

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

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JHON ALBERT APELLIDOS: IZAQUITA GUERRERO

NOMBRE(S): LISETH ANDREA APELLIDOS: SANCHEZ CONTRERAS

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GLORIA ESMERALDA APELLIDOS: SANDOVAL MARTINEZ

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LAS NECESIDADES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA POTABLE DEL CENTRO EDUCATIVO RURAL LA VEGA DEL TIGRE UBICADO EN EL MUNICIPIO ABREGO, VEREDA SAN JUAN DEPARTAMENTO N.D.S

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo el diseño y cálculo de una instalación de generación eléctrica aislada fotovoltaica. Con este proyecto se pretende formular una propuesta a las entidades encargadas de proyectos de índole social para comunidades de zonas no interconectadas, de modo que se pueda llevar a cabo una implementación a futuro, beneficiando a los estudiantes del plantel educativo. En este documento se presentan los cálculos para el dimensionamiento de cada uno de los equipos, así como también los respectivos cálculos para el cuadro de cargas; además se anexan en el cuerpo del documento los diagramas unifilares y diagramas de conexiones del sistema fotovoltaico. Se realizó un análisis técnico económico para la selección del sistema de agua potable mediante una matriz de Pugh.

PALABRAS CLAVE: sistema fotovoltaico, energía eléctrica, agua potable.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 175 PLANOS: 2 ILUSTRACIONES: _____ CD ROOM: 1

Copia No Controlada

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LAS NECESIDADES
DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA POTABLE DEL CENTRO
EDUCATIVO RURAL LA VEGA DEL TIGRE UBICADO EN EL MUNICIPIO
ABREGO, VEREDA SAN JUAN DEPARTAMENTO N.D.S

JHON ALBERT IZAQUITA GUERRERO
LISETH ANDREA SANCHEZ CONTRERAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTA DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LAS NECESIDADES
DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA POTABLE DEL CENTRO
EDUCATIVO RURAL LA VEGA DEL TIGRE UBICADO EN EL MUNICIPIO
ABREGO, VEREDA SAN JUAN DEPARTAMENTO N.D.S

JHON ALBERT IZAQUITA GUERRERO
LISETH ANDREA SANCHEZ CONTRERAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:

Ingeniero Electromecánico

Director:

GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

Ingeniera Electromecánica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTA DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO INVESTIGATIVO

FECHA: 28 de abril de 2021

HORA: 08:00 AM

LUGAR: Sustentación Virtual

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DEL TRABAJO DE GRADO: “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LAS NECESIDADES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA POTABLE DEL CENTRO EDUCATIVO RURAL LA VEGA DEL TIGRE UBICADO EN EL MUNICIPIO ABREGO, VEREDA SAN JUAN DEPARTAMENTO N.D.S”.

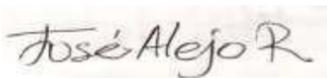
JURADOS: Ph.D. JULIÁN FERREIRA JAIMES
Mgs. JOSE ALEJO RANGEL ROLON

DIRECTOR: Mgs. GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

APROBADA

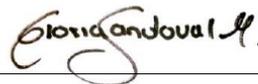
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:	CÓDIGO	CALIFICACION
JHON ALBERT IZAQUITA GUERRERO	1091006	4.0
LISETH ANDREA SANCHEZ CONTRERAS	1091257	4.0

FIRMA DE LOS JURADOS:





VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR



Mayerline Ch.

Contenido

	pág.
Introducción	17
1. Problema	19
1.1 Título	19
1.2 Planteamiento del Problema	19
1.3 Formulación del Problema	21
1.4 Justificación	21
1.4 Alcances, Limitaciones y Delimitaciones	25
1.4.1 Alcances	25
1.4.2 Limitaciones	25
1.4.3 Delimitaciones	25
1.5 Objetivos	26
1.5.1 Objetivo general	26
1.5.2 Objetivos específicos	26
2. Marco Referencial	28
2.1 Marco Teórico	28
2.1.1 Energía Solar Fotovoltaica en Colombia.	28
2.1.2 Disponibilidad de la Energía Solar Fotovoltaica en Diferentes Regiones de Colombia	29
2.1.3 Tecnologías fotovoltaicas	30
2.1.3.1 Tipos de sistemas solares fotovoltaicos	31
2.1.4 Sistemas de energía solar directos	33
2.1.5 Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico	33

2.1.5.1 Inversores fotovoltaicos	33
2.1.5.2 Sistemas de almacenamiento de energía	34
2.1.5.3 Controladores de carga o reguladores	35
2.1.6 Calidad de Agua	36
2.1.7 Potabilización y desalinización de agua	37
2.2 Marco Legal	37
2.2.1 Ley 697 de 2001	37
2.2.2 Ley 1715 de 2014	37
2.2.3 Guía Técnica Colombiana, GTC 114	38
2.2.4 NTC 5627 componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Calificación del diseño y ensayos ambientales	38
2.2.5 CREG 030 del 2018	38
2.3 Antecedentes	38
3. Diseño Metodológico	42
3.1 Tipo de Investigación	42
3.2 Universo de Estudio	43
3.3 Población	43
3.4 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos	43
3.5 Fuentes de Información y Procesamiento de la Información	44
3.6 Actividades a Desarrollar	44
4. Desarrollo de la Propuesta	47
4.1 Caracterización del Sistema Eléctrico del Centro Educativo La Vega del Tigre	47
4.1.1 Elementos de consumo	47
4.1.2 Detalles de consumo	47

4.1.3 Cuadro de cargas para la instalación interna de la institución educativa	49
4.1.4 Esquema arquitectónico de la institución	51
4.1.5 cálculo de las luminarias por medio del software Dialux	51
4.1.5.1 Cálculos manuales método de los lúmenes	54
4.1.6 Ubicación de los tomacorrientes	71
4.1.7 Coordinación de protecciones	72
4.1.8 Distribución de los conductores	74
4.1.9 Sistema de Puesta a Tierra	75
5. Criterios y Cálculos para el Dimensionamiento del Sistema de Generación Fotovoltaico	76
5.1 Recopilación de Información de Radiación solar en el Municipio de Abrego	76
5.2 Consumo Eléctrico de la Instalación	79
5.3 Cálculo y Selección de los Componentes del Sistema Fotovoltaico	82
5.3.1 Módulos fotovoltaicos	82
5.3.2 Asociación en Serie	84
5.3.3 Asociación en Paralelo	85
5.4 Inversor – Controlador	85
5.4.1 Ajustes de la Configuración Serie –Paralelo	89
5.5 Cálculo y Caracterización de Baterías	92
5.6 Esquema de Conexión del Controlador Carga	95
5.7 Cálculo y Selección de Conductores del Sistema Fotovoltaico	96
5.8 Cálculo y Selección de las Protecciones en DC	102
5.9.1 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico	110
5.9.2 Simulación de Sombras en Software Revió	111
6. Selección del Sistema de Potabilización para la Institución Educativa La Vega del Tigre	117

6.1 Análisis de las Sustancias químicas Nocivas con efecto Adverso en la salud Humana	117
6.2 Características Técnicas de los Filtros Evaluados	118
6.3 Análisis Técnico-Económico de las Plantas de Potabilización Compactas	119
6.4 Matriz de Pugh Para la Selección de la Planta	121
6.5 Esquemático del Sistema de Potabilización	123
7. Temporización del Sistema de Potabilización	124
7.1 Sistema Automático para el Encendido de la Bomba	124
8. Recursos Necesarios para el Desarrollo del Proyecto	127
9. Conclusiones y Recomendaciones	129
Referencias Bibliográficas	133
Anexos	137

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Cobertura del servicio de energía eléctrica por municipios	23
Tabla 2. Principales enfermedades relacionadas con el agua	23
Tabla 3. Cargas eléctricas del proyecto fotovoltaico	47
Tabla 4. Consumo promedio del sistema fotovoltaico para la institución educativa la vega del tigre	48
Tabla 5. Circuitos ramales	49
Tabla 6. Cuadro de cargas	50
Tabla 7. Reflectancia del techo piso y paredes	53
Tabla 8. Índices de factor de mantenimiento	53
Tabla 9. Resumen luminarias en Dialux, por cada zona del plantel	53
Tabla 10. Cuadro de cargas de la institución educativa	73
Tabla 11. Consumo promedio del sistema fotovoltaico para la institución educativa la vega del tigre	81
Tabla 12. Características de la planta marca youBer	119
Tabla 13. Características de la planta MFC3- 25	120
Tabla 14. Características de la planta puriplus	120
Tabla de rechazo:	121
Tabla 15. Porcentajes de rechazo de sustancia de la planta puriplus	121
Tabla 16 Matriz de Pugh	122
Tabla 17. Recursos necesarios para el desarrollo del proyecto	127

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Localización del Municipio de Abrego	26
Figura 2. Proyectos vigentes de la UPME	29
Figura 3. Potencial de Irradiación solar media para algunas de las Principales Ciudades del País	30
Figura 4. Sistema fotovoltaico Off Grid	32
Figura 5. Sistema de bombeo de agua directo	33
Figura 6. Inversor	34
Figura 7. Sistemas de almacenamiento de energía	34
Figura 8. Reguladores de cargas solares	35
Figura 9. Plano arquitectónico de la institución en software AUTOCAD	51
Figura 10. Geometría salón 1	54
Figura 11. Factor de utilización fabricante Philips, para luminarias de 43 w	56
Figura 12. Luminaria Philips WT 120C G2 1500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes	57
Figura 13. Distribución de luminarias salón 1	58
Figura 14. Distribución de luminarias en 3D salón 1	58
Figura 15. Geometría salón 2	59
Figura 16. Luminaria Philips WT 120C G2 1500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes	60
Figura 17. Distribución de luminarias en interior del salón 2	60
Figura 18. Distribución de luminarias en 3D -salón 2	61
Figura 19. Geometría de la habitación	61

Figura 20. Luminaria Philips WT 120C G2 1500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes	62
Figura 21. Distribución de luminarias en la habitación	63
Figura 22. Distribución de luminarias en 3D –habitación	63
Figura 23. Geometría de los baños	64
Figura 24. Luminaria Philips WT 120C G2 1500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes	65
Figura 25. Distribución de luminarias en los baños	65
Figura 26. Distribución de luminarias en 3D –baños	66
Figura 27. Geometría de la cocina	66
Figura 28. Luminaria Philips WT 120C G2 1500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes	67
Figura 29. Distribución de luminarias en la cocina	68
Figura 30. Distribución de luminarias en 3D –cocina	68
Figura 31. Geometría de los pasillos	69
Figura 32. Factor de utilización para luminarias Philips de 32 w	70
Figura 33. Luminaria Philips TCS460 2XTL5-14W HFP M2, de potencia 32 w, con 1704 lúmenes	70
Figura 34. Distribución de luminarias pasillo	70
Figura 35. Distribución de luminarias en 3D –pasillos	71
Figura 36. Ubicación de tomacorrientes, en software AUTOCAD	71
Figura 37. Distribución de toma corrientes, luminarias e interruptores en software AUTOCAD	72
Figura 38. Distribución eléctrica interna de la institución	74

Figura 39. Irradiación global acumulada diaria según ENERGIE	77
Figura 40. Promedios mensuales de radiación global media recibida en las superficies de las estaciones convencionales del IDEAM	78
Figura 41. Irradiación mensual a diferentes ángulos	79
Figura 42. Horas solares pico con un Angulo de inclinación de 8.25 grados	79
Figura 43. Ficha técnica, Panel solar SRP 400 BMA	84
Figura 44. Inversor Gro Watt 12000 T DVM	87
Figura 45. Inversor Gro Watt 12000 T DVM – Ficha técnica	87
Figura 46. Controlador de carga Smart solar MPPT 150/ 60 TR	90
Figura 47. Controlador de carga Smart solar MPPT 150/60 TR –ficha técnica	90
Figura 48. Arreglo de paneles 1, asociación serie- paralelo de 14 paneles, 7 filas de dos paneles en serie	91
Figura 49. Configuración arreglo 2, 6 paneles en total asociación serie – paralelo, 2 filas de tres paneles en serie	92
Figura 50. Batería VICTRON OPZS 910 A-h	94
Figura 51. Asociación serie- paralelo de baterías 2 v, 910 A-h	95
Figura 52. Esquema conexión del controlador, entradas –salidas	96
Figura 53. Caídas de tensión máximas permitidas en los tramos de conexión del sistema fotovoltaico	97
Figura 54. Cables Centelsa Fotovoltaico Tipo PV EPR +CPE 600V, 90 ° C SR	98
Figura 55. Simbología del esquema unifilar y de conexiones del sistema fotovoltaico	109
Figura 56. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico –cargas	110
Figura 57. Diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico –cargas	111
Figura 58. Simulación de sombras del plantel educativo a las 6am en software Revit	112

Figura 59. Simulación de sombras del plantel educativo a las 8am en software Revit	112
Figura 60. Simulación de sombras del plantel educativo a las 10am en software Revit	113
Figura 61. Simulación de sombras del plantel educativo a las 12am en software Revit	113
Figura 62. Simulación de sombras del plantel educativo a las 2pm en software Revit	114
Figura 63. Simulación de sombras del plantel educativo a las 4pm en software Revit	114
Figura 64. Simulación de sombras del plantel educativo a las 6pm en software Revit	115
Figura 65. Esquemático del sistema fotovoltaico en el software SolidWorks, vista superior	116
Figura 66. Esquemático del sistema fotovoltaico en el software SolidWorks, vista frontal	116
Figura 67. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	117
Figura 68. Conexión física del sistema potable	123
Figura 69. Temporizador Digital BND-60/U6N	125
Figura 70. Vista frontal del proyecto	125
Figura 71. Vista superior del proyecto	126

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Fotografías del plantel educativo	138
Anexo 2. Características del panel solar	141
Anexo 3. Ficha técnica inversor -controlador	143
Anexo 4. Controlador de carga	145
Anexo 5. Ficha técnica batería	146
Anexo 6. Datos de Dialux	147
Anexo 7. Planta de potabilización compacta	158
Anexo 8. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico	163
Anexo 9. Diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico	164
Anexo 10. Ficha técnica de luminarias	165
Anexo 11. Tablas utilizadas en Dialux	170
Anexo 12. Diagrama unifilar sistema eléctrico interno	175

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo el diseño y cálculo de una instalación de generación eléctrica aislada fotovoltaica para abastecer de energía a la institución educativa la vega del tigre, además de la selección de un sistema de agua potable para el suministro del recurso. con este proyecto se pretende formular una propuesta a las entidades encargadas de proyectos de índole social para comunidades de zonas no interconectadas en conjunto con la alcaldía de Abrego, de modo que se pueda llevar a cabo una implementación a futuro, beneficiando a los estudiantes del plantel educativo. En este documento se presentan los cálculos para el dimensionamiento de cada uno de los equipos del sistema de generación fotovoltaico, así como también los respectivos cálculos para el cuadro de cargas de la institución; además se anexan en el cuerpo del documento los diagramas unifilares y diagramas de conexiones del sistema fotovoltaico con el tablero de cargas. se realizó un análisis técnico económico para la selección del sistema de agua potable mediante una matriz de pugh y se propuso controlar la activación de la bomba de esta planta mediante un temporizador para regular los tiempos de llenado de los tanques y de este modo poder abastecer las necesidades del plantel en cuanto a suministro eléctrico y suministro de agua potable.

Abstract

The objective of this project is the design and calculation of a photovoltaic isolated electricity generation installation to supply energy to the educational institution La Vega del Tigre, as well as the selection of a drinking water system to supply the resource. This project is intended to formulate a proposal to the entities in charge of social projects for communities in non-interconnected areas in conjunction with the Abrego mayor's office, so that a future implementation can be carried out, benefiting the students of the campus. educational. This document presents the calculations for the sizing of each of the equipment of the photovoltaic generation system, as well as the respective calculations for the institution's load chart; In addition, the one-line diagrams and connection diagrams of the photovoltaic system with the load panel are attached to the body of the document. An economic technical analysis was carried out for the selection of the drinking water system by means of a pugh matrix and it was proposed to control the activation of the pump of this plant by means of a timer to regulate the filling times of the tanks and thus be able to supply the campus needs in terms of electricity supply and drinking water supply.

Introducción

La población rural del municipio de Abrego - Departamento Norte de Santander, presenta algunos problemas económicos y sociales que afectan directamente a sus habitantes, principalmente a los niños que al acceder al sistema de educación, se encuentran con las carencias de energización eléctrica y potabilización de agua, estos factores repercuten en la calidad de educación que reciben, restringiendo todo tipo de interacción con las tecnologías debido a la falta de energía eléctrica, que a su vez limita la posibilidad de acceder a una red de conexión a internet. Actualmente el sistema educativo ha venido desarrollando nuevas estrategias de alfabetización, innovando en los métodos tradicionales de enseñanza por medio de las TIC, las cuales hoy día juegan un rol muy importante en el sector educativo.

Cabe considerar los problemas que acarrea el no contar con una planta de tratamiento residual de agua, según la organización mundial de la salud (OMS), el agua contaminada puede transmitir enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis, entre otras. Se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502.000 muertes por diarrea al año.

El objetivo de este anteproyecto es plantear una solución viable ante la problemática de la carencia de los servicios de energía eléctrica y potabilización de agua, de la Institución Educativa La Vega del Tigre, ubicada en el Municipio de Abrego - Departamento Norte de Santander, se propone hacer uso de la riqueza energética solar que posee el departamento y según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Municipio de Abrego registra una tasa de irradiación solar de $4,7 \text{ kW /m}^2$ por día, lo cual es un indicador favorable para el desarrollo de proyectos referentes a sistemas de energía renovables fotovoltaicos.

En relación con la problemática expuesta, se da a conocer una propuesta para el diseño de un sistema de energía renovable fotovoltaico, que cumpla con las demandas básicas de la población académica de dicho plantel.

1. Problema

1.1 Título

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER LAS NECESIDADES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA POTABLE DEL CENTRO EDUCATIVO RURAL LA VEGA DEL TIGRE UBICADO EN EL MUNICIPIO ABREGO VEREDA SAN JUAN DEPARTAMENTO N.D.S.

1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad Colombia presenta un alto índice de pobreza correspondiente al 24% para el casco urbano y 34.5% para las zonas rurales según cifras del DANE; este factor se encuentra ligado a la falta de educación principalmente en las zonas rurales, las cuales se han visto afectadas por diversas circunstancias, entre ellas el conflicto interno del país, el desempleo y la ubicación geográfica de la zona; en consecuencia, se genera la deserción al sistema educativo por parte de los jóvenes, quienes al no acceder a este recurso inician su vida laboral desde temprana edad. También se añaden las secuelas del conflicto, la migración de la población a zonas poco accesibles a los mínimos servicios públicos (agua potable, energía eléctrica) que garanticen una calidad de vida óptima para la población.

En cuanto al problema de la calidad de agua apta para el consumo de los habitantes, se presentan los siguientes datos como soporte de la problemática, según las estadísticas del Instituto Nacional de Salud (2019):

Para el mes de noviembre del 2019 fueron reportadas al SIVICAP un total de 3.185 muestras, con las cuales se calculó el IRCA nacional, siendo de 18,9% que lo ubica en el nivel de riesgo

medio. Del total de muestras reportadas por las Direcciones Territoriales de Salud (DTS), el 65,5% (2.085) se encontraron sin riesgo, el 0,9% (29) tuvo riesgo bajo, el 10,2% (326) riesgo medio, el 15,3% (486) riesgo alto y el 8,1% (259) agua “inviabile sanitariamente”. En cuanto a la ubicación de los puntos de muestreo, fueron reportados para el 27,8% (886) de las muestras, de los cuales, el 74,6% (661) pertenecían a la zona urbana con un IRCA de 7,6% que corresponde al nivel de riesgo “bajo” y el 25,4% (225) de las muestras fueron recolectadas en la zona rural arrojando un IRCA de 25,4% con un nivel de riesgo medio.

(p.15)

Este proyecto se enfocará en el Municipio de Abrego N.D.S, Vereda San Juan en la Institución Educativa Rural La Vega del Tigre, la cual carece de ambos servicios anteriormente mencionados. En algunas zonas de este municipio, se cuenta con la conexión del servicio eléctrico y agua potable; sin embargo, para el caso de la Vereda de San Juan, no ha sido posible lograr la cobertura de estos servicios, a causa de su lejanía y el difícil acceso al área.

Asimismo, se añade que es una vereda donde los grupos armados residen; por tanto, se dificultan la seguridad para empresarios y dirigentes sociales al momento de ejecutar proyectos de energización rural, potabilización de agua, etc. Es importante destacar que en la Vereda San Juan no se han presentado reportes de intervenciones en nombre del estado, empresas prestadoras de los servicios, unidad de planeación minero energética u otra entidad encargada de la realización de proyectos en beneficio a la comunidad rural; tampoco se registran antecedentes de planes energéticos en esta zona hasta la fecha. Por lo tanto, cualquier información como base de referencia aplicativa en este terreno delimitado, sería nula.

De acuerdo con lo anterior, se plantea como solución a la problemática, el uso de las tecnologías renovables, especialmente la solar fotovoltaica, con el fin de hacer uso de esta, para la generación de energía eléctrica, y a su vez se pretende abarcar la temática de la potabilización del agua, la cual actualmente es suministrada a la institución por medio de un conjunto de mangueras que extraen el líquido vital de una quebrada aledaña.

1.3 Formulación del Problema

¿De qué manera el uso de tecnologías de generación de energía solar fotovoltaicas, contribuyen al abastecimiento de las necesidades básicas de electricidad y agua potable en el Centro Educativo Rural La Vega del Tigre?

1.4 Justificación

Actualmente el mundo se encuentra ante el reto de suplir las necesidades básicas de una población en constante crecimiento y con una mayor demanda energética tanto a nivel mundial como nacional, a causa de esto se ha producido un acrecentamiento del uso de diversos tipos de generación eléctrica tanto de formas convencionales y no convencionales; en zonas aisladas, de difícil acceso y alejadas de las grandes ciudades, la forma convencional de generación de energía se ve afectada y limitada además de ser muy costosa, a diferencia de esta la energía solar ofrece una solución más rentable, más afable con el medio ambiente y a un largo plazo brinda una alternativa que mitiga los efectos producidos por la contaminación, así mismo se busca reducir el uso de producción energética provenientes del uso de combustibles fósiles (Barrera & Castilla, 2018).

La generación de energía con fuentes no renovables ha propiciado una afectación severa al medio ambiente con los altos índices de emisiones (CO₂) y gas metano (CH₄), razón por la cual se realizan esfuerzos en mejorar la matriz energética, promoviendo el uso de energías renovables como la solar fotovoltaica SFV, para ello el Gobierno ha propiciado estímulos arancelarios como descuentos en impuesto a la renta 50%, IVA 19% y depreciación acelerada 20% por la compra de elementos y equipos para la generación de energía con Fuentes no Convencionales de Energía Renovable FNCER, Ley 1715 y resolución 030 del 28 de marzo del 2018. El Gobierno Nacional designo a la CREG, Comisión de Regulación de Energía y a la UPME, Unidad de Planeación Minero - Energética, ambas adscriptas al Ministerio de Minas y Energía como coordinadores a nivel nacional (Caicedo, 2019).

Dado que la zona del proyecto se encuentra alejada de las zonas urbanas, y pueblos aledaños a esta, la implementación de energización por medio convencional, acarrea costos de inversión altos, anexando a este factor el hecho de que la accesibilidad a la vereda San Juan, se encuentra condicionada por circunstancias sociales tales como la presencia de grupos armados, por ende se dificulta el acceso al servicio de energía eléctrica (en la tabla 1 se muestra la cantidad de hogares que no cuentan con el servicio de energía); también se tiene en cuenta la problemática de potabilización de agua en esta región en los temas abarcados para este proyecto.

Según la OMS los niños corren especial riesgo de contraer enfermedades relacionadas con el agua, algunas de ellas se mencionan en la tabla 2; el acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua puede tener como resultado un ahorro del tiempo que pasan recogiendo agua y una mejora de su salud, por tanto, un mayor índice de asistencia a la escuela, con las consecuencias positivas a largo plazo para sus vidas que ello conlleva.

Tabla 1. Cobertura del servicio de energía eléctrica por municipios

Cobertura de Energía Eléctrica a 2018					Viviendas sin Servicio de energía Eléctrica		
Municipio	Departamento	ICEE			Urbano	Rural	Total
		Cabecera Municipal	ICEE Resto	ICEE Total			
Abrego	Norte de Santander	100%	68%	83%	-	1,816	1,816

Fuente: Centrales Eléctricas del Norte de Santander, 2021.

Tabla 2. Principales enfermedades relacionadas con el agua

Enfermedades	Causa y vía de trasmisión	Extensión geográfica	Número de casos	Defunciones por año
Disentería amebiana	Los protozoos pasan por la vía fecal – oral por medio del agua y alimentos contaminados por contacto de una persona con otra	Todo el mundo	500 millones por año	-
Enfermedades diarreicas (inclusive la disentería amebiana y bacilar)	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados por contacto de una persona con otra	Todo el mundo	4.000 mil millones actualmente	3-4 millones
Hepatitis A	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados por contacto de una persona con otra	Todo el mundo	600.000 a 3 millones por año	2.400 a 12.000
Fiebre paratifoidea Y tifoidea	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados por contacto de una persona con otra	80% en Asia, 20% en América latina, África	16 millones actualmente	600.000
Poliomielitis	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados por contacto de una persona con otra	66% en la India, 34% en el cercano oriente, Asia, África	82.000 actualmente	9.000
Dengue	Un mosquito recoge el virus de un ser humano o un animal infectado. El virus tiene un periodo de incubación de 8 a 12 días y	Todo medio ambiente tropical en Asia, Centroamérica	50-100 millones por año	24.000

Enfermedades	Causa y vía de trasmisión	Extensión geográfica	Número de casos	Defunciones por año
	se reduplica. En la próxima ingesta de sangre del mosquito el virus se inyecta en la corriente sanguínea	y Sudamérica		
Fiebre del valle del Rift (FVR)	El virus generalmente existe en huéspedes animales. Los mosquitos y otros insectos chupadores de sangre reconocen el virus y lo inyectan en la sangre del hombre. este también se infecta cuando se trabaja con humores corporales de animales muertos	África subsahariana	ND	1% de los casos

El número de casos se presenta como incidencia (“por año”) – el número de nuevos casos ocurridos en un año –o como prevalencia (“actualmente “)- el número de casos en un momento dado.
Incluidas las enfermedades diarreicas
** No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.
ND = No disponible
Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculiasis, dengue y FVR, de WHO 1998

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2021.

Este proyecto se plantea como una propuesta, para poder suplir las necesidades básicas que tienen los moradores de este municipio al carecer de los servicios públicos primarios que consideren sus condiciones de vida óptimas. El lugar donde se realizará este proyecto es la Institución Educativa La Vega del Tigre, se propone el diseño de un sistema fotovoltaico, capaz de abastecer el consumo de energía requerido por el plantel; así como también la selección de un sistema de potabilización de agua alimentada por energía solar, con el fin de atender las necesidades de esta institución y contribuir a mejorar la calidad de educación y salud de los estudiantes, y docentes de la institución educativa.

1.4 Alcances, Limitaciones y Delimitaciones

1.4.1 Alcances. El proyecto se enfoca en el diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaica, partiendo de un censo previo de las cargas actuales en la institución, además se tendrá en cuenta el consumo alterno de la misma, ya que en el plantel reside el profesor. Al mismo tiempo se planteará la selección de los equipos necesarios para un sistema de potabilización de agua, cuya finalidad será la de abastecer de agua potable a los 30 estudiantes que allí asisten, inicialmente se investigara los sistemas de potabilización de agua existentes con el objetivo de seleccionar la planta potabilizadora adecuada, y a partir de ello se indicaran los equipos necesarios para su implementación. Por último, se entregará los planos respectivos al sistema fotovoltaico, distribución interna del plantel y sistema potabilizador de agua.

1.4.2 Limitaciones. Se realizarán los diseños en base a los datos suministrados por el IDEAM, lo cual puede ocasionar reajustes en el diseño para una implementación futura si se lleva a cabo una toma de datos en tiempo real.

1.4.3 Delimitaciones. Como se muestra a continuación:

Espacio geográfico y tiempo.

Tiempo: El periodo para desarrollar el proyecto es de 6 meses, a partir de ser aprobado por el comité curricular de ingeniería electromecánica.

Espacio Geográfico: Municipio de Abrego, vereda San Juan, Institución Educativa Rural La Vega del Tigre.

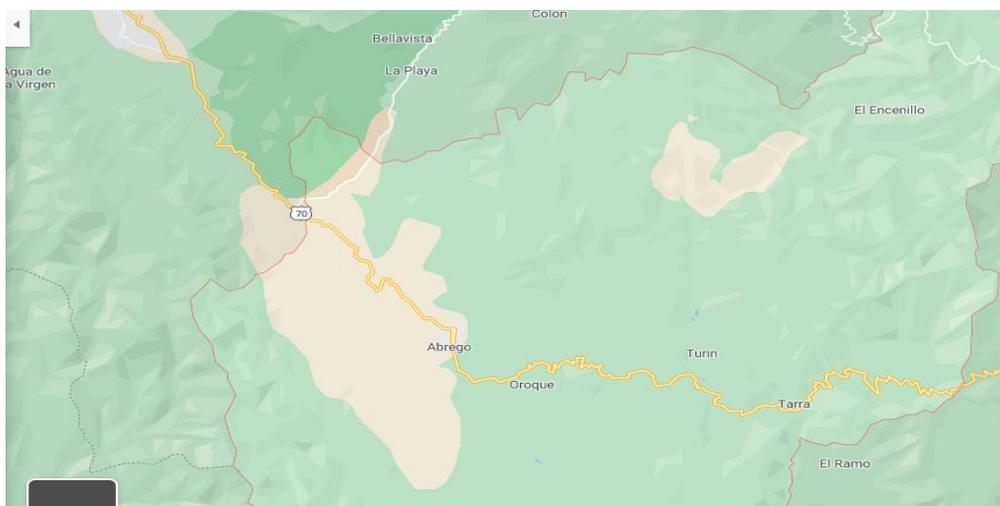


Figura 1. Localización del Municipio de Abrego

Fuente: Google Maps, 2021.

Este proyecto aplica para las instituciones o viviendas rurales de la zona del municipio de Abrego, Departamento Norte de Santander, va dirigido específicamente a aquellas zonas aisladas o no conectadas a las redes de energía pública, y aquellas que no cuentan con una planta potabilizadora de agua.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general. Diseñar un sistema de energía no convencional fotovoltaico eficiente y autónomo capaz de solventar las necesidades de suministro eléctrico y agua potable en la institución educativa la Vega del Tigre municipio Abrego N.D.S.

1.5.2 Objetivos específicos. Como se muestra a continuación:

Caracterizar el sistema eléctrico del centro educativo la vega del tigre, teniendo en cuenta el censo de cargas.

Dimensionar el sistema de generación fotovoltaico, partiendo de los requerimientos eléctricos de la institución educativa, indicando la distribución y conexión del sistema solar con la institución.

Seleccionar el sistema de potabilización de agua idóneo a las necesidades de la institución educativa la Vega del Tigre.

Unificar el sistema de generación fotovoltaico al sistema de potabilización de agua para aprovechar la energía remanente de las baterías con el fin de abastecer la institución de agua apta para el consumo de los estudiantes.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Energía Solar Fotovoltaica en Colombia. Colombia ha adoptado en gran auge las nuevas tecnologías renovables para la generación de electricidad, la ubicación geográfica como factor ventaja por sus altos índices de irradiación energética, el desarrollo de las nuevas tecnologías, el apogeo de los nuevos mercados de energías renovables y los beneficios tributarios adquiridos por la ley 1715 del 2014, son una de las razones para que la demanda de proyectos referentes al campo de los sistemas renovables tenga un aumento considerable, además de poner al país en un referente de desarrollo de energías renovables.

Según Estadísticas de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) mostrada en la figura 2. Indica que, de las iniciativas radicadas, el 69.4 % tienen que ver con energía solar, siendo el último registro de junio del 2020 de 301 proyectos vigentes en el periodo de 2017-2020. “La UPME y el Ministerio de Minas y Energía plantea que en el año 2030 el país debe consumir un 30% de energías limpias o renovables no convencionales y 70% de las fuentes tradicionales (hidroeléctrica y térmica)” (UPME, 2015, p.1).

