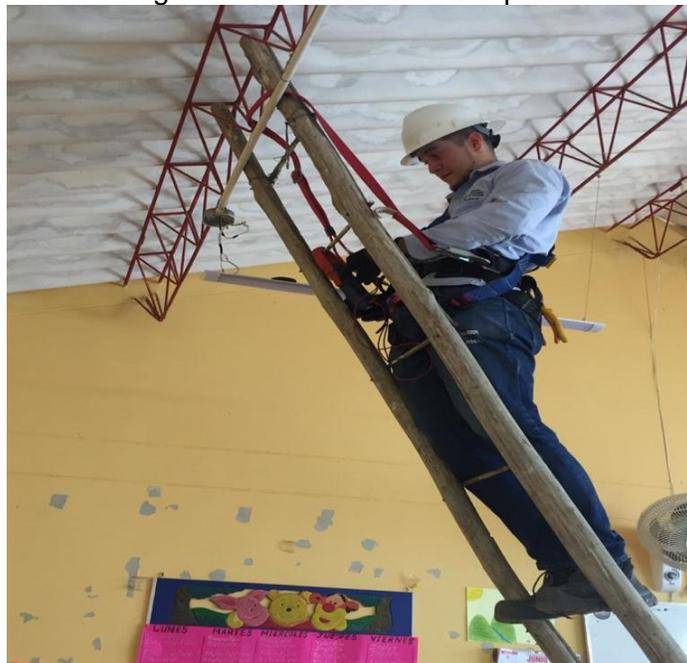


Fuente: Autores

3.4.5. SEGUNDA ETAPA EJECUTADA

En esta etapa se instalaron las lámparas necesarias para mejorar los niveles de iluminación exigidos por RETILAP, se cambió el cableado dañado y se distribuyó de la manera más óptima la sala de informática acomodando cada puesto con una toma corriente para cada equipo; las siguientes imágenes de las instalaciones realizadas en las aulas y de cómo quedaron después de haber cambiado todos los equipos eléctricos.

Figura 15: Instalación de lámparas



Fuente. Autores

Figura 16: Salón con lámparas instaladas.



Fuente. Autores

Figura 17: Sala de informática.



Fuente. Autores

4. RESULTADOS

Para el Colegio Pedro Fermín de Vargas del municipio de Cepitá Santander se va a dimensionar un sistema fotovoltaico on-grid acorde a las cargas antes mencionadas con las cuales se va a implementar en una curva de demanda para saber en qué hora del día es el mayor consumo de carga y de esta manera hacer un diseño para el colegio ajustado a las necesidades.

4.1. CURVA DE DEMANDA

Teniendo en cuenta la Tabla 4. Cuadro de distribución de cargas y consumo Colegio Pedro Fermín De Vargas Tabla 4 del capítulo anterior se hace el siguiente análisis de carga por hora del día con el cual se obtiene la curva de demanda para el cálculo del número de paneles solares.

Tabla 6. Tabla de consumos diarios por zona en (W).

FECHA	HORA	LABORATORIO (W)	RECTORÍA (W)	GRADO 6 (W)	GRADO 7 (W)	GRADO 8 (W)	GRADO 9 (W)	GRADO 10 (W)	BIOLOGÍA (W)	GRADO 11 (W)	PRIMARIA (W)	SALA DE PROFESORES (W)	SALA DE INFORMÁTICA (W)	ALUMBRADO EXTERIOR (W)	TOTAL (W/H)
10/10/2018	12:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	1:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	2:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	3:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	4:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	5:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	6:00:00 a. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	7:00:00 a. m.	684	492	660	960	810	660	810	606	810	2242	1136	0	0	9870
10/10/2018	8:00:00 a. m.	684	492	660	960	810	660	810	606	810	2242	1136	0	0	9870
10/10/2018	9:00:00 a. m.	684	492	660	960	810	660	810	606	810	2242	0	9350	0	18084
10/10/2018	10:00:00 a. m.	684	492	660	960	810	660	810	606	810	2242	0	9350	0	18084
10/10/2018	11:00:00 a. m.	684	492	660	960	810	660	810	606	810	2242	0	9350	0	18084
10/10/2018	12:00:00 p. m.	684	492	660	960	810	660	810	606	810	2242	1136	0	0	9870
10/10/2018	1:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1136	0	0	1136
10/10/2018	2:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/10/2018	3:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1136	0	0	1136
10/10/2018	4:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/10/2018	5:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/10/2018	6:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1136	0	180	1316
10/10/2018	7:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1136	0	180	1316
10/10/2018	8:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	9:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	10:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
10/10/2018	11:00:00 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180
TOTAL		4104	2952	3960	5760	4860	3960	4860	3636	4860	13452	7952	28050	2340	90746

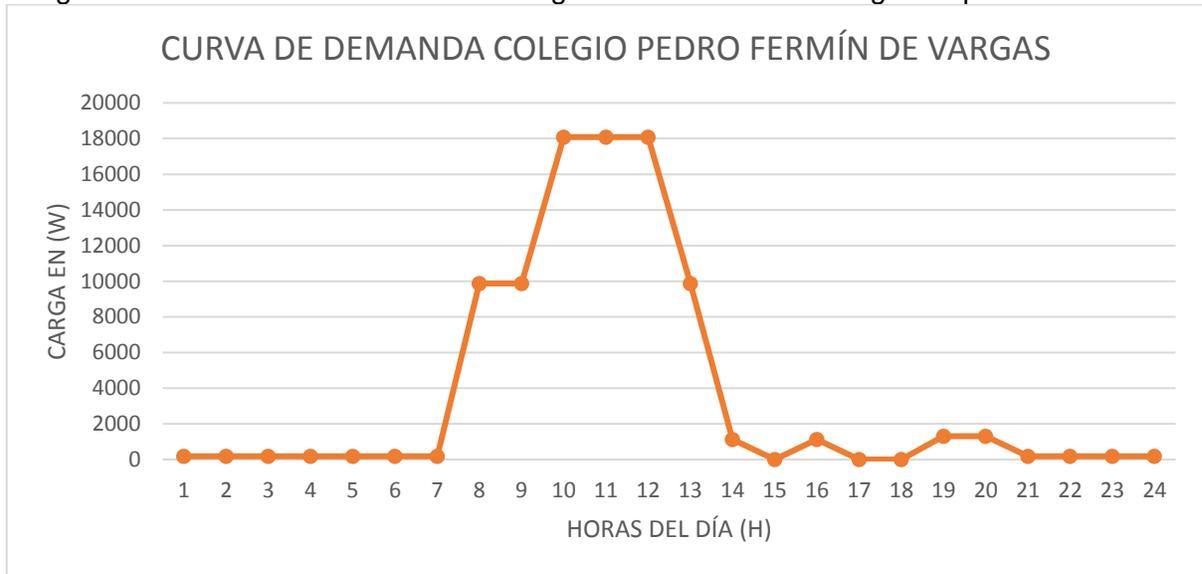
Fuente. Autores

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

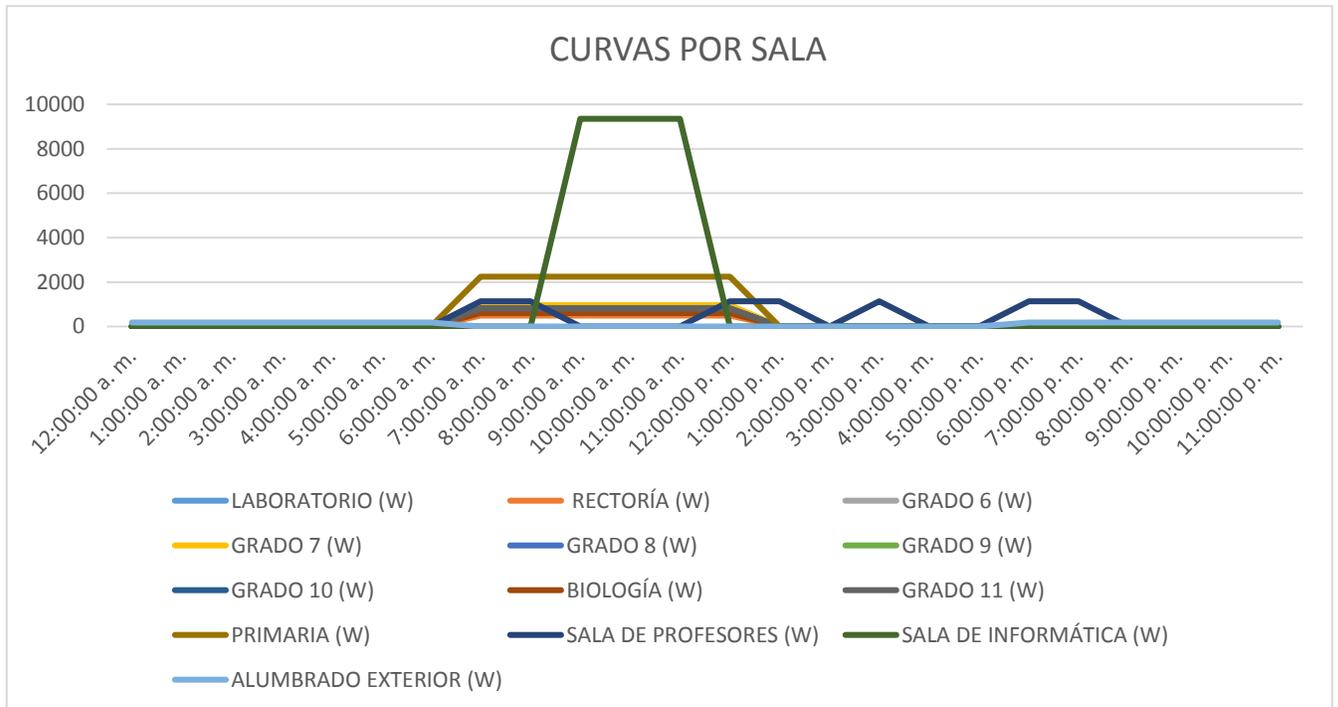
APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Figura 18. Curva de demanda total Colegio Pedro Fermín de Vargas Cepitá-Santander



Fuente: Autores

Figura 19. Curva de demanda por aula Colegio Pedro Fermín de Vargas Cepitá-Santander



Fuente: Autores

4.2. NÚMERO DE PANELES SOLARES

Según el mapa solar de radiación solar para Santander la medida promedio es de 5 w/h/m²/día, como se muestra en la Figura 5. Promedio anual horas pico solar (HSP). En el año en el municipio de Cepitá hay una media diaria de 4,62 w/h/m² y el consumo diario promedio es de 90,746 Kwh/día por tanto aplicando la fórmula se obtienen los siguientes resultados.

$$\# \text{ de Módulos} = \frac{\text{(energía necesaria)}}{\text{(HSP * rendimiento de trabajo * potencia pico del módulo)}}$$

$$\# \text{ de Módulos} = \frac{90746 \text{ Wh/día}}{(4.62 \text{ (Wh / m}^2 \text{ / día) * 0,75 * 500)}$$

$$\# \text{ de Módulos} = 52.38 \text{ Unidades.}$$

Donde:

HSP: Hora sol pico (Wh / m² / día)

Rendimiento de trabajo: tiene en balance pérdidas producidas por el aleatorio ensuciamiento y/o desperfecto de los paneles fotovoltaicos (seguramente entre 0,7 – 0,85).

Luego la capacidad del panel solar será de 500 watts pico, por tanto, se deben sumar varios paneles a determinada potencia que sumen el total de la potencia que se necesita para abastecer la carga del colegio Pedro Fermín de Vargas en Cepitá, Santander. El panel a escoger es el **BSM500M-96** monocristalino de la compañía **SOLARHOME**, con las características de la Figura 23.

4.2.1. TOTAL DE PANELES

El número de paneles que se necesitan para saldar la energía necesaria por día es de 54 paneles fotovoltaicos.

El número de paneles que arroja el cálculo es de 52.38 unidades, pero se aumenta a 54 unidades puesto que el valor no puede ser impar, de esta manera asegurar el abastecimiento.

Antes de poder dar el número correcto de paneles solares necesarios se debe tener en cuenta la configuración de la instalación y el inversor o inversores a utilizar.

4.2.1.1 CONEXIÓN EN SERIE

Si se conectan los paneles en serie lo que se hace es mantener la intensidad de corriente y aumentar la tensión de la conexión sumando las tensiones de cada panel y así se determina el voltaje máximo del sistema.

Para lograr saber la cantidad de paneles que se pueden acondicionar en serie se deben saber los valores nominales admitidos por el regulador de corriente conectado a la salida de los paneles calculados. Asimismo, la temperatura es una variable concluyente, pues afecta el correcto trabajo de los paneles y la tensión a la que estos están funcionando. En temperaturas altas la tensión será más baja (baja tensión). Luego, el rango de temperatura en la que funcionan los módulos fotovoltaicos proporciona una apertura de tensión en la que el regulador se debe desempeñar.

4.2.1.2 CONEXIÓN EN PARALELO

Conectando los módulos fotovoltaicos en paralelo lo que se consigue es incrementar la intensidad del campo fotovoltaico manteniendo la tensión de los mismos. Se suma la intensidad de cada uno de los paneles para lograr hallar la intensidad general del conjunto conectado.

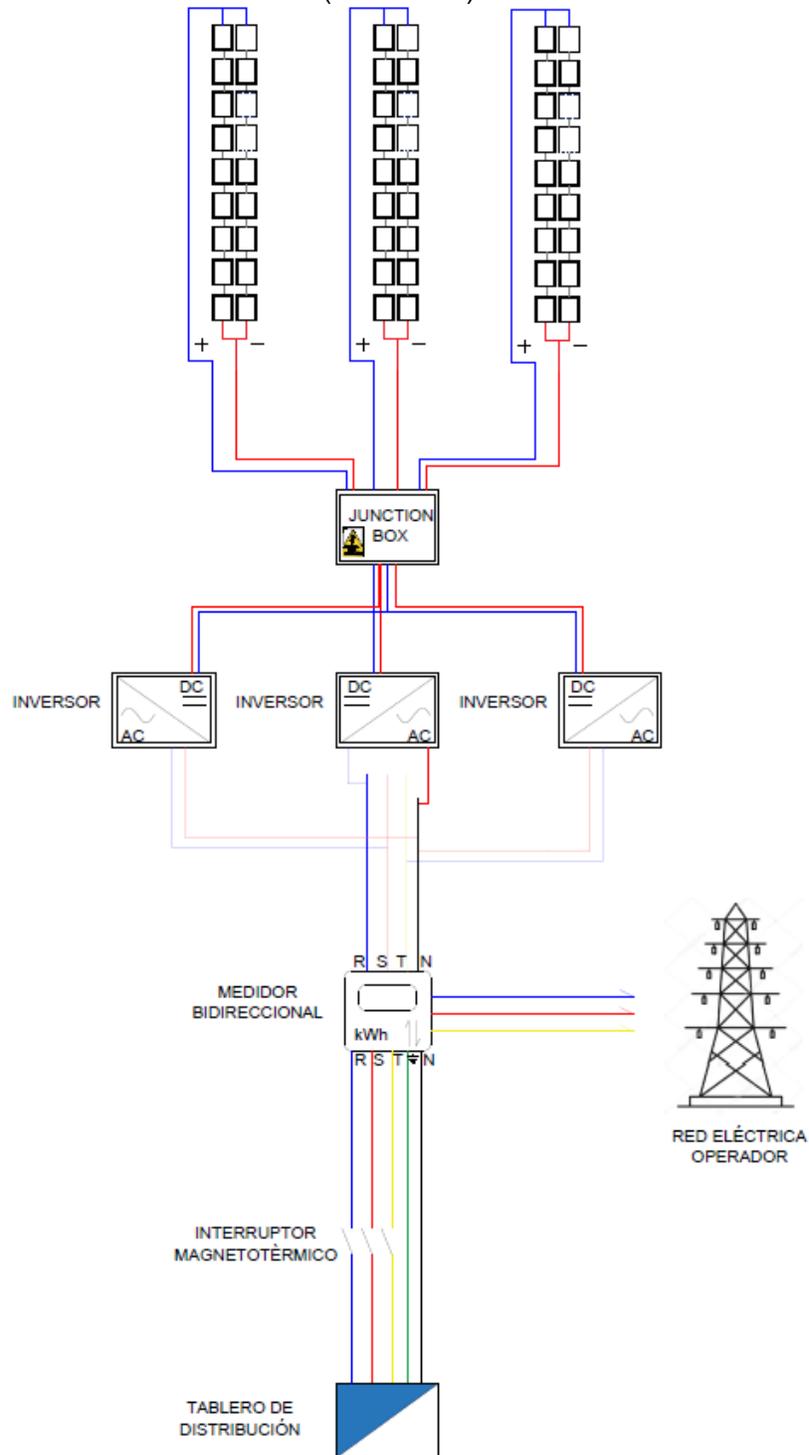
A la par que ocurre con el voltaje, los reguladores vienen de fábrica diseñados para consentir un determinado máximo de corriente, para obtener cuantos paneles se pueden vincular en paralelo se deben saber las características del regulador a usar.

Habiendo elegido el panel solar mostrado en la Figura 23 se hacen los cálculos que se van a mostrar a continuación con base a ellos se va a dimensionar el inversor a utilizar.

Voltaje máximo del panel= 48.63 V
Intensidad máxima del panel= 10.28 A

Se van a conectar los módulos fotovoltaicos de la siguiente manera 9 en serie 2 filas en paralelo como esta en la Figura 20

Figura 20. Conexión de paneles solares Colegio Pedro Fermín De Vargas Cepitá (Santander).



Fuente: Autores

4.2.1.3 CÁLCULOS PARA CONEXIÓN

Ecuación 5

$$V_{CONEXIÓN} = V_{máximo\ del\ panel} * \# \ de\ paneles$$

Fuente: (Alvarado, 2018)

$$V_{CONEXIÓN} = 48.63\ V * 9$$

$$V_{CONEXIÓN} = 437.67\ V$$

Con base al resultado anterior se conectan en serie 9 paneles.

Ecuación 6

$$I_{CONEXION} = I_{máxima\ del\ panel} * \# \ de\ paneles$$

Fuente: (Alvarado, 2018)

$$I_{CONEXIÓN} = 10.28\ A * 2$$

$$I_{CONEXIÓN} = 20.56\ A$$

Con base al resultado anterior se conectan 2 grupos de 9 paneles en serie, en paralelo como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, lo que resulta en un total de 54 paneles fotovoltaicos.

Ecuación 7

$$POTENCIA\ DEL\ SISTEMA = V_{CONEXION} * I_{CONEXION}$$

Fuente: (Alvarado, 2018)

$$POTENCIA\ DEL\ SISTEMA = 437.67V * 20.56\ A$$

$$POTENCIA\ DEL\ SISTEMA = 8998.495\ W$$

4.3. SELECCIÓN DEL INVERSOR

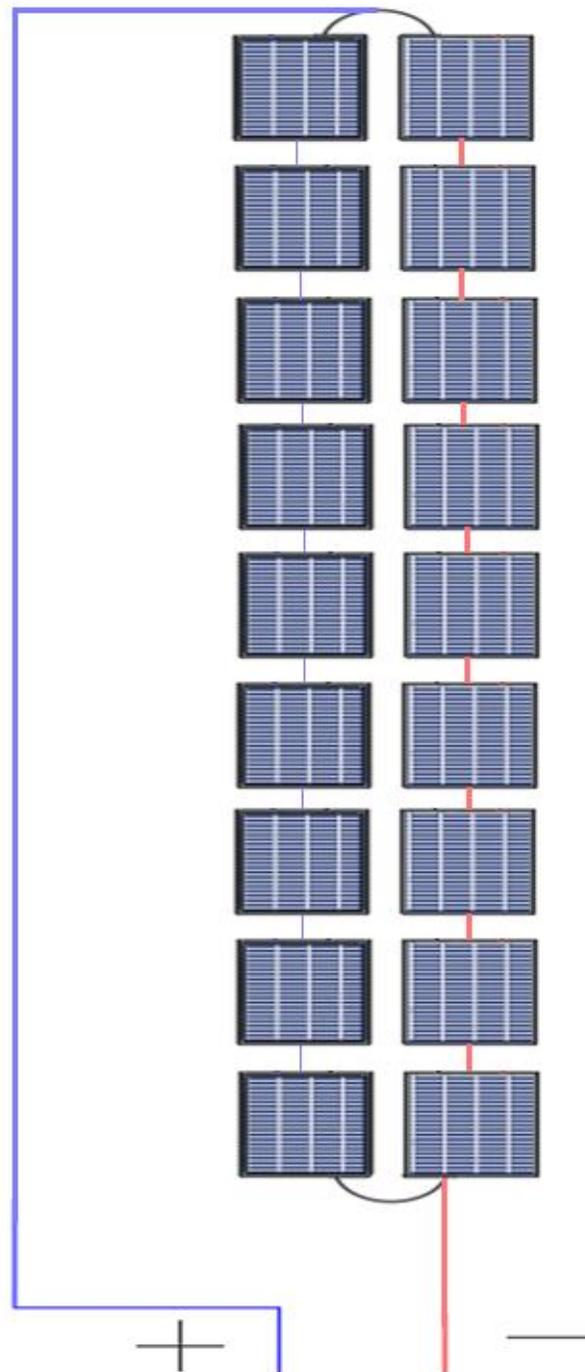
Por el cálculo anterior se obtiene una potencia de 8.9985 KW el inversor que se adapta a esta necesidad está en la Figura 21 según la conexión establecida se necesitan 3 inversores de este tipo.

Figura 21. Inversor seleccionado



Fuente: (FRONIUS,2011)

Figura 22. Conexión sistema fotovoltaico.



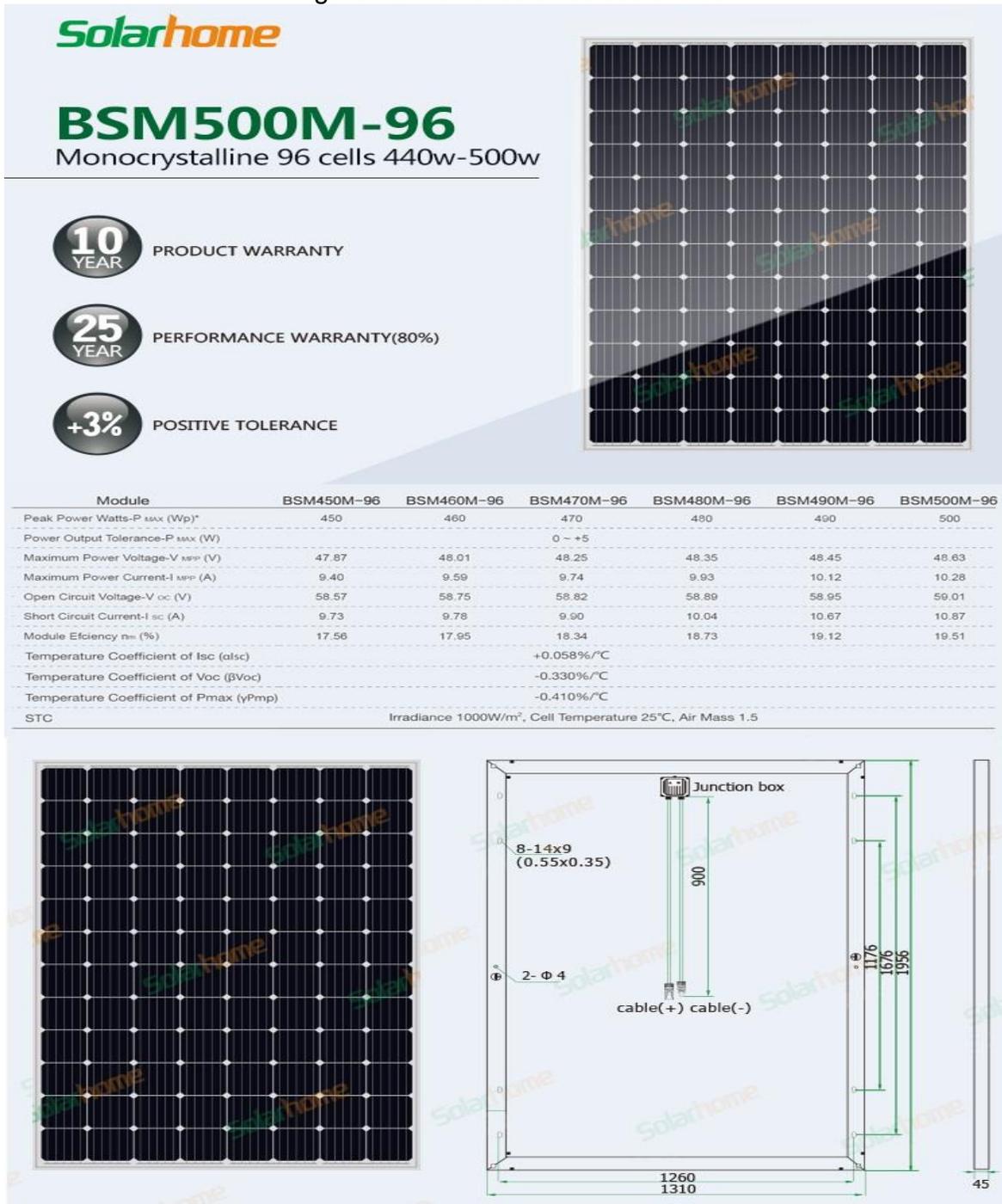
Fuente: Autores

ELABORADO POR:
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación
FECHA APROBACION:

Figura 23. Panel solar seleccionado



Fuente: (Rebas, 2019)

4.4. PROTECCIONES EN DC

4.4.1. SELECCIÓN DE PROTECCIONES DC

Todos los equipos que tienen su funcionamiento con corriente continua obligatoriamente tienen que estar protegidos contra corrientes elevadas que suelen pasar por sobrecargas o cortocircuitos. Para proteger estos equipos se utilizan fusibles y descargadores de sobre tensión. Estos dispositivos están diseñados para poder abrir el circuito en caso de alguna falla y evitar el daño de los equipos. En cuanto a fusibles existen varios tipos de ellos, pero para este tipo de sistemas los más comunes o los que más se usan son los de cuchilla llamados NH. Dentro de esta categoría los hay con y sin percutor, y lo que los diferencia es la velocidad de reacción ante una falla. Para asegurar el equipo es ideal utilizar elementos que contengan percutor de reacción rápida.

La corriente de cada arreglo es de 20.56 A por tanto se escoge la siguiente protección de 25 A para la protección de cada uno de los 3 arreglos de 18 paneles como se muestra en la Figura 24.

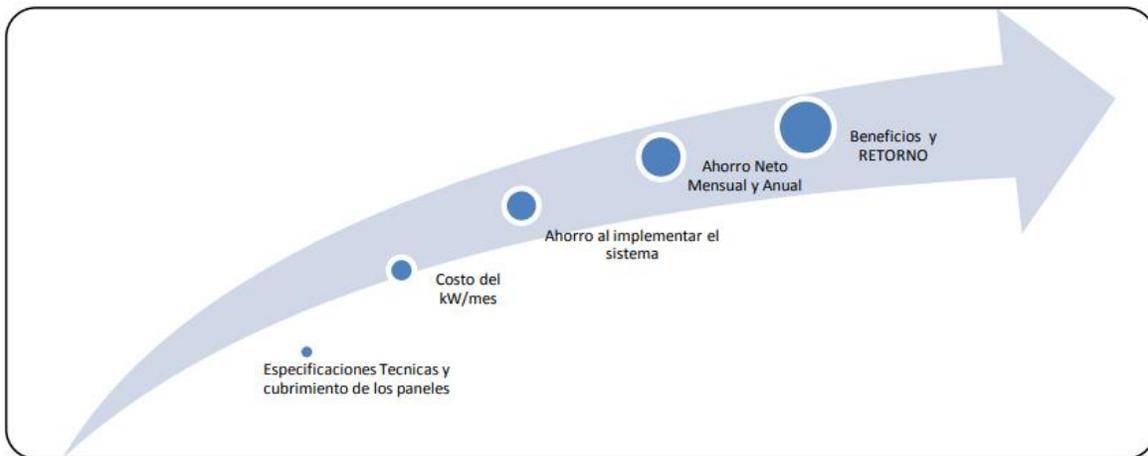
Figura 24. Selección de fusible de alta capacidad de ruptura

In (A)	REFERENCIA	U (V)	PODER DE CORTE (kA)	EMBALAJE (Un./Caja)
NH000				
2	381000	500	120	3/90
4	381005	500	120	3/90
6	381010	500	120	3/90
10	381015	500	120	3/90
16	381020	500	120	3/90
20	381025	500	120	3/90
25	381030	500	120	3/90
32	381035	500	120	3/90
35	381040	500	120	3/90
40	381045	500	120	3/90
50	381050	500	120	3/90
63	381055	500	120	3/90
80	381060	500	120	3/90



Fuente: (ELECTRIC, 2018)

Figura 25. Criterios para ACB.



Fuente. (Orozco, 2019)

Un estudio de costos y beneficios (ACB) consiste en crear una investigación minuciosa, a la hora de adquirir decisiones a cerca de un plan de energías renovables ya que resulta en crear una indagación de todas las ganancias asociadas descontando los costos asociados en momento y la finalización del propósito, haciendo una comparación de la situación con y sin plan con la finalidad de revelar el porcentaje del beneficio al lograr realizarlo. Para hacer dicho examen costo/beneficio de la implementación de esta tecnología se tienen que tener en cuenta ciertas generalidades en cuanto a las características de los paneles fotovoltaicos, horas de trabajo, precio por kilowatt en el municipio de Cepitá, entre otras cosas; todo esto con el fin de conocer todo el ahorro que se tendrá al ejecutar dicho proyecto de energías alternativas.

4.6.1. ESPECIFICACIÓN Y POTENCIA DE LOS PANELES SEGÚN SU CANTIDAD

Para el municipio de Cepitá (Santander), cuenta con un potencial de horas solar pico eficiente y mayor a 4 horas diarias, para este caso se asume una constante de 8 horas de aprovechamiento a partir de las 8 am hasta las 4 pm, tiempo en el cual suponiendo que se mantiene constante la irradiancia solar asumiendo valores estables para el cálculo de este análisis. Se tiene en cuenta siendo un colegio una entidad pública del estado se asumen un promedio de 20 días hábiles de trabajo en funcionamiento normal de sus instalaciones.

Desde otra perspectiva, las características de los paneles fotovoltaicos en cuanto a la potencia de energía solar para adecuarlos al uso del recurso energético en el colegio Pedro Fermín de Vargas con un total de cubrimiento promedio de 360 kWh/mes para todos los paneles calculados (48) para dicha inversión.

Tabla 8. Generalidades de la potencia de los paneles solares.

características	Potencia	Cantidad de paneles	Watt (W)	Kilowatt (kW)
1 panel	500W/h	48 unidades	24000	24
Por día			90746	90,746
Por mes			1814920	1814,92

Fuente. (AUT17)

4.6.2. EL CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS EN PROMEDIO MENSUAL

La entidad que determina el cobro para cada kW/h en el municipio es la Empresa de Energía de Santander ESSA, este depende del total de kW/mes demandados y se establecen los costos asociados como se muestra en la Figura 26.