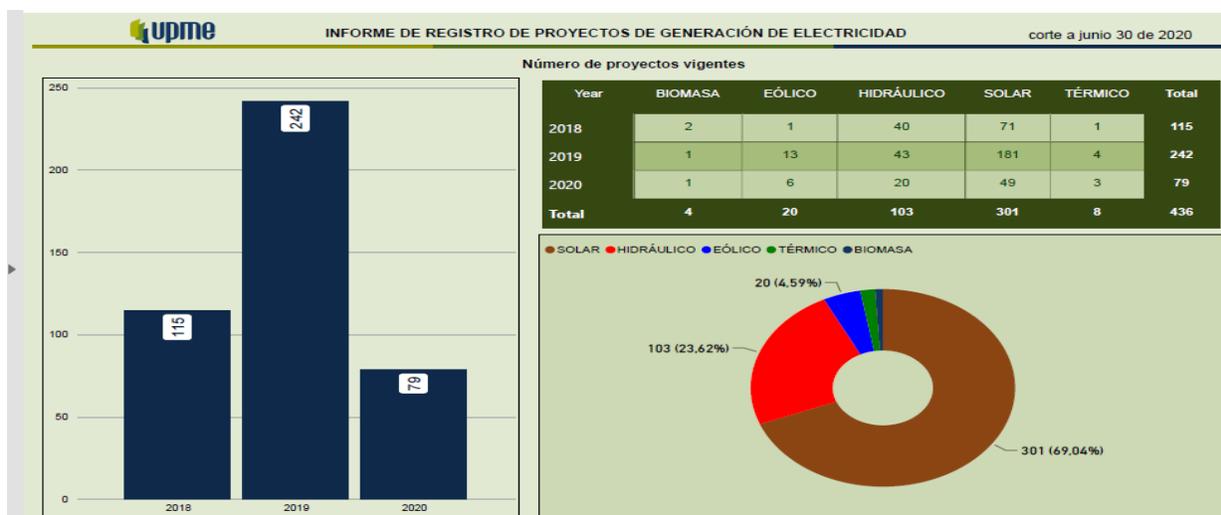


Figura 2. Proyectos vigentes de la UPME

Fuente: UPME, 2020.

2.1.2 Disponibilidad de la Energía Solar Fotovoltaica en Diferentes Regiones de Colombia. Colombia posee un potencial energético fotovoltaico favorable respecto al resto del mundo. En la figura 3 se evidencia el potencial de irradiación solar en las principales ciudades del país, teniendo una mayor capacidad de irradiación solar las regiones de la costa atlántica, pacífica, la Orinoquia y la región central.

En la actualidad se cuenta con herramientas como el Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, el cual busca mostrar e informar por medio de estaciones meteorológicas (información radiométrica) la disponibilidad de energía solar en el territorio nacional en cuanto a radiación solar global, insolación y brillo solar (Gómez, 2017). El atlas cuenta con 4 colecciones de 13 mapas sobre radiación solar y brillo solar, es generado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, conjuntamente con la Unidad de planeación Minero Energética UPME; estableciendo niveles de Radiación e Irradiación promedio mensual y

anual desde el año 1981, estos valores son expresados en kilovatios hora por metro cuadrado (kW/m²).

Estación	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m.)	Promedio Anual (kWh/m ² por día)	Años de Información	Fecha Inicio	Fecha Final
Aeropuerto Eldorado	Bogotá	Cundinamarca	4,71	-74,15	2541	4,0377	23	mar-81	dic-04
Aeropuerto Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	6,22	-75,58	1490	4,3351	10	ene-85	jun-97
Las Flores	Barranquilla	Atlántico	11,04	-74,82	2	5,9512	6	nov-09	dic-14
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	Bolívar	10,43	-75,5	2	5,5525	7	feb-90	dic-00
UPTC	Tunja	Boyacá	5,55	-73,35	2690	4,6574	6	ene-96	dic-01
E.M.A.S	Manizales	Caldas	5,09	-75,51	2207	3,7672	10	may-05	dic-14
Univ. Tecnológica de Magdalena	Santa Marta	Magdalena	11,22	-74,19	7	5,4054	7	ago-07	dic-14
Aeropuerto Vanguardia	Villavicencio	Meta	4,15	-73,62	423	4,7507	14	ene-90	dic-14
Botana	Pasto	Nariño	1,16	-77,28	2820	3,7428	10	may-05	abr-03
Aeropuerto Camilo Daza	Cúcuta	Norte de Santander	7,92	-72,5	250	4,4438	12	sep-89	nov-13
Armenia	Armenia	Quindío	4,53	-75,69	1458	3,9338	10	dic-05	nov-96
Aeropuerto Matecaña	Pereira	Risaralda	4,8	-75,73	1342	4,2109	7	oct-90	oct-13
Aeropuerto Sesquicentenario	San Andrés	San Andrés y Providencia	12,58	-81,7	1	4,8183	3	ene-01	dic-14
Aeropuerto Perales	Ibagué	Tolima	4,42	-75,13	928	4,6632	9	nov-89	dic-14
Univalle	Cali	Valle del Cauca	3,38	-76,53	992	4,3326	9	nov-06	dic-14
Macagual - Florencia	Florencia	Caquetá	1,5	-75,66	257	3,6175	10	jul-05	dic-14
Aeropuerto Almirante Padilla	Riohacha	La Guajira	11,52	-72,92	4	5,6058	17	sep-91	mar-14

Figura 3. Potencial de Irradiación solar media para algunas de las Principales Ciudades del País

Fuente: Gómez, 2017.

2.1.3 Tecnologías fotovoltaicas. Las principales características eléctricas de una célula solar FV son: La potencia, la tensión y la corriente, estas características dependen del número de células solares asociadas y de las condiciones de trabajo de estas (radicación, viento, inclinación). Del mismo modo, para la selección de un módulo fotovoltaico, es indispensable conocer parámetros como: radiación incidente, temperatura de trabajo y precio de la tecnología, buscando el punto de máxima potencia (PMP), el cual es el punto del campo solar FV donde se genera la

máxima cantidad de energía. Por otra parte, es importante destacar que los módulos fotovoltaicos varían según su montaje, si se extienden en serie, aumenta la tensión. Pero si se disponen en paralelo, aumenta la corriente (Reyes, 2013).

2.1.3.1 Tipos de sistemas solares fotovoltaicos. Como se muestra a continuación:

Paneles Fotovoltaicos Monocristalinos: En los paneles solares monocristalinos las celdas solares de silicio monocristalino (mono-Si), son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio. En este tipo de paneles fotovoltaicos las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o lingotes, que son de forma cilíndrica.

Este tipo de paneles cuentan con una eficiencia del 17% al 20%, dependiendo del modelo y sus características eléctricas, contando con una vida útil de 25 años, y a su vez se destacan por su buen comportamiento en situaciones de baja exposición lumínica; aunque se encuentran en desventaja por su alto costo de adquisición.

Paneles fotovoltaicos policristalinos: Los paneles solares policristalinos tienen una mejor tolerancia a la temperatura, aunque generalmente tienen un coeficiente de temperatura más bajo. Esto quiere decir que un arreglo policristalino de 1kW generará más energía durante un año que un arreglo de 1kW de paneles solares monocristalinos. Una célula solar policristalina también suele costar menos que una célula solar monocristalina. Sin embargo, cuando éstos se ensamblan en un panel solar, tienen aproximadamente los mismos costes en términos de \$ / Watt.

Paneles fotovoltaicos híbridos: Este tipo de paneles permiten obtener energía eléctrica y energía solar térmica para agua caliente sanitaria y calefacción en un mismo panel solar. En el panel híbrido solar, se integra la tecnología fotovoltaica y la de la energía térmica solar: la

energía solar fotovoltaica, absorbe la radiación solar, mientras que la parte que no es capaz de acumular, el calor térmico, se recupera mediante un intercambiador de calor.

Sistema Solar Aislado (Off-Grid). Este tipo de instalación es ideal para zonas remotas, alejadas de la red urbana y con difícil acceso a la red eléctrica convencional, su configuración permite aprovechar la energía del Sol durante las horas del día y de la noche. Los sistemas Off-Grid captan la energía del Sol por medio de los paneles solares y la almacenan en baterías, esta energía almacenada será la que se utilizará en la noche o en los periodos de poca radiación solar. El inversor permite transformar la energía de las baterías a corriente alterna tal como se muestra en la figura 4 (Rasero, 2011).



Figura 4. Sistema fotovoltaico Off Grid

Fuente: Rasero, 2011.

2.1.4 Sistemas de energía solar directos. Estos sistemas también son conocidos como de uso diurno DC-DC, funcionan conectando los aparatos eléctricos directamente al panel o arreglo solar, por ejemplo, un sistema de bombeo de agua el cual se muestra en la figura 5, dicho sistema funciona solo de día cuando el panel o arreglo solar es capaz de producir la energía necesaria para hacer girar el motor de la bomba solar y así extraer el agua de pozos (Rasero, 2011).

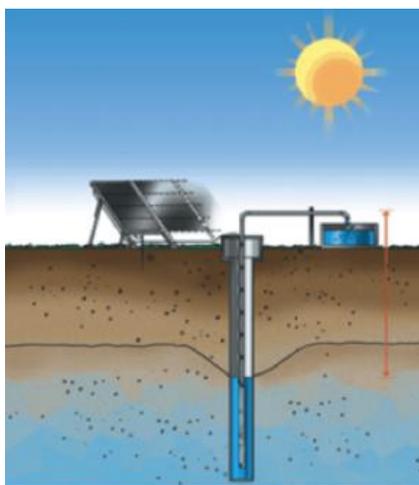


Figura 5. Sistema de bombeo de agua directo

Fuente: Rasero, 2011.

2.1.5 Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico. Como se muestra a continuación:

2.1.5.1 Inversores fotovoltaicos: En la figura 6 se muestra un inversor el cual se encarga de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia.



Figura 6. Inversor

Fuente: Rasero, 2011.

2.1.5.2 Sistemas de almacenamiento de energía. Son un conjunto de celdas electroquímicas cuya función es la transformación de la energía química almacenada en energía eléctrica, estas celdas cuentan con dos electrodos, uno positivo y el otro negativo, cuentan con un componente llamado electrolito el cual permite el flujo libre de los iones a través de él entre los electrodos, esto con el fin de que la corriente fluya fuera de la batería, para que esta lleve su función a cabo, su funcionamiento se activa cuando la energía absorbida por los paneles fotovoltaicos, excede la requerida para el consumo, lo cual hace que estos sistemas sean importantes para que esta energía no sea desechada y en cambio pueda ser aprovechada por las noches.



Figura 7. Sistemas de almacenamiento de energía

Fuente: Rasero, 2011.

2.1.5.3 Controladores de carga o reguladores. Estos dispositivos se encargan de controlar la cantidad de energía que fluye entre las baterías y los módulos fotovoltaicos. En la figura 8 se muestran los tipos de reguladores existentes, el PWM y el MPPT. Los PWM trabajan de acuerdo a las tensiones que manejan las baterías a las cuales se encuentran conectadas, esto puede acarrear pérdidas de energía importantes esto ocurre porque cuando la batería alcance su nivel máximo de tensión el regulador no permite que el módulo o panel solar entre en contacto con la batería para evitar sobretensiones y esta obstrucción de contacto es la que genera una declinación del rendimiento energético, a pesar de estas negativas sus mayores ventajas son su bajo precio y transporte ya que no son ligeras para una adecuada manipulación.

Por otro lado, los reguladores MPPT trabajan con las tensiones variables que se puedan presentar a lo largo del día, con el fin de extraer la máxima potencia o poder almacenarla en las baterías y de este modo evitar descargas o sobrecargas, estos reguladores tienen como particularidad la inclusión de un controlador del punto máximo de potencia y un transformador el cual convierte la corriente continua de alta tensión a una corriente continua de baja tensión para las baterías.



Figura 8. Reguladores de cargas solares

Fuente: Rasero, 2011.

2.1.6 Calidad de Agua. La calidad del agua es el término que describe las características químicas, físicas y biológicas del agua dependiendo del uso que se le va a dar, para determinarla, se miden y analizan estos elementos, por ejemplo: la temperatura, el contenido mineral disuelto en ella y la cantidad de bacterias que tiene. A partir de esa información, los datos obtenidos se comparan con ciertos estándares para decidir cuál es el uso apropiado para esa agua analizada. Es decir, una determinada agua puede ser apta para lavar y otros usos, pero no para beber.

La calidad del agua es uno de los temas de gran relevancia en la actualidad, por el gran crecimiento de la población mundial en los últimos años y la previsión de un aumento futuro todavía mayor, asimismo, por la expansión y desarrollo de los entornos urbanos, donde se necesita un mayor suministro de agua y un mejor control de la calidad del agua. En cuanto a las áreas rurales, es un tema central porque en determinadas zonas se presentan problemas debido al uso de fertilizantes para la agricultura que llegan a las aguas superficiales y subterráneas, creando un excedente químico que altera la calidad del agua.

Una medida muy utilizada para medir la calidad del agua es el TDS (Total de Sólidos Disueltos, por sus siglas en inglés), se trata de un método barato y sencillo de utilizar; pero, debido a su limitación para abordar todos los parámetros establecidos para la calidad del agua, se puede considerar problemático. En realidad, no es suficiente medir el TDS en el agua dado que deja de lado características muy importantes para establecer su calidad.

Según la OMS, el nivel de TDS ideal en agua (mg/l):

Menos de 300: Excelente, - 300 – 600: Bueno, -600 – 900: Regular, -900 – 1,200: Pobre

Más de 1,200: Inaceptable (Campaña, Gualoto & Chiluisa, 2017).

2.1.7 Potabilización y desalinización de agua. Dependiendo del grado de contaminación que contenga el agua, existen diversas tecnologías solares para su purificación. En general, los sistemas solares para la purificación de agua son capaces de remover sólo cantidades relativamente pequeñas de contaminación, con excepción quizás, de los que se utilizan para purificar agua de mar. Los destiladores solares, pues, no son adecuados para purificar aguas negras ni residuos industriales. Son adecuados para potabilizar aguas superficiales (ríos, lagos), aguas subterráneas o agua de mar. Básicamente habría que considerar dos niveles de contaminación para los cuales son adecuados: 1) Agua con contaminación microbiana ligera (para eliminar los microorganismos no se requiere llegar a la temperatura de ebullición, sino que basta pasar de los 60°C, pero sostenerlos durante varios minutos) y 2) Agua con contaminación de sales disueltas (entre los procesos posibles para retirar las sales disueltas en el agua la que más se presta para acoplarla con un sistema solar, es la desalación por evaporación y condensación) (Sánchez, 2010).

2.2 Marco Legal

2.2.1 Ley 697 de 2001. Mediante esta ley se fomenta el uso energético racional y eficiente, se dan a conocer los tipos de energías renovables, y se promueve su uso óptimo, así como también se presentan estímulos en los campos de investigación de estas energías, con el fin de en un futuro reducir costos y la ampliación de la capacidad de las energías eólicas, solares, geotérmicas y biomasa.

2.2.2 Ley 1715 de 2014. La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su

participación en las zonas no interconectadas y en otros usos.

2.2.3 Guía Técnica Colombiana, GTC 114. Por medio de esta norma se establecen las especificaciones y características técnicas que se deben tener en cuenta para sistemas solares fotovoltaicos de generación de energía en zonas rurales en el proceso de selección, instalación, operación y mantenimiento.

2.2.4 NTC 5627 componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Calificación del diseño y ensayos ambientales. Esta norma especifica las características de los diferentes componentes acumulación (baterías), inversores, controladores, cajas de conexión, diferentes elementos que componen el módulo fotovoltaico.

2.2.5 CREG 030 del 2018. Por medio de la cual se regulan los aspectos operativos y comerciales que permiten la integración a pequeña escala (AGPE) y de la generación distribuida al Sistema Interconectado Nacional (SIN) para auto generadores a pequeña escala, gran escala (mayores a 1 MW y menores o iguales 5 MW), generadores distribuidos (GD) y a los comercializadores que los atienden, a los operadores de red y transmisores nacionales.

2.3 Antecedentes

En el año 2016 se presentó un proyecto de grado para optar por el título de Tecnólogo en Electrónica en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD José Acevedo y Gómez, con el nombre de “Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica con Capacidad para 3 Kilovatios”, fue presentado por Fabio de Jesús Acevedo Garcés.

En este trabajo se desarrolló el diseño de una instalación solar fotovoltaica para 3 kW, en el documento se detallan los estudios realizados en temáticas como el consumo eléctrico diario y

mensual, la demanda máxima requerida, la irradiación solar de la zona, como también se realizaron los cálculos pertinentes para el dimensionamiento de cada uno de los equipos que componen el sistema. Este trabajo tenía como finalidad presentar una solución a la carencia de los servicios de energía eléctrica en Tauramena (Casanare). El proyecto aplica para instalaciones aisladas no conectadas a las redes de energía públicas y solo considera el estudio con paneles de silicio.

En el año 2019 en la Universidad de Ibagué, se presentó un trabajo de grado, para optar por el título de ingeniero industrial, bajo el título de “Dimensionamiento de sistema fotovoltaico para instituciones educativas de la zona rural del Tolima”, el cual fue presentado por Leidy Jhoana Lombo.

Este proyecto tuvo como espacio de estudio la INSTITUCIÓN EDUCATIVA ALTOZANO ubicada en la vereda la Estrella, seleccionada por tener un índice de radiación adecuado para suministrar la energía necesaria al plantel educativo; se realizó una proyección en cuanto al consumo energético para 30 personas, se estudiaron los sistemas fotovoltaicos, se seleccionó de acuerdo a las necesidades y condición de la zona el sistema solar fotovoltaico Off Grid, se realizó el dimensionamiento de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico y finalmente se presentó un estudio económico para su futura implementación considerando viable la propuesta. Este proyecto tenía como enfoque beneficiar a la comunidad rural del Tolima, específicamente a las instituciones educativas que por razones de conflicto y ubicación geográfica están alejadas de las redes de distribución, siendo zonas no interconectadas al sistema nacional, de esta manera mediante esta propuesta se buscaba con la energización a la institución a largo plazo ampliar la cantidad de estudiantes, y ofrecerles mejoras en la oferta educativa, permitiendo integrar el uso de las TICS, al contar con el servicio de energía eléctrica.

En el año 2016, en la Universidad Piloto de Colombia, se presentó un trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia de Proyectos, con el nombre de “Diseño, instalación, implementación y puesta en servicio de un sistema de energía alternativo fotovoltaico en la Comunidad Indígena Wayuu Dividivi en el Departamento de La Guajira” dicho precedente fue realizado por Diana Lucia Forero Zúñiga, Edgar Eduardo Vega Arango, & Juan Fernando Barrero González.

En este documento se presenta el diseño, instalación e implementación de un sistema de energía alternativo fotovoltaico para atender las necesidades de la comunidad wayuu, las cuales según su ubicación se encuentran catalogadas como zonas no interconectadas, también se realizaron las cotizaciones para la implementación del proyecto, la contratación del personal idóneo para la fase de instalación e implementación; ante la carencia de todo tipo de servicios públicos básicos, se puso en marcha esta iniciativa en conjunto con la Compañía Paneles Solares Siglo XXI S.A.S quienes se encargaron de llevar a cabo todo el financiamiento del proyecto, este proyecto busco beneficiar a 54 unidades habitacionales y una escuela rural.

En el año 2015 se realizó un trabajo de grado en la escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, para optar por el título de ingeniero en electrónica y control, dicho trabajo se tituló “Diseño e implementación de un sistema automático de purificación de agua por medio de energía, reflexión solar y luz ultravioleta”, y estuvo a cargo de Miguel Ángel Lema Carrera.

En este documento se presentó la propuesta de un sistema de purificación de agua a base de energías renovables como la solar, el sistema estaba compuesto por un concentrador cilindro parabólico (CCP) el cual permitía concentrar elevadas temperaturas hacia un sistema de destilación solar, el cual estaba acompañado por un filtro a base de luz ultravioleta encargado de

eliminar bacterias y virus presentes en el agua contaminada o no tratada, el proyecto se enfocó a presentar una solución a la carencia del servicio de agua potable en las distintas zonas del Ecuador que presentaban esta situación con el fin de abastecer de este líquido vital a esos sectores marginados del país.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Investigación exploratoria y descriptiva. El presente trabajo de investigación “diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer las necesidades de suministro de energía eléctrica y agua potable del centro educativo rural la Vega del Tigre ubicado en el municipio de Abrego, vereda San Juan departamento N.D.S” por objetivos de investigación será un estudio exploratorio y descriptivo

Colome (2018), señala: La investigación exploratoria es aquella cuyo objetivo es el de alcanzar una visión general y aproximada del tema bajo estudio. Se realizan cuando se presentan circunstancias tales como: que el tema elegido ha sido poco estudiado, una aparición en un área determinada de nuevos fenómenos que no se pueden explicar en base a teorías existentes o un tema que se desea abarcar desde nuevas perspectivas.

Por otra parte, definen la investigación descriptiva como aquella cuya finalidad es abarcar de manera cualitativa y/o cuantitativamente los objetos de estudio, usando para ello criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto la estructura o comportamientos análogos de los mismos.

Teniendo en cuenta los objetivos planteados para este proyecto y la explicación dada por Colome, R y otros, se procede a clasificar la investigación como exploratoria y descriptiva, ya que se realizara la caracterización de los elementos necesarios para el sistema fotovoltaico, como también los equipos necesarios para el sistema de potabilización, tomando en cuenta las ventajas, desventajas y los requisitos previos para su respectiva selección, con el fin de realizar un diseño

en una zona donde no se han realizado proyectos de esta índole.

3.2 Universo de Estudio

Para este proyecto se busca beneficiar a los estudiantes y el docente del plantel educativo la Vega del Tigre, a dicho plantel asisten aproximadamente 40 estudiantes y 1 docente, este plantel no cuenta con ningún servicio básico, que garantice las condiciones mínimas para que los estudiantes reciban una educación óptima.

3.3 Población

En este documento se presenta una propuesta de diseño, con alcance limitado para una futura implementación en la institución educativa la Vega del Tigre, con la finalidad de beneficiar a toda la comunidad educativa de este plantel.

3.4 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

Los instrumentos de recolección de datos para el desarrollo del proyecto serán en base a análisis documental, fuentes de información meteorológicas, de irradiación solar, estos datos serán tomados de los históricos registrados por el IDEAM, por medio de estos se procederá a realizar el Diseño del sistema solar fotovoltaico para la fase 1 de la generación de energía eléctrica, en la fase 2 del proyecto que comprende el diseño de la planta potabilizadora se utilizaron como base de datos antecedentes de proyectos realizados en distintas zonas del país para obtener un criterio base de este sistema, una vez terminado el diseño se adecuará el sistema fotovoltaico para aprovechar la energía acumulada y por medio de esta la planta potabilizadora entrara en funcionamiento.

3.5 Fuentes de Información y Procesamiento de la Información

Atlas de radiación solar de Colombia.

Proyectos relacionados con energías renovables fotovoltaicas aplicados en la última década.

Bases de datos meteorológicos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

IRCA-Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Para el desarrollo de los objetivos específicos se programa la realización de las siguientes actividades con el fin de dar cumplimiento a las metas propuestas.

3.6 Actividades a Desarrollar

Caracterizar el sistema eléctrico del centro educativo la Vega del Tigre, teniendo en cuenta el censo de cargas. Para el desarrollo de este ítem se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

Caracterizar e identificar cargas eléctricas del plantel educativo.

Estimar mediante un cuadro de cargas, el consumo requerido por las mismas.

Elaborar el diagrama arquitectónico de la institución.

Asignar los puntos de distribución eléctrica, tales como tomas comunes, especiales, interruptores, tablero de distribución e iluminarias.

Seleccionar los conductores eléctricos, las protecciones, y los interruptores idóneos para su

futura implementación.

Diseñar el esquemático de la instalación eléctrica del plantel.

Calcular y diseñar el sistema de puesta a tierra.

Dimensionar el sistema de generación fotovoltaico, partiendo de los requerimientos eléctricos de la institución educativa, e indicar la distribución y conexión del sistema solar con la institución. Para el desarrollo de este objetivo se realizarán las siguientes actividades:

Analizar las referencias bibliográficas de los proyectos de generación solar fotovoltaica, ejecutados en zonas aisladas del país.

Estudiar las características de los sistemas fotovoltaicos, así como el funcionamiento de sus componentes, y los criterios de selección de estos.

Revisar los datos históricos del recurso energético solar del municipio de Abrego, aportados por los registros del IDEAM.

Estimar el consumo energético requerido.

Dimensionar la capacidad del sistema basado en la irradiación solar y en los consumos energéticos del centro educativo.

Caracterizar y seleccionar cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico.

Realizar el diagrama unifilar de la instalación fotovoltaica.

Elaborar un esquema de conexión de los paneles.

Elaborar el esquema de conexión de las baterías.

Elaborar el esquema de conexión del regulador controlador de carga.

Esquematar el sistema solar fotovoltaico en el software SOLIDWORKS®.

Seleccionar un sistema de potabilización de agua idóneo a las necesidades de la institución educativa la Vega del Tigre. Para el desarrollo de este objetivo se realizarán las siguientes actividades:

Investigar los sistemas de potabilización que se ajusten a las necesidades del proyecto.

Estudiar y analizar los sistemas de filtración para la potabilización de agua existentes.

Seleccionar los equipos que conformarían el sistema de potabilización como son: filtros, bomba, resistencia, tuberías, tanque de almacenamiento y elementos de control necesarios.

Elaborar un esquemático del sistema de potabilización.

Selección del sistema automático para la activación de la bomba del sistema de agua potable. Para el desarrollo de este objetivo se realizarán las siguientes actividades:

Seleccionar un sistema automático que permita controlar los tiempos de llenado de los tanques de suministro de agua potable

Elaborar un esquema de conexión del sistema solar fotovoltaico con el sistema de agua potable

4. Desarrollo de la Propuesta

4.1 Caracterización del Sistema Eléctrico del Centro Educativo La Vega del Tigre

En este primer capítulo se dejan indicados los resultados de los ítems correspondientes a las actividades de cálculo y diseño del sistema eléctrico para el plantel educativo. Estas actividades se desarrollaron partiendo desde cero, puesto que la institución educativa no cuenta con ningún tipo de suministro de energía eléctrica. Además, el desarrollo del capítulo comprendió los esquemas detallados de la distribución eléctrica; así como también un estudio del consumo energético, previo al dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

4.1.1 Elementos de consumo. Para la caracterización de las cargas eléctricas de la institución se realizó un censo de los equipos con los cuales cuenta la institución actualmente, y la potencia consumida por cada uno; estos elementos se mencionan en la tabla 3 de forma detallada. Cabe resaltar que el valor correspondiente a la potencia de los equipos mencionados, se tomó como un promedio del consumo típico de estos artefactos.

Tabla 3. Cargas eléctricas del proyecto fotovoltaico

Descripción del equipo	Cantidad	Potencia (w)
Computadores(150w)	5	750 w
Internet (router+ codificador) 10 w	1	10 w
Nevera (150 w)	1	150 w
Luminarias (43 w)	18	774 w
Luminarias (32 w)	3	96 w
Tomas eléctricas (200 w)	15	3000 w
Tomas eléctricas (350 w)	2	700 w
Tomas eléctricas (1000 w)	1	1000 w
Bomba	1	330 w
Total	47	6810 w

4.1.2 Detalles de consumo. A continuación, se realizó un análisis del consumo de energía, considerando un total de 23 días hábiles de consumo mensual; descartando los fines de semana a

razón de que el plantel no se encontrara en uso dichos días. Se tomó como base para el análisis el mes con mayor cantidad de días para un adecuado cálculo de la energía requerida.

En la tabla 4 se recopilaron los datos referentes a la demanda en watts de todos los elementos; para los cuales se estimó un tiempo de uso diario según las actividades a realizar dentro del plantel, además de la estadía del docente en el lugar durante los días de funcionamiento de la institución. No se consideró el consumo de la bomba a utilizar para el suministro del sistema de potabilización debido a que su uso será de dos veces por semana en un promedio de dos horas en cada uso, a una baja tasa de demanda energética correspondiente a 330 watts. Por tal motivo no se consideró dentro de los cálculos energéticos además de que el sistema contará con un sobredimensionamiento del 20 % del consumo energético, el cual cubrirá la demanda de la bomba.

Tabla 4. Consumo promedio del sistema fotovoltaico para la institución educativa la vega del tigre

Descripción Del Equipo	Número de equipos	Potencia (w)	Tiempo de uso H/ diarias	Carga W h/ día	Tiempo uso al mes Horas / mes	Demanda máxima (w)
Computadores	5	150	2	1.500	230	750
Internet (router+ codificador)	1	10	6	60	138	10
Nevera	1	150	24	3.600	552	150
Luces (salón1+salon2)	14	43	6	3.612	1.932	602
Luces (baño)	2	43	2	172	92	86
Luces (alcoba +cocina)	2	43	2	172	92	86
Luces pasillo	3	32	2	192	138	96
Tomas eléctricas (salón 1+salón 2+alcoba+pasillos)	15	200	6	18.000	2.070	3.000
Tomas eléctricas (cocina)	2	350	1	700	46	700
Tomas especiales (baño)	1	1.000	1	1.000	23	1.000
Total				29.008	5.313	6.480

4.1.3 Cuadro de cargas para la instalación interna de la institución educativa. Una vez que se efectuaron los cálculos de potencia y corriente para cada circuito ramal, se procedió a realizar el cuadro de cargas con todos los parámetros de interés para el diseño eléctrico; dicho cuadro de cargas se evidencia en la tabla 6. A continuación la tabla 5 especifica la distribución de los circuitos ramales presentes en el proyecto.

Tabla 5. Circuitos ramales

Circuito ramal	Descripción
Circuito ramal 1-2 salida	Iluminación
Circuito ramal 3-4 salida	Iluminación
Circuito ramal 5-6 salida	Iluminación
Circuito ramal 7 salida	Pequeños artefactos (cocina)
Circuito ramal 8 salida	Toma GFCI (baños)
Circuito ramal 9 salida	Nevera
Circuito rama 10 salida	Tomas comunes (pasillos-alcobas)
Circuito ramal 11 salida	Tomas comunes (Salón 1)
Circuito ramal 12 salida	Tomas comunes (Salón 2)
Circuito ramal 13-14-15 y 16	Reserva

Tabla 6. Cuadro de cargas

Circuito	Descripción	Tc	W	Led	Led	Gfci	Total, w fase r	Total, fase s	Fp	Ir	I s	Calibre	Protección
				43	32								
1—2	Iluminación 220 v			10			215	215	1	0.97	0.97	12	2*15A
3—4	Iluminación 220 v			8			172	172	1	0.78	0.78	12	2*15A
5—6	Iluminación 220 v				3		48	48	1	0.218	0.218	12	2*15A
7	Pequeños artefactos		350			2		700	1		6.36	12	1*15A
8	Baño		1000			1	1000		1	9.09		12	1*15A
9	Nevera	1	200				200		1	1.66		12	1*15A
10	Alcobas-pasillos	4	200					800	1		6.66	12	1*15A
11	Salón 1	5	200				1000		1	8.33		12	1*15A
12	Salon2	5	200					1000	1		8.33	12	1*15A
13	Reserva												
14	Reserva												
15	Reserva												
16	Reserva												
							2635	2935	1	25,31		8	2*30A

4.1.4 Esquema arquitectónico de la institución. El objetivo principal de este ítem fue proporcionar una perspectiva del plantel educativo con sus respectivas medidas (tal como se muestra en la figura 9), a fin de proyectar la distribución eléctrica interna siguiendo los lineamientos de la norma NTC 2050, así como también estimar los espacios acordes para la organización de los paneles solares sobre la superficie superior del colegio.

Cabe resaltar que estos esquemas se realizaron en el software AUTOCAD, el cual se usó para trazar los planos finales arquitectónicos, eléctricos, fotovoltaicos, y la instalación final del sistema en conjunto con la planta de tratamiento de agua.

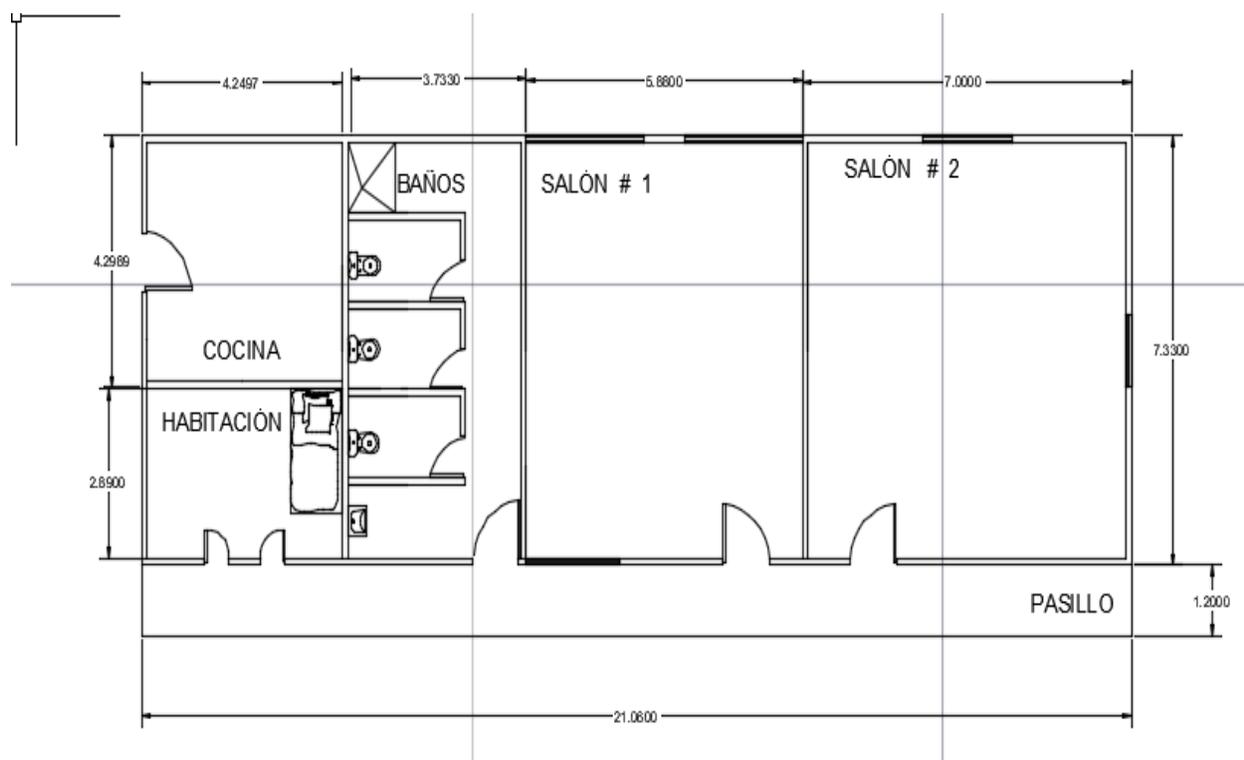


Figura 9. Plano arquitectónico de la institución en software AUTOCAD

4.1.5 cálculo de las luminarias por medio del software Dialux. La distribución y selección de luminarias se desarrolló haciendo uso del software Dialux; tomando en cuenta las

características de reflexión de pisos, paredes y techos, factor de utilización, altura de la zona de trabajo, geometría de las áreas a diseñar, nivel de iluminación idóneo y el factor de mantenimiento. Estos datos fueron tomados del RETILAP capítulo 4 “diseño y cálculo de iluminación de interior “del cual se tomó los datos de las respectivas tablas que se mencionan a continuación.

Tabla 4.10.1 índice UGR máximo y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades.

Tabla 4.30.2.2.b valores de reflectancia aproximada en % para colores y textura.

Para el cálculo de las luminarias se considero la zona como un área limpia, y de mantenimiento constante.

A estas tablas se adiciona la tabla 8, referente a los índices del factor de mantenimiento del local en razón de su frecuencia de limpieza. Así mismo para los valores de reflectancia de paredes, piso y techo se uso una tabla adicional(Tabla 7) con el fin de coincidir con los valores del software Dialux.

Las características físicas de las áreas consideradas en el diseño luminotécnico se evidencian en el anexo 1, el cual contiene fotografías de cada una de las zonas de la institución educativa.

Tabla 7. Reflectancia del techo piso y paredes

Reflexión de	Color	Factor de reflexión (p)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
Paredes	Medio	0.3
	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Fuente: Jahm, 2013.

Tabla 8. Índices de factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

La tabla 9, muestra un resumen de las luminarias seleccionadas para la instalación eléctrica en el software Dialux.

Tabla 9. Resumen luminarias en Dialux, por cada zona del plantel

Zona	Cantidad	Luminaria	Potencia
Salon 1	8	Philips wt 120C G2 L1500 LCD 60 S	43 w
Salon 2	6	Philips wt 120C G2 L1500 LCD 60 S	43 w
Habitacion	1	Philips wt 120C G2 L1500 LCD 60 S	43 w
Cocina	1	Philips wt 120C G2 L1500 LCD 60 S	43 w
Baño	2	Philips wt 120C G2 L1500 LCD 60 S	43 w
Pasillo	3	Philips TCS460 2* TL5-14 W HFP M2	32 w

En los anexos 6 y 10 se presenta los cálculos realizados en el software Dialux y las respectivas fichas técnicas de las luminarias seleccionadas, cumpliendo con los lineamientos dispuestos por el RETILAP.

4.1.5.1 Cálculos manuales método de los lúmenes. Para el desarrollo de esta actividad, se realizaron los cálculos manuales necesarios para soportar los datos registrados en el software Dialux, tales como el nivel de iluminancia, los valores de reflectancia, factor de mantenimiento, altura de las zonas de trabajo, geometría del área a diseñar y los objetos que las ocupan.

Salón 1. La primera zona de diseño fue el salón uno, en la figura 10 se muestra la geometría del salón y seguidamente se muestran los cálculos del índice local, flujo luminoso y número de lámparas por luminaria, los cuales se rigen por las ecuaciones 1,2, y 3 respectivamente.

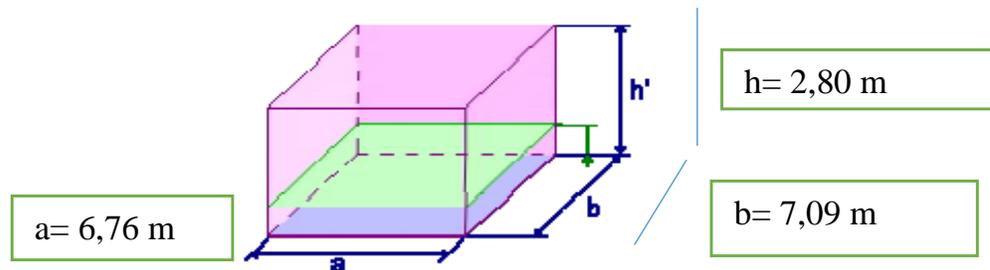


Figura 10. Geometría salón 1

$$k = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} \quad ; \text{ Ecuación 1; donde:}$$

K = índice local

a = largo

b = ancho

h = altura

La altura de trabajo para esta zona será de 1.95m, tomando como altura de las mesas de trabajo de los estudiantes 0.85 m

$$H = 2,80 \text{ m} - 0,85 \text{ m} = 1,95 \text{ m}$$

$$k = \frac{(6,76\text{m}) * (7,09\text{m})}{1,95 * (6,76\text{m} + 7,09 \text{ m})} = \frac{47,924 \text{ m}^2}{1,95(13,85\text{m})} = 1,774$$

Valores de reflectancia para el salón 1 (tomados de la Tabla 430.2.2 a)

Techo: 0,3

Paredes = 0,3

Piso: 0,1

E = 500 valor de iluminancia promedio (tomado de la Tabla 410.1.1)

El dato del factor de utilización es referenciado en base a los datos suministrados por el fabricante de la luminaria Philips, tal como se muestra la figura 11.

N: 0.66; donde N= factor de utilización

Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.47	0.45	0.46	0.45	0.44	0.37	0.36	0.31	0.35	0.31	0.29
0.80	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.46	0.45	0.40	0.44	0.39	0.37
1.00	0.67	0.62	0.65	0.63	0.61	0.53	0.52	0.47	0.51	0.46	0.44
1.25	0.75	0.69	0.73	0.70	0.68	0.61	0.59	0.54	0.58	0.53	0.50
1.50	0.81	0.74	0.79	0.76	0.72	0.66	0.64	0.60	0.63	0.59	0.55
2.00	0.91	0.81	0.88	0.84	0.80	0.74	0.72	0.68	0.70	0.67	0.63
2.50	0.97	0.86	0.94	0.89	0.84	0.79	0.77	0.73	0.75	0.72	0.68
3.00	1.02	0.89	0.98	0.93	0.87	0.83	0.81	0.77	0.78	0.76	0.72
4.00	1.07	0.93	1.04	0.97	0.91	0.88	0.85	0.82	0.83	0.80	0.76
5.00	1.11	0.95	1.07	1.00	0.94	0.91	0.88	0.85	0.85	0.83	0.79

Figura 11. Factor de utilización fabricante Philips, para luminarias de 43 w

Fuente: Philips, 2021.

Φ_t = flujo total luminoso

$$\Phi_t = \frac{E * S}{n * f_m} \text{ Ecuación 2}$$

Donde:

E = nivel de iluminación

S= área de espacio calculado

F_m = factor de mantenimiento

n = número de lámparas por luminaria

$$\Phi_t = \frac{500 * 47,9284}{0,66 * 0,8} = 45386,74 \text{ lumenes}$$

$$nl = \frac{\Phi_t}{n * \Phi_l} \text{ Ecuación 3}$$

Donde:

Φ_l = número de lúmenes de la luminaria

nl = número de luminarias

$$nl = \frac{45386,74}{6000 \text{ lm}} = 7.56 \text{ lámparas, se aproxima a 8 lámparas}$$

Para la simulación de las luminarias en el software Dialux, se seleccionó para esta primera área, la luminaria descrita en la figura 12. También se muestra en las figuras 13 y 14, la distribución de las luminarias en el interior de la zona descrita.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
			Total: 48001	Total: 48000	344.0

Figura 12. Luminaria Philips WT 120C G2 l500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes

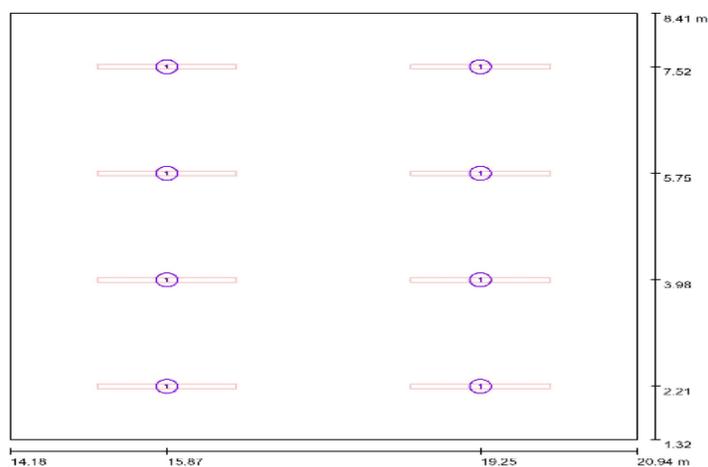
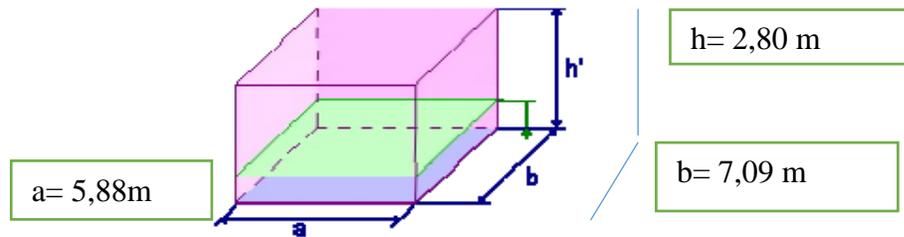


Figura 13. Distribución de luminarias salón 1



Figura 14. Distribución de luminarias en 3D salón 1

Área 2: salón 2. La segunda area a diseñar corresponde al salón dos; en la figura 15 se observa la geometría del zona en cuestión y tal como en el área 1 se muestran los cálculos del índice local, flujo luminoso y número de lamparas por luminaria.

Datos geométricos:**Figura 15. Geometría salón 2**

La altura de trabajo para esta zona será de 1.95m, tomando como altura de las mesas de trabajo de los estudiantes 0.85m

$$H = 2,80\text{ m} - 0,85\text{ m} = 1,95\text{ m}$$

$$k = \frac{(5,88) * (7,09)}{(1,95) * (5,88 + 7,09)} = 1,64$$

Valores de reflectancia (tomados de la Tabla 430.2.2 a)

Techo: 0,7

Paredes = 0,5

Piso: 0,3

E = 500, nivel de iluminación promedio (tomado de la Tabla 4.10.1)

Factor de utilización según Philips

N: 0,81

$$\Phi_t = \frac{(500) * (41,6892)}{0,81 * (0,8)} = 32167,59 \text{ lúmenes}$$

$$nl = \frac{\Phi_t}{n * \Phi_l} = \frac{32167,59}{1 * 6000 \text{ lm}} = 5.36 \text{ se aproxima a 6 lámparas}$$

Para la simulación de las luminarias en el software Dialux del salón 2, se seleccionó la luminaria descrita en la figura 16. También se muestra en las figuras 17 y 18, la distribución de las luminarias en el interior de la zona.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
			Total: 36001	Total: 36000	258.0

Figura 16. Luminaria Philips WT 120C G2 1500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes

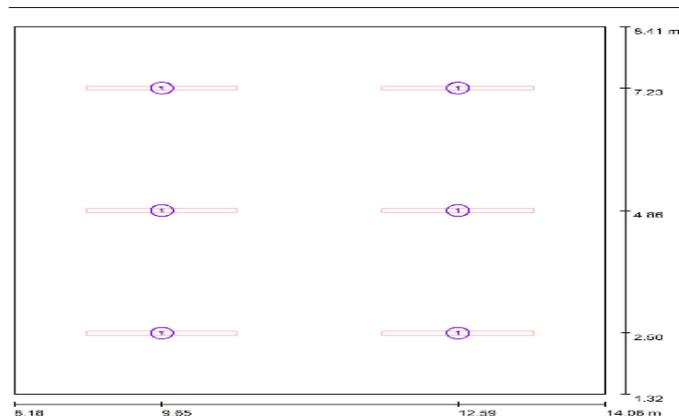


Figura 17. Distribución de luminarias en interior del salón 2



Figura 18. Distribución de luminarias en 3D -salón 2

Área 3. La tercera área de diseño lumínico, comprende la habitación del docente de la cual se conocen sus parámetros geométricos indicados en la figura 19. Se tomó como base para los cálculos, la altura de la cama, las condiciones de paredes, piso y techo e intensidad lumínica requerida.

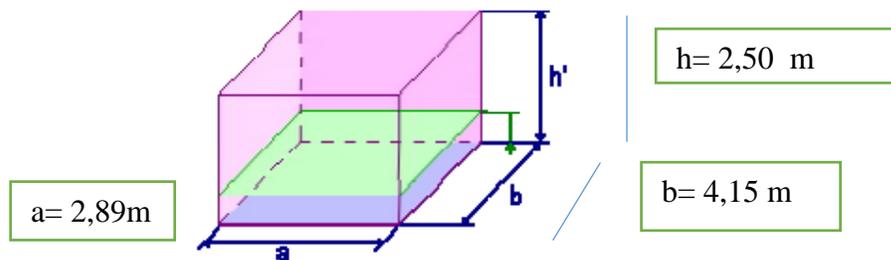


Figura 19. Geometría de la habitación

La altura de trabajo para esta zona será de 2 m, tomando como altura de los objetos 0.50m correspondientes a la altura de la cama a nivel del piso

$$k = \frac{(2,89) * (4,15)}{2 * (2,89 + 4,15)} = 0,85$$

Valores de reflectancia (tomados de la Tabla 430.2.2 a)

Techo: 0,3

Paredes = 0,3

Piso: 0,1

E= 200, nivel de iluminación (tomado de la Tabla 410.1.1)

Factor de utilización según Philips

N: 0,46

$$\Phi_t = \frac{200 * (2,89 * 4,15)}{0,46 * (0,8)} = 6518,20 \text{ lumenes}$$

$$nl = \frac{6518,20}{1 * 6000} = 1,08 \text{ lámparas}$$

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
			Total: 6000	Total: 6000	43.0

Figura 20. Luminaria Philips WT 120C G2 l500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes

En las figuras 20, 21 y 22, se muestra la selección, y distribución de luminarias en 2D y 3D en el software Dialux

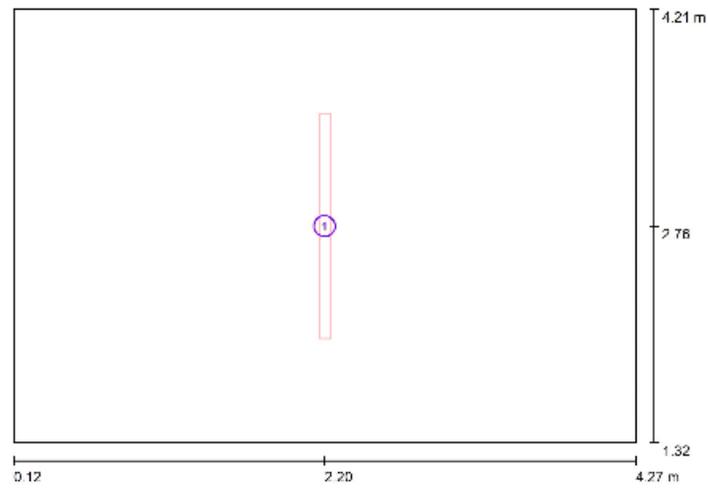


Figura 21. Distribución de luminarias en la habitación



Figura 22. Distribución de luminarias en 3D –habitación

Área 4. Se consideró como cuarta área de trabajo, los baños del plantel educativo; en las figuras 23, 24, 25 y 26, se muestran la geometría del lugar, la selección de la luminaria, la

distribución en el interior de los baños tanto en 2D como en 3D respectivamente.

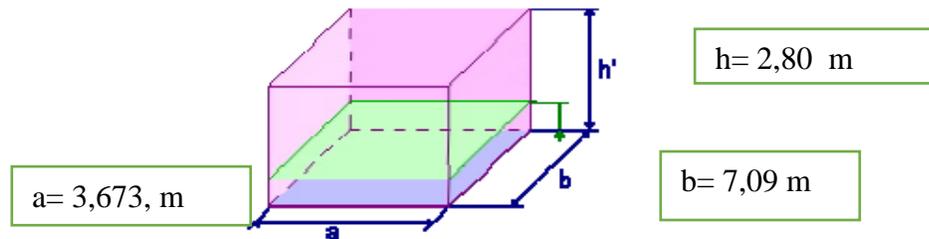


Figura 23. Geometría de los baños

La altura de trabajo para esta zona será de 2,30 m, tomando como altura de los objetos 0.50 m correspondientes a la altura del inodoro a nivel del piso

$$k = \frac{(3,67) * (7,09)}{2,30 * (3,67 + 7,09)} = 1,05$$

Valores de reflectancia (tomados de la Tabla 430.2.2 a)

Techo: 0,5

Paredes = 0,3

Piso: 0,1

E= 150 = nivel de iluminación (tomados de la Tabla 410.1.1)

N: 0,53 interpolando

$$\Phi_t = \frac{150 * (3,67 * 7,09)}{0,53 * (0,8)} = 9205,29 \text{ lumenes}$$

$$nl = \frac{9205,29}{1 * 6000} = 1,53 \text{ se aproxima a 2 lámparas}$$

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
			Total: 12000	Total: 12000	86.0

Figura 24. Luminaria Philips WT 120C G2 l500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes

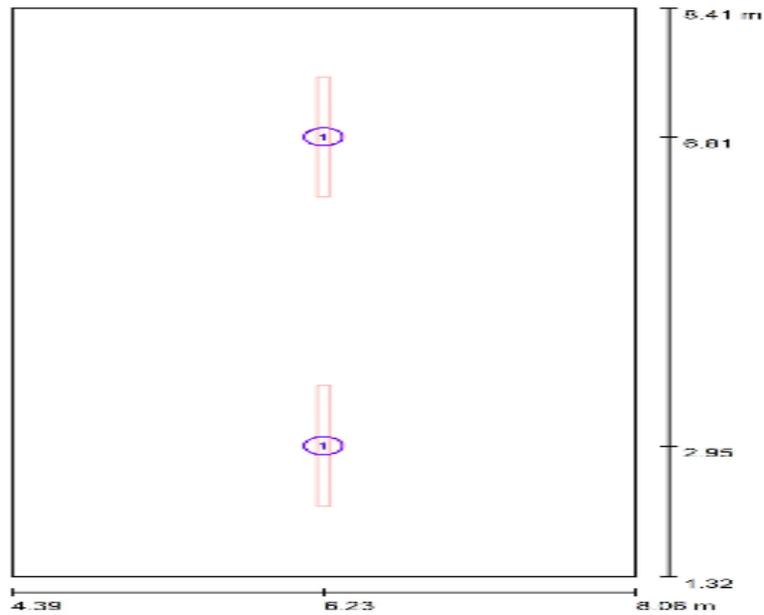


Figura 25. Distribución de luminarias en los baños

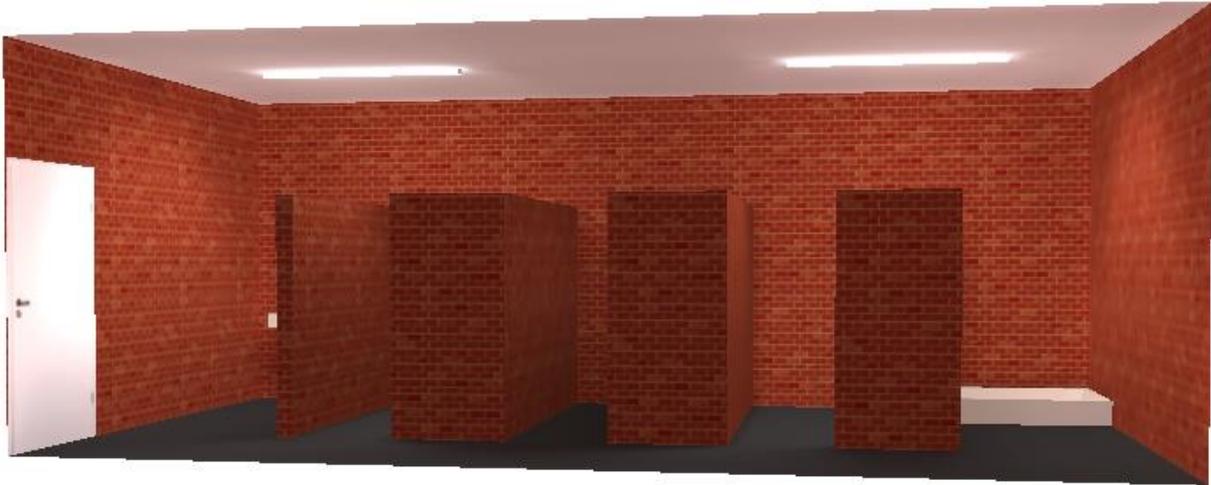


Figura 26. Distribución de luminarias en 3D –baños

Área 5. El área cinco corresponde a la cocina, en las figuras 27, 28, 29 y 30, se muestran la geometría del lugar, la selección de la luminaria, la distribución en el interior de los baños tanto en 2D como en 3D respectivamente.

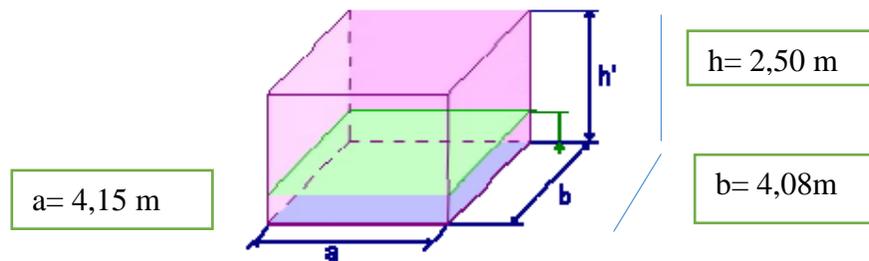


Figura 27. Geometría de la cocina

La altura de trabajo para esta zona será de 1.60 m, tomando como altura marginal del planchón 0.90 m

$$H \text{ definitiva} = 2,50 \text{ m} - 0,90 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

$$k = \frac{(4,15) * (4,08)}{1,6 * (4,15 + 4,08)} = 1,2858$$

Valores de reflectancia (tomados de la Tabla 430.2.2 a)

Techo: 0,5

Paredes = 0,3

Piso: 0,1

E= 200 = nivel de iluminación (tomados de la Tabla 410.1.1)

- N: 0,59

$$\Phi_t = \frac{200 * (4,15 * 4,08)}{0,59 * (0,8)} = 7174,57 \text{ lumenes}$$

$$nl = \frac{7174,57}{1 * 6000} = 1,19 \text{ lámparas}$$

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
			Total: 6000	Total: 6000	43.0

Figura 28. Luminaria Philips WT 120C G2 1500 Led60s, de potencia 43 w, con 6000 lúmenes

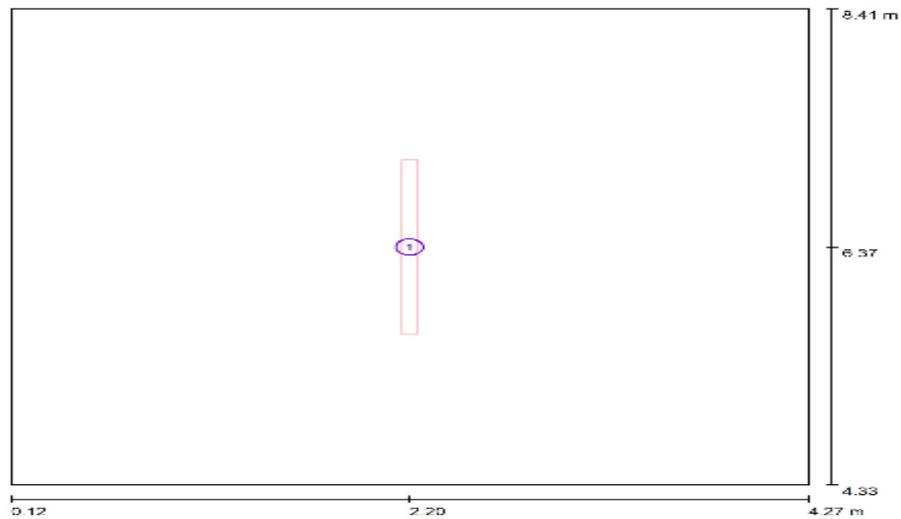


Figura 29. Distribución de luminarias en la cocina

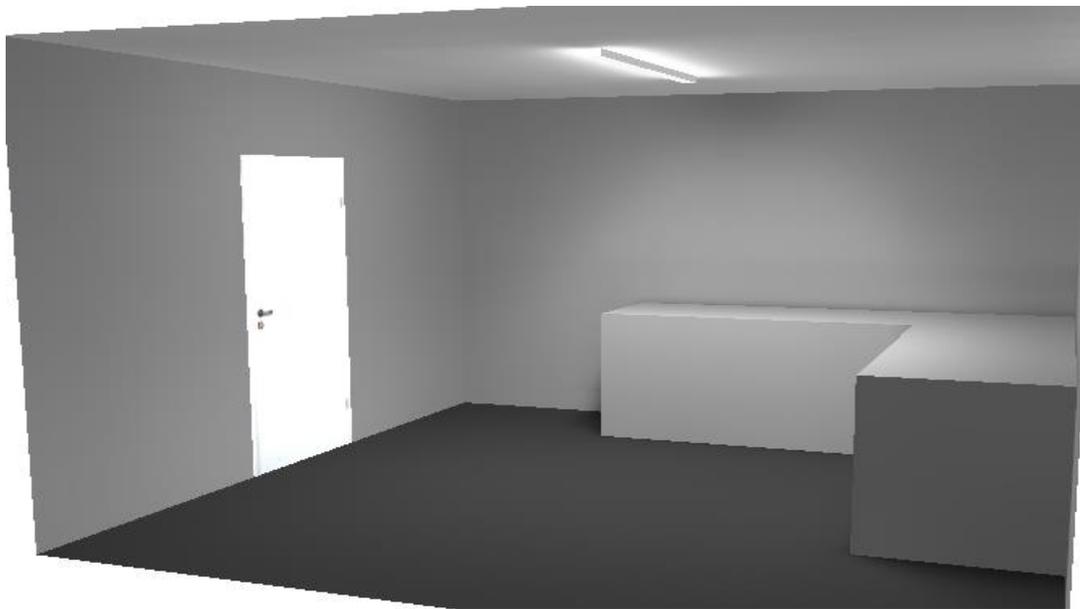


Figura 30. Distribución de luminarias en 3D –cocina

Área 6. Como ultima área, se tiene los pasillos del plantel educativo; en las figuras 31, 32, 33,34 y 35, se muestran la geometría del lugar, la selección de la luminaria, factor de utilización de Philips para luminarias de 32 W, la distribución en el interior de los baños tanto en 2D como

en 3D, respectivamente.

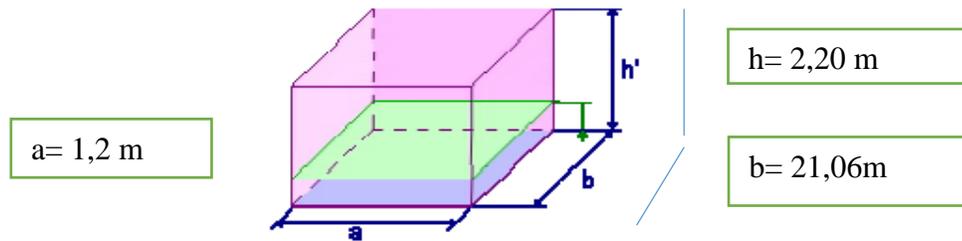


Figura 31. Geometría de los pasillos

$$k = \frac{(21,06) * (1,2)}{2,20 * (21,06 + 1,2)} = 0,51$$

Valores de reflectancia (tomados de la tabla Tabla 430.2.2 a)

Techo: 0,7

Paredes = 0,5

Piso: 0,3

E= 100 = nivel de iluminación (tomados de la tabla Tabla 410.1.1)

N: 0,41 según Philips para la lámpara de 32 w

$$\Phi_t = \frac{100 * (21,06 * 1,2)}{0,41 * (0,8)} = 7704,87 \text{ lumenes}$$

$$nl = \frac{7704,87}{1 * 6000 \text{ lm}} = 3,08 \text{ lámparas}$$

Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.41	0.40	0.39	0.35	0.34	0.31	0.34	0.31	0.30
0.80	0.49	0.46	0.49	0.47	0.46	0.41	0.41	0.38	0.41	0.38	0.37
1.00	0.56	0.52	0.55	0.53	0.51	0.47	0.46	0.44	0.46	0.43	0.42
1.25	0.61	0.56	0.60	0.58	0.56	0.52	0.51	0.49	0.51	0.48	0.47
1.50	0.66	0.60	0.64	0.62	0.59	0.56	0.55	0.52	0.54	0.52	0.51
2.00	0.72	0.64	0.70	0.67	0.64	0.61	0.60	0.58	0.59	0.57	0.56
2.50	0.76	0.67	0.74	0.70	0.66	0.64	0.63	0.61	0.62	0.61	0.59
3.00	0.79	0.69	0.77	0.72	0.68	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.61
4.00	0.82	0.71	0.80	0.75	0.70	0.69	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64
5.00	0.84	0.72	0.81	0.76	0.71	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67	0.65

Figura 32. Factor de utilización para luminarias Philips de 32 w

Fuente: Philips, 2021.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS TCS460 2xTL5-14W HFP M2 (1.000)	1704	2400	32.0
			Total: 5112	Total: 7200	96.0

Figura 33. Luminaria Philips TCS460 2XTL5-14W HFP M2, de potencia 32 w, con 1704 lúmenes

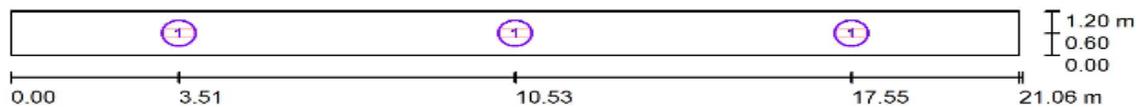


Figura 34. Distribución de luminarias pasillo

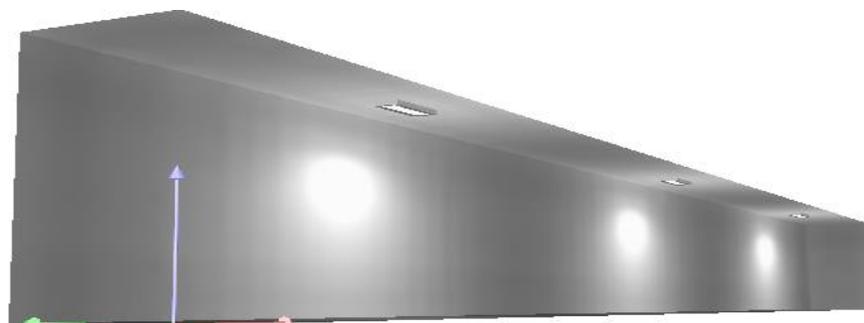


Figura 35. Distribución de luminarias en 3D –pasillos

4.1.6 Ubicación de los tomacorrientes. De acuerdo con la norma NTC 2050 los puntos de tomacorriente se deben ubicar de tal manera que ningún punto a lo largo de la pared, esté a más de 1.8 m de cualquier tomacorriente en tal espacio de pared, entendiendo por espacio de pared a toda línea de pared continua de 0.6m o más de largo; en la figura 36 se expone la distribución de los tomacorrientes. La cantidad de tomacorrientes por espacio fue seleccionada a criterio de las necesidades presentes en cada área del plantel educativo.