Figura 26. Tarifas ESSA 2020.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP.									
INFORMA A SUS USUARIOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, NORTE DE SANTANDER, SUR DEL CESAR, BOLIVAR Y BOYACA									
De acuerdo con las resoluciones 119/07, 180/14, 191/14 y 015/16, 015/18, 019/18, 030/18, 158/19, 103/19, 129/19, 039/19, 199/19 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados, las tarifas para el mes de MARZO 2020									
ESSA se acoge a la opción tarifaria de acuerdo a lo establecido en la Resolución CREG 012 de 2020									
TARIFAS RESIDENCIALES									
ESTRATO		1		2		3		4	
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	-60.00%	235.9241	-60.00%	294.9051	-15.00%	501.3387	589.8102	589.8102
CLIENTE	I	-60.00%	213.3738	-60.00%	266.7172	-15.00%	453.4193	533.4345	533.4345
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.									
TARIFAS RESIDENCIALES					TARIFAS NO RESIDENCIALES				
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL	
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% CONTRIB.	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 20%	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 10%	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	20.00%	707.7722	117.9620	707.7722	58.9610	648.7912	589.8102	589.8102
CLIENTE	I	20.00%	640.1214	106.6869	640.1214	53.3434	586.7779	533.4345	533.4345
	II			97.0564	582.3385	48.5282	533.8103	485.2821	485.2821
	III			79.9045	479.4267	39.9522	439.4745	399.5223	399.5223
	IV			76.5746	459.4475	38.2873	421.1602	382.8729	382.8729
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Res. CREG 118/2007									
Conforme con las resoluciones CREG 180/14, 015/18 y 019/18 el valor (CfmJ) que aplica para el mes de marzo de 2020 es 8895.13 \$/factura									
NIVEL MEDIDA	G	T	D	Cv	PR	R	CUV Calculado	CUV Aplicado	CUF Aplicado
	Compra Energía	Costo STN	Costo Distribución	Costo de Comercialización	Costo de Compra, transporte y reducción de pérdidas	Costo de Restricciones	Costo Unitario Variable de Prestación del Servicio	Resolución CREG 012 de 2020 opción tarifaria	Costo Unitario Fijo de Prestación del Servicio
	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh
I ESSA	253.7434	38.3961	211.2743	55.4310	56.2392	0.7642	615.8481	589.8102	0.0000
I CLIENTE	253.7434	38.3961	155.9285	55.4310	56.2392	0.7642	560.5024	533.4345	0.0000
II	253.7434	38.3961	126.8519	55.4310	21.7112	0.7642	498.8978	485.2821	0.0000
III	253.7434	38.3961	54.3576	55.4310	16.3186	0.7642	419.0109	399.5223	0.0000
IV	253.7434	38.3961	23.8854	55.4310	10.6529	0.7642	382.8729	382.8729	0.0000
I 50% ESSA (Pilas)	253.7434	38.3961	183.6014	55.4310	56.2392	0.7642	588.1753	561.6223	0.0000
CONSUMO DE SUBSISTENCIA			Alturas inferior a 1000 Mts	Alturas superior o = a 1000 Mts	 				
Resolución UPME 0866 de 8 de Julio de 2004.			173 kWh	130 kWh					

Fuente. (ESSA, 2020)

Tabla 9. Generalidades de la implementación del sistema.

Colegio Pedro Fermín De Vargas		
Consumo	1815	kW/mes
Por día	\$479.4267	\$/kW
Total	\$ 870.160	Mes

Fuente. Autores

4.6.3. AHORRO DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR POR MEDIO PANELES

Con la cantidad de paneles solares implementados en la institución educativa cubre en su totalidad la necesidad energética con un consumo que equivale a 1815 kWh/mes (\$870.160); como se muestra en la Tabla 10.

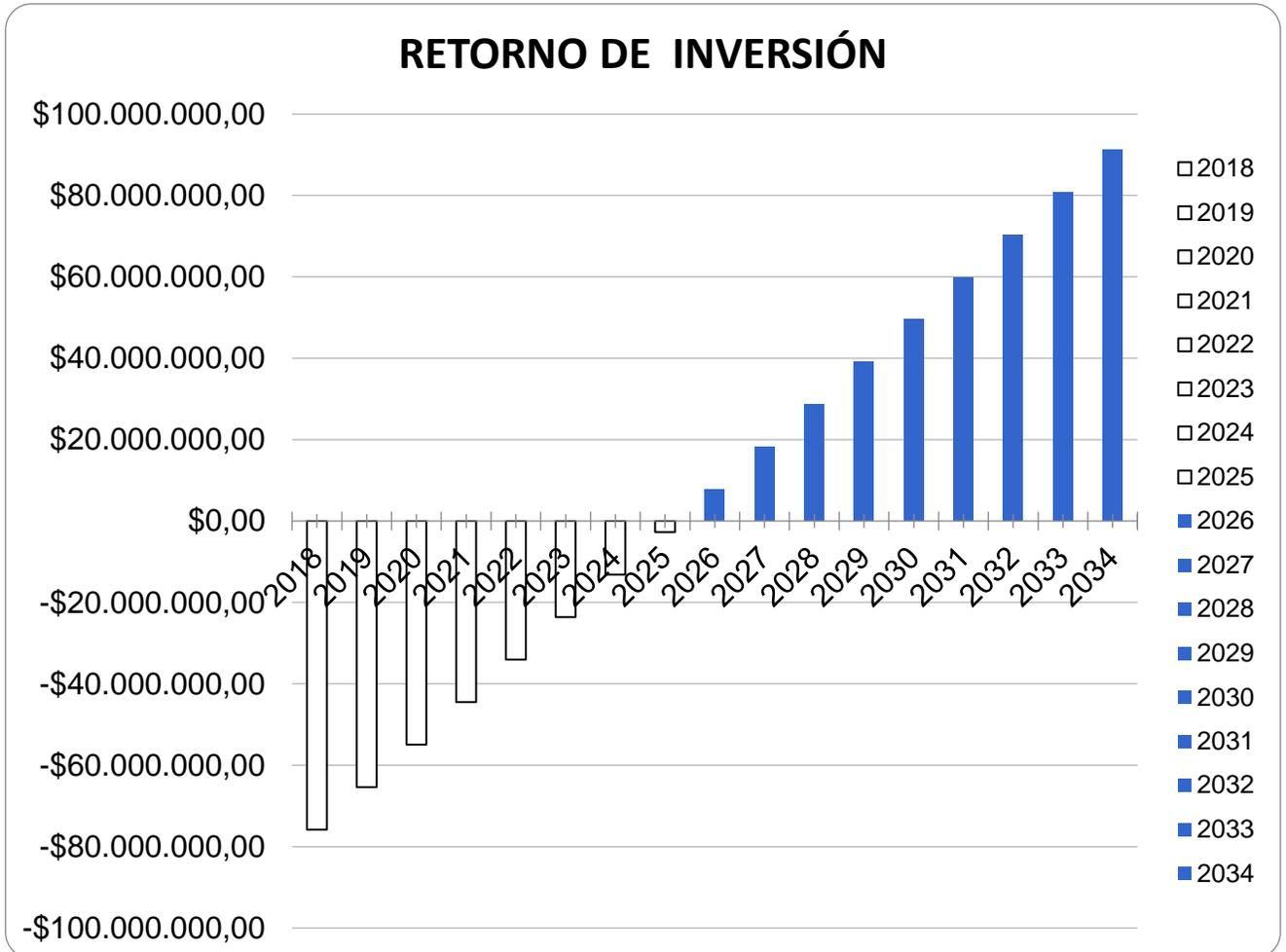
Tabla 10. Costos de la implementación del sistema.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PANELES		
Suministro hora	2.52	kWh/hora
Suministro día	60.5	kWh/día
Suministro mes	1815	kWh/mes
Ahorro mensual	\$ 870.160	
Costo real/mes	\$ 870.160	

Fuente. Autores

Con respecto al ahorro mensual que para este diseño es de \$ 870.160 que equivale a todos los paneles calculados, genera un ahorro anual de \$ 10.441.920; este valor calculado será descontado del monto total de la inversión del sistema fotovoltaico (\$ 86.258.712). Dicha inversión no debe tener un periodo de retorno demasiado alto para poder de manera eficiente recuperar el gasto hecho en el sistema alternativo de energía, se toma como año de inicio el año 2018 en el cual se da partida al funcionamiento del sistema fotovoltaico estos paneles tienen un tiempo de vida útil promediado de 30 años según características de fábrica. El valor del ahorro anual será descontado año tras año hasta el punto donde se retorna la inversión realizada como se observa en la Figura 27 en el año 2026 (8 años después) la inversión o el costo de todos los equipos y su montaje se hace \$0, y en adelante hasta el año 2034 (16 años después) se alcanza un beneficio económico de \$91.253.964,00 que son efectivamente de un excelente manejo y buen sostenimiento del sistema de energía renovable quedando de uso 14 años más del sistema para poder seguir recogiendo beneficios ambientales y económicos.

Figura 27. Gráfica de retorno de inversión.



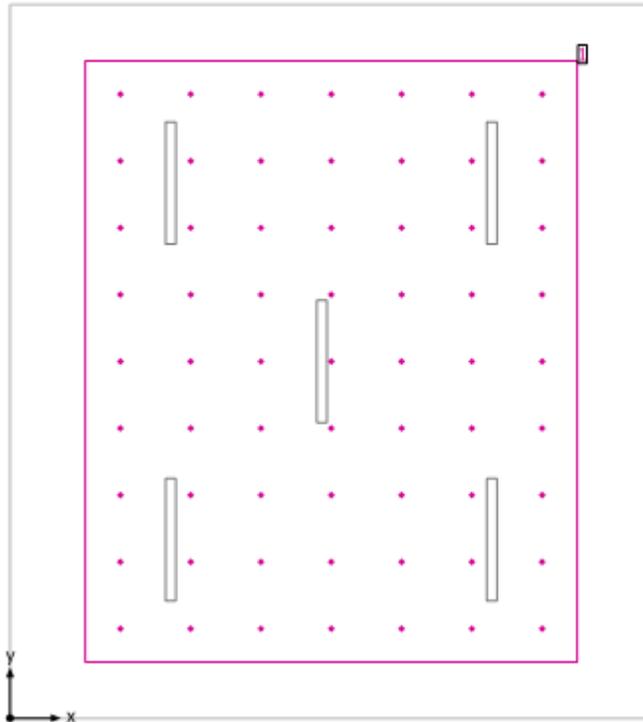
Fuente. Autores

4.7. RESULTADOS ILUMINACIÓN

Según los cálculos de iluminación los niveles para este tipo de recinto son los adecuados los cuales para su verificación pueden ser consultados en la Tabla 5 y Figura 13 de este documento, teniendo en cuenta que el colegio no cuenta con jornada de la tarde o noche estos niveles serán apoyados por la luz diurna y como recomendación para que la iluminación artificial sea más eficiente se recomendó pintar las aulas de blanco lo que permite aumentar el grado de reflexión lumínica mejorando los niveles ya calculados para así poder garantizar que el estudiantado haga el menor esfuerzo visual y puedan aprender de una mejor manera.

4.7.1. ILUMINACIÓN AULA TIPO

AULA 1

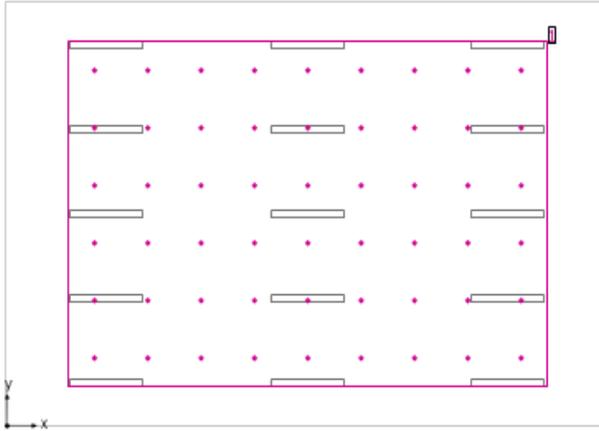


General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 AULA TIPO	Intensidad lumínica perpendicular [lx] Altura: 2.250 m	503	301	839	0.60	0.36

4.7.2. ILUMINACIÓN SALA DE INFORMÁTICA

INFORMÁTICA

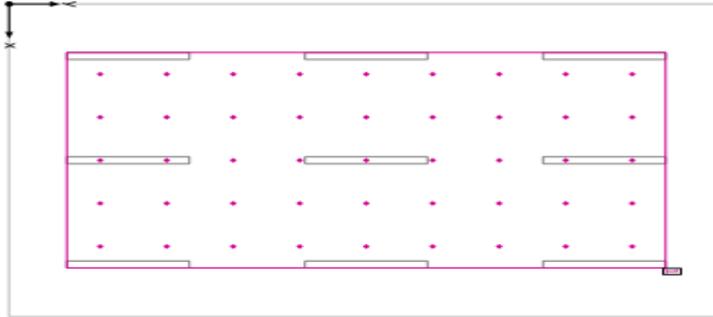


Altura interior del local: 3.023 m hasta 4.500 m, Grado de reflexión: Techo 50.0%, Paredes 50.0%, Suelo 50.0%, Factor de degradación: 0.80

General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 SALA INFORMATICA	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 1.200 m	504	320	445	0.83	0.72

4.7.3. ILUMINACIÓN RECTORÍA



General

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 RECTORIA	Iluminancia perpendicular [lx] Altura: 2.250 m	507	300	849	0.59	0.35

4.8. IMPLEMENTACIÓN EN SALA DE PROFESORES SISTEMA OFF-GRID A 24V

Por efectos económicos y de presupuesto no es posible implementar este proyecto en todo el Colegio Pedro Fermín De Vargas De Cepitá (Santander); por tal razón se implementó en la sala de profesores de la siguiente manera.

Tabla 11. Cargas a respaldar en sala de profesores

#	EQUIPO	CARGA EN [W]	HORAS DE USO	CARGA TOTAL	HORAS DE CONSUMO WH/DIA
3	LUMINARIA LED	12 W	8	36 W	288
1	VENTILADOR	100 W	3	100 W	300
2	PC PORTATIL	500 W	2	500 W	1000
TOTAL					1588

Fuente: Autores

Con base en la Tabla 11. Cargas a respaldar en sala de profesores se va a calcular el número de paneles necesarios para poder respaldar el consumo necesario para la sala de profesores así.

4.9. NÚMERO DE PANELES SOLARES PARA SALA DE PROFESORES

Según el mapa solar la radiación solar para Santander la medida promedio de 5 w/h/m²/día más exactamente en la Figura 5. Promedio anual horas pico solar (HSP). En Cepitá hay una media mensual de 4,62 w/h/m² y el consumo diario promedio en la sala de profesores del Colegio Pedro Fermín de Vargas es de 1.588 kwh/día por tanto aplicando la formula se obtienen los siguientes resultados.

$$\# \text{ de Módulos} = \frac{(\text{energía necesaria})}{(\text{HSP} * \text{rendimiento de trabajo} * \text{potencia pico del módulo})}$$

$$\# \text{ de Módulos} = \frac{1588 \text{ Wh/día}}{(4.62 (\text{Wh} / \text{m}^2 / \text{día}) * 0,85 * 255)}$$

$$\# \text{ de Módulos} = 1,5858 \text{ Unidades.}$$

Donde:

HSP: Hora sol pico (Wh / m² / día)

Rendimiento de trabajo: tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioramiento de los paneles fotovoltaicos (normalmente 0,7 – 0,85).

Él panel a escoger es el **STI de 255 w** poli-cristalino de la compañía **SOLAR-TECNOLOGY** con las características de que están en la Figura 23

Figura 28. Panel solar sala de profesores.