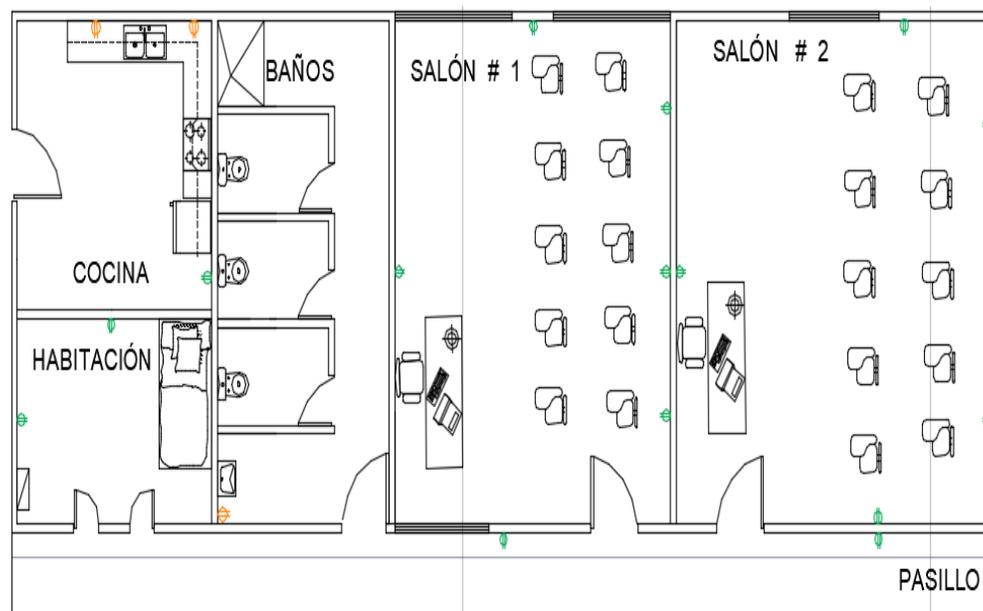


Figura 36. Ubicación de tomacorrientes, en software AUTOCAD

Posteriormente a la asignación de los puntos de tomacorrientes y cálculos de luminarias realizados en el software Dialux, se asignaron los espacios a ocupar por los interruptores de tal modo que cumplan con la normativa RETIE. Con relación a lo anterior la figura 37, exhibe la distribución final de los tomacorrientes, luminarias e interruptores.

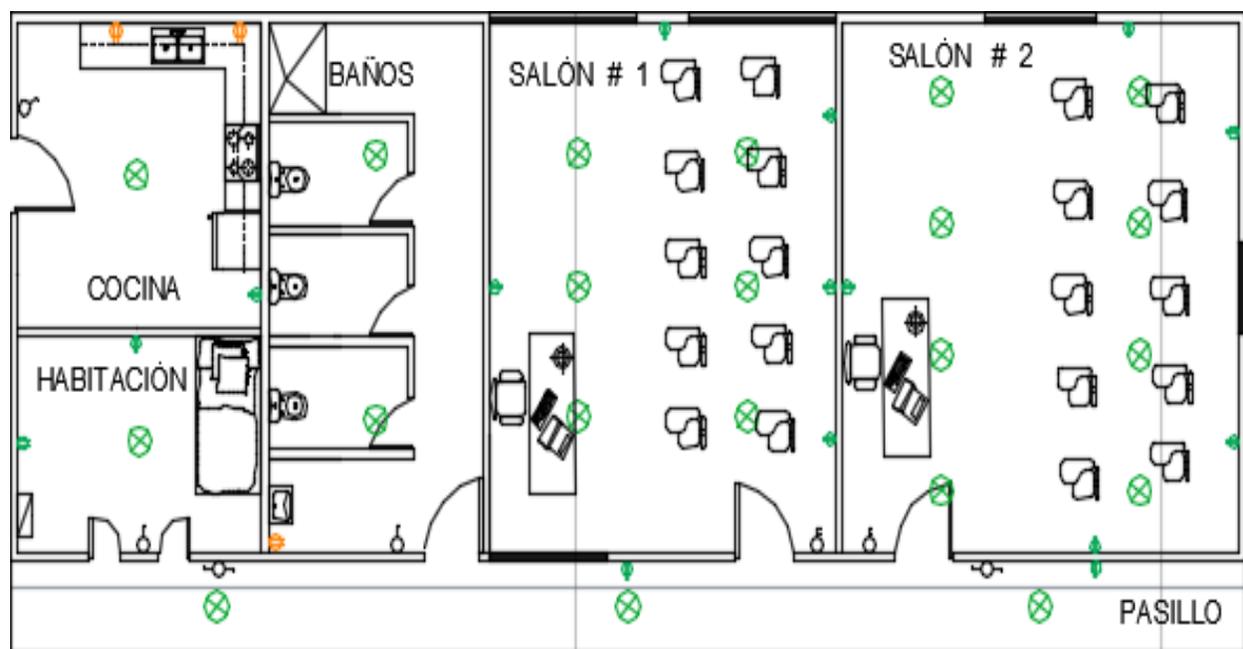


Figura 37. Distribución de toma corrientes, luminarias e interruptores en software AUTOCAD

4.1.7 Coordinación de protecciones. Protección de instalaciones internas. Las protecciones de las instalaciones internas fueron seleccionadas de acuerdo al diseño del tablero general, como se muestra en la tabla 10, mediante el cuadro de cargas de la institución

Tabla 10. Cuadro de cargas de la institución educativa

Circuito	Descripción	Tc	W	Led	Led	Gfci	Total, w fase r	Total, fase s	Fp	I (r)	I (s)	Calibre	Protección
1—2	Iluminación 220 v			43 10	32		215	215	1	0.97	0.97	12	2*15 ^a
3—4	Iluminación 220 v			8			172	172	1	0.78	0.78	12	2*15 ^a
5—6	Iluminación 220 v				3		48	48	1	0.218	0.218	12	2*15 ^a
7	Pequeños artefactos		350			2		700	1		6.36	12	1*15 ^a
8	Baño		1000			1	1000		1	9.09		12	1*15 ^a
9	Nevera	1	200				200		1	1.66		12	1*15 ^a
10	Alcobas- pasillos	4	200					800	1		6.66	12	1*15 ^a
11	Salón 1	5	200				1000		1	8.33		12	1*15 ^a
12	Salon2	5	200					1000	1		8.33	12	1*15 ^a
13	Reserva												
14	Reserva												
15	Reserva												
16	Reserva												
							2635	2935	1	25,31		8	2*30 ^a

4.1.8 Distribución de los conductores. La figura 38, muestra una visión detallada de la distribución de suministro eléctrico en el plantel, ubicando y señalizando los conductores en el plano. De acuerdo con la capacidad de corriente a soportar por los conductores, para la distribución interna se seleccionó un calibre 12 AWG. El conductor a utilizar a las salidas del tablero será THHN No. 8 AWG, THHN 90°C, Según Norma NTC- 1332, UL-83, protegido con tubo PVC de 1”.

Por cada salón se dispuso un interruptor doble y cinco tomacorrientes dobles; la cantidad de los mismos fue tomada a criterio del diseñador teniendo en cuenta las necesidades del plantel. para la zona de los baños se dispuso un interruptor sencillo y un tomacorriente gfci. En el caso de la cocina se asignó un total de 3 tomacorriente; dos gfci ubicados en la zona del lavado y un tomacorriente doble para la nevera. En la habitación se uso un interruptor sencillo y dos tomacorrientes dobles acatando la norma y ubicandolos a 1.80 m de separacion el uno del otro. Finalmente para la zona del pasillo se asignaron dos interruptores conmutables sencillos con el fin de apagar las luces desde dos puntos diferentes y se utilizarón dos tomacorrientes dobles.

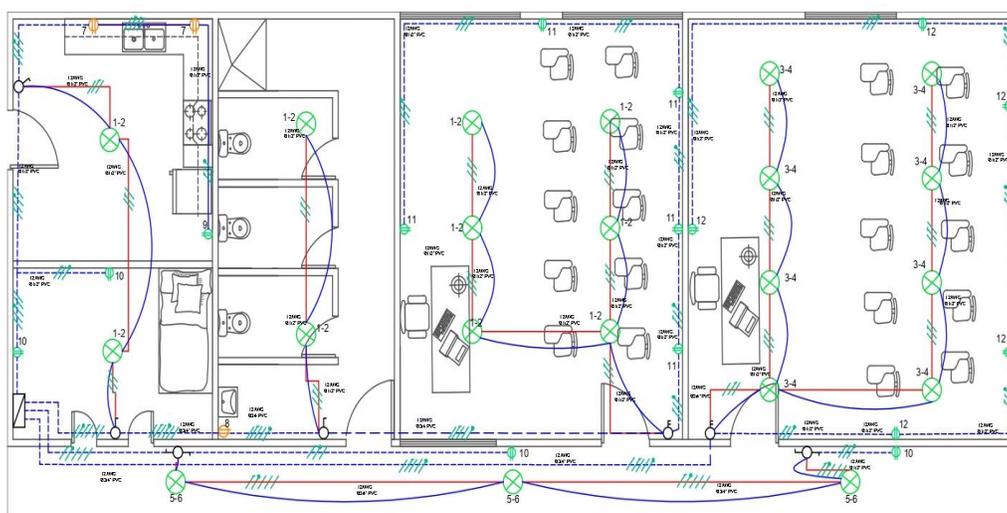


Figura 38. Distribución eléctrica interna de la institución

4.1.9 Sistema de Puesta a Tierra. Todo SFV debe disponer de sistema de puesta a tierra y apantallamiento para proteger el sistema y la estructura de los riesgos eléctricos. Se debe instalar un pararrayos tipo franklin puesto a tierra mediante cable y una varilla de cobre enterrada; igualmente se pondrán a tierra los paneles, el tablero eléctrico y toda la instalación. Puesto que no se realizaron visitas a la zona, no se pudo obtener los datos de resistividad del terreno, corriente de falla u otros necesarios para un diseño práctico y manual, De tal forma se propuso un sistema de puesta a tierra básico, el cual comprende una caja de 30x30 cm con una varilla de puesta a tierra de 5/8 x2,40 m ubicada en el tablero eléctrico colocando a tierra la instalación, también se dispuso colocar una caja de 30x30 cm junto a los paneles solares con el fin de aterrizar a tierra toda la estructura metálica, acatando con lo establecido en la RETIE.

5. Criterios y Cálculos para el Dimensionamiento del Sistema de Generación Fotovoltaico

Este capítulo abarca los principales criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de cada componente del sistema fotovoltaico aislado, así mismo sus respectivos cálculos para la selección de los componentes y sus debidas protecciones. Además, se realizaron los esquemas de conexiones, diagramas unifilares, y simulación de sombras en el software Revit; los cuales se detallarán en el desarrollo de este capítulo.

5.1 Recopilación de Información de Radiación solar en el Municipio de Abrego

La recopilación de la información sobre este recurso provino de los datos históricos reportados por el IDEAM, y los suministrados por ENERGIE la cual es una consultora y suministradora en el ámbito de energías renovables con enfoque en los mercados energéticos de Latinoamérica. Además, se realizó una simulación mediante el software de la empresa CCEEA, por medio del cual se registraron los datos de radiación a la inclinación de la latitud de la zona, cuyo dato suministro el valor de las horas solares pico.

En la figura 39 se muestra un histórico de los antecedentes de radiación solar promedio registrados por ENERGIE en el municipio de Abrego, cabe resaltar que estos datos fueron tomados de la única estación de estudio presente en el municipio, por tanto, sus datos son a nivel global de la zona.

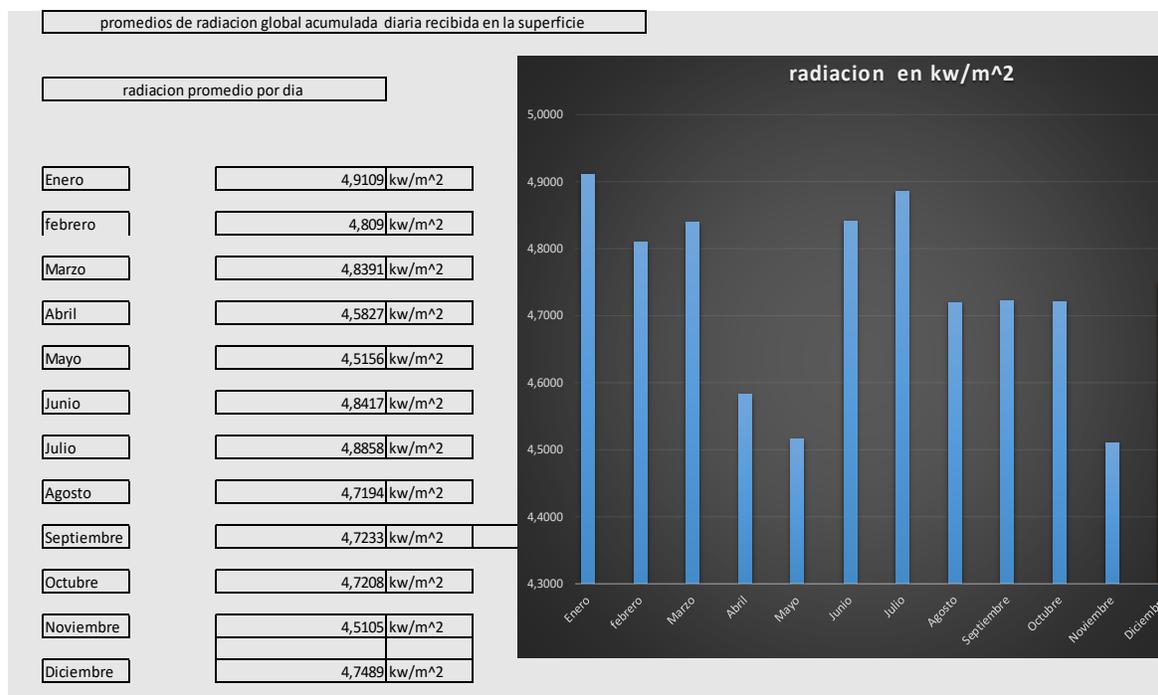


Figura 39. Irradiación global acumulada diaria según ENERGIE

Fuente: Energie, 2020.

En la figura 40 se observan los promedios mensuales de radiación global media en el municipio de Abrego, estos antecedentes de radiación fueron tomados del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia en su versión más reciente (año 2017) elaborado entre el IDEAM(instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales) institución pública de apoyo técnico y científico al sistema nacional, ambiental, suministra información confiable, consistente y oportuna sobre el estado y las dinámicas de los recursos naturales y del medio ambiente; la UPME(unidad de planeación minero energética), unidad administrativa especial del orden nacional, de carácter técnico, adscrita al ministerio de minas y energía que planea en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energético; y la fundación universitaria

con el apoyo de Colciencias.

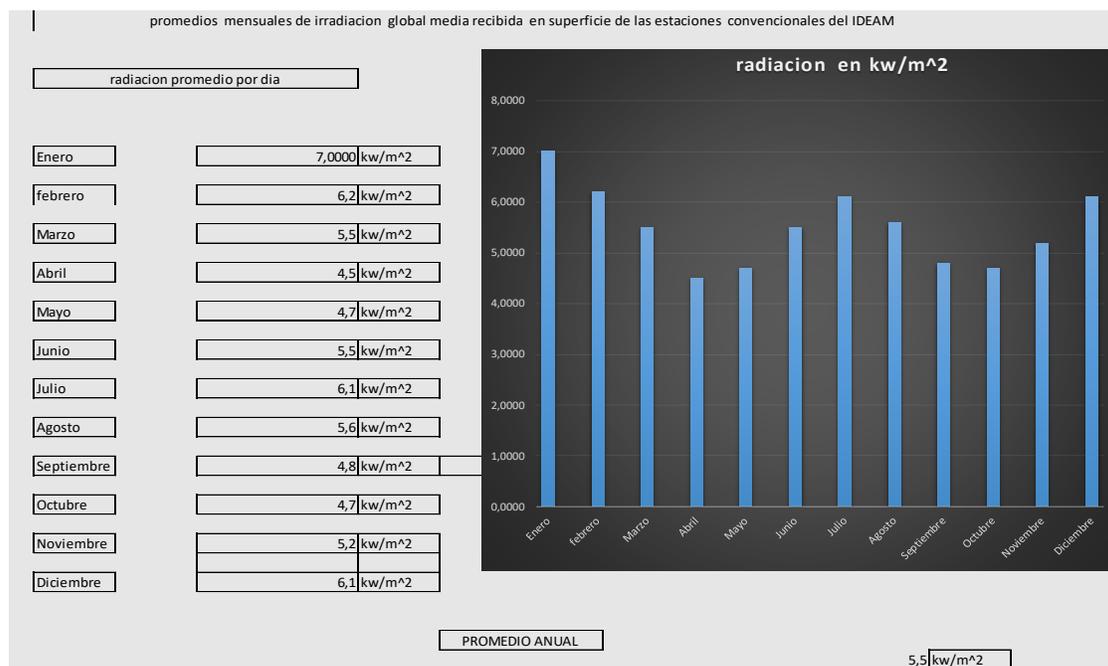


Figura 40. Promedios mensuales de radiación global media recibida en las superficies de las estaciones convencionales del IDEAM

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2021.

Finalmente, la figura 41 registra los datos tomados de la plataforma de la empresa CCEEA; por medio de la cual se obtuvo datos de irradiación solar con mayor precisión, ya que fueron tomados a la latitud del lugar, la cual será el ángulo óptimo de inclinación de los paneles solares. También se obtuvo una curva de las horas solares pico a la latitud del lugar tal como se observa en la figura 42. Se resalta que los paneles estarán inclinados en esa posición para obtener un mayor aprovechamiento del recurso energético.

8.2630,-73.0716	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
Difusa	1,56	2,08	1,86	1,62	2,02	1,86	2,13	2,32	2,23	2,12	2,06	2,17	2,21
Directa	6,47	4,05	4,55	5,62	4,83	5,66	4,94	3,95	3,94	4,56	5,14	4,79	4,28
Ángulo HORIZONTAL	5,53	5,3	5,5	5,04	4,89	5,14	5,51	5,45	5,17	4,78	4,69	5,01	5,17
Ángulo LATITUDE	5,9	5,5	5,56	4,97	4,73	4,92	5,28	5,32	5,17	4,9	4,92	5,36	5,21
Ángulo LAT_MINUS15	5,18	5,09	5,4	5,04	4,95	5,25	5,62	5,49	5,12	4,64	4,46	4,69	5,08
Ángulo LAT_PLUS15	6,3	5,63	5,45	4,67	4,29	4,34	4,68	4,89	4,98	4,92	5,13	5,76	5,09
Ángulo VERTICAL	4,07	2,97	2,19	1,55	1,44	1,4	1,37	1,46	1,76	2,46	3,11	3,85	2,3
Rad opt	6,38	5,63	5,56	5,04	4,97	5,33	5,69	5,49	5,18	4,94	5,15	5,85	5,43
Ang opt	33,5	22,5	10	3,5	13	18	16,5	8	4,5	17	28,5	35	7,5

Figura 41. Irradiación mensual a diferentes ángulos

Fuente: Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas, 2021.



Figura 42. Horas solares pico con un Angulo de inclinación de 8.25 grados

Fuente: Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas, 2021.

5.2 Consumo Eléctrico de la Instalación

El consumo eléctrico es la energía eléctrica demandada durante un tiempo dado; equivale a la potencia eléctrica aplicada durante un periodo de tiempo a un equipo o artefacto eléctrico para su funcionamiento. La energía que consume un equipo se da en kilovatios –hora (KWH), y se obtiene de la operación de multiplicar la potencia que demanda el equipo por la cantidad de horas de uso, este cálculo se puede observar en la tabla 11, donde se registran los consumos diarios de

los elementos.

$$EI = PI * Ti; \text{ ecuación 4}$$

Donde:

EI = Consumo de energía eléctrica del equipo (carga), en KWH

Pi = potencia requerida por el equipo en KW

Ti = tiempo de funcionamiento del equipo en horas

La energía total consumida por un conjunto de equipos, es la suma del consumo de cada artefacto durante su periodo de funcionamiento; este dato se representa en una tasa de consumo diaria o mensual. Se calcula de la siguiente forma:

$$\sum i = E1 + E2 + E3 + E4 + E5 \dots ; \text{ Ecuación 5}$$

Donde:

$\sum i$ = consumo eléctrico en kWh, día o mes

E1, E2, E3, E4. = Consumo eléctrico en kWh de cada equipo de manera individual

Anteriormente se realizó un estudio del consumo de energía necesario para la institución educativa en base a los equipos de los cuales dispone la institución, además del consumo generado por las luminarias y tomacorrientes, los cuales se incluyen en el análisis por ser el sistema de tipo aislado, se deben considerar todos los consumos requeridos por el plantel.

Tabla 11. Consumo promedio del sistema fotovoltaico para la institución educativa la vega del tigre

Descripción Del Equipo	Número de equipos	Potencia (w)	Tiempo de uso H/ diarias	Consumo diario Wh/ día	Tiempo uso al mes Horas / mes	Demanda máxima (w)
Computadores	5	150	2	1.500	230	750
Internet (router+ codificador)	1	10	6	60	138	10
Nevera	1	150	24	3.600	552	150
Luces (salón 1+salon2)	14	43	6	3.612	1.932	602
Luces (baño)	2	43	2	172	92	86
Luces (alcoba +cocina)	2	43	2	172	92	86
Luces pasillo	3	32	2	192	138	96
Tomas eléctricas (salón 1+salón 2+alcoba+pasillos)	15	200	6	18.000	2.070	3.000
Tomas eléctricas (cocina)	2	350	1	700	46	700
Tomas especiales (baño)	1	1.000	1	1.000	23	1.000
Total			52	29.008	5.313	6.480

Los cálculos realizados para obtener la información suministrada en la tabla, fueron:

Consumo eléctrico total: se multiplicó la potencia (w) por el tiempo de uso de cada equipo, y posteriormente se multiplicó por la cantidad de equipos, de tal forma se obtiene una carga diaria de 29.008 Wh / día.

Tiempo de uso al mes: se multiplicó el tiempo de uso de cada uno por la cantidad de cada equipo, calculando el total de horas de funcionamiento al día de cada uno de los equipos, posteriormente se multiplicó por 23 días/ mes, obteniendo el total de tiempo de uso de 5313 horas / mes.

5.3 Cálculo y Selección de los Componentes del Sistema Fotovoltaico

Este sub ítem describe detalladamente la selección de cada componente en base a sus características eléctricas, y criterios de diseño, cada elemento se seleccionó comercialmente con las características más cercanas a los cálculos dados.

5.3.1 Módulos fotovoltaicos. Para seleccionar un modelo comercial y calcular el número de paneles es necesario conocer cuál es la energía necesaria diaria a producir, también se deben conocer las condiciones de radiación de cada mes y el criterio para dimensionarla.

La energía necesaria y las condiciones de radiación mensual ya son conocidas, y han sido calculadas y analizadas previamente en los ítems anteriores.

Los criterios para dimensionar la instalación fotovoltaica fueron los siguientes:

Se consideró la radiación del mes menos favorable, es decir el mes con menor radiación, con el fin de dimensionar el sistema para que pueda trabajar en las peores condiciones posibles.

Se debe conocer cuál va a ser la tensión fijada para la instalación, lo habitual es trabajar con 12 v, 24v o 48v, dependiendo de la potencia total. Para este diseño se fijó una tensión de 48 v, en base al siguiente criterio de potencia, tomado del webinar impartido por solar center, de la presentación del ingeniero Alejandro perteneciente a esta empresa:

De 1 a 2000 Wh, de consumo diario se recomienda hacer el sistema a 12 v.

De 2001 Wh a 4000 Wh de consumo diario se recomienda hacer el sistema a 24 v.

De 4001 Wh en adelante se recomienda hacer el sistema a 48 v.

Por último, se verifico si el número de placas y la configuración de estas, son admisible por un solo regulador de carga o si se requerirían más.

Con base en la información anterior y los datos de radiación energética recopilados, se calculó la energía necesaria que deberá suministrar el arreglo fotovoltaico. Para el requerimiento de la energía se proyectó un factor de seguridad del 20 %, con el fin de abastecer la demanda solicitada y dar paso a un posible aumento del consumo a futuro, o compensar pérdidas en los paneles.

Consumo diario = 29.008 Wh

Energía esperada a entregar por el sistema al día = $29.008 * 1,20 = 34809,6$ Wh / día

Potencia fotovoltaica = $\frac{\text{consumo diario}}{\text{hsp minimo}}$; ecuación 6

Potencia fotovoltaica = $\frac{34809,6 \text{ wh-día}}{4,73 \text{ hsp}} = 7359,32 \text{ w}$

Las horas solares pico mínimas registradas a una inclinación de 8,2506 equivalen a 4,73 hsp; se seleccionó un panel con una potencia de 400w

Numero de paneles =

$\frac{\text{potencia fotovoltaica requerida}}{\text{potencia del panel}}$; ecuación 7

$\text{numero de paneles} = \frac{7359,32}{400 \text{ w}} = 18,39 == 19$

El número requerido de paneles para suministrar la potencia necesaria es de 19 paneles, a continuación, la figura 43 muestra la ficha técnica del panel seleccionado

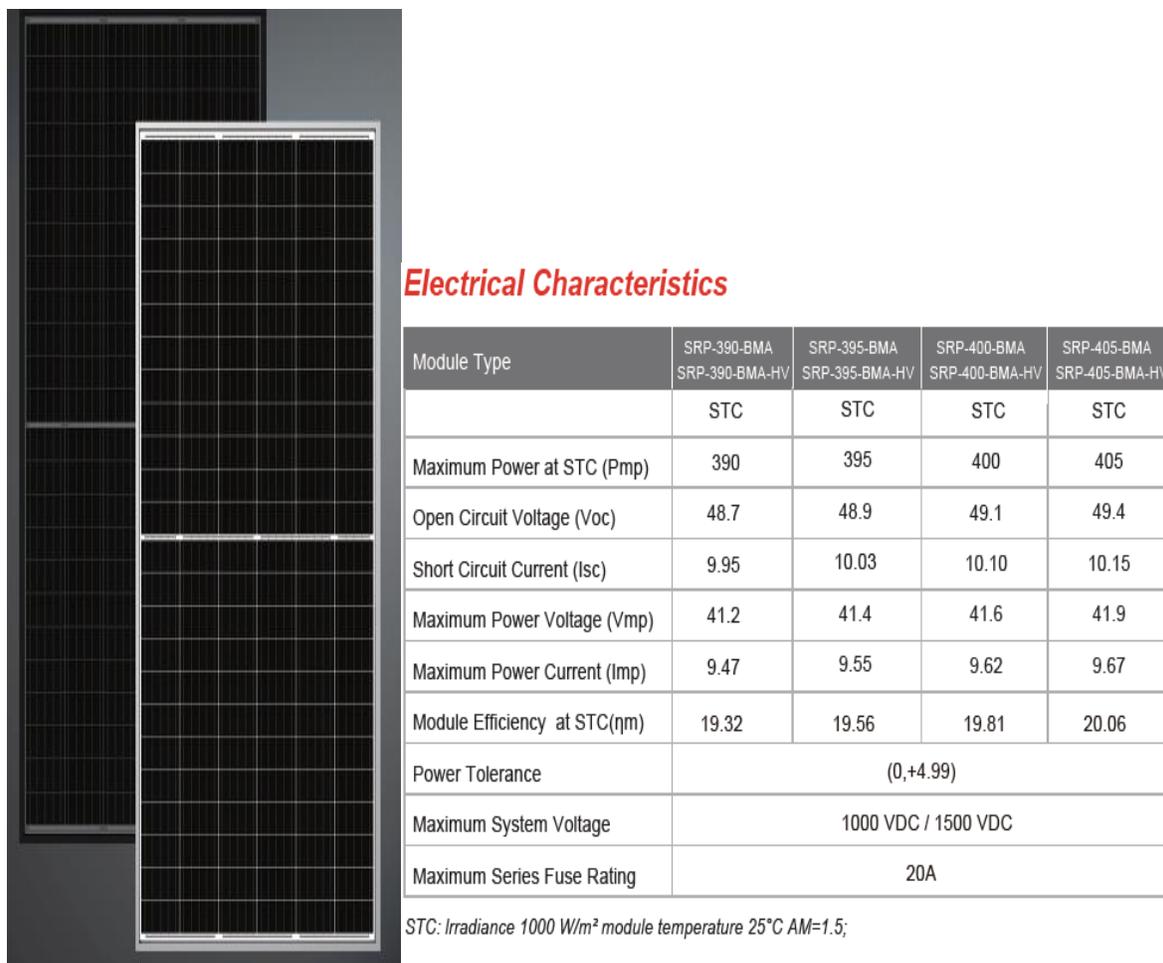


Figura 43. Ficha técnica, Panel solar SRP 400 BMA

Fuente: DSP Solar, 2017.

Con base en las características suministradas por el fabricante, se tomaron para el diseño los valores de ISC, y VOC, Con el fin de verificar la configuración propuesta.

5.3.2 Asociación en Serie. Para conocer la cantidad de paneles que se pueden asociar en serie, es necesario conocer los valores de tensión admisibles por el regulador conectado a la

salida de los paneles. Por medio de la configuración serie se consigue mantener la intensidad del String (la cual es la Imp de un panel) y aumentar la tensión del String, ya que esta asociación es un sumador de tensiones; se va sumando la tensión máxima de cada panel para determinar la tensión total del String.

$$\text{Numero de paneles en serie} = \frac{v_{\text{max entrada del inversor}}}{v_{\text{oc panel}}}; \text{ecuación 8}$$

5.3.3 Asociación en Paralelo. Mediante la conexión en paralelo de los paneles o String se consigue aumentar la intensidad del campo fotovoltaico manteniendo la tensión, se va sumando la intensidad de cada panel o String (imp del panel) para determinar la intensidad del conjunto total.

De igual forma como ocurre con la tensión, los reguladores son diseñados para admitir un máximo de corriente, por tal razón para conocer la cantidad de paneles que se pueden asociar en paralelo o serie se hace necesario conocer las características del controlador seleccionado.

$$\text{Número de paneles en paralelo} = \frac{\text{número de paneles totales}}{\text{número de paneles en serie}} \quad \text{Ecuacion 9}$$

5.4 Inversor – Controlador

Con el fin de utilizar al máximo el recurso energético solar y optimizar costos se seleccionó un inversor – controlador que cumpla con las características técnicas necesarias; los criterios de selección para este equipo fueron los siguientes:

La tensión de alimentación fijada, la cual es de 48 voltios

Potencia fotovoltaica máxima soportada por el controlador

Demanda máxima

Eficiencia del inversor

Criterio de dimensionamiento de la demanda máxima en un 25% para estimar un consumo superior

Voltaje de salida de las cargas = 220 voltios ya que las luminarias manejan este nivel de tensión

Máxima entrada de voltaje en DC, del controlador

Máxima corriente soportada por el controlador

Demanda máxima = 6.480 w

Demanda máxima estimada en un 25% = $6.480 \text{ w} * 1.25 = 8100 \text{ w}$

La figura 44, muestra el inversor -controlador seleccionado comercialmente, para la carga de 8100w el inversor más cercano encontrado en el mercado fue el Gro Watt 12000 T DVM; en la figura 45 se observan las características eléctricas del inversor y sus capacidades.



Figura 44. Inversor Gro Watt 12000 T DVM

Fuente: GROWATT, 2020.

Datasheet	SPF 4000T DVM	SPF 5000T DVM	SPF 6000T DVM	SPF 8000T DVM	SPF 10000T DVM	SPF 12000T DVM
Battery Voltage	48VDC					
Battery Type	Lithium/Lead-acid					
INVERTER OUTPUT						
Rated Power	4KW	5KW	6KW	8KW	10KW	12KW
Surge Rating	12KW	15KW	18KW	24KW	30KW	36KW
Waveform	Pure sine wave/ same as input (bypass mode)					
Nominal Output Voltage RMS	104-110-115-120/208-220-230-240VAC(optional)					
Output Frequency	50Hz/60Hz ± 0.3 Hz					
Inverter Efficiency(peak)	>85%					
Transfer Time	10ms(max)					
SOLAR CHARGER						
Maximum PV Charge Current	80A			120A		
Maximum PV Array Power	5000W			7000W		
Number of independent MPPT trackers/ strings per MPPT tracker	1/1			1/1		
MPPT Range @ Operating Voltage(VDC)	60-145VDC			60-145VDC		
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	150VDC			150VDC		
Maximum Efficiency	>98%			>98%		

Figura 45. Inversor Gro Watt 12000 T DVM – Ficha técnica

Fuente: GROWATT, 2020.

Una vez seleccionado el inversor -controlador, se procedió a realizar los cálculos de las asociaciones en serie-paralelo y verificar su admisibilidad en relación con las características técnicas del controlador. Estos cálculos se realizaron en base a las ecuaciones 8 y 9

$$\text{número de paneles en serie} = \frac{150}{49,1} = 3,054 = 3$$

$$\text{número de paneles en paralelo} = \frac{19}{3} = 6,33 = 7$$

Tensión máxima del campo fotovoltaico =

$$V = v_{oc} \times \text{número de paneles en serie ; ecuacion 10}$$

$$\text{Tensión máxima del campo fotovoltaico} = V = 49,1v \times 3 = 147,3 v$$

Intensidad máxima del campo fotovoltaico =

$$I = I_{sc} \times \text{número paneles en paralelo; ecuación 11}$$

$$\text{Intensidad máxima del campo fotovoltaico} = I = 10,10 \times 7 = 70,7A$$

Potencia total = paneles en serie x paneles en paralelo x potencia del panel ; ecuación 12

$$\text{Potencia total} = 7 \times 3 \times 400 w = 8400 w$$

Debido a que la potencia fotovoltaica máxima que puede soportar el controlador es de 7000 w y la potencia a suministrar es de 7359 w, se procedió a realizar un reajuste en la configuración serie -paralelo, distribuyendo de tal manera la potencia restante en un controlador adicional.

5.4.1 Ajustes de la Configuración Serie –Paralelo. Como se muestra a continuación:

1 arreglo – inversor –controlador

Se ajusta el arreglo reduciendo en una unidad el valor de los paneles en serie, de tal modo que para un primer arreglo se optó por una configuración de 7 filas de 2 paneles en serie, en conclusión, para el primer controlador se conectaron 14 paneles en total.

Potencia generada = número de paneles * potencia del panel; ecuación 13

Potencia generada = $14 * 400w = 5600 w$

Potencia restante a generar = $7359,32 w - 5600 w = 1756,32 w$

Controlador 2

El segundo controlador deberá cubrir la demanda equivalente a 1756,32 w, cumpliendo con las mismas características del controlador 1, en cuestión de rangos de voltaje máximo, y corriente máxima permitida. La figura 46 muestra el controlador seleccionado y en la figura 47 se detallan sus características eléctricas y sus capacidades máximas y mínimas.



Figura 46. Controlador de carga Smart solar MPPT 150/ 60 TR

Fuente: Victron Energy, 2021.

Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)		70A (máx. 30A por conector MC4)		
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A		Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

Figura 47. Controlador de carga Smart solar MPPT 150/60 TR –ficha técnica

Fuente: Victron Energy, 2021.

Arreglo Hacia el controlador 2

En base a que la cantidad total de paneles solares es de 19, y que el primer controlador cubre la demanda de 14 paneles, para el segundo controlador se dispuso un total de 5 paneles, cuyo valor se ajustó de acuerdo a las fórmulas de las configuraciones

$$\text{Numero paneles en serie} = 150 / 49.1 = 3.054 \approx 3$$

$$\text{Numero de paneles en paralelo} = 5/3 = 1.66 \approx 2$$

$$\text{Número total de paneles} = 2*3 = 6$$

Para el segundo controlador se determinó un total de 6 paneles, en una configuración de 2 filas de 3 paneles en serie. Ahora bien, en base a estos se realizó las conexiones serie – paralelo para cada respectivo conjunto de paneles- controlador, tal como se muestran en las figuras 48 y 49, en estas figuras se detallan las configuraciones para cada controlador de forma independiente; Estos esquemas fueron elaborados en el software AUTOCAD.

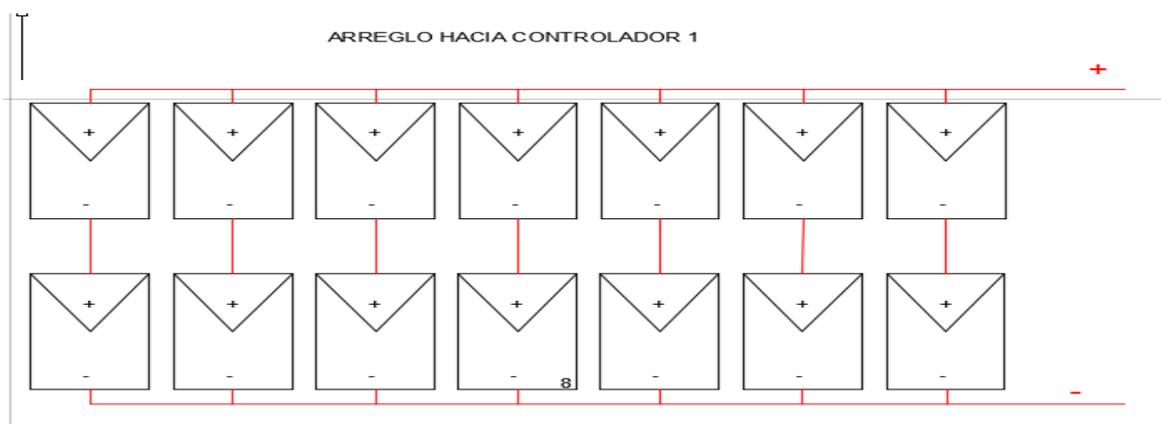


Figura 48. Arreglo de paneles 1, asociación serie- paralelo de 14 paneles, 7 filas de dos paneles en serie

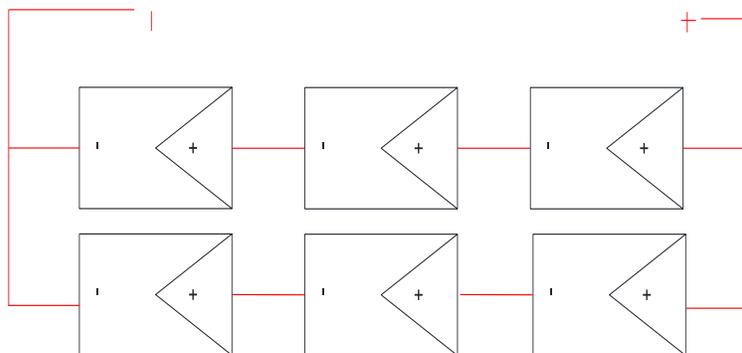


Figura 49. Configuración arreglo 2, 6 paneles en total asociación serie – paralelo, 2 filas de tres paneles en serie

5.5 Cálculo y Caracterización de Baterías

Para el cálculo de baterías se partió de los siguientes datos de instalación: energía diaria consumida y tensión de la instalación (48v), de acuerdo a los cálculos previamente realizados el consumo diario incluyendo el factor de seguridad del 20% es de 34809,6 Wh / día, también se tiene en cuenta la eficiencia del inversor la cual es del 85%, los días de autonomía, y finalmente la profundidad de descarga.

Días de autonomía = 3 días; se considera este criterio para instalaciones de uso frecuente como lo son escuelas, hospitales, centros comerciales, etc. Este criterio se tomó de un webinar impartido por el DR. Gerardo Arancibia Moreno, perteneciente a la empresa ELEMENTAL ENERGY, del cual se tomó en cuenta el uso de la instalación.

Profundidad de descarga de las baterías = 70%

Para determinar la capacidad de almacenamiento de las baterías se usa la siguiente ecuación:

$$Ah / \text{día} = \frac{\text{consumo diario}}{\frac{\text{eficiencia del inversor}}{\text{voltaje de alimentación}}} ; \text{ ecuación 14}$$

$$\frac{ah}{\text{día}} = \frac{34809,6}{0.85/48} = 853.18 A - h$$

La capacidad de almacenamiento requerida por las baterías según los cálculos corresponde a 853.18 A-h, las baterías seleccionadas son de tipo estacionarias, ya que son las más adecuadas para consumos diarios durante tiempo prolongado; tienen una relación calidad-precio mejor que otros tipos. Estas baterías poseen una vida útil muy larga aproximadamente de 20 años si no se ven afectadas por condiciones de temperatura.

Dentro de este tipo de baterías existen dos topologías, las de tipo OPZS, y OPZV. Ambos tipos de baterías tienen un número de ciclos similares, si bien la principal diferencia radica en que las baterías OPZS requieren mantenimiento periódico, aunque es mínimo (se deben ventilar por medio de agua destilada según la periodicidad del fabricante, que es aproximadamente cada 2-3 años) mientras que las baterías OPZV son baterías selladas “tipo gel” y no requieren intervención alguna durante su vida útil. Otra diferencia llamativa radica en el precio, ya que las de tipo OPZS suelen ser más económicas

Con relación a lo anterior, y en base a la capacidad de almacenamiento, voltaje de alimentación, y costos, se seleccionó las baterías de tipo OPZS, con una capacidad de 910 A-h y una profundidad de descarga del 70%. Estas baterías están formadas por asociaciones de vasos de 2v las cuales se asociación en series de 6, 12, 24 voltios, para obtener los 12, 24, 48 v respectivamente, y estas series a su vez se asocian en paralelo para conseguir la capacidad de almacenamiento que desea.

Se seleccionó una batería de 2 v de la marca VICTRON OPZS; en la figura 50 se muestra el vaso seleccionado, el cual posee las siguientes características:

Voltaje del vaso = 2v

Capacidad nominal = 910 A-H

Los vasos tienen dos bordes negativos y dos bordes positivos Para que sea posible realizar cualquier tipo de asociación entre ellos.



Figura 50. Batería VICTRON OPZS 910 A-h

Fuente: Solartex, 2021.

$$baterias\ en\ paralelo = \frac{\frac{a}{h} * \text{dias de autonomia}}{\frac{pd}{\text{capacidad de la bateria}}}; \text{ Ecuación 15}$$

$$\text{baterías en paralelo} = \frac{853.17 * 3}{\frac{0.70}{910 \text{ a-h}}} = 4$$

Baterías en serie =

$$\frac{\text{voltaje de alimentación}}{\text{voltaje de las baterías}} ; \text{ ecuación 16}$$

$$\text{Baterías en serie} = 48/2 = 24$$

En conclusión, se requieren un total de 96 vasos de 2v; en una configuración de 4 filas con 24 baterías en serie, de tal modo que la asociación de estas 24 baterías en serie cumpla con el voltaje de alimentación fijado manteniendo la capacidad de almacenamiento, estas asociaciones se muestran en la figura 51

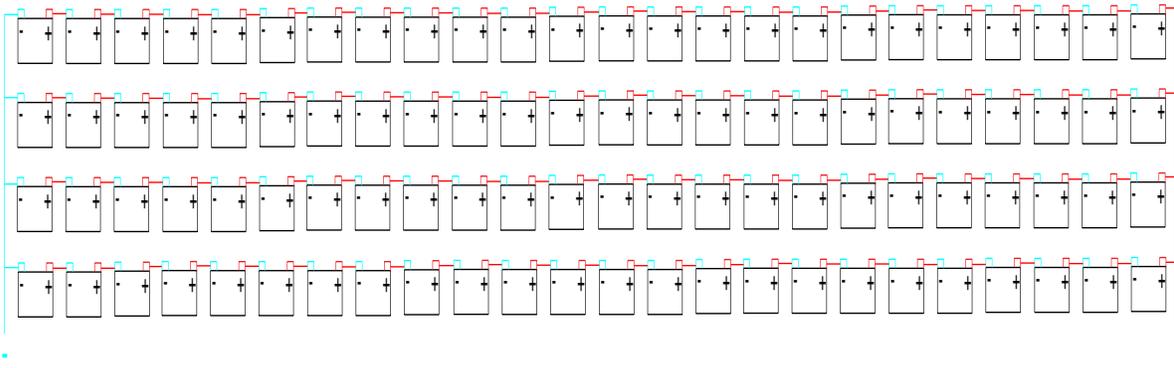


Figura 51. Asociación serie- paralelo de baterías 2 v, 910 A-h

5.6 Esquema de Conexión del Controlador Carga

Básicamente, el esquemático de la figura 52 muestra los voltajes de entrada y salida al controlador, así como también las conexiones de entrada y salida del controlador.

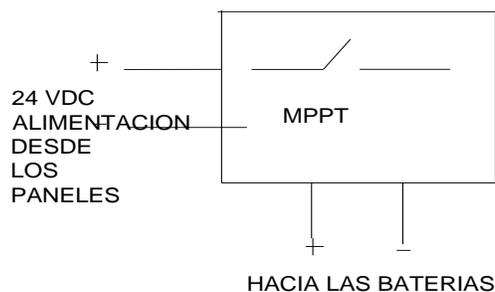


Figura 52. Esquema conexión del controlador, entradas –salidas

5.7 Cálculo y Selección de Conductores del Sistema Fotovoltaico

Para calcular las secciones de los conductores en los tramos de la instalación se usaron las recomendaciones específicas para cada tramo y la siguiente ecuación:

$$s = \frac{2 * L * i}{k * \Delta v} ; \text{Ecuación 17}$$

Donde:

S = sección del conductor

L= longitud del tramo

I=intensidad máxima de corriente en el cable

Δv = caída de tensión permitida en el tramo

K = conductividad eléctrica del cable

El material de los conductores será el cobre, cuya conductividad eléctrica depende de la temperatura. Para efectos de cálculo se tomó un valor estándar a una temperatura de 20 °C, el cual para el caso del cobre tiene un valor de $56 \text{ (m /}\Omega \cdot \text{mm}^2)$. La figura 53, proporciona un preámbulo a los cálculos de los conductores, puesto que en ella se muestran los porcentajes de caída de tensión admisibles para las conexiones del sistema fotovoltaico.

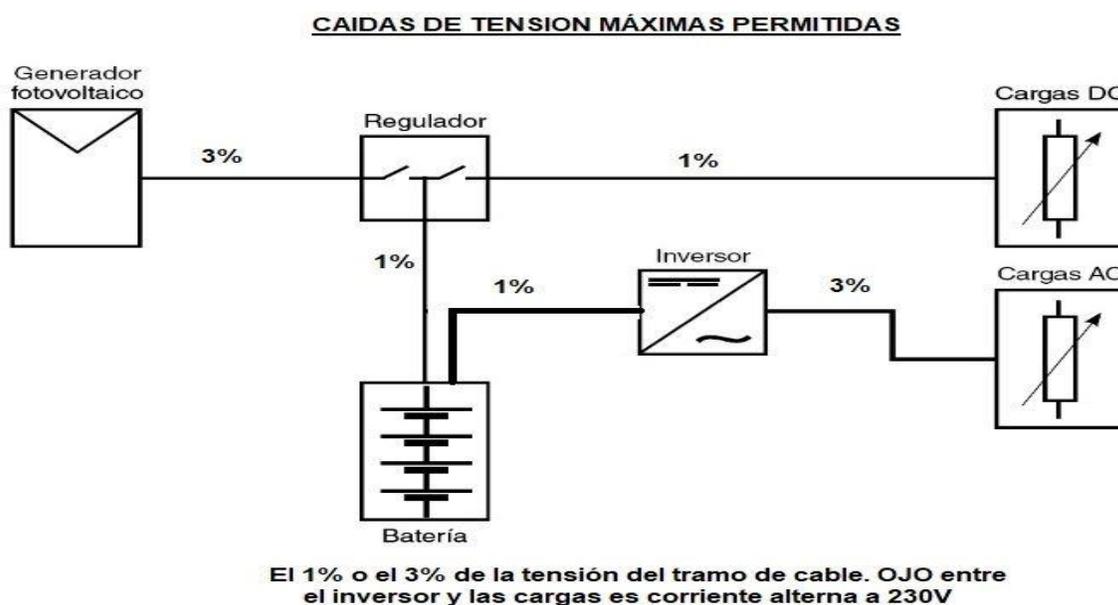


Figura 53. Caídas de tensión máximas permitidas en los tramos de conexión del sistema fotovoltaico

Fuente: Areatecnologia, 2021.

Los valores para la selección de las secciones de los conductores serán tomados en base al catálogo de cables de baja tensión para instalaciones fotovoltaicas de Centelsa, el cual se muestra en la figura 54.

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV EPR+CPE 600V 90°C SR						
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Espesor nominal de la cubierta	Diámetro total aproximado	Peso total aproximado
AWG/kcmil	mm ²		mm	mm	mm	Kg/Km
14	2,08	7	0,76	0,76	5,0	50
12	3,31	7	0,76	0,76	5,5	60
10	5,26	7	0,76	0,76	6,0	90
8	8,37	7	1,14	0,76	7,6	130
6	13,30	7	1,14	1,14	9,3	200
4	21,15	7	1,14	1,14	10,5	290
2	33,62	7	1,14	1,14	12,0	420
1	42,41	19	1,40	1,52	14,4	550
1/0	53,48	19	1,40	1,52	15,4	670
2/0	67,43	19	1,40	1,52	16,6	810
3/0	85,01	19	1,40	1,52	17,8	990
4/0	107,2	19	1,40	1,52	19,3	1220
250	126,7	37	1,65	2,03	22,0	1480
300	152,0	37	1,65	2,03	23,4	1730
350	177,3	37	1,65	2,03	24,6	1980
400	202,7	37	1,65	2,03	25,8	2240
500	253,4	37	1,65	2,03	27,9	2740
600	304,0	61	2,03	2,03	30,7	3270
750	380,0	61	2,03	2,03	33,3	4010
1000	506,7	61	2,03	2,03	37,1	5240

Nota: Los valores aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de manufactura y/o de normas.

Figura 54. Cables Centelsa Fotovoltaico Tipo PV EPR +CPE 600V, 90 ° C SR

Fuente: Centelsa, 2021.

Primer tramo desde los paneles al controlador, con un porcentaje de caída de tensión admisible del 3 %.

Tramo Primer arreglo de paneles – controlador –inversor:

$$s = \frac{2 * 10 * 67.34}{56 * 1.44} = 16.70 \text{ mm}^2$$

Longitud del tramo = 10 m

Intensidad máxima (Imp) = 9,62* 7 = 67,34 A

$$\Delta v = 48 * 0,03 = 1.44 \text{ v}$$

El valor normalizado inmediatamente superior a 16.70 mm^2 es de 21.15 mm^2 el cual corresponde a cable # 4 AWG.

Tramo controlador –baterías:

$$s = \frac{2 * 2 * 67.34}{56 * 0.48} = 10.02 \text{ mm}^2$$

Longitud del tramo = 2 m

Intensidad máxima = 67,34 A

$$\Delta v = 48 * 0,01 = 0,48 \text{ v}$$

Para esta longitud del cable, la sección que obtenemos aplicando la fórmula es muy pequeña, por lo tanto, se recomienda usar una sección más gruesa, muchas veces es el propio controlador que, entre sus especificaciones en la hoja técnica, indica la sección del cable a utilizar como es el caso del controlador seleccionado:

$$S = 35 \text{ mm}^2$$

Basándonos en el catálogo de centelsa, la sección de cable más cercana a este valor corresponde a una sección de 42.41 mm^2 , correspondiente al calibre # 1.

Cálculo de los conductores para el Segundo arreglo de paneles, tramo Paneles – controlador

$$s = \frac{2 * 10 * 19.26}{56 * 1.44} = 5.44 \text{ mm}^2$$

Longitud del tramo = 10 m

Intensidad máxima = $2 * 9,62 = 19,26$ A

$$\Delta v = 48 * 0,03 = 1,44 \text{ v}$$

El valor normalizado inmediatamente superior a $5,44 \text{ mm}^2$ es de $8,37 \text{ mm}^2$ el cual corresponde a calibre # 8 AWG.

Tramo Regulador –baterías:

$$s = \frac{2 * 2 * 19,26}{56 * 0,48} = 2,88 \text{ mm}^2$$

Longitud del tramo = 2 m

Intensidad máxima = 19,26 A

$$\Delta v = 48 * 0,01 = 0,48 \text{ v}$$

Para esta longitud de cable la sección que obtenemos aplicando la fórmula es muy pequeña, por lo tanto, se recomienda usar una sección de cable más gruesa, según la ficha técnica del controlador se sugiere utilizar una sección de cable de $S = 35 \text{ mm}^2$.

De acuerdo con el catálogo de centelsa, la sección de cable más cercana a este valor corresponde a una sección de $42,41 \text{ mm}^2$, calibre # 1.

Tramo baterías – inversor:

$$\Delta = 1\% = 48 * 0,01 = 0,48\text{v}$$

$$I = 12000/48 = 250 \text{ A}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$s = \frac{2 * 1.5 * 250}{56 * 0.48} = 27.90\text{mm}^2$$

Se seleccionó un cable de sección 33.62 mm² correspondiente al calibre # 2 AWG.

Tramo cableado inversor –cargas:

$$I_{ca} = 12000/220 = 54.54 \text{ a}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$\Delta = 3\% = 220 * 0,03 = 6.6 \text{ v}$$

$$S = \frac{SS = 2 * 15 * 54.54}{6.6 * 56} = 4.426\text{mm}^2$$

Debido a que su diámetro es muy pequeño y que se trata del cableado que ingresa al tablero de cargas se seleccionó un calibre # 8.

5.8 Cálculo y Selección de las Protecciones en DC

Los equipos que trabajan en corriente continua deben ser debidamente protegidos contra las intensidades originadas a causa de sobrecargas o cortocircuitos. Por tal motivo se deben seleccionar las respectivas protecciones como fusibles, disyuntores, interruptores magnéticos, y Dps; cada uno de estos equipos de protección se seleccionó en base a unas características nominales de voltaje o corriente máxima permisible, las cuales se especificarán a continuación.

Protecciones para los paneles solares

Selección de Dps

Para la selección de los Dps se tomó en cuenta las características eléctricas del panel tales como el voltaje de circuito abierto (V_{oc}), corriente de cortocircuito (ISC), voltaje máximo (V_{mp}) y corriente máxima (I_{mp} .); en base a estos datos se seleccionó esta protección:

$$V_{oc} = 49.1 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 10.10 \text{ A}$$

$$I_{mp} = 9,62 \text{ A}$$

$$V_{mp} = 41,6 \text{ v}$$

Selección de Dps para el Primer arreglo de paneles fotovoltaicos

Como anteriormente se mencionó en el ítem referido a las configuraciones serie- paralelo de los paneles, se cuenta con un primer arreglo de paneles cuya configuración es 2S: 7P. Tomando en cuenta los datos anteriormente citados de la ficha técnica del panel se procedió a calcular esta

protección.

Voc máximo = número de paneles en serie x voc panel, Ecuacion 18

$$\text{Voc máximo} = 2 \times 49.1 \text{ v} = 98.2 \text{ v}$$

Vmp máximo = número de paneles en serie × vmp. Ecuación 19

$$\text{Vmp máximo} = 2 \times 41,6 \text{ v} = 83,2 \text{ v}$$

Isc máximo = número de paneles en paralelo × isc del panel; Ecuacion 20

$$\text{Isc máximo} = 7 \times 10,1 \text{ a} = 70,70 \text{ a}$$

Imp. Máximo = número de paneles en paralelo × imp. Del panel; Ecuacion 21

$$\text{Imp. Máximo} = 7 \times 9,62 = 67,34 \text{ a}$$

Voltaje máximo admisible = número de paneles totales × voc del panel; ecuación 22

$$\text{Voltaje máximo admisible} = 14 \times 49,1 = 687,4 \text{ v}$$

De acuerdo a los resultados de los cálculos máximos de corriente y voltaje para el primer arreglo, se seleccionó la protección Dps en base al voltaje máximo admisible para el conjunto de paneles, por tal razón se seleccionó comercialmente un Dps con las siguientes características

nominales:

Dps Dc Tipo 2 Para Aplicaciones Foto-voltaicas 1000vdc

Principales características

Tipo 2

Especialmente diseñado para aplicaciones fotovoltaicas.

Voltaje nominal: 1000VDC

Corriente de descarga máxima: 40kA.

Corriente de descarga nominal: 20kA

Tiempo de respuesta: < 25nS

Selección de Dps para Segundo arreglo de paneles, configuración 3s :2p

Se calculan los valores máximos admisibles, para la nueva configuración, a partir del proceso descrito anteriormente.

$$V_{oc} = 3 \times 49.1 = 147.3 \text{ v}$$

$$I_{sc} = 10.10 \times 2 = 20.2 \text{ a}$$

$$V_{mp} = 3 \times 41.6 = 124.8 \text{ v}$$

$$I_{mp} = 2 \times 9.62 = 19.26 \text{ a}$$

Voltaje máximo admisible = número de paneles totales \times voc del panel

Voltaje máximo admisible = $6 \times 49,1 = 294,6 \text{ v}$

Debido a que su voltaje máximo es de 250 voltios aproximadamente, se seleccionó el más cercano comercialmente.

Dps 2P 500VDC 20-40KA World sunlight

Principales características

Tipo 2

Especialmente diseñado para aplicaciones fotovoltaicas.

Voltaje nominal: 500VDC

Corriente de descarga máxima: 40kA.

Corriente de descarga nominal: 20kA

Tiempo de respuesta: $< 25\text{nS}$

Selección de fusibles en Dc para paneles solares

La selección de los fusibles para los paneles solares tiene como criterio el V_{oc} máximo de la configuración serie, así como también la I_{mp} Máxima que soportaran los String.

-Primer arreglo

Para el primer arreglo los valores a tener en cuenta son:

V_{oc} arreglo = 98.2 v

Imp. = 67.34 a

En base a las características anteriores se seleccionó el fusible Cooper Bussmann 125let Ac Fusible, 125 amp, 240 v, Bs88

Fusible para Segundo arreglo de paneles solares

Se seleccionó para esta configuración un fusible protector de dimensiones 10×38mm con capacidad de 30A, 1000 VDC; comercialmente se consiguió una Caja Fusible tipo Riel con Fusible 30A 1000V.

Selección de fusible controlador –baterías

Fusible para el primer controlador.

Como anteriormente se mencionó en la sección para el cálculo del controlador, la potencia fotovoltaica se distribuyó en dos controladores; de tal modo que se calcularon los fusibles correspondientes a cada controlador de forma independiente. Los criterios para la selección en esta sección fueron el voltaje de baterías (48v) y la corriente máxima que soporta el controlador.

Voltaje de alimentación = 48 v

I controlador = 120 A

En base a las características anteriores se seleccionó el fusible Cooper Bussmann 125let Ac Fusible, 125 amp, 240 v, Bs88

Selección del fusible para el Segundo controlador- baterías

Voltaje de alimentación = 48 v

I controlador = 60 A

Se seleccionó el fusible de cartucho cyl 660vac 63A 22 x 58mm, de la marca altech, este fusible se consultó en mercado libre por medio de una empresa que importa equipos solares desde estados unidos, ya que comercialmente a nivel nacional no se encontró de esa capacidad.

Selección fusible baterías – inversor:

Para la selección del fusible de las baterías se calculó una corriente de corto por medio de la ecuación 21, y en base a este parámetro, se seleccionó el fusible con una capacidad de 250 amperios. Comercialmente se seleccionó el Fusibles Anl Bay Anl25010 De 250 Amp a

$$I_{cc} = \frac{pi}{vcc}, \quad \text{ecuación 21}$$

$$I_{cc} = \frac{12000}{48} = 250 \text{ a}$$

Protecciones en AC:

Al igual que en una instalación con red eléctrica normal, será necesario colocar las protecciones pertinentes en la red de corriente alterna de 220 v a la salida de los inversores; es necesario colocar protecciones magneto térmicas que se encargan de proteger al inversor de sobreintensidades y sobrecargas producidas por cortocircuitos ocasionados desde el lado de la corriente alterna.

Selección del interruptor termo magnético – cargas en AC:

Este interruptor se seleccionó en base a la ecuación 22, en concordancia con el resultado de la

corriente que necesitara soportar el interruptor, se optó un interruptor termo magnético de 63 amperios.

$$Ica = \frac{\text{potencia del inversor}}{\text{voltaje alterno de las cargas en ac}} ; \text{Ecuación 22}$$

$$Ica = \frac{12000}{220} = 54,54 \text{ a}$$

Selección:

Breaker Schneider Bipolar 63 A 10 Ka 380-415 V Curva C Riel, Marca Schneider Electric, Modelo A9F74263

Selección de Dps de las cargas inversor:

Al igual que en las cargas DC este dispositivo de protección se seleccionó en base al voltaje nominal, que en este caso es el valor de la tensión nominal de las cargas (220v)

Se seleccionó el Dps Clamper Solar 300V 40KA 3P

5.9 Símbolos Utilizados en los Esquemas de Diseños de Diseño Fotovoltaico

El esquema de los símbolos se presenta en la figura 55, en ella se muestran las convenciones utilizadas para representar, los equipos que forman parte del sistema fotovoltaico

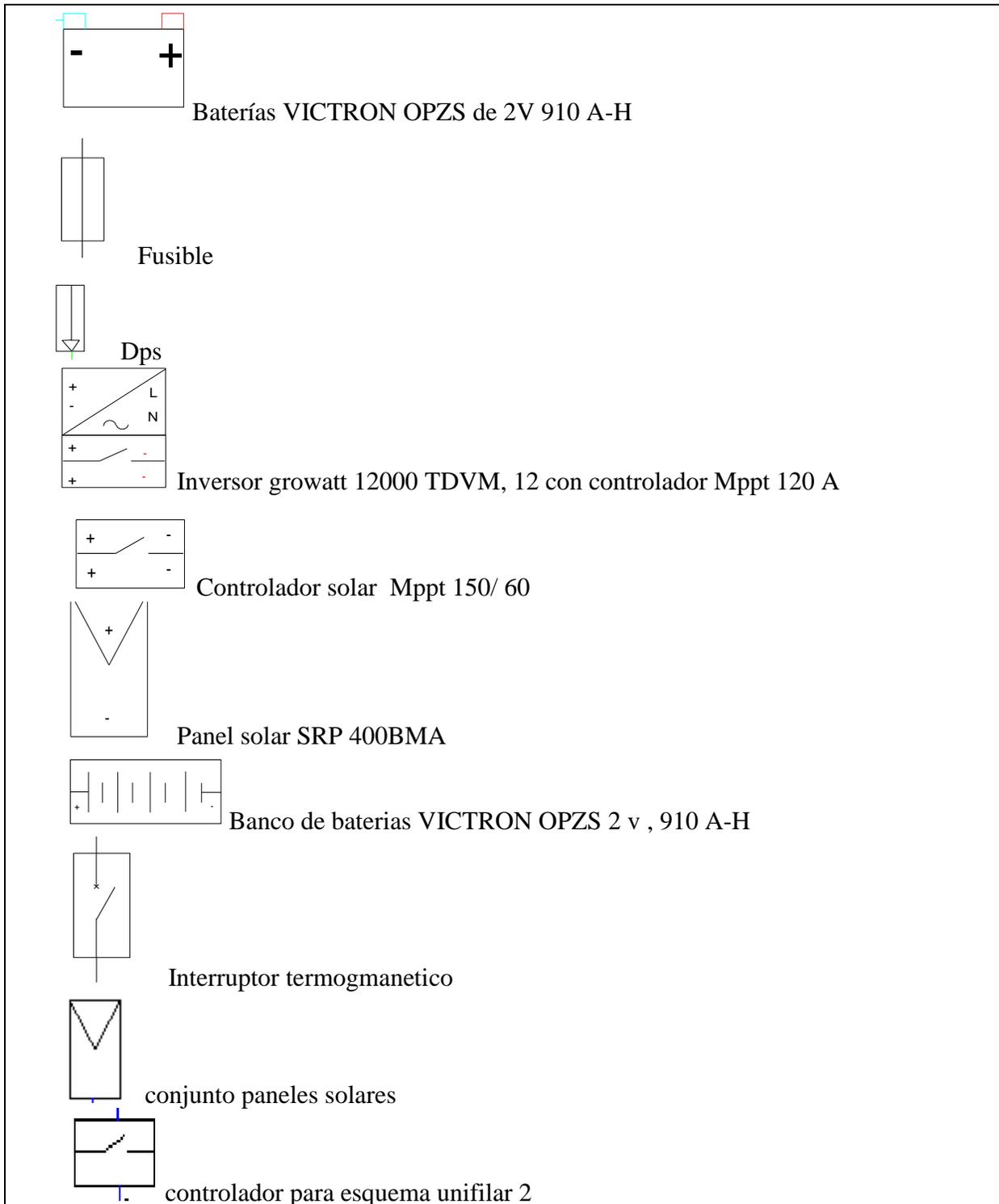


Figura 55. Simbología del esquema unifilar y de conexiones del sistema fotovoltaico

5.9.1 Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico. En el diagrama unifilar se muestran reflejados los calculos realizados en los items previos al desarrollo de los planos. En este se indico la topologia del sistema, los equipos que conforman la instalacion, su interconexion, sus capacidades y los datos electricos que caracterizan al sistema. De manera adicional se realizo un esquematico de las conexiones fisicas del sistema fotovoltaico con el sistema de distribucion eléctrica interna, esta conexión se observa en la figura 57.