Fuente. Autores

Figura 29: ubicación Panel solar sala de profesores sobre estructura metálica.



Fuente. Autores

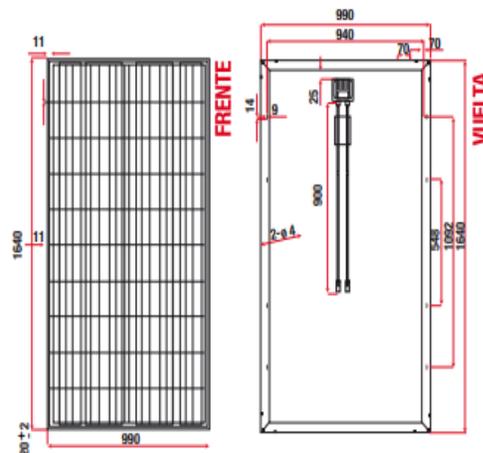
Figura 30: Características panel solar

CARACTERÍSTICAS DE NUESTROS PANELES POLICRISTALINOS

DATOS ELÉCTRICOS	245 W	250 W	255 W
Tipo de módulo	XSSP245M30	XSSP250P30	XSSP255P30
Pico de potencia nominal (Wp)	245	250	255
Voltaje nominal (Vmp)	31.32	31.74	31.98
Corriente nominal (Imp)	7.82	7.90	7.98
Tensión de circuito abierto (Voc)	37.38	37.74	37.92
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.55	8.42	> 17.3%
Eficiencia de la célula	> 15.1%	> 17.3%	-45—+85°C
Temperatura de funcionamiento	-45—+85°C	-45—+85°C	1000 VDC
Tensión máxima del sistema	1000 VDC	1000 VDC	AM1.5 1000W/m2 25°C
STC:	AM1.5 1000W/m2 25°C	AM1.5 1000W/m2 25°C	

COEFICIENTES DE TEMPERATURA	
NOCT:	47 ±2 °C
Coefficiente de temperatura de tensión (Voc):	-0.36%/ °C
Coefficiente de temperatura actual (ISC):	+0.03%/ °C
Poder coeficiente de temperatura (PMMP):	-0.40%/ °C
Tolerancia de potencia mínima:	±3%
NOCT:	Temperatura de operación nominal de la célula

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS	
Celula solar	60 Policristalino 156x156
Vidrio frontal:	Templado 3.2 mm
Caja de conexiones:	Claificación IP65
Cables de salida:	Longitud de 900 mm / compatible con conectores MC IV
Cuadro	Aluminio anodizado
Peso:	18.6Kg
Dimensión	1640×990×45mm



GARANTÍA

- 25 años contra defectos de fabricación o fallas inherentes a los componentes de nuestros paneles.
- 90% de potencia de salida después de 10 años.

Fuente. (Solar-Tecnology, 2019)

4.9.1. NÚMERO DE PANELES

El número que se halla muchas veces no es entero por tal motivo se debe redondear al número más cercano por encima para de esta manera asegurar el abastecimiento para este caso con dos paneles solares de 255 W es suficiente para respaldar la carga de la sala de profesores.

Ecuación 8

$$V \text{ CONEXIÓN} = V_{\text{maximo del panel}} * \text{de paneles}$$

Fuente: (Alvarado, 2018)

$$V \text{ CONEXIÓN} = 31.96 V * 1$$

$$V \text{ CONEXIÓN} = 31.96 V$$

Los paneles se conectan en paralelo y su voltaje máximo es de 31.74 V

Ecuación 9

$$I \text{ CONEXION} = I_{\text{máxima del panel}} * \# \text{ de paneles}$$

Fuente: (Alvarado, 2018)

$$I \text{ CONEXIÓN} = 7.96 A * 2$$

$$I \text{ CONEXIÓN} = 15.92 A$$

Con base al resultado anterior se conectan 1 grupos de paneles en paralelo como se muestra en la Figura 31, lo que da un total de 2 paneles fotovoltaicos para la sala de profesores.

Ecuación 10

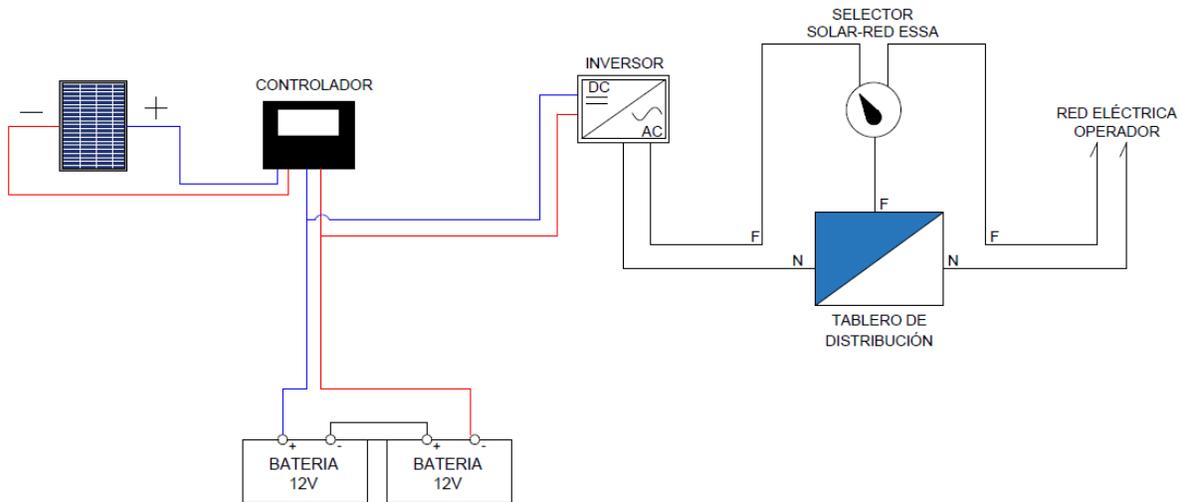
$$POTENCIA \text{ DEL SISTEMA} = V \text{ CONEXIÓN} * I \text{ CONEXIÓN}$$

Fuente: (Alvarado, 2018)

$$POTENCIA \text{ DEL SISTEMA} = 31.96 V * 15.92 A$$

$$POTENCIA \text{ DEL SISTEMA} = 508.8032 W$$

Figura 31. Conexión de paneles para sala de profesores



Fuente: Autores

4.9.2. SELECCIÓN DE INVERSOR

Por el cálculo anterior se obtiene una potencia de 508.8032 W el inversor que se adapta a esta necesidad es el siguiente ver Figura 32.

Figura 32. Inversor seleccionado para sala de profesores.



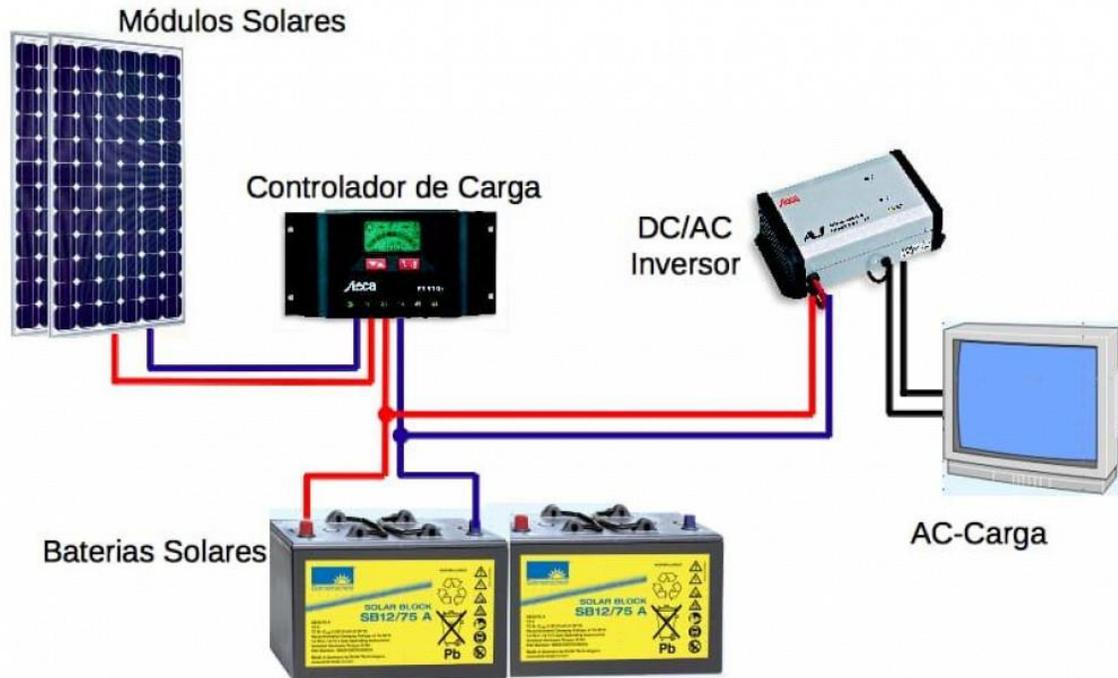
CARACTERÍSTICAS:

- Potencia continua 500W
- Potencia Pico 1000W
- Entrada de 24V DC
- Salida de 110V AC 60Hz
- Puerto USB 5V 1A
- Eficiencia 80%
- Protección de sobre carga y sobre voltaje

Fuente: (Victor Energy, 2017)

Figura 33. Conexión paneles en sala de profesores.

- Sistema AC (12/24 V DC / 220 Volt AC)



Fuente: (Electrica y Solar, 2018)

4.10. PROTECCIONES EN DC

4.10.1. SELECCIÓN DE PROTECCIONES DC

La corriente de cada arreglo es de 15.96 A por tanto se escoge de la Figura 24 el siguiente fusible de 20 A para la protección en DC del arreglo para la sala de profesores.

4.11. REGULADOR SOLAR

Este controlador solar es ubicado en medio del panel fotovoltaico y las baterías y su principal función es la de controlar la energía que pasa entre estos dos equipos antes mencionados equipos. Este monitoreo de energía se hace controlando los parámetros de intensidad (I) y de voltaje (V) al que se inyecta la batería este flujo de energía depende del estado de carga de las baterías adquiridas y de la energía

que genera el panel fotovoltaico. constantemente controla el estado de la carga de las baterías para así poder llenarlas de manera óptima y poder alargar la vida útil de este costoso equipo. (monosolar, 2019).

Figura 34: Controlador solar PWM.



Fuente. (Merino, 2019)

4.12 IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

La conexión para este sistema se realiza como está en la Figura 28, ubicando el panel solar sobre un soporte metálico a 12 metros de la sala de profesores, garantizando que la ubicación será siempre acompañada de la luz del sol para que pueda funcionar de la mejor manera, se instaló cable tipo PV para dicho lugar donde se encuentra el tablero de distribución. El controlador e inversor fueron ubicados a un costado de este, las baterías quedaron ubicadas en el piso como se muestra en la Figura 35. Inicialmente se estableció que se realizaría la instalación del sistema fotovoltaico on-grid, pero se optó implementar un sistema off grid a razón de reducir costos de legalización, puesto que la generación no sobrepasaría del límite de potencia máximo para que un autogenerador sea considerado como de pequeña escala, adicional el transformador que alimenta el sector en el que se encuentra ubicado el colegio no contaba con la disponibilidad por la potencia del mismo (45kVA) con respecto a los resultados obtenidos en los cálculos del sistema on-grid.

Figura 35. Instalación de equipos fotovoltaicos.



Fuente. Autores

4.13 RESULTADOS MEDICIONES EQUIPO ANALIZADOR Y VERIFICADOR DE MEDIDORES POLIFASICOS.

Figura 36: medición mediante analizador de medidores polifásicos AVM3F.



Fuente. (IDOSDE, 2017)

El equipo fotovoltaico se deja conectado en funcionamiento y se toman medidas con el equipo AVM3F, tal como se muestra en la Figura 37.

Figura 37. Características AVM3F.



Fuente. (IDOSDE, 2017)

Figura 38: datos técnicos equipo AVM3F.

DATOS TÉCNICOS		
PARÁMETRO DE MEDICIÓN	RANGO MEDIDA	EXACTITUD
Frecuencia Fundamental	50 - 60 Hz	--
Medición de Tensión TrueRMS	10 a 350 V CA	0,2 %
Medición de Corriente (Sensor de Corriente con Salida en tensión) (Sensores Compensados)	Entrada de Tensión de 7,5 mV CA a 1,5 V CA	0,2 %
Factor de Potencia	1 a -1	--
Medición de Potencia Activa (W)	--	0,2 %
Medición de Potencia Reactiva (VAr)	--	0,5 %
Medición de Energía Activa (Wh)	--	0,2 %
Medición de Energía Reactiva (Varh)	--	0,5 %
GENERAL		
Modos de Funcionamiento	Monofásico Bifilar y Trifilar, Bifásico y trifásico (3H y 4H)	
Dimensiones del Equipo (A x A x P)	150 x 100 x 55 mm	
Peso del Equipo	325 gr	
Cerramiento	IP 63	
Normas de Seguridad	IEC 61010	
Tiempo de Operación con Baterías (Continua)	10h	
Tensión de Alimentación con Adaptador	9 - 12 V DC - 1 A	
Alimentación por Baterías	4 AA	
Comunicación Bluetooth	2.0 (Rango de 10m)	

Fuente. (IDOSDE, 2017)

Este equipo patrón permite registrar datos de energía o potencia activa y reactiva, tensiones, corriente y factores de potencia de cada una de las fases, así como poder realizar de forma eficaz y eficiente pruebas para verificar medidores de energía eléctrico en campo. Este equipo se comunica vía bluetooth con un dispositivo móvil esto ayuda a quien opera a poder hacer los trabajos de una forma rápida y eficiente.

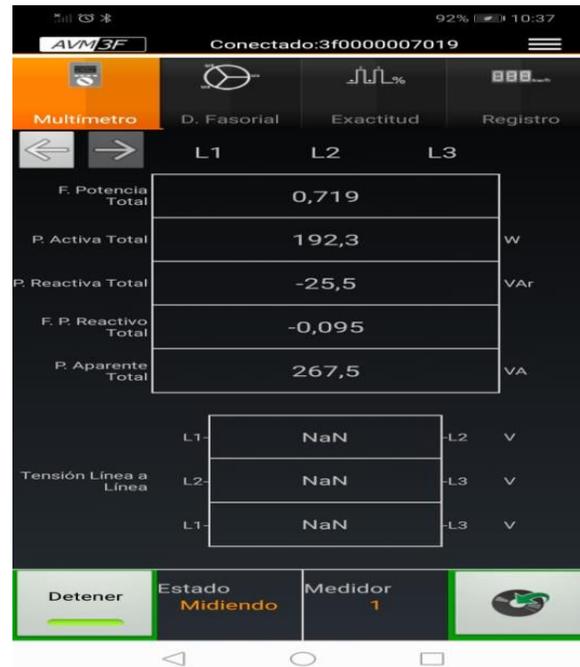
Este equipo se conecta a la instalación fotovoltaica realizada y arrojó los siguientes datos del funcionamiento del sistema fotovoltaico off-grid para la sala de profesores.

Figura 39: Medida tomada 10:36 am sábado 15 de febrero



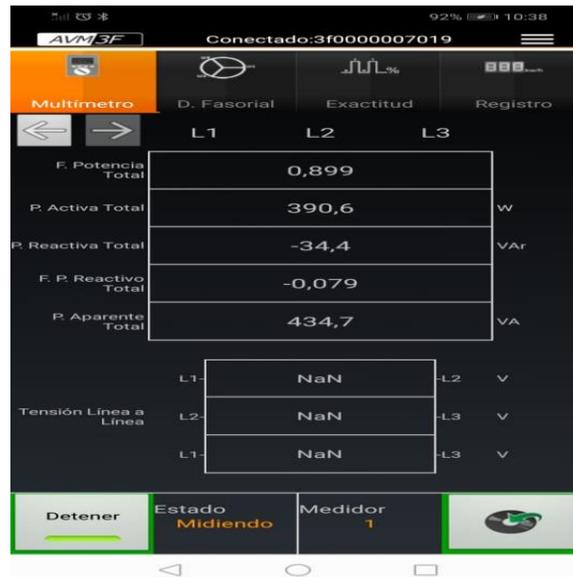
Fuente. (AUT17)

Figura 40: Medida tomada 10:37 am sábado 15 de febrero.



Fuente. (AUT17)

Figura 41: Medida tomada 10:38 am sábado 15 de febrero.



Fuente. (AUT17)

Figura 42: Medida tomada 10:39 am sábado 15 de febrero



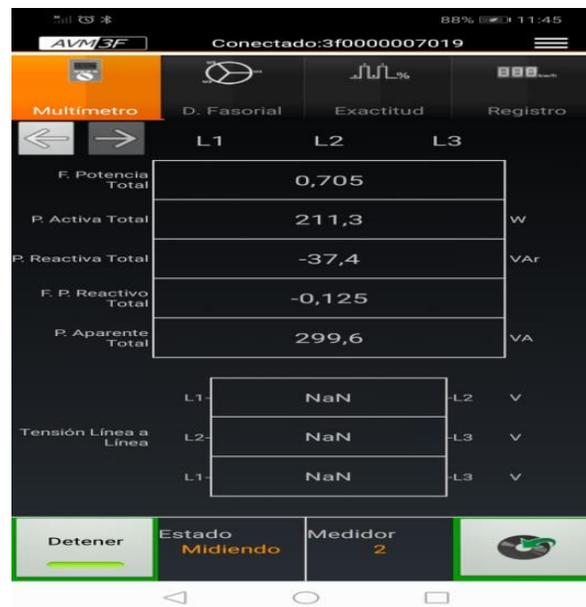
Fuente. (AUT17)

Figura 43: Medida tomada 11:45 am sábado 15 de febrero.



Fuente. (AUT17)

Figura 44: Medida tomada 11:45 am sábado 15 de febrero.



Fuente. (AUT17)

4.14 COSTOS EQUIPOS FOTOVOLTAICOS.

En la siguiente cotización están relacionados los costos de todos los equipos adquiridos para la instalación del sistema off-grid ubicado en la sala de profesores.

Figura 45: Relación de costos equipos fotovoltaicos

ENERGÍA PARA COLOMBIA

SOLARTEX COLOMBIA S.A.S.
 NIT : 901.264.839-3
PBX : +57 4 5904450
 DIAGONAL 50A AV 32-200 TORRE 4 OF. 2821,
 NIQUIA-BELLO-ANTIOQUIA

PÁGINA 1
 24 de Febrero del 2020
Cotización Nº 3718

Estimado/a Cliente : Diego Villarreal

Aquí está su cotización en tiempo record y esperamos que esta cumpla todas sus expectativas, nos esforzamos por entregar productos de primera calidad, a precios justos, la mejor garantía, rapidez y eficiencia al enviar los pedidos.

Cantidad	Producto	Estado	Valor Unitario	Valor Neto
1	Panel Solar 250 Watts Policristalino Spectravolt	En Stock	\$ 319.000	\$ 319.000
1	Controladora Solar 30A PWM 780W	En Stock	\$ 99.900	\$ 99.900
1	Inversor Off Grid 1000 Watts Onda Pura 110V	En Stock	\$ 664.200	\$ 664.200
10	Cable Solar 6mm Color Rojo por metros	En Stock	\$ 5.360	\$ 53.600
10	Cable Solar 6mm Color Negro por metros	En Stock	\$ 5.360	\$ 53.600
1	Conectores MC4 1 Par Macho + Hembra	En Stock	\$ 4.800	\$ 4.800
2	Bateria de 150Ah 12V GEL Maxpower	En Stock	\$ 819.300	\$ 1.638.600

NETO	\$ 2.833.700
IVA	\$ 332.614
TOTAL	\$ 3.166.314

Fuente. (Merino, 2019)

4.15 RECOMENDACIONES

- Realizar una propuesta como esta de energías renovables que no son comunes y ambientalmente inmensamente limpias ayuda a la corporación que lo ejecute para cada recurso obligatorio en su ejercicio, como es el asunto de la energía eléctrica y del agua, colocando un granito de arena al progreso del medio ambiente y gratificando económicamente por reducir el consumo público de los mismos a la ley 115 de 2014 esta regula la inscripción de energías renovables no convencionales al régimen energético del país.

- Los réditos económicos que quedan después del uso de los equipos fotovoltaicos son un aliciente que se puede derivar en la utilización en actividades similares y/o destinos diferentes que la institución considere; es una buena elección para las entidades públicas con el fin de bajar al máximo los costos asociados a este servicio.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño fotovoltaico del colegio Pedro Fermín de Vargas del municipio de Cepitá, Santander. Se socializó a los directivos que, de invertir en el sistema de energía alternativa completo como proyecto futuro en el colegio, será necesario reforzar la estructura del tejado la cual soportará el peso de los equipos en su operación.

5 CONCLUSIONES

- Este proyecto que investiga el uso de energías alternativas para dar soluciones energéticas a poblaciones que actualmente no cuentan con el servicio de energía, tiene como fin elaborar una opción energética que trabaje de la mano con la garantía ambiental, que oriente a remediar de una manera efectiva las complicaciones de cobertura de energía eléctrica de zonas lejanas sin este servicio. Ya sea por limitaciones económicas o geográficas que son los casos más comunes.
- Las implementaciones de estos sistemas actualmente reflejan un elevado porcentaje de aprovechamiento y uso del recurso inagotable como lo es la luz solar, estos sistemas en el municipio de Cepitá a largo plazo generan un ahorro económico y beneficios para el medio ambiente ya que son energías limpias y renovables.
- Con respecto a la iluminación se puede decir que es indispensable en todas las actividades educativas desarrolladas en la institución. Ya que facilita la visión de la información importante para el alumno y de la explicación del profesor, cumpliendo los requerimientos de la norma con los lúmenes establecidos para aulas de clase.
- El mejoramiento de las instalaciones eléctricas internas aumentará el uso eficiente de la energía y evitará accidentes ya que los materiales sulfatados y en mal estado fueron reemplazados.
- El sistema off-grid implementado en la sala de profesores deja como resultado que las condiciones climáticas del lugar son las óptimas y las

mediciones son lo más cercano al rendimiento calculado dando el respaldo esperado para el lugar asignado.

- En Colombia aun no es muy rentable la utilización de este tipo de equipos fotovoltaicos ya que su costo es elevado y la calidad no es la mejor por tal motivo recuperar la inversión a corto plazo es demasiado difícil para quien los adquiere.
- Desde la perspectiva económica la implementación del proyecto es totalmente factible, ya que este presenta una inversión de un monto importante que se transforma en una remuneración superior con el pasar del tiempo (análisis costo beneficio).

5. Bibliografía

(s.f.).

Abella, M. A. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos, Introducción al Diseño y Dimensionado de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica*. En M. A. Abella. Ediciones S.A.P.T. Publicaciones Técnicas S.L.

Alcaldía Mayor de Bogota. (26 de 04 de 2016). *Alcaldía Mayor De Bogota*. Obtenido de Alcaldía Mayor De Bogota: <http://www.bogota.gov.co/content/colegio-bogotano-implementa-sistema-de-energ%C3%ADa-solar>

Alvarado, J. (2018). *Diseño y Calculo de una Instalacion Fotovoltaica Aislada*. Almeria: AUTOR.

ATERSA. (15 de 11 de 2008). *ATERSA*. Obtenido de ATERSA: <http://www.atersa.com/quienes.asp?param=21>

ATERSA. (23 de noviembre de 2016). *Ficha tecnica inversor*.

Becerra., A. (2008). *ENERGÍA SOLAR: ESTADO DEL ARTE Y PERSPECTIVAS*. Obtenido de ENERGÍA SOLAR: ESTADO DEL ARTE Y PERSPECTIVAS: http://www.csub.edu/~tfernandez_ulloa/CITASELECTRONICAS-APA.pdf

Clickrenovables. (3 de 11 de 2015). *Clickrenovables*. Obtenido de Clickrenovables: [https://https://clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/](https://https://clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/)

CONACYT. (12 de 08 de 2018). *CONACYT*. Obtenido de CONACYT: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/becas-y-posgrados>

Congreso de la republica de Colombia. (2014). *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Bogota: Congreso De La República.

CREG. (13 de 05 de 2014). *Comision de regulacion de energia y gas*. Obtenido de Comision de regulacion de energia y gas: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/noticias/1571-boletin082018>

CREG. (2015). *Autogeneracion a pequeña escala* . Bogota.

CUYTRONIC. (17 de ABRIL de 2017). *Electricidad-gratuita*. Obtenido de Electricidad-gratuita: <http://www.electricidad-gratuita.com/calcular-numero-de-panel-solar-fotovoltaico/>

ELECTRIC. (05 de 10 de 2018). *DF SAS*. Obtenido de DF SAS: <https://www.df-sa.es/documentacion/documentos-nh/fusibles-nh.pdf>

Electrica y Solar. (24 de 7 de 2018). *Electrica y Solar*. Obtenido de Electrica y Solar: <http://electricaysolar.com.ar/#!/--sistemas-off-grid-aislados/>

Energias Inteligentes. (28 de MAYO de 2014). *Energias Inteligentes*. Obtenido de Energias Inteligentes: <http://www.energiasinteligentes.com/noticias/8/como-calcular-el-banco-de-baterias-de-un-sistema-solar>

ESSA. (20 de 03 de 2020). *Tarifas ESSA 2020*. *Tarifas ESSA 2020*. Bucaramanga, Santander, Colombia.

Galvis, J. y. (3 de 01 de 2013). *IVACE*. Obtenido de Proyecto para la implementación de un sistema de generación: http://www.ivace.es/Internacional_Informes-

García, & Mellado, F. (2012). *Periodico La Republica.(2012) Responsabilidad Social. Periodico La Republica.(2012) Responsabilidad Social.*, págs. 12-18.

- GCL . (12 de octubre de 2017). *System Integration Technology Co, Ltd.* Obtenido de System Integration Technology Co, Ltd.: https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/Polycrystalline/30923?utm_source=ENF&utm_medium=panel_list&utm_campaign=enquiry_product_directory&utm_content=11367
- Horn, M. (1997). *Electrificación de una población rural aislada mediante Energía Solar Fotovoltaica: proyecto piloto.*
- Houghthon, J. (2002). *FISICA DE LA ATMOSFERA.* REINO UNIDO: CAMBRIDGE UNIVERSITY.
- Hugo Escobar, R. L. (2012). Manual de producción de tomate bajo invernadero. *Manual de producción de tomate bajo invernadero*, 1-56. Obtenido de Avalon.Utadeo.
- ICEL, I. C. (12 de 12 de 2012). *Gobierno colombiano comprometido con energías alternativas.* Obtenido de Gobierno colombiano comprometido con energías alternativas: <https://www.minenergia.gov.co/inicio>
- ICEX. (2012). *El mercado de la energía eléctrica en India.* India: ARAGON.
- IDEAM. (2014). *RADIACION SOLAR.* BOGOTA.
- IDEAM. (14 de 12 de 2018). *ATLAS IDEAM.* Obtenido de ATLAS IDEAM: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- IDOSDE. (23 de 10 de 2017). Manual de usuario AVM3F. *Manuel de usuario AVM3F.* Bogota., Cundinamarca, Colombia.
- Infoagro. (12 de 10 de 2016). *Infoagro.* Obtenido de Infoagro: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos2.htm
- ININSA. (8 de 09 de 2016). *Fabricante invernaderos.* Obtenido de Fabricante invernaderos: <https://www.fabricanteinvernaderos.com/productos/invernaderos/multicapilla-de-techo-a-2-vertientes/>
- La Web de las Energías Renovables. (12 de 10 de 2019). *La Web de las Energías Renovables.* Obtenido de La Web de las Energías Renovables: <http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/calculadora-online-de-electricidad-fotovoltaica/>
- López, M. G. (2010). Manual de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red. En M. G. López, *Manual de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red* (págs. 100-120). MADRID: Fundación Mapfre (2 de junio de 2010).
- Lorenzo, E. (2006). *Radiación Solar y Dispositivos Fotovoltaicos Volumen II, Electricidad solar fotovoltaica.* Sevilla: Progensa SA.
- LUGO, J. E. (30 de NOVIEMBRE de 2017). *INVERSORES SOLARES.* Obtenido de INVERSORES SOLARES: <http://inversoresolares.net/>
- MEGOEQUIPOS. (15 de NOVIEMBRE de 2017). *MEGOEQUIPOS.* Obtenido de MEGOEQUIPOS: <http://megoequipos.com/energia-solar/sistemas-aislados/baterias/>
- Merino, P. (12 de 10 de 2019). *Solartex.* Obtenido de Solartex: <https://www.solartex.co/tienda/producto/controladora-solar-pwm-100a-12-24-voltios/>
- MERLIN, L. (1 de 2 de 2016). *LEROY MERLYN.* Obtenido de LEROY MERLYN: http://www.leroymerlin.es/productos/jardin/riego/programadores_de_riego/como-elegir-programadores-de-riego.html

- Mesa, L. S. (5 de 4 de 2015). *Diseño de un Sistema solar fotovoltaico autónomo para una institución educativa rural en el municipio de Páez – Boyacá*. Obtenido de Alcaldía de villavicencio: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- Ministerio De Educacion De España. (12 de 09 de 2002). *Manuales sobre Energía Renovable: “Solar Fotovoltaica/Biomass Users Network (BUN-CA)”*. Obtenido de Ministerio de educacion de españa: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- Ministerio de Minas y Energías. (2010). *RETILAP (Reglamento Tecnico de Iluminacion y Alumbrado Publico)*. Bogota.
- monosolar. (2 de 2 de 2019). *monosolar*. Obtenido de monosolar: <https://www.monsolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-carga-solar/>
- Morante, F. Z. (2005). Análisis del consumo de energía eléctrica en :Sistemas fotovoltaicos domiciliarios instalados en cuatro comunidades aisladas de la región de Puno. *Energía y :desarrollo*, pp. 9-17.
- Murcia, H. R. (2009). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y*. Bogota.
- MUST-SOLAR. (9 de 10 de 2019). *MUST-SOLAR*. Obtenido de MUST-SOLAR: <http://www.must-solar.es/>
- NASA. (20 de 10 de 2019). *POWER Data Access Viewer*. Obtenido de POWER Data Access Viewer: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- NIEUWENHOUT, F. e. (2000). *Monitoring and evaluation of Solar Home Systems. Experiences with applications*. HOLANDA: of solar PV for households in developing countries, .
- Orozco, A. F. (12 de 7 de 2019). *Unimilitar*. Obtenido de Unimilitar: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/14931/SanabriaOrozcoAndresFelipe2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PAO, S. (24 de 09 de 2011). *SEMILLERIA PAO*. Obtenido de SEMILLERIA PAO: <https://semilleriapao.jimdo.com/2011/09/24/formula-para-calcular-la-potencia-de-tu-extractor/>
- Paredes, E. (1994). *Importancia Económica de la Actividad Turística en la Economía Familiar de la Isla :Amantaní, Tesis*. PUNO: Facultad de Sociología Carrera Profesional de Turismo.
- Presidencia De La Republica De Colombia. (23 de 03 de 2018). *presidencia normativa*. Obtenido de presidencia normativa: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%200570%20DEL%2023%20DE%20MARZO%20DE%202018.pdf>
- Prias, O. (18 de 05 de 2018). *Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética*. Obtenido de Red Colombiana de Conocimiento en Eficiencia Energética: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b08443fb7cbe.pdf>
- Rebacas. (12 de 6 de 2019). *Rebacas*. Obtenido de Rebacas: <https://www.rebacas.com/paneles-solares-24-voltios/1155-panel-solar-500w-bluesun.html>
- Remmers, K.-H. D., & Antony, F. (2008). *Fotovoltaica Para Profesionales*. Munich: Promotora General De Estudios.
- Ruiz Hernández, V. (2006). “Las energías renovables: La energía solar”. (*Ejemplar dedicado a: El futuro de la energía*), (págs. p. 41-46).