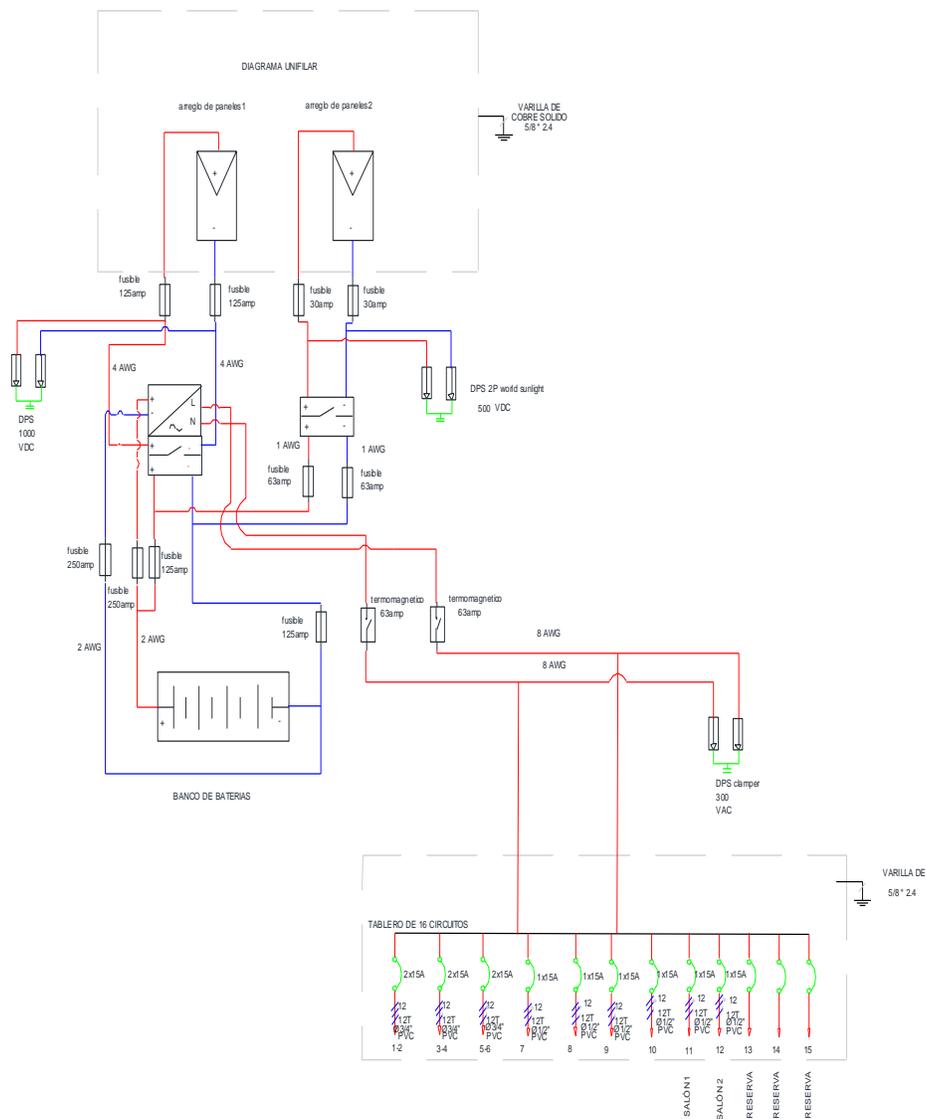


Figura 56. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico –cargas

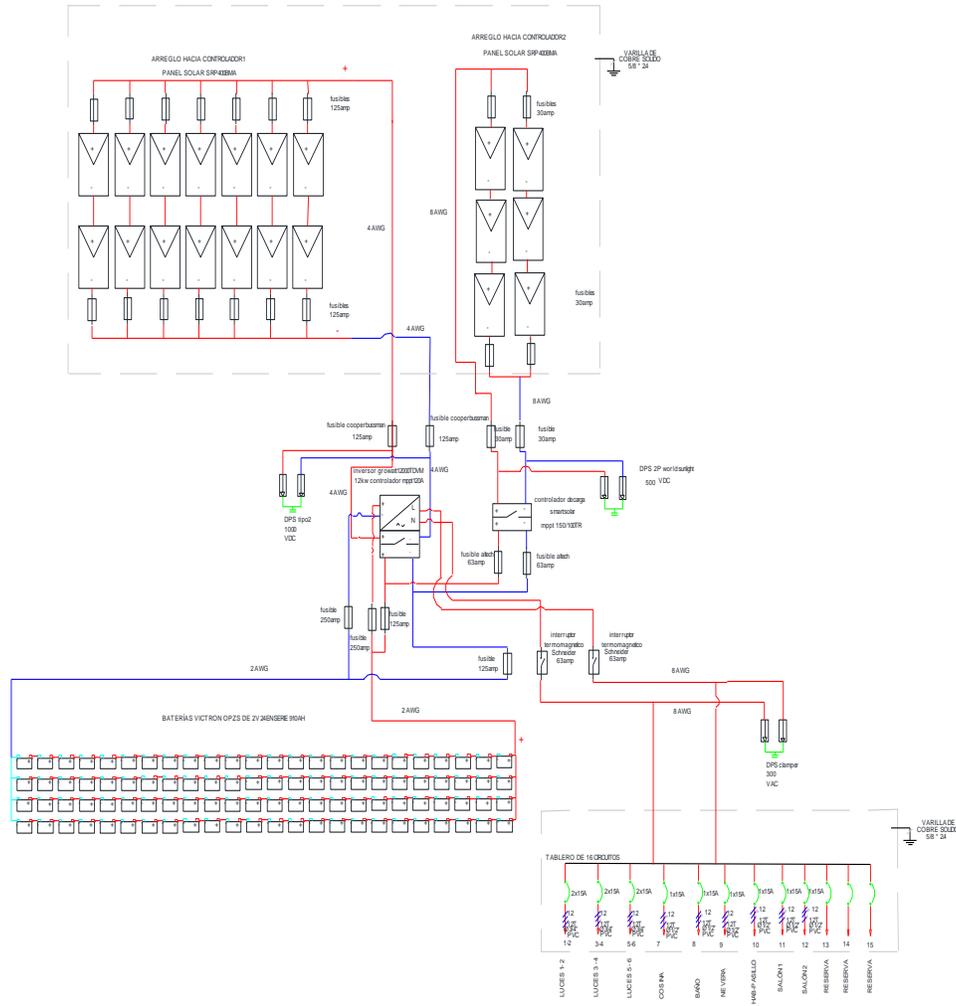


Figura 57. Diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico –cargas

5.9.2 Simulación de Sombras en Software Revit. De manera complementaria a los datos obtenidos de la NASA y del IDEAM se realizó una simulación de sombras en el software Revit. Teniendo en cuenta la orientación y posición geográfica de la institución educativa y a su vez tomando como referencia para el estudio solar el día 21 de septiembre de 2020; mostrando imágenes de la simulación en intervalos de dos horas iniciando a las 6:00am y culminando a las 6:00 pm con el fin de exponer que en la posición donde se ubicaran los paneles solares no abra obstrucción de la luz; lo cual permitirá mayor eficiencia de los paneles. Estos Resultados Se

Pueden apreciar En Las Figuras 58, 59, 60, 61, 62,63 y 64.

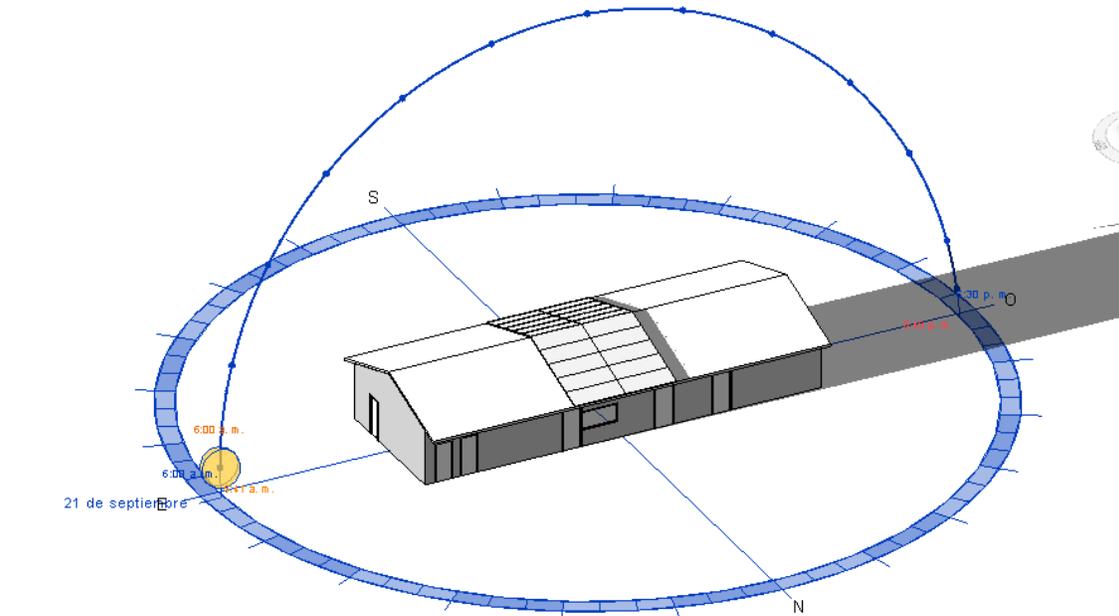


Figura 58. Simulación de sombras del plantel educativo a las 6am en software Revit

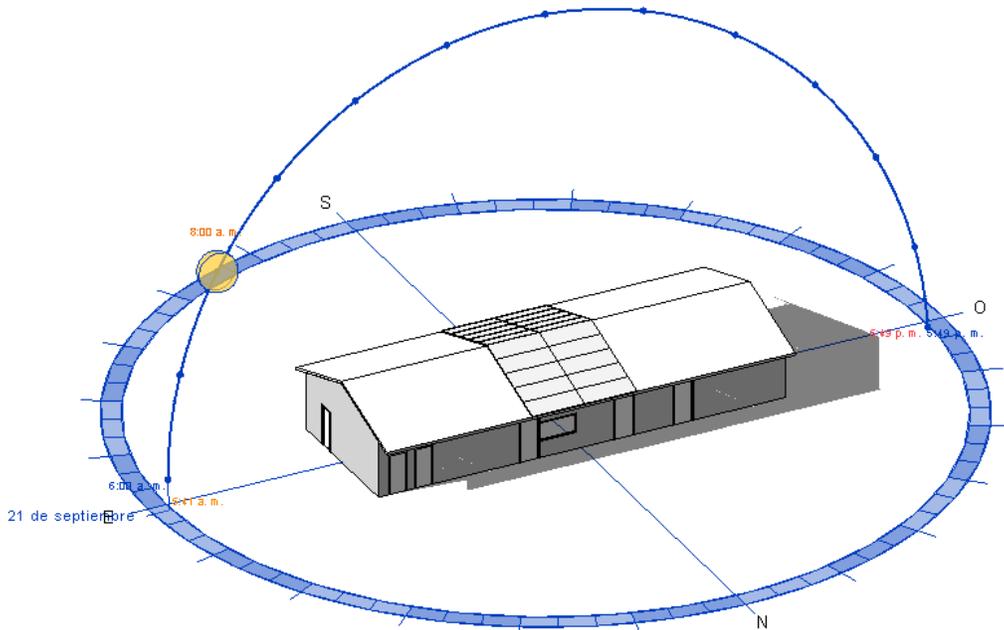


Figura 59. Simulación de sombras del plantel educativo a las 8am en software Revit

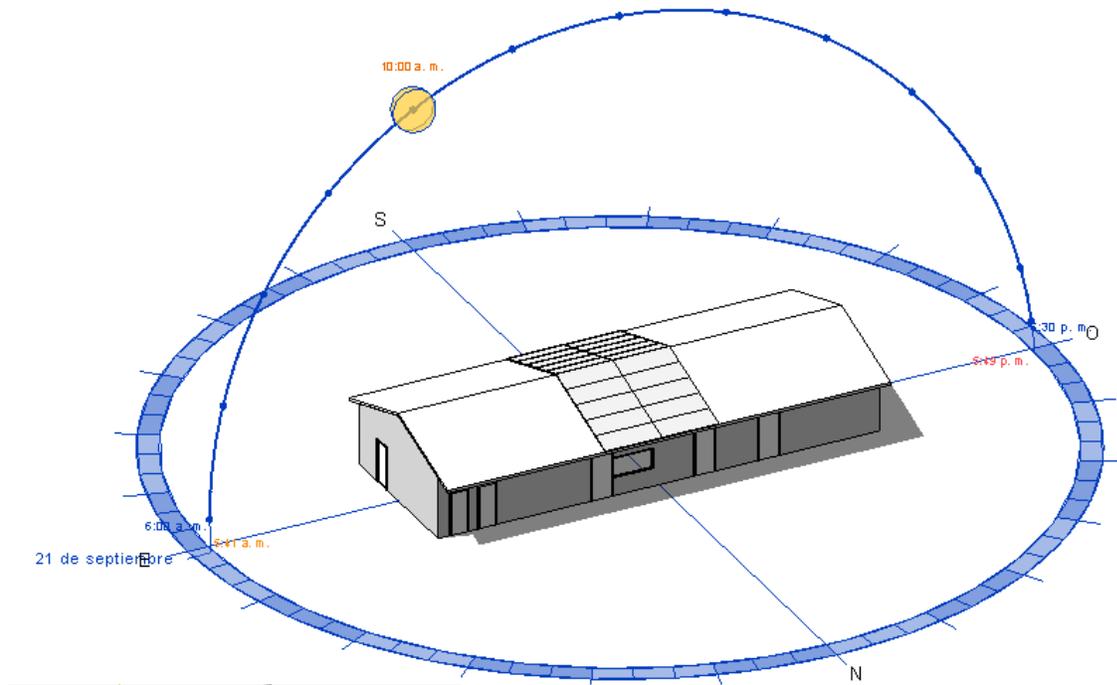


Figura 60. Simulación de sombras del plantel educativo a las 10am en software Revit

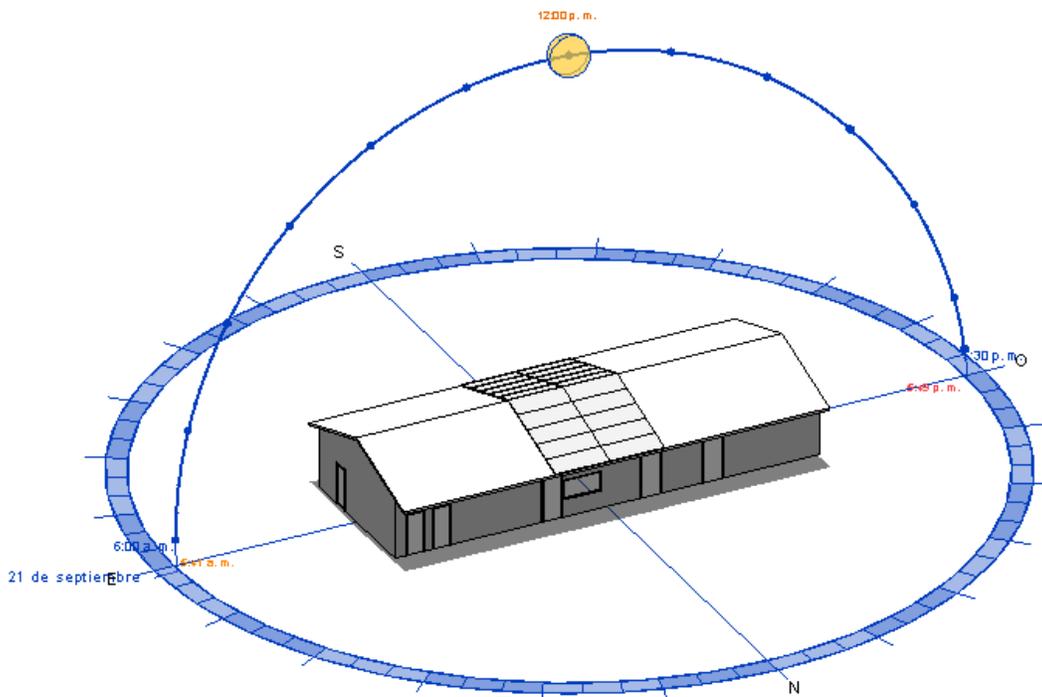


Figura 61. Simulación de sombras del plantel educativo a las 12am en software Revit

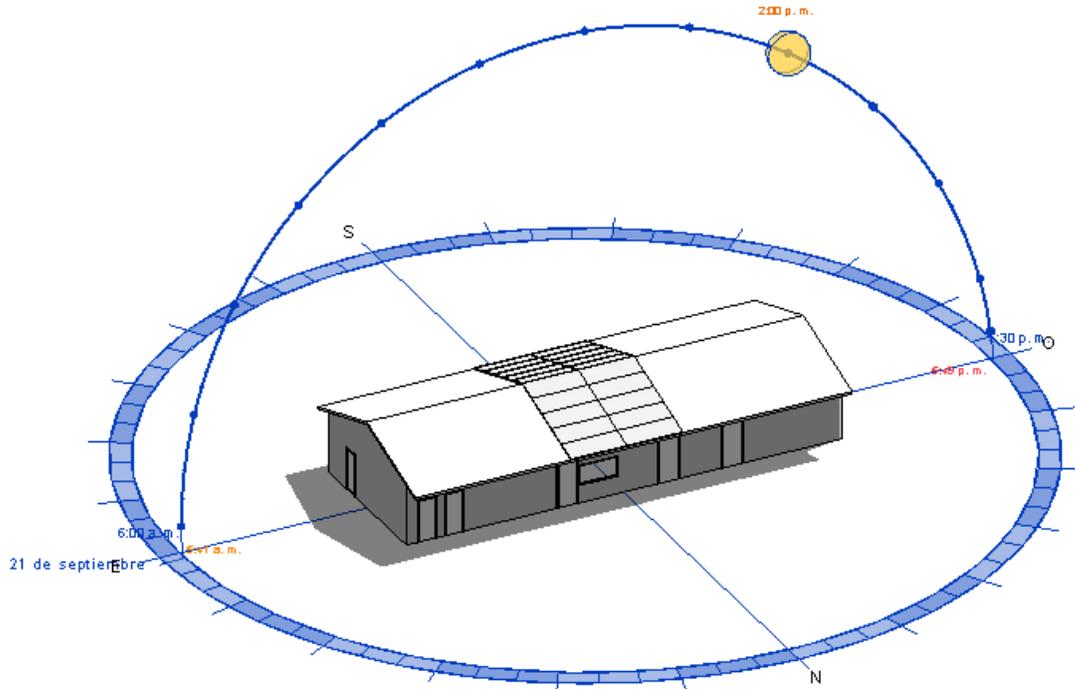


Figura 62. Simulación de sombras del plantel educativo a las 2pm en software Revit

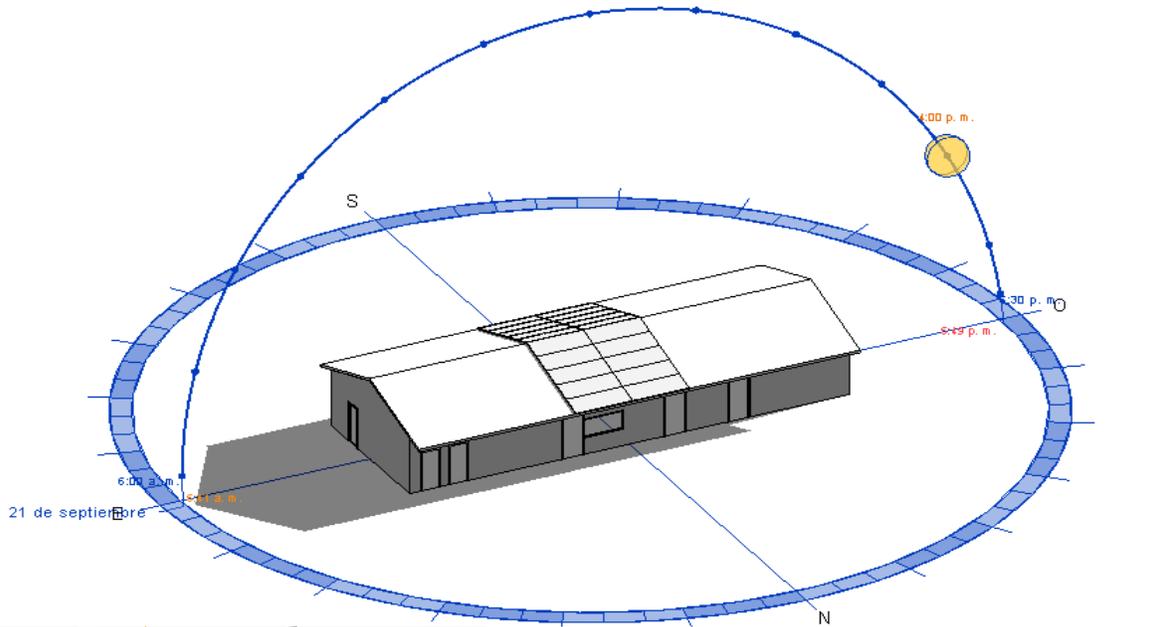


Figura 63. Simulación de sombras del plantel educativo a las 4pm en software Revit

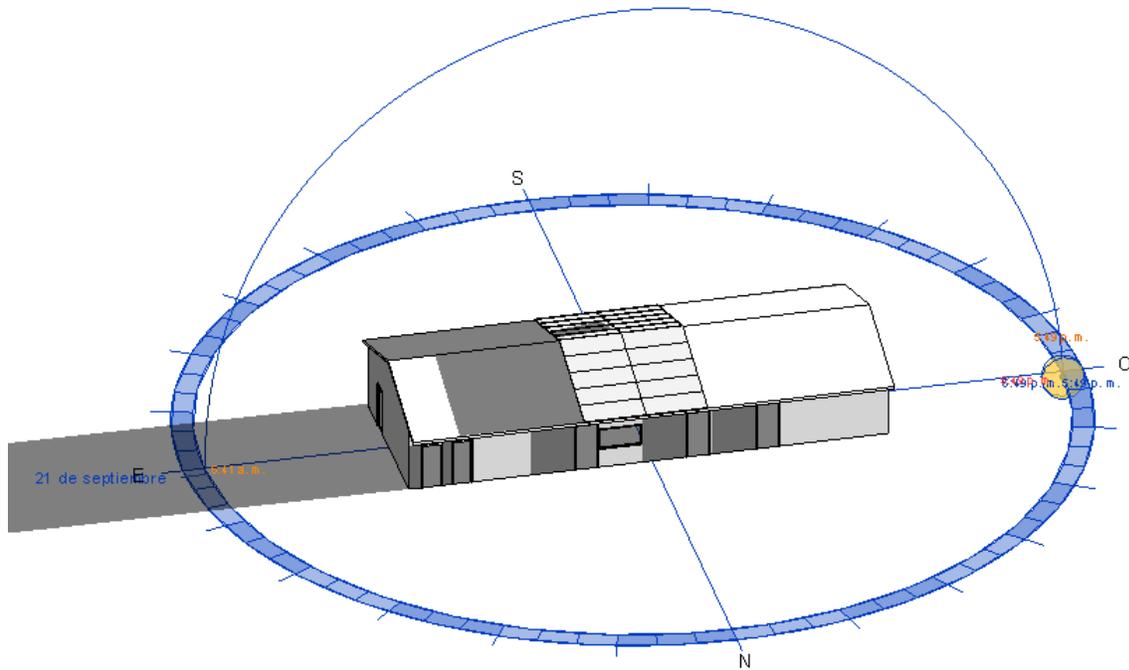


Figura 64. Simulación de sombras del plantel educativo a las 6pm en software Revit

Después de realizar un Análisis se corrobó que durante el amanecer y la puesta del sol no se aprecia ningún tipo de sombra la cual disminuya la eficiencia del panel solar, ya que la institución se encuentra en un punto (cresta de la montaña) donde no hay obstrucción de sombras.

5.9.3 Esquemmatización del sistema solar fotovoltaico en el software SolidWorks®. Las figuras 65 y 66, muestra en detalle el sistema solar fotovoltaico, esquematizado en el software SolidWorks

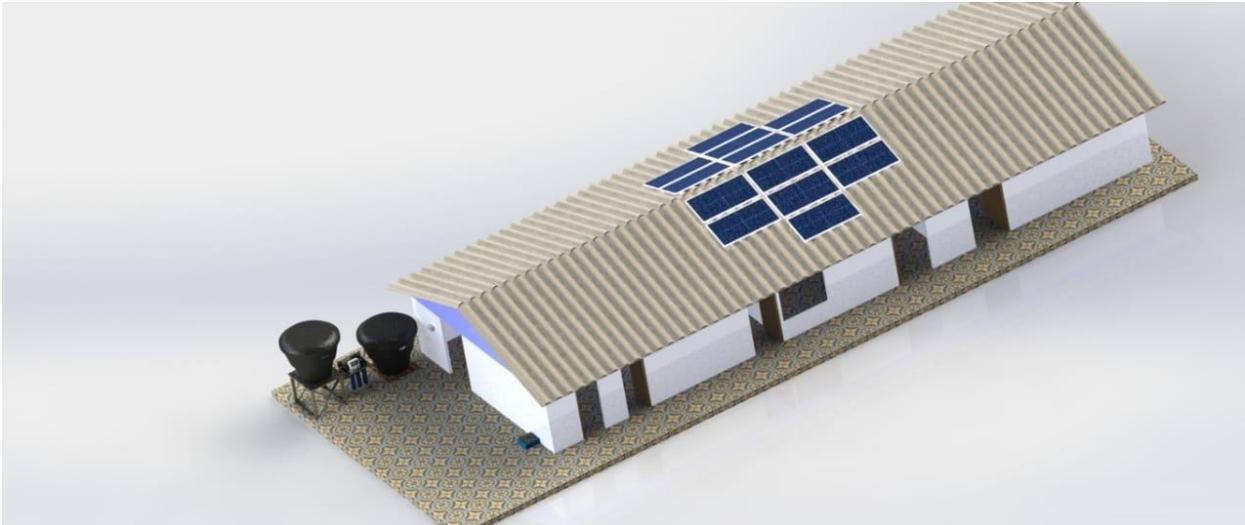


Figura 65. Esquemático del sistema fotovoltaico en el software SolidWorks, vista superior

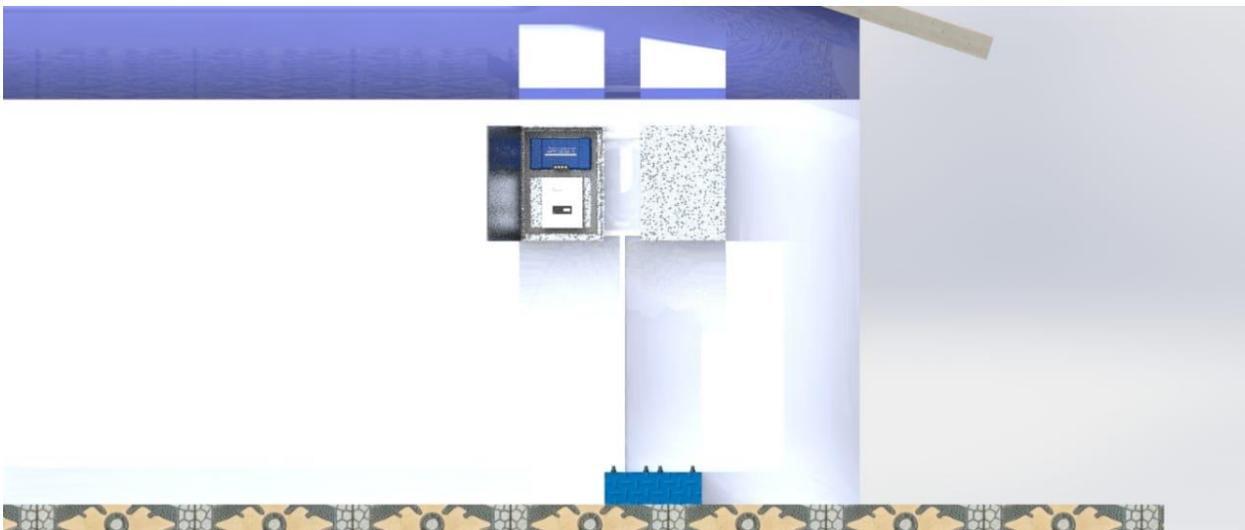


Figura 66. Esquemático del sistema fotovoltaico en el software SolidWorks, vista frontal

6. Selección del Sistema de Potabilización para la Institución Educativa La Vega del Tigre

Para la resolución de este ítem se investigó en el mercado diferentes plantas potabilizadoras con diversas características teniendo en cuenta las necesidades del plantel educativo, como lo son el bajo consumo eléctrico, peso, calidad de agua y cantidad de litros necesarios para suplir sus necesidades y a su vez que cumplan con los parámetros mínimos requeridos para catalogar el líquido como agua potable. Posteriormente se realizó un análisis de las características de las plantas, mediante una matriz de pugh, este proceso se llevó a cabo con la finalidad de comparar las características de las plantas y proponer una elección idónea.

6.1 Análisis de las Sustancias químicas Nocivas con efecto Adverso en la salud Humana

Para la selección del sistema de potabilización se tuvieron en cuenta las sustancias químicas nocivas que se pueden encontrar en el agua. A continuación, en la figura 67 se observa una tabla de las principales características de estas sustancias; esta información fue tomada de la Resolución 2115 de 2007 del ministerio de ambiente.

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Figura 67. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

Las sustancias químicas mencionadas en la figura 67, pueden estar presentes en las fuentes hídricas a causa de la constante contaminación a las que están expuestas por diferentes panoramas. En base a estos datos y procurando el bienestar de las personas que abastecerá este proyecto se seleccionaron tres posibles plantas encargadas de purificar el agua, las cuales cuentan con filtros encargados de eliminar estos tipos de sustancias y dejarlos en condiciones óptimas para su consumo.

6.2 Características Técnicas de los Filtros Evaluados

Para la realización de este ítem, se llevó a cabo una indagación sobre los parámetros principales de los filtros existentes en las plantas de potabilización compactas en el mercado; con el fin de compararlas y optar por la opción más idónea. Con relación a lo anterior se exponen los filtros estudiados.