- Ruiz, M. A. (12 de 10 de 2015). Implementación y Ejecución de Un Sistema De Energia Alternativa (Fotovoltaica) para Incrementar la Calidad de Vida de sus Moradores en la Comunidad de Palmeras. *Implementación y Ejecución de Un Sistema De Energia Alternativa (Fotovoltaica) para Incrementar la Calidad de Vida de sus Moradores en la Comunidad de Palmeras*. Bogota, Cundinamarca, Colombia.
- Solar-Technology. (05 de 05 de 2019). *calculation solar*. Obtenido de calculation solar: http://calculationsolar.com/pdfs/Calculationsolar_module_STI_XSSP250P30253.pdf
- Sunedison. (23 de 08 de 2014). *SUNEDISON*. Obtenido de SUNEDISON: <http://www.sunedison.es/energia-solar-fotovoltaica/>
- UNAM. (11 de 3 de 2010). *Energia UNAM*. Obtenido de Energia UNAM: <https://energiaunam.wordpress.com/2010/03/11/conexion-tipo-isla/>
- Universidad Autonoma Del Occidente. (24 de 05 de 2016). *América Fotovoltaica*. Obtenido de América Fotovoltaica: <http://www.laguasolar.com/universidad-autonoma-de-occidente-energia-solar-en-colombia/>
- UPCOMMONS. (12 de 10 de 2015). *UPCOMMONS.UPC*. Obtenido de UPCOMMONS.UPC: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12843/Annex.pdf?sequence=3>
- UPME. (13 de 05 de 2014). *Invierta y Gane Con Energia*. Obtenido de Invierta y Gane Con Energia: http://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf
- UPME. (2017). *MAPAS SOLARES. BOGOTA*.
- Vega Salas, P. (2003). *Estudio Social del "Proyecto de Electrificación Rural con Energía Fotovoltaica"*. Cuzco, Peru: Simposio peruano de Energía Solar, Cuzco.
- Victor Energy. (12 de 8 de 2017). *Victor Energy*. Obtenido de Victor Energy: <https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers/smartsolar%20mppt%20ve.can>

6 ANEXOS

Anexo 1. Características Iluminación led para aulas tipo.

SYLVANIA

Luminarias LED Lineal
LED LINEAL ECO 32W NW MV
P27356

Luminaria lineal LED con driver integrado, distribución de luz homogénea sin sombras, proporciona un sistema de iluminación limpio y sencillo.



CARACTERÍSTICAS

Diseño ultradelgado con strip LED y difusor opalizado.
Fácil instalación.

APLICACIONES

Iluminación residencial.









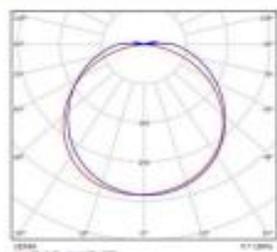


DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	4000 K (NW)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	32 W
Flujo luminoso	2400 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	85-265 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	120°	Dimensiones (LxWxH)	1240x75x25 mm	Corriente de entrada	0.267 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Sobreponer	Factor de potencia	>0.70
Reproducción de color (IRC)	>70	Chasis	Aluminio + PC	Distorsión armónica (THD)	<35%
Vida útil	30000 h L70	Óptica	Difusor opal	Tipo de driver	Integrado
Eficacia	75 lm/W	Temperatura de operación Ta	-10°C ~ +40°C	Atenuable	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA



Anexo 2. Características cable libre de halógenos.



CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO
PRODUCT CONFORMITY CERTIFICATE

Modelo de Certificación **No. 02485**
Certification Modality

Marca de Conformidad
Esquema 5

La Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico
del Sector Eléctrico - CIDET certifica que el producto:
CIDET certifies that the product:

DENOMINACIÓN	TIPO	REFERENCIA
CONDUCTORES ELÉCTRICOS, MARCA NEXANS COLOMBIA	ALAMBRES Y CABLES MONOCONDUCTORES Y MULTICONDUCTORES PARA FUERZA HASTA 2000 V, APTOS PARA USO CT	CALIBRES: 18 AWG AL 2000 kcmil

Las características e identificación de este producto se describen en el documento anexo, que hace parte integral del presente CERTIFICADO y contiene una página.
The characteristics and identification of this product are described in the attached document, which is an integral part of this CERTIFICATE

Fabricado por:
Manufactured by:
NEXANS COLOMBIA S.A

Parque Industrial de Bucaramanga - Manzana B,
Vía Palenque-Café Madrid km 3, Bucaramanga, Colombia

Satisface los requerimientos de
Satisfies the requirements of

NTC 1000-1/2011, ICEA S-05-658/2009 y la RESOLUCIÓN 90708 de 2013 del
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA – RETIE (Numeral 20.2)

Fecha de Certificación: 24 / 10 / 2006
Última Actualización: 30 / 10 / 2017

Anexo 3. Tarifaria electrificadora de Santander.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP.									
INFORMA A SUS USUARIOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA DE DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y SUR DEL CESAR									
De acuerdo con las resoluciones 119/07, 097/08, 121/09 y 172/09 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados, las tarifas para el mes de									
Enero 2016									
TARIFAS RESIDENCIALES									
ESTRATO		1		2		3		4	
PROPIEDAD	NIVEL	% SUBSIDIO	TARIFA	% SUBSIDIO	TARIFA	% SUBSIDIO	TARIFA	TARIFA	
ACTIVOS	MEDIDA		\$/kWh		\$/kWh		\$/kWh	\$/kWh	
ESSA	I	-59.23%	186.1572	-49.04%	232.6966	-15.00%	388.1036	456.5925	
CLIENTE	I	-59.35%	168.2063	-49.19%	210.2578	-15.00%	351.7379	413.8093	
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.									
TARIFAS RESIDENCIALES				TARIFAS NO RESIDENCIALES					
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL	
PROPIEDAD	NIVEL	% CONTRIB.	TARIFA	CONTRIB.	TARIFA	CONTRIB.	TARIFA	TARIFA	
ACTIVOS	MEDIDA		\$/kWh	20%	\$/kWh	10%	\$/kWh	\$/kWh	
ESSA	I	20.00%	547.9110	91.3185	547.9110	45.6593	502.2518	456.5925	
CLIENTE	I	20.00%	496.5712	82.7619	496.5712	41.3809	455.1902	413.8093	
	II			74.7221	448.3324	37.3610	410.9714	373.6104	
	III			62.3154	373.8924	31.1577	342.7347	311.5770	
	IV			61.8315	370.9893	30.9158	340.0735	309.1577	
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Res. CREG 119/2007									
NIVEL MEDIDA	G	T	D	Cv	PR	R	CUv Calculado	CUv Aplicado	CUf Aplicado
	Compra Energía	Costo STN	Costo Distribución	Costo de Comercialización	Costo de Compra, transporte y reducción de pérdidas	Costo de Restricciones	Costo Unitario Variable de Prestación del Servicio	Resolución 168 de 2008 y 158 de 2015 Opción tarifaria	Costo Unitario Fijo de Prestación del Servicio
	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh
ESSA	204,4152	29,3802	159,2448	40,5079	37,4047	12,2154	483,1683	456,5925	
CLIENTE	204,4152	29,3802	117,3322	40,5079	37,4047	12,2154	441,2556	413,8093	
II	204,4152	29,3802	98,8700	40,5079	16,6339	12,2154	402,0227	373,6104	
III	204,4152	29,3802	44,4353	40,5079	13,1945	12,2154	344,1486	311,5770	
IV	204,4152	29,3802	17,9842	40,5079	4,6547	12,2154	309,1577	309,1577	
150% ESSA (Pilas)	204,4152	29,3802	138,2885	40,5079	37,4047	12,2154	462,2120	435,2009	
Según lo establecido en la Ley 820 de 2003 y su decreto reglamentario 3130 de 2003, ESSA comunica los valores correspondientes a las garantías exigidas para la denuncia del contrato de arrendamiento.							CONSUMO DE SUBSISTENCIA		
							Resolución UPME 0355 de 8 de Julio de 2004.		
COSTO DE GARANTIAS PARA EL MES							Alturas inferior a 1000 Mts	Alturas superior o = a 1000 Mts	
							173 kWh	130 kWh	
SECTOR		Valor Garantía (\$)							
ESTRATO 1		140.084							
ESTRATO 2		154.304							
ESTRATO 3		232.178							
ESTRATO 4		319.897							
ESTRATO 5		442.270							
ESTRATO 6		509.545							
									

Anexo 4. Panel solar para la sala de profesores.



POLICRISTALINO 240 -255 WP

ECO LINE P60/250 LX250P

- Power proofed
- Longlife tested
- Safety provided

- alta eficiencia en transformar los rayos solares en energía eléctrica.
- modulo de alta potencia con una tolerancia positiva de 0 + 5 W
- producto de alta calidad
- resistente a climas variados y temperaturas extremas.
- resistencia mecánica de 5400 Pa para una estabilidad contra viento y cargas de nieve de hasta 10 KPa
- todas las especificaciones de la certificación IEC están cumplidas, nuestros productos de calidad son sometidos constantemente a pruebas de diferentes instituciones.

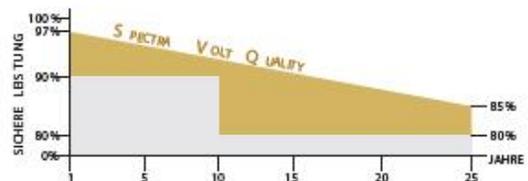


G ARANTÍA Y C ERTIFICACIÓN

Otorgamos una garantía de 12 años en fallas de materiales y de fabricación, y las siguientes garantías de potencia*:

- Al menos un 97% de la potencia nominal* dentro del primer año. Después una degradación max. de 0,6 % por año.
- Al menos un 92% de la potencia nominal* después de los 10 años.
- Al menos un 85% de la potencia nominal* después de los 20 años.
- Al menos un 83% de la potencia nominal* después de los 25 años.

Todos los módulos tienen IEC 61215:2005, IEC 61730-1 IEC 61730-2.

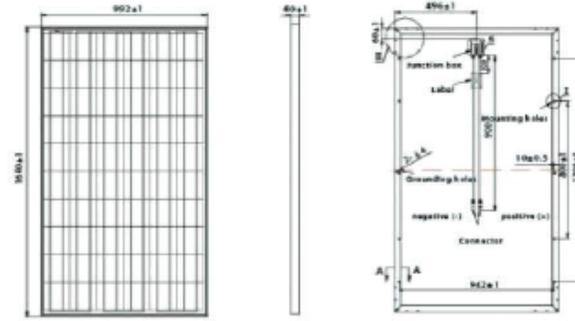


SpectraVolt
Protected Quality

ESPECIFICACIONES GENERALES

Célula	156 x 156 mm
Número de células	60
Peso del módulo	18 kg
Dimensiones	1640 x 992 x 40 mm
Material de la célula	Silicio policristalino
Tipo de portada	Vidrio templado, recubierto, 3,2 mm ancho
Material del marco	Aleación de aluminio

DIBUJO TÉCNICO



Especificaciones-Temperatura (STC)

Coefficiente de temperatura Pmpp	-0.44%/°C
Coefficiente de temperatura Uoc, porcentual	-0.36%/°C
Coefficiente de temperatura Isc, porcentual	0.05%/°C
NOCT	47±3°C

ESPECIFICACIONES DEL MEDIO AMBIENTE

Temperatura del medio ambiente	-40°C hasta +85°C
Presión máxima permitida	5400 Pa

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS (STC)

	240 Wp	245 Wp	250 Wp	255 Wp
Potencia nominal Pmax	240 Wp	245 Wp	250 Wp	255 Wp
Tensión en circuito abierto Uoc	36.90 V	37.10 V	37.20 V	37.62 V
Tensión nominal Umpp	29.80 V	30.10 V	30.30 V	30.36 V
Corriente nominal Impp	8.06 A	8.14 A	8.26 A	8.40 A
Intensidad en cortocircuito Isc	8.62 A	8.69 A	8.80 A	8.88 A
Eficiencia del módulo (Pnom) %	14.756%	15.06%	15.37%	15.70%
Tolerancia en %	0 hasta + ~ 3%			
Tensión máxima del sistema	DC 1000V			
Resistencia de corriente inversa	16 A			
Clase de aplicación	A			
Reducción del grado de eficiencia de 1000 W/m² a 200 W/m² según EN 60904-1	0 - 5%			
Clase de protección-tipo	II / IP65			
Cable	4 mm²; PV1-F, conducción solar			
Tipo de enchufe	compatible con MCA			
Caja de conexión	6 diodos bypass			

GARANTÍA Y CERTIFICADOS

Garantía del producto	10 años de garantía
Garantía de rendimiento 1	10 años de un 90% de la potencia nominal
Garantía de rendimiento 2	25 años de un 80% de la potencia nominal



Anexo 5. Inversor usado en sala de profesores.

Energía Solar COMPONENTES - Inversores Off Grid



Salida De Onda		Onda Pura				
Modelo		NV-P300	NV-P600	NV-P1000	NV-P2000	NV-P3000
Salida	Salida de Voltaje (W)	300	600	1000	2000	3000
	Energía Pico	600	1200	2000	4000	6000
	Frecuencia	60Hz				
Entrada	Carga de No Corriente	<0.5A, <0.3A	<0.7A, <0.4A	<0.9A, <0.4A	<3.2A, <1.4A	<3.5A, <2.1A
	Voltaje de Trabajo DC	12V / 24V	12V / 24V	12V / 24V	12V / 24V	12V / 24V / 48V
	Rango del Voltaje	10-15V 20-30V	10-15V 20-30V	10-15V 20-30V	10-15V 20-30V	10-15V, 20-30V, 40-60V
	Alarma de Bajo Voltaje	11V, 21V	11V, 21V	11V, 21V	11V, 21V	11V, 21, 42V
	Protección de Voltaje	10V, 20V	10V, 20V	10V, 20V	10V, 20V	10V, 30V, 40V
	Protección Sobre-Voltaje	15V, 30V	15V, 30V	15V, 30V	15V, 30V	15V, 30V, 60V
	Eficiencia Máxima	94%				
Dimensiones Del Producto (mm)		172x150x58	262x150x76	367x150x76	454x180x142	529x180x142
Peso (gr)		940	1710	2730	3750	6020

Anexo 6. Controlador usado en sala de profesores.

Descripción

Controladora Solar 30A PWM Económica

Controlador de carga solar 30A con dos puertos USB y pantalla LCD. Por favor revise para ver si esto se ajusta a sus necesidades. Para uso con baterías de plomo ácido solamente.