Filtro de propileno. Se encarga de remover los sólidos y partículas suspendidas en el agua, atrapando lodo, polvo, óxido y arena que afectan el sabor y apariencia del agua.

Carbón Activado Granular GAC. Elimina químicos orgánicos presentes en el agua como el cloro, benceno, pesticidas, herbicidas, trihalometanos compuestos, radón, disolventes y cientos de químicos que se encuentran en el agua.

Carbón Activado Bloque CTO. Absorbe químicos, mejorando los aspectos estéticos del Agua, elimina el mal olor, mejora la turbiedad mejora el sabor del agua, y retiene sedimentos y otras partículas sólidas.

Membrana Ro. La membrana RO de ósmosis inversa desmineraliza el agua, elimina casi todos los contaminantes inorgánicos del agua, como radio, plomo, hierro, materia orgánica,

plaguicidas, quistes, bacterias y virus que se encuentran suspendidos en el agua.

Módulo de Cloración. Se encarga de aplicar una mínima cantidad de cloro para la eliminación de bacterias.

6.3 Análisis Técnico-Económico de las Plantas de Potabilización Compactas

Podríamos destacar del análisis técnico-económico realizado a las plantas potables compactas, las opciones más idóneas comercialmente. Las tablas 12, 13 y 14 muestran las plantas evaluadas en el presente estudio, en ellas se podrá observar las principales características de manera individual.

Planta 1:

Tabla 12. Características de la planta marca youBer

CARACTERISTICAS		
	origen	Guangdong, china
	marca	youBer
	material	RO, Acero inoxidable
	peso	140KG
	tamaño	156*81*105cm
	potencia	2.95kw
	garantía	1 año
	productividad	500L/hora
	tasa de recuperación	30% -40%
	poder	220v,50Hz
	entrada de TDS	<2000ppm
	salida de TSD	<20ppm
	presión de entrada	>0.5Bar

En la tabla 12 se muestra las características proporcionadas por el proveedor; Esta planta es automática y cuenta con cinco etapas de filtrado como son filtro de propileno, carbón activo granular, carbón activo en bloque, membrana RO y luz ultravioleta.

Planta 2:**Tabla 13. Características de la planta MFC3- 25**

		Características	
	fabricante	fibras y normas de Colombia S.A.S	
	referencia	MFC3-25	
	capacidad de proceso	250L/H	
	caudal de diseño	0,06L/S	
	operación	manual	
	turbiedad máxima	30 NTU	
	presión de trabajo	5-10 psi	
	presión máxima	50psi	
	Peso	60kg	
	acometida hidráulica	1 1/2"	
		voltaje de trabajo	110v-60Hz
		consumo eléctrico	0.015Kw/h

En la tabla 13 se presentan las características proporcionadas por el fabricante, esta planta es de operación manual y cuenta con cuatro etapas de filtrado; tales como filtro de propileno, carbón activo granular, luz ultravioleta, y módulo de cloración.

Planta 3:**Tabla 14. Características de la planta puriplus**

		Características	
	Fabricante	Puriplus	
	producción	253L/H	
	voltaje	120/60Hz	
	consumo	336w	
	operación	automática	
	tasa de recuperación	92% - 99%	
	presión entrada	14.5- 43 psi	
	entrada de TSD	800ppm	
	salida TDS	0- 20ppm	
	peso	30 kg	
	dimensiones	58*36*79 cm	

En la tabla 14 el fabricante indica las características principales; este tipo de planta cuenta con cinco etapas de filtrado como son filtro de propileno, carbón activo granular, carbón activo en bloque, membrana RO y luz ultravioleta. También cuenta con una pantalla led que indica la calidad del agua, vida útil de los filtros y a su vez tiene incorporada una función de auto limpieza. Adicionalmente el fabricante proporciona una tabla (15) con porcentajes de rechazo de sustancia que puede eliminar la planta.

Tabla de rechazo:

Tabla 15. Porcentajes de rechazo de sustancia de la planta puriplus

SUSTANCIA	%	SUSTANCIA	%	SUSTANCIA	%
Aluminio	97-98	Hierro	98-99	Radio	97
Amonio	85-95	Plomo	96-98	Selenio	97
Arsénico	94-96	Magnesio	96-98	Fluoruro	94-96
Bacterias	99	Manganeso	96-98	Silicona	85-90
Bicarbonato	95-96	Mercurio	96-98	Silicato	95-97
Bromuro	93-96	Níquel	97-99	Sulfuros	99
Cadmio	96-98	Nitrato	93-96	Sulfato	96-98
Calcio	96-98	Fosfato	99	Zinc	98-99
Cloro	94-95	Poli fosfato	98-99	Virus	99
Cromato	90-98	Hierro	98-99	Insecticidas	97
Cromo	96-98	Potasio	92	Herbicidas	97
Cobre	97-99	Ferrocianuro	98-99	TDS	95-99
Cianuro	90-95	Pirógenos	99	Radioactividad	95-98

6.4 Matriz de Pugh Para la Selección de la Planta

De acuerdo a las características dadas por los proveedores de las plantas; en la tabla 16 se muestra una matriz de PUGH, la cual es una técnica cualitativa que se usó para clasificar y seleccionar la mejor opción teniendo en cuenta diferentes criterios. El código empleado para su consideración fue +1 para la mejor opción, -1 para la opción más deficiente y 0 para la que cuenta con características similares.

Tabla 16 Matriz de Pugh

CRITERIO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Etapas de filtrado	0	-1	0
capacidad del proceso	1	0	0
operación	0	-1	0
consumo	-1	1	1
mantenimiento	0	-1	0
tablas de rechazo	0	0	1
peso	-1	1	1
precio	-1	1	1
tiempo de filtros	0	0	0
garantía	0	0	-1
suma positivo	1	3	4
suma negativo	3	3	1
SUMA TOTAL	-2	0	3

En base a los criterios evaluados anteriormente la matriz de pugh arrojo para la primera alternativa un valor de -2; indicando que sería una opción poco eficiente ya que los costos y consumo de energía son muy elevados para el proyecto en comparación con las otras opciones que contienen características similares a menor costo y con mayor eficiencia energética.

La alternativa 2 muestra un valor de cero; lo cual indica que cumple con algunos criterios de selección, como lo es el bajo costo y la eficiencia; pero a su vez no son suficientes para suplir las necesidades, puesto que tiene una etapa de filtrado menos y su operación es manual.

Finalmente, al comparar los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que la puntuación arrojada por la matriz de Pugh es positiva, la alternativa 3 fue la más acorde a las necesidades del plantel educativo; ya que es económica, eficiente, liviana, de fácil manejo y en comparación con las tres plantas fue la opción más completa según los datos suministrados por los proveedores.

6.5 Esquemático del Sistema de Potabilización

En la figura 68, se muestra el esquemático de las conexiones físicas de la planta de potabilización con un punto de distribución del sistema eléctrico interno del plantel. Cabe resaltar que la ubicación mostrada en el esquemático se tomó de esta forma para ilustrar la conexión del sistema potable, siendo así que el punto de distribución para la conexión del temporizador se tomó de un gfci ubicado en la cocina, por ende, el conjunto del sistema potable se posicionara en la parte posterior del plantel educativo.



Figura 68. Conexión física del sistema potable

7. Temporización del Sistema de Potabilización

Este capítulo comprende la propuesta de un sistema de temporizado regulado para la activación de la bomba de suministro del sistema de potabilización. Se reajustó el objetivo de diseño de un sistema de alternancia en base a los tiempos de carga y descarga de las baterías y su capacidad de acumulación, debido a que la carga demandada por la bomba era mínima, y al conectarse dos veces a la semana, su consumo sería cubierto sin problemas por el sistema fotovoltaico; esto se justifica en su diseño ya que se planteó un 20% de sobredimensionamiento en cuanto a la capacidad entregada por los paneles, al igual que en el inversor con un sobredimensionamiento del 25% en su capacidad. Este parámetro proporcionó la ventaja para ajustar el sistema a las necesidades del plantel, sin recurrir a los cálculos de los tiempos de la batería como inicialmente se tenía planeado.

7.1 Sistema Automático para el Encendido de la Bomba

El encendido de la bomba se propuso por medio de un temporizador digital encontrado en el mercado (figura 69), que cumple con los requerimientos necesarios para la activación de la planta potabilizadora, ya que permite conectar cualquier equipo con una potencia máxima de 1725w y una corriente máxima de 15 A; teniendo a su vez un costo asequible lo cual permitió bajar los costos de inversión del proyecto; así mismo garantizar el tiempo de llenado para el tanque suministrador del líquido potable. Con relación a lo anterior se aclaró los tiempos de uso del sistema de potabilización correspondiente a 2 veces por semana en un periodo de 2 horas, a razón de que la planta cuenta con la capacidad de suministrar 253 litros por hora; y tomando en cuenta la cantidad de personas habituales en el plantel (31), siendo su consumo recomendado de 1 litro por persona, ya con estos datos, se propuso el encendido de la bomba dos veces por semana.



Figura 69. Temporizador Digital BND-60/U6N

Fuente: Homecenter, 2021.

Esquemático del sistema fotovoltaico – planta potabilizadora:

En la figura 70, y 71, se observa el esquema final del proyecto, detallando ambos procesos en sus respectivas conexiones. Este esquema se realizó en SolidWorks permitiendo una mejor vista de la interconexión de estos sistemas.



Figura 70. Vista frontal del proyecto

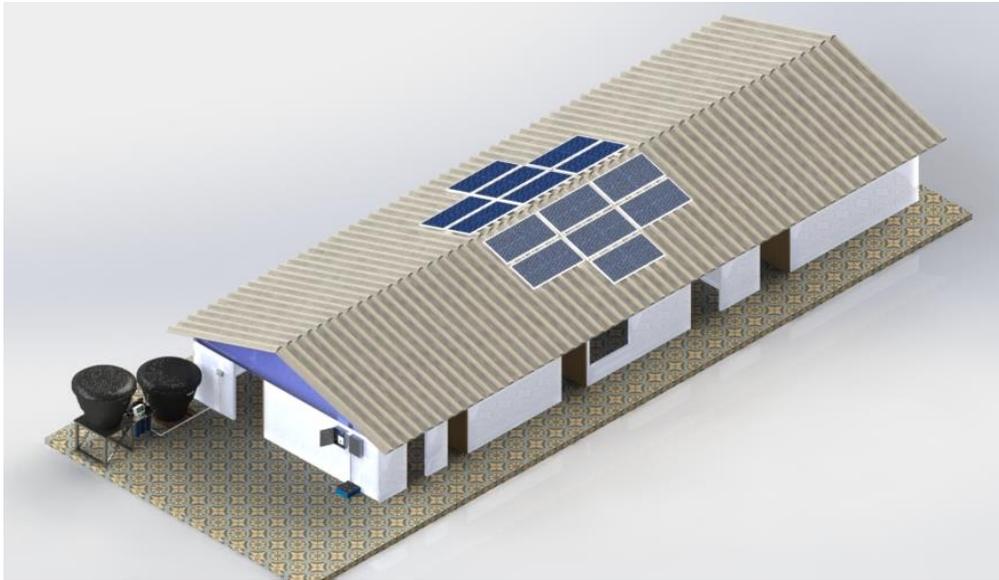


Figura 71. Vista superior del proyecto

8. Recursos Necesarios para el Desarrollo del Proyecto

Tabla 17. Recursos necesarios para el desarrollo del proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
1	PANEL solar SRP 400 BMA	U	20	\$ 500.000,00	\$ 10.000.000,00
2	Inversor gro watt 12000 T DVM	U	1	\$ 11.466.000,00	\$ 11.466.000,00
3	Controlador de carga Smart solar MPPT 150/ 60 TR	U	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
4	Batería VICTRON OPZS 910 A-H de 2v	U	96	\$ 1.697.800,00	\$ 162.988.800,00
5	Cable fotovoltaico centelsa # 4 awg	M	10	\$ 5.300,00	\$ 53.000,00
6	Cable fotovoltaico centelsa # 1 awg	M	4	\$ 5.300,00	\$ 21.200,00
7	Cable fotovoltaico centelsa # 8 awg	M	25	\$ 5.000,00	\$ 125.000,00
8	Cable fotovoltaico centelsa # 2 awg	M	1,5	\$ 5.300,00	\$ 7.950,00
9	Dps Dc Tipo 2 Para Aplicaciones Foto-voltaicas 1000vdc	U	1	\$ 174.300,00	\$ 174.300,00
10	Dps 2P 500VDC 20-40KA World sunlight	U	1	\$ 129.000,00	\$ 129.000,00
11	Fusible 125 amperios	U	18	\$ 64.000,00	\$ 1.152.000,00
12	Fusible 30A 1000V	U	8	\$ 65.000,00	\$ 520.000,00
13	Fusible 63A	U	2	\$ 65.000,00	\$ 130.000,00
14	Fusibles 250 Amp	U	2	\$ 180.000,00	\$ 360.000,00
15	Breaker Schneider Bipolar 63 A	U	2	\$ 55.000,00	\$ 110.000,00
16	DPS Clamper Solar 300V 40KA	U	1	170.000	\$ 170.000,00
17	Porta fusible	U	22	\$ 53.950,00	\$ 1.186.900,00
18	Luminaria Philips WT 120C, 43 w	U	18	\$ 100.000,00	\$ 1.800.000
19	Luminaria Philips 32 w	U	3	\$ 80.000,00	\$ 240.000,00
20	Instalaciones eléctricas	GL	1	\$ 5.000.000,00	\$ 5.000.000,00
21	Planta potabilizadora	U	1	\$ 5.240.000,00	\$ 5.240.000,00
22	Temporizador	GL	1	50.000	\$ 50.000
				TOTAL	\$ 202.924.150,00

Después de realizar un inventario y cotización de los equipos necesarios, se obtiene un costo de \$ 202.924.150, a pesar de ser un costo elevado, se cuenta precedentes de proyectos realizados con costos similares o superiores, que soportan la posible ejecución del proyecto; como lo son proyectos de índole social ejecutados por la UPME, por la ESA, EPM, entre otras centrales eléctricas que se unen al servicio de las comunidades más vulnerables de las

zonas no interconectadas, incentivados por los beneficios otorgados por la ley 1715 del 2014 del ministerio de minas y energías tales como la reducción del impuesto sobre la renta de hasta el 50% del valor de las inversiones en un plazo de 15 años, la exclusión de IVA por la compra de bienes y servicios, cero aranceles y una depreciación acelerada que no puede superar el 20% anual, entre otros beneficios que motivan a los empresarios y demás organizaciones o particulares a involucrarse en proyectos de energías renovables con fines sociales. Un ejemplo de un proyecto ejecutado en Colombia con un alto costo es el realizado en la comunidad wayuu del departamento de la Guajira, el cual se realizó por medio de la IPSE (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas) en conjunto con la gobernación de la Guajira, este proyecto tuvo un costo de \$ 1.205.861.903, y tuvo como finalidad generar el suministro de energía eléctrica a la comunidad y a la escuela de la zona, lo cual mejoró la calidad de vida de sus habitantes, otro ejemplo de ello con un costo inferior es el realizado en el departamento del Tolima, más específicamente en la institución educativa ALTOZANO, ubicada en la zona rural de Ortega con una inversión de \$75.000.00, asimismo se han realizado otros proyectos a cargo de distintas organizaciones con fines no lucrativos.

9. Conclusiones y Recomendaciones

Se obtuvo que el sistema operará eficientemente durante cualquier día de los estimados para su producción con 20 paneles de 400 W (con la configuración establecida), 96 vasos de baterías de 910 Ah a 2 Vdc, 1 regulador controlador MPPT de 150 /60 A y un inversor -controlador CC/CA de 12 KVA.

De acuerdo al presupuesto realizado, las baterías ocupan el 80,3% de los costos de los equipos, esto debido a que los días de autonomía propuestos por el referente tomado fueron 3 días, primando como criterio la utilidad de la instalación , pero si se prioriza las características climatológicas de la zona y el hecho de que no se tienen sombras cercanas al lugar que obstruyan la captación de la radiación energética por medio de los paneles , se podría disminuir esa cantidad de días de autonomía a 1 , disminuyendo la cantidad de baterías necesarias , y con esto el costo correspondiente a las baterías en un 70,5 % y en un 60,5 % el costo del presupuesto actual, de modo que la propuesta presente una mayor viabilidad para futura implementación.

De acuerdo con los cálculos generados por el software de CCEEA, la inclinación óptima de los paneles se origina a la latitud del lugar, para un mayor aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica; Este software permite generar históricos de radiación, graficas de las horas solares pico, y registros de las temperaturas medias y altas para la zona.

Existen diversas formas de realizar las conexiones del inversor a la carga, tomando como base su nivel de tensión y la potencia requerida por el sistema; Se podrá optar por un solo equipo que satisfaga los requerimientos, de tal modo que se optimicen los costos, y se minorice la cantidad de equipos, por lo tanto, se reduce el espacio ocupado. Otro modo de realizar la conexión del inversor, es dividir la cantidad de potencia en varios equipos, se utiliza una

configuración en paralelo para cumplir con la demanda requerida, bajo ese mismo concepto se cumple para satisfacer la condición del nivel de tensión; como un tercer método se contempla la posibilidad de distribuir las cargas por inversor, siendo así que si se cuenta con una demanda alta se podrá distribuir las potencias a cada inversor de forma independiente.

Existe gran diversidad en cuanto a proveedores y equipos para instalaciones solares fotovoltaicas; para obtener una adecuada selección es necesario tener en cuenta el tipo de instalación (conectada, aislada o híbrida), la versión actualizada de las normas y la calidad de energía requerida por la carga.

Debido a la situación de la pandemia no se realizaron visitas al terreno, lo cual dificultó el análisis de suelos para el diseño práctico del sistema de puesta a tierra, por lo tanto para una implementación futura se recomienda la elaboración de estudios de suelos, con el fin de conocer la resistividad del terreno y ajustar los cálculos del sistema de puesta a tierra, ya que su elaboración fue de tipo teórica por no contar con los resultados requeridos; además, se recomienda realizar tratamiento al terreno, para que la resistividad en todo espacio del proyecto sea la misma, de tal modo que se protejan de forma adecuada la tierra de la instalación eléctrica, y la del sistema fotovoltaico.

De acuerdo a los datos proporcionados por los fabricantes de las plantas potabilizadoras y resaltando que el consumo de la planta es relativamente bajo; se optó por replantear el último objetivo del proyecto, y proponer otra manera de suministrar la energía a la planta. Se investigó un tipo de temporizador programable que permitiese controlar los tiempos de llenado del tanque y a su vez permitiese al sistema potable entrar en funcionamiento las horas requeridas, De esta manera se ahorraría tiempo y dinero en la implementación de un sistema de control que tuviese

que adecuar la energía remanente de las baterías para el consumo de la planta.

Se recomienda realizar estudios en el mercado de equipos con capacidades acordes a los cálculos, ya que comercialmente algunos equipos como el inversor se seleccionaron con una sobrecapacidad para la carga actual del proyecto; debido a que la carga del inversor según los cálculos fue de 8100w y ya que lo más cercano a este valor encontrado fue el inversor growatt 12000 T DVM, se seleccionó este por cumplir con los requerimientos de potencia, voltaje y la corriente necesaria para las asociaciones de paneles calculada.

Se recomienda la elaboración de estudios técnico – económicos comparativos entre los diferentes proveedores y tecnologías de paneles solares, baterías, reguladores y de inversores solares.

Se sugiere realizar un análisis más amplio de los niveles de radiación solar del lugar, y compararlos con los aportados por el software CCEEA; En caso de requerirse realizar un recalcu para las respectivas selecciones de los componentes.

Al comparar los datos arrojados por el método de lúmenes y el software DIALUX estos dan resultados similares, por lo que se recomienda mantener la distribución de luminarias y su cantidad; ya que son necesarias para cumplir con la norma colombiana.

El alcance del proyecto no contemplaba un análisis de estructuras, por lo tanto, se recomienda realizar un estudio de estructuras, para la ubicación de las celdas solares en la superficie del techo; de igual forma el respectivo estudio estructural para la protección de los equipos como baterías, controladores, inversores y planta potabilizadora con el fin de protegerlas de la intemperie.

Se recomienda hacer limpieza de los tanques de agua cada año para evitar posible proliferación de microorganismos como bacterias, hongos entre otros que puedan afectar la salud de los estudiantes y personal educativo

Se recomienda para una futura implementación utilizar colores claros en las paredes para mejorar la reflexión de las mismas con el fin de reducir la cantidad de luminarias necesarias en los espacios y bajar los costos del proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Areatecnología. (2021). *Calculo sección cables para fotovoltaica*. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-fotovoltaica.html>
- Barrera, W. & Castilla, F. (2018). *Propuesta de un Sistema Fotovoltaico para Consumo Eléctrico en el Municipio de Quebrada negra, Cundinamarca*. Tesis de grado. Universidad Libre de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Caicedo, U. (2019). *Propuesta de un modelo para reducir pérdidas comerciales de energía con un sistema solar fotovoltaico en zonas especiales de Santiago de Cali*. Tesis de grado. Universidad ICESI. Cali, Colombia.
- Campaña, A., Gualoto, E. & Chiluisa, V. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito. *Bionatura*, 2(2), 305-310.
- Centelsa. (2021). *Cables para el aprovechamiento de la energía solar CENTELSA FOTOVOLTAICOS*. Recuperado de: <https://www.centelsa.com/archivos/Plegable-Cables-Fotovoltaicos.pdf>
- Centrales Eléctricas del Norte de Santander. (2021). *Diagnóstico de cobertura del servicio de energía*. Recuperado de: <https://www.cens.com.co/comunidad/enus/comunidadymedioambiente/aperturaelectoralyparticipacion/diagnosticodecoberturadelserviciodeenergia.aspx>
- Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas. (2021). *Solar App – CCEEA*. Recuperado de: <https://ccea.mx/solar>

- DSP Solar. (2017). *Módulo fotovoltaico Seraphim SRP-400W-BMA*. Recuperado de:
https://distribucionessolares.es/modulo-solar-bmonocristalinob/modulo-fotovoltaico-seraphim-srp-400w-bma_1472
- Energie. (2020). *Estaciones del Atlas de Radiación Solar en Colombia*. Recuperado de:
<https://www.energie.ws/datos-radiacion-solar-colombia-atla>
- Espitia, C. (2017). *Guía metodológica para la implementación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia*. Tesis de magíster. Universidad de Santander. Bucaramanga, Colombia.
- Gómez, J. (2017). *La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas*. Tesis de grado. Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia.
- GROWATT. (2020). *GROWATT SPF 4000-12000T DVM*. Recuperado de:
<https://www.growatt.es/show-44-622.html>
- Homecenter. (2021). *Timer Digital. BND-60/U6N*. Recuperado de:
<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/347775/Timer-Digital-7-Dias/347775>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2021). *Visor Atlas Radiacion*. Recuperado de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Instituto Nacional de Salud. (2019). *Boletín de Vigilancia de la Calidad del Agua Para Consumo Humano*. Bogotá: INS.

Jahm, J. (2013). *Iluminación de interiores*. Recuperado de:
<https://es.slideshare.net/yeshua0011/iluminacion-de-interiores>

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Enfermedades relacionadas con el agua*. Recuperado de: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/es/

Philips. (2021). *Catálogo de iluminación profesional 2021*. Recuperado de:
<https://www.lighting.philips.es/soporte/catalogo-iluminacion-profesional-philips>

Rasero, C. (2011). *Energía solar fotovoltaica. Energía solar fotovoltaica*. Recuperado de:
[http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7515/Tesis%20Corregida%20Larry%20Rivera%20Final%20\(1\)%20por%20jurado%20avance%20entrega.pdf?sequence=1](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7515/Tesis%20Corregida%20Larry%20Rivera%20Final%20(1)%20por%20jurado%20avance%20entrega.pdf?sequence=1)

Reyes, F. (2013). *Modelo numérico para la generación de mapas de radiación solar y su aplicación al aprovechamiento de energía solar fotovoltaica y termoeléctrica*. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas, España.

Sánchez, L. (2010). *Análisis y diseño de un sistema de calefacción solar para agua caliente sanitaria*. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.

Solartex. (2021). *Batería OPZS 2V 910Ah Victron Energy*. Recuperado de:
<https://www.solartex.co/tienda/producto/bateria-opzs-2v-910ah-victron-energy/>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). *Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050*. Recuperado de:
http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf

- Unidad de Planeación Minero Energética. (2020). *Atlas de Radiación Solar de Colombia República de Colombia: Ministerio de Minas y Energía; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Recuperado de: http://www.upme.gov.co/Atlas_Radiacion.htm
- Vela, M. (2016). *Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para mejorar la calidad de vida de sus moradores en la comunidad de palmeras*. Tesis de Especialización. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia.
- Victron Energy. (2021). *Controladores de carga BlueSolar MPPT 100/30 & 100/50*. Recuperado de: https://www.suncolombia.com/pdf/49.Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-100-30_-100-50-ES.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías del plantel educativo

Salón 1



Fotografía del Salón 2



Fotografía de los baños



Fotografía de los pasillos



Fotografía de la habitación del docente



Fotografía de la institución educativa la vega del tigre



Anexo 2. Características del panel solar



SRP-XXX-BMA: Maximum System Voltage 1000 VDC
 SRP-XXX-BMA-HV: Maximum System Voltage 1500 VDC

Electrical Characteristics

Module Type	SRP-390-BMA SRP-390-BMA-HV	SRP-395-BMA SRP-395-BMA-HV	SRP-400-BMA SRP-400-BMA-HV	SRP-405-BMA SRP-405-BMA-HV
	STC	STC	STC	STC
Maximum Power at STC (Pmp)	390	395	400	405
Open Circuit Voltage (Voc)	48.7	48.9	49.1	49.4
Short Circuit Current (Isc)	9.95	10.03	10.10	10.15
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.2	41.4	41.6	41.9
Maximum Power Current (Imp)	9.47	9.55	9.62	9.67
Module Efficiency at STC(ηm)	19.32	19.56	19.81	20.06
Power Tolerance	(0,+4.99)			
Maximum System Voltage	1000 VDC / 1500 VDC			
Maximum Series Fuse Rating	20A			

STC: Irradiance 1000 W/m² module temperature 25°C AM=1.6;

Temperature Characteristics

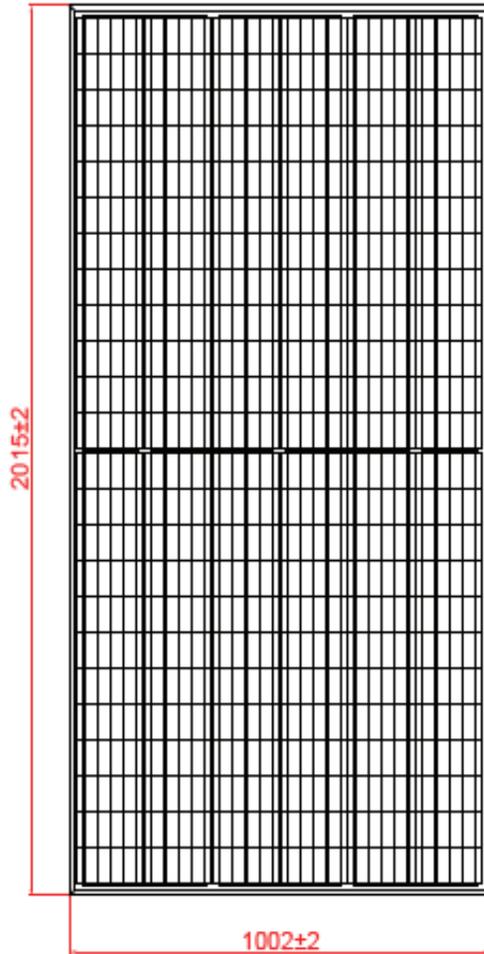
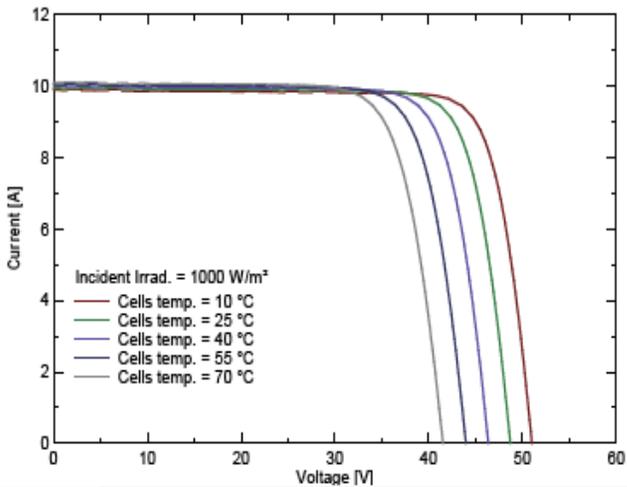
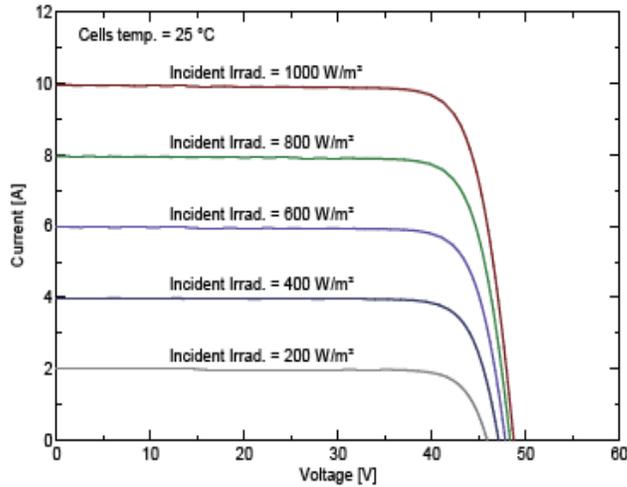
Pmax Temperature Coefficient	-0.36 %/°C
Voc Temperature Coefficient	-0.28 %/°C
Isc Temperature Coefficient	+0.05 %/°C
Operating Temperature	-40~+85 °C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2 °C

Mechanical Specifications

External Dimensions	2015 x 1002 x 40 mm
Weight	23.0kg
Solar Cells	PERC Mono crystalline 158.75 x 79.375 mm(144pcs)
Front Glass	3.2 mm AR coating tempered glass, low Iron
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP68, 3 diodes
Output Cable	4.0 mm ² , Portrait:255mm(+)/355mm(-);Landscape:1200mm
Connector	MC4 Compatible
Mechanical Load	Front side 5400Pa/ Back side 2400Pa



I-V Curve

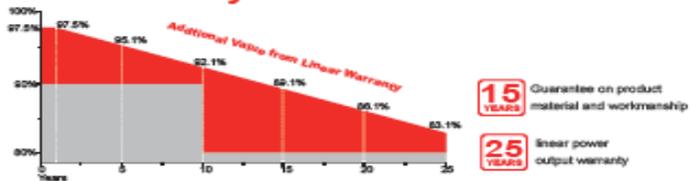


Product Certificates



Insurance **PICC**

Warranty



Higher Yield Due to Better Shading Response

Blade™ comprises two separated and identical solar cell arrays, which means the ordinary strings of cells are cut into halves, and these shorter strings compose arrays which has separated current paths. When a module is shaded, only one side shaded array's current will be impacted, while the other array will still be functionally producing power. Under this circumstance, when a module is shaded, the affected working areas of Blade™ will be 50% less.

By cutting solar cell into halves, the internal power loss will be lower and hot spot effect will also be reduced.