Voltaje de la batería	12V o 24V, auto-voltaje
Corriente de carga máxima	30A
Corriente Máxima de Descarga	10 A
Entrada solar máxima	Sistemas de 12V: 25V, 390W Sistemas de 24V: 50V, 780W
Baterías soportadas	AGM solo con plomo (B01 en la configuración) Gel (B02 en la configuración) Inundado (B03 en la configuración)
Igualdad	AGM / Sellado: 14.4V Gel: 14.2V Inundado: 14.6V
Flotador	Predeterminada: 13.7V * Ajustable 12.7V-15V * * Valores duplicados para sistemas de 24V
Parada de descarga	Predeterminado: 10.7V * Ajustable 9V-11.3V * * Valores duplicados para sistemas de 24V
Descarga reconectar	Predeterminado: 12.6V * Ajustable 11.5V-13V * * Valores duplicados para sistemas de 24V
Corriente de espera	<10mA
Salida USB	5V 2A Max
Temperatura de funcionamiento	-35 a 60 °C -31 a 140 °F
Tamaño	133 * 70 * 35 mm Aprox.: 5.2 * 2.75 * 1.4 pulgadas

Anexo 7. Baterías usadas en la sala de profesores.

MAX POWER
MP150-12



MP Series AGM-GEL battery

Applications

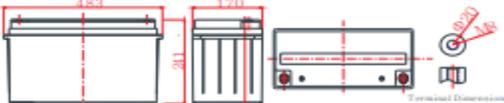
- > Solar / wind energy and other new energy storage
- > UPS/EPS
- > Power systems
- > Telecommunications system
- > Emergency lighting, Auto control system
- > Other general purpose

General Features

- > Nanosilica colloidal electrolyte and high tin positive plate alloy design to enhance battery performance
- > Relatively rich electrolyte, high temperature and low temperature performance is superior
- > Long cycle life, excellent deep cycle discharge ability
- > Excellent charge acceptance ability
- > Precision sealing technology
- > Long life



Dimension: 483(L) × 170(W) × 241(H) × 241(TH) Unit: mm



Specification

Nominal Voltage	12V
Nominal Capacity	150Ah
Design life	10 years
Terminal	M8
Approx. Weight	Approx 45.0kg (99.2lbs)
Container Material	ABS
Rated Capacity	150Ah 10Hour Rate (15.0A to 10.8V)
	119Ah 3Hour Rate (39.5A to 10.8V)
	96.2Ah 1Hour Rate (96.2A to 10.5V)
Internal resistance	Full charged at 25°C: 3.6 mΩ
Max. Discharge Current	1800A(5S)
Operating Temperature	Discharge: -40 ~ 60°C (-40 ~ 140°F)
	Charge: -20 ~ 50°C (-4 ~ 122°F)
	Storage: -20 ~ 50°C (-4 ~ 122°F)
Charge current:	Max. 37.5A ; Recom. 15.0A
Charge Method (25 °C)	Float Charge: 13.5-13.8V, recom. 13.5V(-18mV/ °C)
	Equalize charge: 13.8-14.1V, recom. 14.1V(-24mV/ °C)
	Cycle charge: 14.4-15.0V, recom. 14.4V(-30mV/ °C)
Self discharge	3% of capacity declined per month at 25°C

Constant Current Discharge Characteristics Unit: A (25°C, 77°F)

FV/Time	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	275	168	99.0	56.8	41.2	27.7	18.2	15.5	8.15
1.65V	267	165	98.4	56.5	40.8	27.4	18.0	15.4	8.10
1.70V	261	162	97.7	56.0	40.2	27.1	17.9	15.2	5.01
1.75V	253	160	96.2	55.2	39.8	26.8	17.7	15.1	5.00
1.80V	236	153	93.8	54.2	39.5	26.1	17.6	15.0	7.98
1.85V	210	140	86.9	51.4	37.2	24.8	16.8	14.5	7.85

Constant Power Discharge Characteristics Unit: W/cell (25°C, 77°F)

FV/Time	15min	30min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	485	303	187	107	78.4	52.4	35.3	29.9	16.1
1.65V	477	300	186	107	77.4	52.1	35.0	29.6	16.0
1.70V	471	300	184	107	76.9	51.7	34.9	29.3	16.0
1.75V	468	299	183	106	76.5	51.4	34.6	29.0	15.9
1.80V	443	292	181	106	76.2	50.9	34.3	28.7	15.8
1.85V	396	267	168	101	72.5	48.5	33.1	28.2	15.7

Disclaimer: Manufacturers have the right to self-modify the parameters of the product updates, please keep in touch with manufacturers to obtain the latest information.

Anexo 8. Cable usado en la instalación para la sala de profesores.

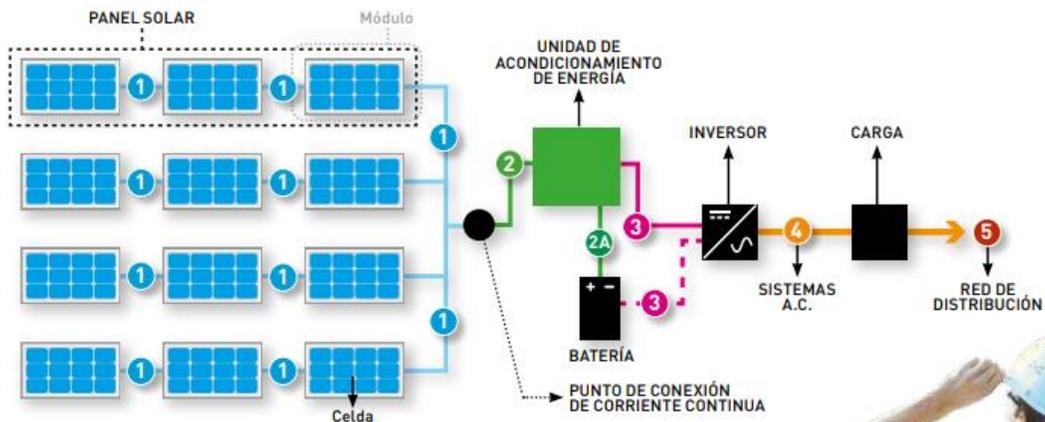
exZhellent SOLAR

Los sistemas de generación de energía eléctrica con tecnología solar fotovoltaica tienen condiciones muy especiales debido a que están expuestos a la rigurosidad del medio ambiente, los cambios de temperatura, la radiación solar directa, la humedad, los roedores y la abrasión, entre otros.

Como respuesta a esta necesidad, **General Cable** ha desarrollado los cables **ExZhellent Solar**, los cuales son fabricados para soportar las difíciles condiciones de operación de los sistemas fotovoltaicos.



Cables para un sistema solar fotovoltaico



La NTC 2050 especifica los circuitos que componen un sistema fotovoltaico de la siguiente manera:

- 1 Circuito de fuente fotovoltaica**
Se compone de módulos, los cuales son integrados por celdas y conductores. Los cables conectan los módulos entre sí para componer un panel solar, o conectan los módulos y el punto o puntos de conexión del sistema de corriente continua.
- 2 Circuito de salida fotovoltaica**
Cables que conectan el circuito o circuitos de fuente fotovoltaica y la unidad de acondicionamiento de energía o conecta el equipo de utilización de corriente continua.
- 3 Circuito de entrada del inversor**
Cables que conectan el inversor y la batería en los sistemas autónomos o cables entre el inversor y los circuitos de salida fotovoltaicos, para sistemas conectados en malla.
- 4 Circuito de salida del inversor**
Cables que conectan el inversor y el centro de carga de AC en los sistemas autónomos o cables que conectan el inversor hasta el equipo de acometida u otra fuente de generación de energía eléctrica para sistemas conectados a la malla.

Nota: adaptación de la norma NTC 2050.

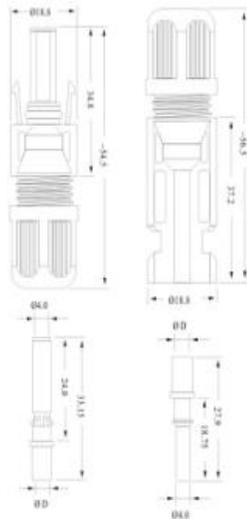


Anexo 9. Conector usado en la instalación para la sala de profesores.

SOLAR CONNECTOR

WSPVCC MC4
Solar Connector

- Simple on-site processing.
- Acomodates PV cable with different insulation diameters.
- Mating safety provided bykeyed housings.
- Multiple plugging and unplugging cycles .
- High current carrying capacity.
- TUV and UL approved.

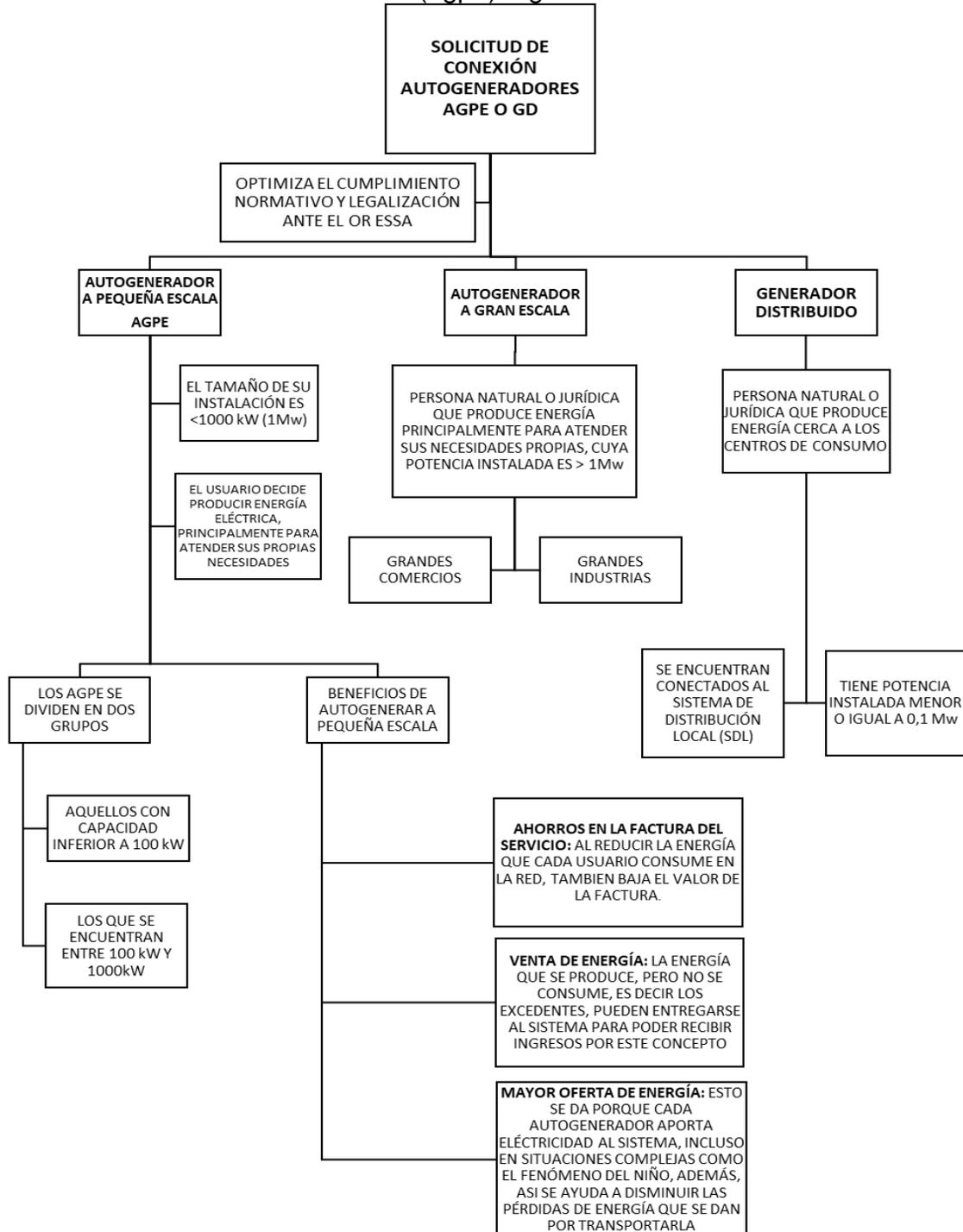


Specifications

Order NO.	Part P/N		Cable special	
	Connector	Terminal	Conductor size(mm²)	CableOD(φ Dmm)
WSPVCC-1	WSPVCC-M	WSPVCC-M-T14	AWG14(2.5 mm²)	φ 4.5- φ 8.5
WSPVCC-2		WSPVCC-M-T12	AWG12(4.0 mm²)	
WSPVCC-3		WSPVCC-M-T10	AWG10(6.0 mm²)	
WSPVCC-4	WSPVCC-F	WSPVCC-F-T14	AWG14(2.5 mm²)	φ 4.5- φ 8.5
WSPVCC-5		WSPVCC-F-T12	AWG12(4.0 mm²)	
WSPVCC-6		WSPVCC-F-T10	AWG10(6.0 mm²)	

Rated Current	30A(2.5-6mm²)
Rated Voltage	1000V DC
Test Voltage	6000V(50Hz, 1min)
Overvoltage Type/Pollution Degree	CAT III /2
Contact Resistance Of Plug Connector	1mΩ
Contact Material	Copper, Tin-plated
Insulation Material	PPO
Degree Of Protection	IP2X/IP67
Flame Class	UL94-VO
Safety Class	II
Suitable Cable	OD 4.5-8.5(2.5-6.0mm²)
Insertion Force/Withdrawal Force	≤ 50N / ≥ 50N
Connecting System	Crimp connection
Temperature Range	-40°C ~ +125°C

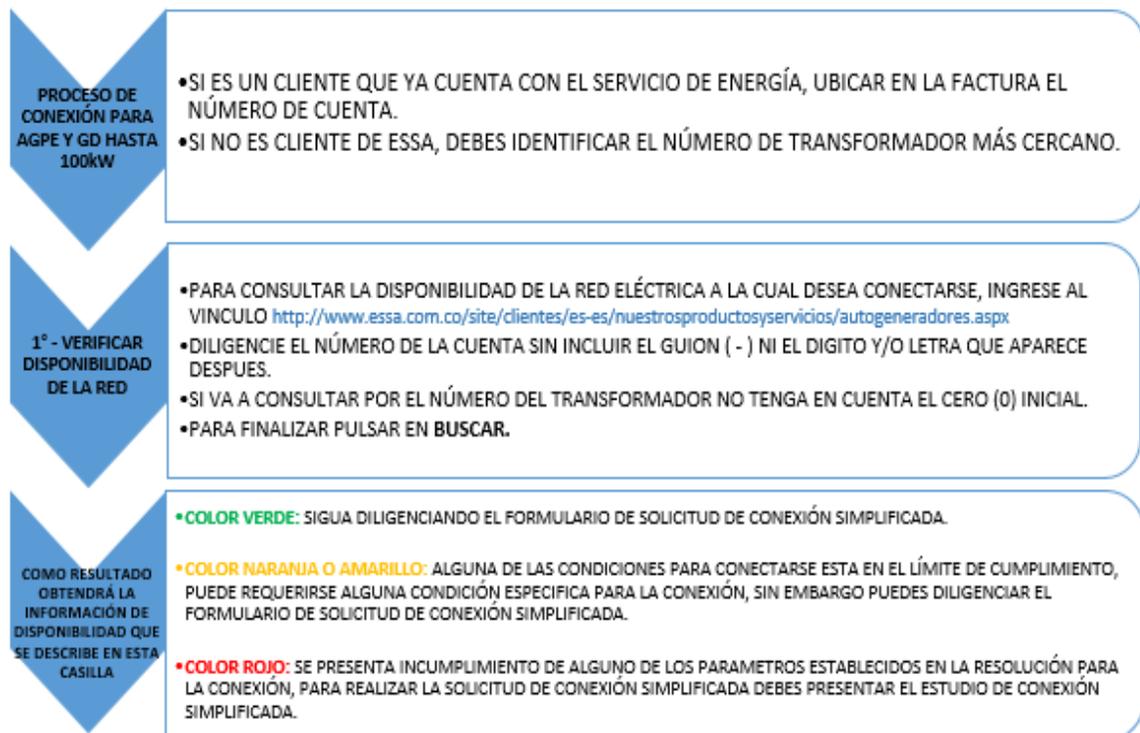
Anexo 10. Manual de procedimiento para solicitud de conexión de autogenerador (agpe) o gd



RECOMENDACIONES

Si va a realizar la instalación de tu sistema de generación de energía, es preferible buscar asesoría de personal calificado, para asegurar las condiciones físicas de la instalación y medición de los consumos. Existen condiciones necesarias para instalar un sistema de generación:

- ¿El área geográfica donde se va a instalar el panel solar cuenta con buenos recursos?, por ejemplo: cantidad de sol en el año, viento, etc.
- ¿El techo o estructura de tu vivienda soporta, sin problemas, el peso de los equipos?
- ¿El sistema de autogeneración o generación distribuida se encuentra certificado en cumplimiento del RETIE?
- ¿El sistema de medición cumple con lo establecido en el código de medida (Resolución CREG 038 del 2014) y la resolución 030 de 2018?
- ¿Cuál es la proyección de la energía generada por el sistema a entregar a la red del OR por mes? (kWh-mes).
- ¿Cuál es la proyección de la energía generada por el sistema para consumo interno por mes? (kWh-mes).





Información de disponibilidad para conexión

Ejemplo del resultado que obtendras al consultar

Disponibilidad para conexión por energía	Disponibilidad para conexión por potencia
 Igual o inferior al 30%	 Igual o inferior al 9%
 Entre el 30% y el 40%	 Entre el 9% y el 12%
 Entre el 40% y el 50%	 Entre el 12% y el 15%
 Mayor del 50%	 Mayor del 15%

CATEGORIA	RESULTADO
Transformador	100102
Longitud	-79,132226
Latitud	7,268128
Potencia	150
Voltaje	13200/2200
Circuito	22504

CATEGORIA	RESULTADO
Disponibilidad de Potencia	1
Disponibilidad de Energía sistemas NO FOTOVOLTAICO	1
Disponibilidad de Energía sistemas FOTOVOLTAICO	1

Importante:

La respuesta de la solicitud de viabilidad se entregará a los cinco (5) días hábiles, contados a partir del día siguiente del recibo de la solicitud. Su aprobación tiene una vigencia de seis (6) meses y si transcurrido este tiempo no has realizado la conexión, se liberará la disponibilidad y deberá iniciar nuevamente el trámite a partir del séptimo mes (posterior a la vigencia anterior).

2º DILIGENCIAR EL FORMULARIO DE SOLICITUD DE CONEXIÓN SIMPLIFICADA

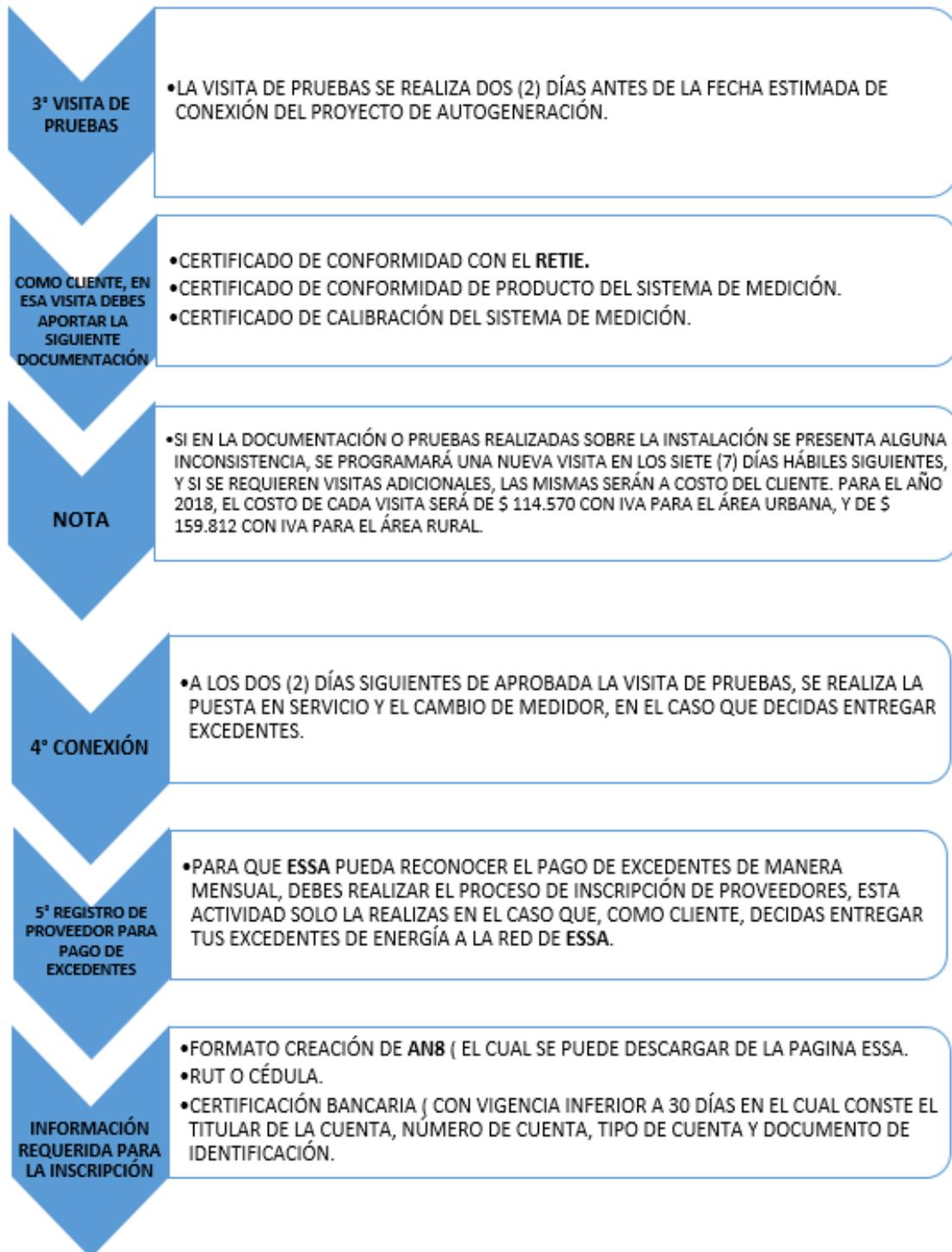
- LUEGO QUE REALICE LA VERIFICACIÓN DE DISPONIBILIDAD, DEBES INGRESAR EL FORMULARIO DE CONEXIÓN SIMPLIFICADA.
- UNA VEZ DESCARGADO DILIGENCIA LA INFORMACIÓN Y ADJUNTA LOS DOCUMENTOS A TRAVÉS DEL MECANISMO DISPUESTO EN LA PAGINA WEB DEL OR ESSA.

DOCUMENTOS QUE DEBES ANEXAR DE ACUERDO A LA RESOLUCIÓN 0388 DE 2014 Y RETIE.

- MEMORIAS DE CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MEDIDA.
- ESQUEMA DE PROTECCIÓN DE VOLTAJE Y FRECUENCIA DEL PUNTO DE CONEXIÓN.
- EL TIPO DE CONEXIÓN A TIERRA TANTO PARA LA TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN COMO PARA EL PUNTO DE CONEXIÓN.

DOCUMENTOS QUE SE DEBEN PRESENTAR EN LAS PRUEBAS DE CONEXIÓN.

- EL PUNTO DE CONEXIÓN DEBE INCLUIR UN TIPO DE PROTECCIÓN ANTI-ISLA, QUE GARANTICE QUE NO SE INYECTARÁ ENERGÍA A LA RED MIENTRAS ÉSTA PERMANEZCA DES ENERGIZADA.
- PARA LA CONEXIÓN, DEBERA SER APORTADA LA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON EL RETIE.
- EL SISTEMA DE MEDICIÓN DEBERA TENER UN CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO RETIE Y CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN VIGENTE.
- CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE PRODUCTO RETIE EN AC EN EL PUNTO DE CONEXIÓN.
- EL USUARIO QUE NO EXPORTE ENERGÍA A LA RED DEBERA INCLUIR UN LIMITADOR DE INYECCIÓN.
- PROTOCOLO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADOR (CUANDO APLIQUE).
- IMPORTANTE: PARA LOS CLIENTES QUE TENGAN ENTREGA DE EXCEDENTES, ES OBLIGATORIO EL CAMBIO DE MEDIDOR ACTIAL A UNO BIDIRECCIONAL CON REGISTRO HORARIO.**



Anexo 11. Análisis de precios unitarios (APU)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS		ACTIVIDAD:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN PANEL SOLAR 320W POLICRISTALINO	
CAPITULO:	SISTEMA FOTOVOLTAICO		ÍTEM:	1.01	
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V UNIT	DESPERDICIO	SUB-TOTAL
PANEL SOLAR 320W POLICRISTALINO	UN	1	\$ 750.000,00	0	\$ 900.000,00
CONECTORES MC4 (MACHO-HEMBRA)	UN	1	\$ 12.800,00	0	\$ 15.360,00
CABLE NO. 10 CU 2KV XLPE CKNG	ML	6	\$ 3.811,00	0	\$ 27.439,20
					\$ 942.799,20
MANO DE OBRA:					
MANO DE OBRA INSTALACIÓN	UN	1	\$ 32.560,00		\$ 32.560,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:					
HERRAMIENTA MENOR	UN	1	\$ 850,00		\$ 850,00
TOTAL, APU			\$ 976.209,20		

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS		ACTIVIDAD:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN INVERSOR DE ALTA FRECUENCIA 3KW 120V AC	
CAPITULO:	SISTEMA FOTOVOLTAICO		ÍTEM:	1.02	
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V UNIT	DESPERDICIO	SUB-TOTAL
INVERSOR DE ALTA FRECUENCIA 3KW 120V AC	UN	1	\$ 5.954.000,00	0	\$ 5.954.000,00
					\$ 5.954.000,00
MANO DE OBRA:					
MANO DE OBRA INSTALACIÓN	UN	1	\$ 570.184,00		\$ 570.184,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:					
HERRAMIENTA MENOR	UN	1	\$ 15.000,00		\$ 15.000,00
TOTAL, APU			\$ 6.539.184,00		

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS		ACTIVIDAD:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN PUESTA A TIERRA	
CAPITULO:	SISTEMA FOTOVOLTAICO		ÍTEM:	1.03	
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V UNIT	DESPERDICIO	SUB-TOTAL
VARILLA CU-CU 2,4METROS 5/8"	UN	1	\$ 82.700,00	0	\$ 118.095,60
CAJA MAMPOSTERÍA 30X30X30CM	UN	1	\$ 46.200,00	0	\$ 65.973,60
CONECTOR VARILLA CW	UN	1	\$ 16.700,00	0	\$ 23.847,60
CABLE DE COBRE DESNUDO #4	ML	4	\$ 7.150,00	0	\$ 40.840,80
TERMINAL ESTAÑADO #4	UN	1	\$ 2.200,00	0	\$ 3.141,60
					\$ 251.899,20
MANO DE OBRA:					
MANO DE OBRA INSTALACIÓN	UN	1	\$ 108.000,00		\$ 108.000,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:					
HERRAMIENTA MENOR	UN	1	\$ 6.200,00		\$ 6.200,00
TOTAL, APU			\$ 366.099,20		

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS		ACTIVIDAD:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN TABLERO JUNCTION BOX INCLUYE PROTECCIONES Y SECCIONADOR EN DC	
CAPITULO:	SISTEMA FOTOVOLTAICO		ÍTEM:	1.04	
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V UNIT	DESPERDICIO	SUB-TOTAL
GABINETE METÁLICO SOBREPONER 40X25X40CM	UN	1	\$ 69.300,00	0	\$ 98.960,40
BREAKER RIEL DC 100A	UN	4	\$ 40.000,00	0	\$ 228.480,00
SECCIONADOR DC 100A A 1000V	UN	1	\$ 500.000,00	0	\$ 714.000,00
					\$ 1.041.440,40
MANO DE OBRA:					
MANO DE OBRA INSTALACIÓN	UN	1	\$ 125.000,00		\$ 125.000,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:					
HERRAMIENTA MENOR	UN	1	\$ 890,00		\$ 890,00
TOTAL, APU			\$ 1.167.330,40		

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS	ACTIVIDAD:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLEADO DE PANELES A JUNCTION BOX 2X12 AWG PV DE 1000V INCLUYE CANALIZACIÓN PVC 3/4"		
CAPITULO:	SISTEMA FOTOVOLTAICO	ÍTEM:	1.05		
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V UNIT	DESPERDICIO	SUB-TOTAL
CABLE DE CU ESTAÑADO PV # 12 AWG	UN	2	\$ 4.000,00	0	\$ 11.424,00
ACCESORIOS	UN	1	\$ 6.000,00	0	\$ 8.568,00
TUBERÍA PVC DE 3/4"	ML	1	\$ 1.150,00	0	\$ 1.642,20
					\$ 21.634,20
MANO DE OBRA:					
MANO DE OBRA INSTALACIÓN	UN	1	\$ 10.000,00		\$ 10.000,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:					
HERRAMIENTA MENOR	UN	1	\$ 890,00		\$ 890,00
TOTAL, APU			\$ 32.524,20		

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS	ACTIVIDAD:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CABLEADO DE JUNCTION BOX A INVERSOR 2X8 AWG PV DE 1000V INCLUYE CANALIZACIÓN PVC 3/4"		
CAPITULO:	SISTEMA FOTOVOLTAICO	ÍTEM:	1.06		
MATERIALES:					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V UNIT	DESPERDICIO	SUB-TOTAL
CABLE DE CU ESTAÑADO PV # 6 AWG	UN	2	\$ 7.000,00	0	\$ 19.992,00
ACCESORIOS	UN	1	\$ 6.000,00	0	\$ 8.568,00
TUBERÍA PVC DE 1"	ML	1	\$ 1.050,00		\$ 1.499,40
					\$ 30.059,40
MANO DE OBRA:					
MANO DE OBRA INSTALACIÓN	UN	1	\$ 12.000,00		\$ 12.000,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:					
HERRAMIENTA MENOR	UN	1	\$ 890,00		\$ 890,00
TOTAL, APU			\$ 42.949,40		

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO COLEGIO PEDRO FERMÍN DE VARGAS			ACTIVIDAD:	SUMINISTRO E INSTALACIÓN CAJA DE INSPECCIÓN 30X30 CM.	
CAPITULO:	REDES BAJA TENSIÓN			ÍTEM:	2.02	
MATERIALES:						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	V UNIT	DESPERDICIO	SUB-TOTAL
ARENA GRUESA.		M3	0,3	\$ 104.125,00		\$ 31.237,50
CEMENTO GRIS.		BULTO	1	\$ 25.625,00		\$ 25.625,00
LADRILLO T1		UN	40	\$ 812,50		\$ 32.500,00
TRITURADO DIÁMETRO 3/4".		M3	0,3	\$ 111.562,50		\$ 33.468,75
MARCO TAPA 40X40 CM		UN	1	\$ 150.000,00		\$ 150.000,00
ACRÍLICA SEÑALIZACIÓN		UN	1	\$ 18.750,00		\$ 18.750,00
						\$ 291.581,25
MANO DE OBRA:						
MANO DE OBRA INSTALACIÓN		UN	1	\$ 220.000,00		\$ 200.000,00
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:						
HERRAMIENTA MENOR		UN	1	\$ 12,00		\$ 12,00
TOTAL, APU						\$ 491.593,25