Anexo 3. Ficha técnica inversor -controlador



Growatt SPF 4000T~12000T DVM

- Low frequency inverter 120/240Vac Split Phase output
- Integrated MPPT charge controller
- Optional WIFI/ GPRS remote monitoring
- Built-in pure copper low frequency transformer
- Configurable grid or solar input priority

Growatt

POWER
- I N G O
T O M O -
R R O W O

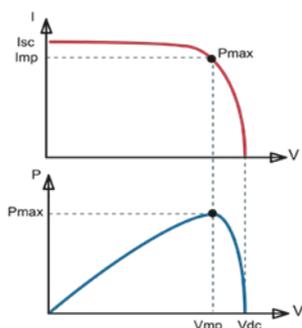
www.ginverter.com

Datasheet	SPF 4000T DVM	SPF 5000T DVM	SPF 6000T DVM	SPF 8000T DVM	SPF 10000T DVM	SPF 12000T DVM
Battery Voltage	48VDC					
Battery Type	Lithium/Lead-acid					
INVERTER OUTPUT						
Rated Power	4KW	5KW	6KW	8KW	10KW	12KW
Surge Rating	12KW	15KW	18KW	24KW	30KW	36KW
Waveform	Pure sine wave/ same as input (bypass mode)					
Nominal Output Voltage RMS	104-110-115-120/208-220-230-240VAC(optional)					
Output Frequency	50Hz/60Hz +/-0.3 Hz					
Inverter Efficiency(Peak)	>85%					
Transfer Time	10ms(max)					
SOLAR CHARGER						
Maximum PV Charge Current	80A			120A		
Maximum PV Array Power	5000W			7000W		
Number of Independent MPPT trackers/ strings per MPPT tracker	1/1			1/1		
MPPT Range @ Operating Voltage(VDC)	60-145VDC			60-145VDC		
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	150VDC			150VDC		
Maximum Efficiency	>98%			>98%		

Anexo 4. Controlador de carga



Controlador de carga solar
MPPT 100/50



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto P_{max} de la curva en el que el producto de $I \times V$ alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a V_{mp} .

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos Venus en nuestro sitio web.
- Un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24V	
Corriente de carga nominal	30A	50A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	440W	700W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	880W	1400W
Tensión máxima del circuito abierto FV	100V	100V
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	35A	60A
Eficiencia máxima	98%	98%
Autoconsumo	12V: 30 mA 24V: 20 mA	
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V (ajustable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable)	
Algoritmo de carga	variable multietapas	
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.	
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión	
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)	
Humedad	95 %, sin condensación	
Puerto de comunicación de datos	Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web	
CARCASA		
Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales de conexión	13mm ² / AWG6	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	1,3kg	1,3kg
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70mm	130 x 186 x 70mm
ESTÁNDARES		
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2	
1a) Si hubiese más potencia FV conectada, el controlador limitará la potencia de entrada.		
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.		
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.		
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador		

Anexo 5 . Ficha técnica batería

Baterías solares OPzS

www.victronenergy.com



OPzS Solar batteries 910

Baterías de placa tubular inundada de larga duración

Vida útil: >20 años a 20°C, > 10 años a 30°C, >5 años a 40°C.
Cantidad de ciclos posibles: más de 1.500 ciclos al 80 % de descarga.
Fabricada según las normas DIN 40736, EN 60896 y IEC 61427.

Mantenimiento reducido

En condiciones normales de funcionamiento, se deberá añadir agua destilada cada 2 – 3 años a 20°C.

Baterías de carga en seco o de electrolitos listas para usar

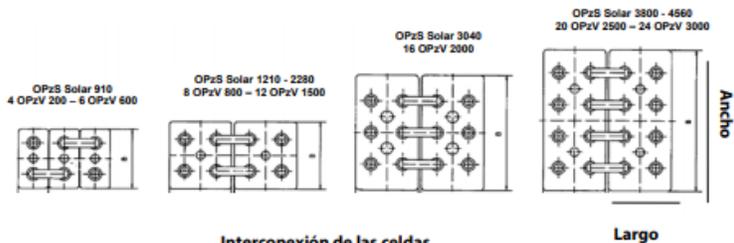
Las baterías están disponibles rellenas de electrolito o cargadas en seco (para almacenamiento prolongado, transporte en contenedor o transporte aéreo). Las baterías cargadas en seco deben rellenarse con ácido sulfúrico diluido (densidad 1,24kg/l @ 20°C).

Las de electrolito pueden ser más resistentes en climas fríos y más frágiles en climas calientes.

Aprenda más sobre baterías y cargas

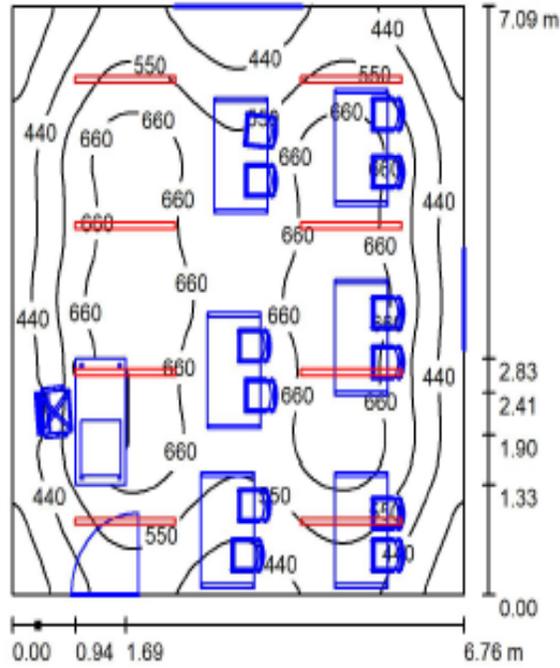
Para saber más sobre baterías y carga de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Energy Unlimited" (disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com).

Tipo OPzS	OPzS Solar 910	OPzS Solar 1210	OPzS Solar 1520	OPzS Solar 1830	OPzS Solar 2280	OPzS Solar 3040	OPzS Solar 3800	OPzS Solar 4560
Capacidad nominal (120 hr / 20°C)	910 Ah	1210 Ah	1520 Ah	1830 Ah	2280 Ah	3040 Ah	3800 Ah	4560 Ah
Capacidad (10 hr / 20°C)	640 Ah	853 Ah	1065 Ah	1278 Ah	1613 Ah	2143 Ah	2675 Ah	3208 Ah
Capacidad 2 / 5 / 10 horas (% de capacidad de 10 hr.)	60 / 85 / 100 / 120/ 150 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacidad 20 / 24 / 48 / 72 horas (% de capacidad de 120 hr.)	77 / 80 / 89 / 95 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacity 100 / 120 / 240 hours (% de capacidad de 120 hr.)	99 / 100 / 104 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Autodescarga @ 70°F/20°C	3% mensual							
Tensión de absorción (V) @ 70°F/20°C	2,35 a 2,50 V/celda (28,2 a 30,0 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de flotación (V) @ 70°F/20°C	2,23 a 2,30 V/celda (26,8 a 27,6 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de almacenamiento (V) @ 70°F/20°C	2,18 a 2,22 V/celda (26,2 a 26,6 V para una batería de 24 voltios)							
Vida útil en flotación (V) @ 70°F/20°C	20 años							
Cantidad de ciclos @ 80% de descarga	1500							
Cantidad de ciclos @ 50% de descarga	2800							
Cantidad de ciclos @ 30% de descarga	5200							
Dimensiones (al x an x p en mm.)	145 x 206 x 711	210 x 191 x 711	210 x 233 x 711	210 x 275 x 711	210 x 275 x 861	212 x 397 x 837	212 x 487 x 837	212 x 576 x 837
Dimensiones (al x an x p en pulgadas.)	5,7 x 8,1 x 28	8,3 x 7,5 x 28	8,3 x 9,2 x 28	8,3 x 10,8 x 28	8,3 x 10,8 x 33,9	8,4 x 15,6 x 32,9	8,4 x 19,2 x 32,9	8,4 x 22,7 x 32,9
Peso sin ácido (kg. / libras)	35 / 77	46 / 101	57 / 126	66 / 146	88 / 194	115 / 254	145 / 320	170 / 375
Peso con ácido (kg. / libras)	50 / 110	65 / 143	80 / 177	93 / 205	119 / 262	160 / 253	200 / 441	240 / 530



Anexo 6. Datos de Dialux

salon grande / RESUMEN



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:92

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	553	248	761	0.448
Suelo	10	349	73	577	0.210
Techo	30	130	61	936	0.472
Paredes (4)	30	278	45	573	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

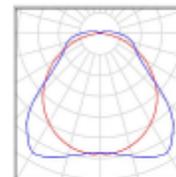
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
			Total: 48001	Total: 48000	344.0

Valor de eficiencia energética: $7.18 \text{ W/m}^2 = 1.30 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 47.93 m^2)

salon grande / Lista de luminarias

8 Pieza Philips WT120C G2 L1500 LED80S/- NO
 N° de artículo:
 Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm
 Potencia de las luminarias: 43.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 95
 Código CIE Flux: 47 78 92 95 100
 Lámpara: 1 x LED80S/840/- (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



salon grande / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 48001 lm
 Potencia total: 344.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	494	59	553	/	/
Superficie de cálculo 5	528	59	588	/	/
Suelo	297	52	349	10	11
Techo	38	92	130	30	12
Pared 1	229	64	293	30	28
Pared 2	198	60	258	30	25
Pared 3	242	58	300	30	29
Pared 4	200	62	262	30	25

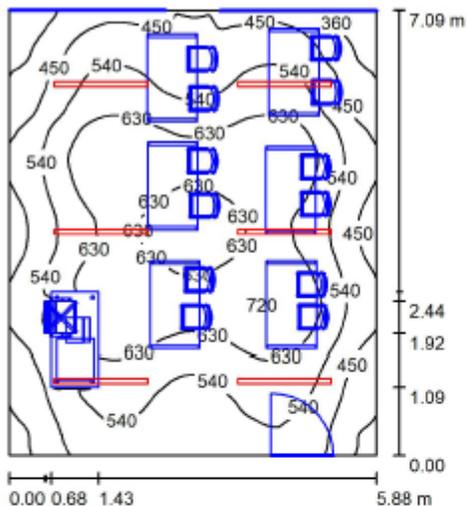
Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.446 (1:2)

E_{min} / E_{max} : 0.324 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $7.18 \text{ W/m}^2 = 1.30 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 47.93 m^2)

salon medio / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:92

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	551	284	726	0.515
Suelo	30	335	82	515	0.245
Techo	70	182	112	906	0.618
Paredes (4)	50	307	132	456	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

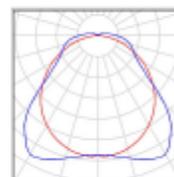
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
			Total: 36001	Total: 36000	258.0

Valor de eficiencia energética: $6.19 \text{ W/m}^2 = 1.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 41.69 m^2)

salon medio / Lista de luminarias

6 Pieza Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO
 N° de artículo:
 Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm
 Potencia de las luminarias: 43.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 95
 Código CIE Flux: 47 78 92 95 100
 Lámpara: 1 x LED60S/840/- (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



salon medio / **Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 36001 lm
 Potencia total: 258.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	415	136	551	/	/
Superficie de cálculo 1	465	136	602	/	/
Suelo	224	111	335	30	32
Techo	30	152	182	70	40
Pared 1	194	133	327	50	52
Pared 2	179	125	304	50	48
Pared 3	173	119	291	50	46
Pared 4	179	126	306	50	49

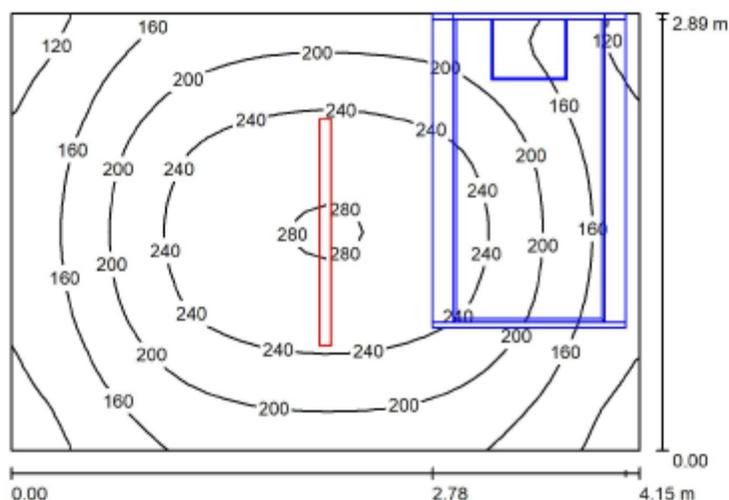
Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.515 (1:2)

E_{min} / E_{max} : 0.391 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $6.19 \text{ W/m}^2 = 1.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 41.69 m^2)

habitacion / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:38

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	198	100	283	0.505
Suelo	10	125	4.17	203	0.033
Techo	50	53	21	873	0.404
Paredes (4)	30	104	4.88	272	/

Plano útil:

Altura: 0.500 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips WT120C G2 L1500 LED80S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
Total:			6000	6000	43.0

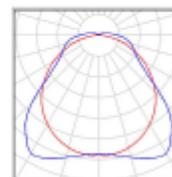
Valor de eficiencia energética: 3.59 W/m² = 1.81 W/m²/100 lx (Base: 11.99 m²)

Fax
e-Mail

habitacion / Lista de luminarias

1 Pieza Philips WT120C G2 L1500 LED80S/- NO
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm
Potencia de las luminarias: 43.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 95
Código CIE Flux: 47 78 92 95 100
Lámpara: 1 x LED80S/840/- (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



habitacion / **Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 6000 lm
 Potencia total: 43.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	166	33	198	/	/
Suelo	101	24	125	10	3.98
Techo	20	33	53	50	8.40
Pared 1	87	29	116	30	11
Pared 2	60	31	91	30	8.71
Pared 3	82	28	110	30	11
Pared 4	63	27	90	30	8.62

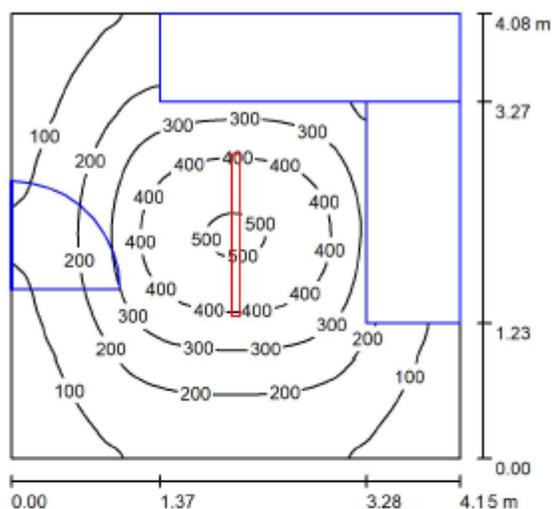
Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_{\max} : 0.505 (1:2)

E_{\min} / E_{\max} : 0.353 (1:3)

Valor de eficiencia energética: $3.59 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 11.99 m^2)

cocina / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.500 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:53

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	234	47	511	0.199
Suelo	10	122	1.04	239	0.008
Techo	50	36	16	647	0.444
Paredes (4)	30	66	1.24	134	/

Plano útil:

Altura: 0.900 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

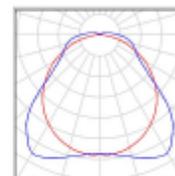
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
Total:			6000	6000	43.0

Valor de eficiencia energética: $2.54 \text{ W/m}^2 = 1.09 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 16.93 m^2)

cocina / Lista de luminarias

- 1 Pieza Philips WT120C G2 L1500 LED60S/- NO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm
Potencia de las luminarias: 43.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 95
Código CIE Flux: 47 78 92 95 100
Lámpara: 1 x LED60S/840/- (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



cocina / Resultados luminotécnicos

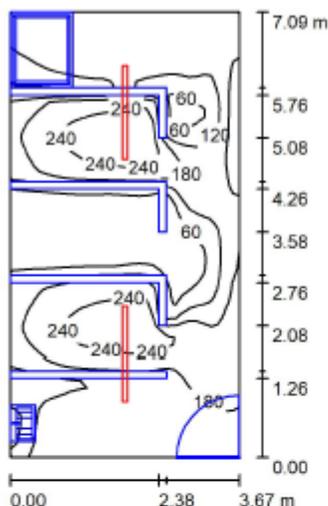
Flujo luminoso total: 6000 lm
 Potencia total: 43.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	212	22	234	/	/
Suelo	103	19	122	10	3.89
Techo	12	24	36	50	5.70
Pared 1	59	20	79	30	7.50
Pared 2	37	17	53	30	5.11
Pared 3	41	16	57	30	5.43
Pared 4	54	19	73	30	6.99

Simetrías en el plano útil
 E_{\min} / E_{\max} : 0.199 (1:5)
 E_{\min} / E_{\max} : 0.091 (1:11)

Valor de eficiencia energética: $2.54 \text{ W/m}^2 = 1.09 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 16.93 m^2)

baños / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:92

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	152	26	283	0.171
Suelo	10	102	3.81	198	0.037
Techo	50	67	36	904	0.537
Paredes (4)	50	110	11	228	/

Plano útil:

Altura: 0.500 m
Trama: 32 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

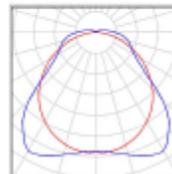
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	Philips WT120C G2 L1500 LED80S/- NO (1.000)	6000	6000	43.0
Total:			12000	Total: 12000	86.0

Valor de eficiencia energética: $3.31 \text{ W/m}^2 = 2.18 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 26.02 m^2)

baños / Lista de luminarias

2 Pieza Philips WT120C G2 L1500 LED80S/- NO
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 6000 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 6000 lm
Potencia de las luminarias: 43.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 95
Código CIE Flux: 47 78 92 95 100
Lámpara: 1 x LED80S/840/- (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



baños / Resultados luminotécnicos

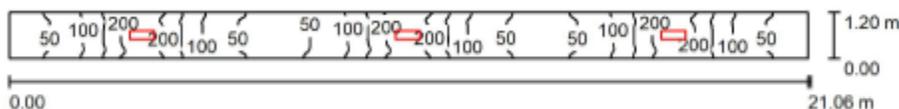
Flujo luminoso total: 12000 lm
 Potencia total: 86.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	110	42	152	/	/
Suelo	68	34	102	10	3.24
Techo	18	49	67	50	11
Pared 1	82	36	118	50	19
Pared 2	82	34	116	50	18
Pared 3	83	39	122	50	19
Pared 4	59	34	93	50	15

Simetrías en el plano útil
 E_{min} / E_m : 0.171 (1:6)
 E_{min} / E_{max} : 0.092 (1:11)

Valor de eficiencia energética: $3.31 \text{ W/m}^2 = 2.18 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 26.02 m^2)

pasillo / Resumen



Altura del local: 2.200 m, Altura de montaje: 2.200 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:151

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	109	32	237	0.292
Suelo	20	109	33	237	0.304
Techo	70	51	22	103	0.425
Paredes (4)	80	77	22	414	/

Plano útil:

Altura: 0.000 m
 Trama: 128 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

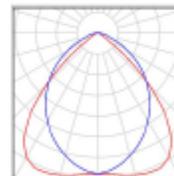
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS TCS460 2xTL5-14W HFP M2 (1.000)	1704	2400	32.0
			Total: 5112	Total: 7200	96.0

Valor de eficiencia energética: $3.80 \text{ W/m}^2 = 3.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 25.27 m^2)

pasillo / Lista de luminarias

3 Pieza PHILIPS TCS460 2xTL5-14W HFP M2
 N° de artículo:
 Flujo luminoso (Luminaria): 1704 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 2400 lm
 Potencia de las luminarias: 32.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 64 93 99 100 71
 Lámpara: 2 x TL5-14W/830 (Factor de corrección 1.000).



pasillo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 5112 lm
 Potencia total: 96.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	55	54	109	/	/
Suelo	55	54	109	20	6.95
Techo	0.00	51	51	70	11
Pared 1	29	50	79	80	20
Pared 2	3.99	27	31	80	8.00
Pared 3	29	50	79	80	20
Pared 4	3.99	27	31	80	8.00

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.292 (1:3)

E_{min} / E_{max} : 0.134 (1:7)

Valor de eficiencia energética: $3.80 \text{ W/m}^2 = 3.48 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 25.27 m^2)

Anexo 7. Planta de potabilización compacta

Mercadeo Valle

SISTEMA ÓSMOSIS RO 1600
Galones por día, 5 etapas
luz uv, 25w Micro controlado.



RO: Sigla por ÓSMOSIS INVERSA. GPD: galones x día.
Ofrece agua Desmineralizada de alta pureza. Elimina del agua hasta 99% de los sólidos disueltos suspendidos y microorganismos. Elimina casi todos los contaminantes inorgánicos del agua. Remueve el radio, plomo, hierro.

5 ETAPAS: Polipropileno 5micra + Carbón granular GAC + Carbón bloque CTO + ósmosis RO + Luz uv 25w

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:
Estructura en acero inoxidable
Medidas en cm: 58 de ancho x 36 x 79 de alto.
Peso en Kilos: 38
Flujo de descarte o concentrado: este flujo retira todos los sólidos retenidos por la membrana RO y debe estar entre 60% y 100% del flujo permeado de salida.

Incluye: los accesorios propios para su instalación
Cumple con todos los estándar de Calidad y de Seguridad.

Luz Ultravioleta, desinfecta el agua sin necesidad de compuestos químicos, con **acción germicida mediante radiación UV**, destruye el material genético de microorganismos, reducción del 99.99% en bacterias, virus, esporas y Algas. Bacteria E. Coli, Giardia lamblia, salmonella, Staphilococcus, Pseudomonas, cryptosporidium, etc. Efecto residual en el agua: NO cambia el sabor y el olor. No produce ozono.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:
Capacidad de Producción o salida de Agua: 1600 GPD
Producción en litros: 6.080 Litros x día. 253 litros por hora.
Consumo: 336W
Max. Velocidad de flujo: 1600 GPD / 24 horas
Bombas de presión para las membranas de osmosis: 4
Bomba presión de membrana Tipo diafragma 24VDC / 80 PSI
Tipo de Membrana: Tipo seco. 3012 Tecnología USA
Contenedor o carcasa de Membrana RO: 122-20
Voltaje y Frecuencia: 120/60Hz. Input: 110W
Gran flujo sin Tanque de Presión.
Función de auto-limpieza. Tipo de Lavado: Automático.
Porcentaje de recuperación del agua: 92% - 99%
Pre-filtros de 20 pulgadas: PP 5 micras, CTO y GAC.
Conectores: Quick Fitting (acople rápido)
Rechazo de membranas: 98%
Temperatura Agua: 5 a 45 grados centígrados
Presión de entrada: (mínima/máximo) 14.5 - 43 PSI
Tipo flush. Autolavado Membrana RO: Automático
Presión de operación Membrana RO: 50 -100 psi
Máxima Temperatura: 5°C - 45 °C

Características del agua requeridas a la entrada:
Tipo de agua: agua pre tratada
Total de Sólidos Disueltos: menor 800 PPM
Cloro: menor 0.2 PPM
Presión: 0.1 - 0.3 MPA

Características del agua de salida:
TDS: Min/Max: 0 - 20ppm
DISPLAY de Control: unidad de control LCD
Medidor de TDS: Indica la calidad del Agua
Barra de tiempo: Indica tiempo de uso, para cambio de membranas (6,7,8,18 y 36 meses)
Indicadores: Temperatura, Potencia, Autolavado
Indicador: Funcionamiento de la bomba

PuriPlus

**Mercadeo
Valle**

LAMPARA ULTRAVIOLETA 25W



UV: Sigla por Luz Ultravioleta, desinfecta el agua sin necesidad de compuestos químicos
 Acción germicida: Radiación UV, destruye el material genético de microorganismos.
 Alcance: Reducción del 99.99% en bacterias, virus, esporas y Algas. Bacteria E. Coli, Giardia lamblia, salmonella, Staphilococcus, Pseudomonas, cryptosporidium, etc.
 Efecto residual en el agua: NO cambia el sabor y el olor. No produce ozono.
 Espectro ultravioleta: UV-C onda corta UV. Longitud de onda: Entre 200 y 295 nm.
 Rango Óptimo de radiación - poder germicida: 254 - 265 nanómetros.
 Rango mínimo universal para equipo UV germicida: 16 mw/cm².

La Etapa UV Incluye: Funda de cristal cuarzo, fuente o balastro electrónico, carcasa de acero inoxidable, tubo UV, conectores Quick Fitting y sello de silicona.

Siglas: GPM - Galones por Minuto. LPM - Litros por Minuto. LPH - Litros por Hora

CARACTERÍSTICAS:

Potencia de radiación: 25w
 Caudal máximo: 6 GPM. 22 LPM. 1.360 LPH
 Material de Carcasa: Acero inoxidable tipo 304, pulido espejo
 Resistente. Garantiza una larga vida útil.
 Tapa rosca: En acero inoxidable.
 Longitud de carcasa: acero: 52 cm
 Diámetro de la carcasa acero: 6.35 cm o 2.5 pulgadas.
 Peso carcasa acero inoxidable: 800 gramos
 Peso etapa UV completa: 1.390 gramos
 Conexión de entrada - salida: 1/2 pulgada NPT
 Tipo de Conectores: Quick Fitting- acople rápido
 Temperatura máxima: 45° C
 Presión máxima de operación: 125 PSI.
 Presión de funcionamiento: 20 a 125 PSI
 Frecuencia de alimentación: 60 Hertz.
 Unidad de alimentación eléctrica: 110-117 volts (Balastro)
 Voltaje de la lámpara: 46 voltios
 Consumo total de corriente: 0.60 amperios
 Potencia UV-C 254 nanómetros: 7.0 Watios
 Tipo de lámpara o Tubo UV-C: Presión de Mercurio.T8
 Longitud del tubo UV: 45 cm con los pin.
 Diámetro del Tubo UV: 2.5 cm.
 Vida útil del tubo UV: 8.000 - 9.000 horas.
 Numero de tubo o lámpara UV: 1.
 Funcionamiento: 24 horas.
 Dosis germicida nominal: >30 mw/cm²
 Material lámpara germicida y funda cuarzo: 99% SiO₂
 Cuarzo de Alta Transmisividad: Cuarzo de alta pureza, solo absorbe entre el 2% y el 4% de la radiación UV.
 Longitud de la funda de cuarzo: 50 cm
 Diámetro de la funda de cuarzo: 3.4 cm
 Requerimiento agua de entrada: Filtrada. Libre de partículas en suspensión o disolución y una Dureza menor a 120 ppm.
 Advertencia: Proteja su piel y ojos de la luz directa UV.
 CERTIFICADO NSF

PuriPlus

**Mercadeo
Valle**

Cartucho o Membrana de CARBON ACTIVADO BLOQUE CTO de 20" SLIM.



CTO Para absorción de químicos, cloro y sedimentos.
Mejora aspectos del agua como: olor, sabor y color.

CARACTERÍSTICAS:

Medio filtrante: Carbón activado compacto.

No desprende Ceniza.

Retención Nominal: 5 micras

Temperatura máxima: 35° C

Presión: 15- 70 PSI.

Cartucho estándar: 20" x 2.5"

Longitud o altura: 50 cm

Diámetro exterior: 6.5 cm

Diámetro interior: 2.7 cm

Peso aproximado: 800 gramos

Máximo Caudal: De 2 a 12 GPM, depende de la presión y del micraje del cartucho.

Montaje: Carcasa de 20" Slim

Tiempo de servicio: 6 meses y no es lavable.

Recambio de 2 a 3 meses en agua con turbiedad y en flujos abundantes.

CERTIFICADO NSF

PuriPlus

**Mercadeo
Valle**

Cartucho o Membrana POLIPROPILENO PP de 20 PULGADAS SLIM



PP Para retención de sedimentos.

CARACTERÍSTICAS:

Medio filtrante: Polipropileno Aglomerado.

Material: 100% de fibras de polipropileno termo fusionado de alta pureza.

Densidad: Graduada del exterior al interior.

Cartucho estándar: 20" x 2.5"

Longitud o altura: 50 cm

Diámetro exterior: 6.3 cm

Diámetro interior: 2.7 cm

Peso aproximado: 180 gramos

Retención Nominal: 20 micras, 5 micras, 1 micra.

Temperatura máxima: 35° C

Presión: 45 PSI.

Máximo Caudal: De 2 a 12 GPM, depende de la presión y del micraje del cartucho.

Montaje: Carcasa de 20" Slim

Tiempo de servicio: 6 meses y no es lavable.

Recambio de 2 a 3 meses en agua con turbiedad y en flujos abundantes.

CERTIFICADO NSF

PuriPlus

**Mercadeo
Valle**

Cartucho o Membrana de CARBON ACTIVADO BLOQUE CTO de 20" SLIM.



CTO Para: absorción de químicos, cloro y sedimentos.
Mejora aspectos del agua como: olor, sabor y color.

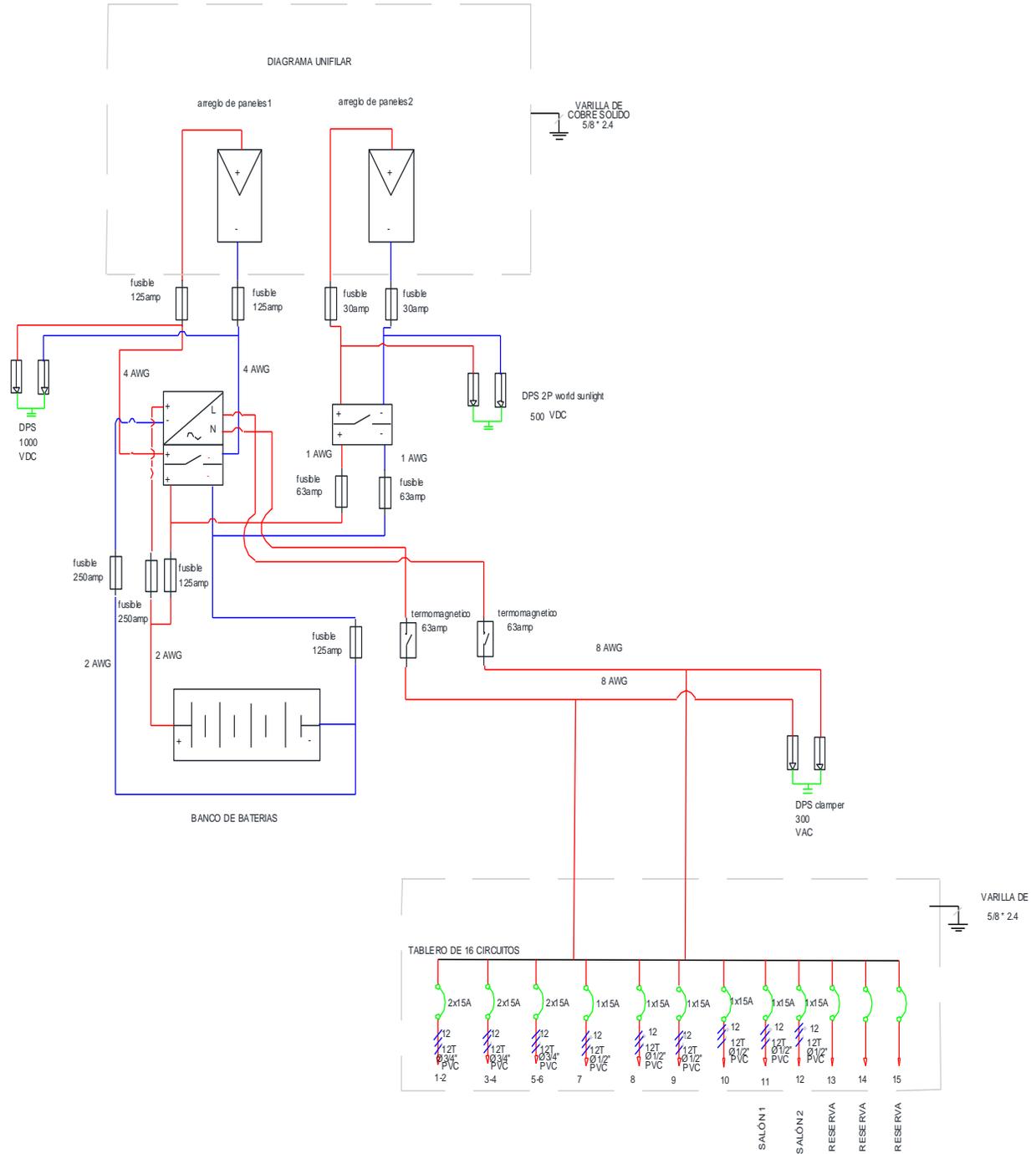
CARACTERÍSTICAS:

Medio filtrante: Carbón activado compacto.
No desprende Ceniza.
Retención Nominal: 5 micras
Temperatura máxima: 35° C
Presión: 15- 70 PSI.
Cartucho estándar: 20" x 2.5"
Longitud o altura: 50 cm
Diámetro exterior: 6.5 cm
Diámetro interior: 2.7 cm
Peso aproximado: 800 gramos
Máximo Caudal: De 2 a 12 GPM, depende de la presión y del micraje del cartucho.
Montaje: Carcasa de 20" Slim
Tiempo de servicio: 6 meses y no es lavable.
Recambio de 2 a 3 meses en agua con turbiedad y en flujos abundantes.

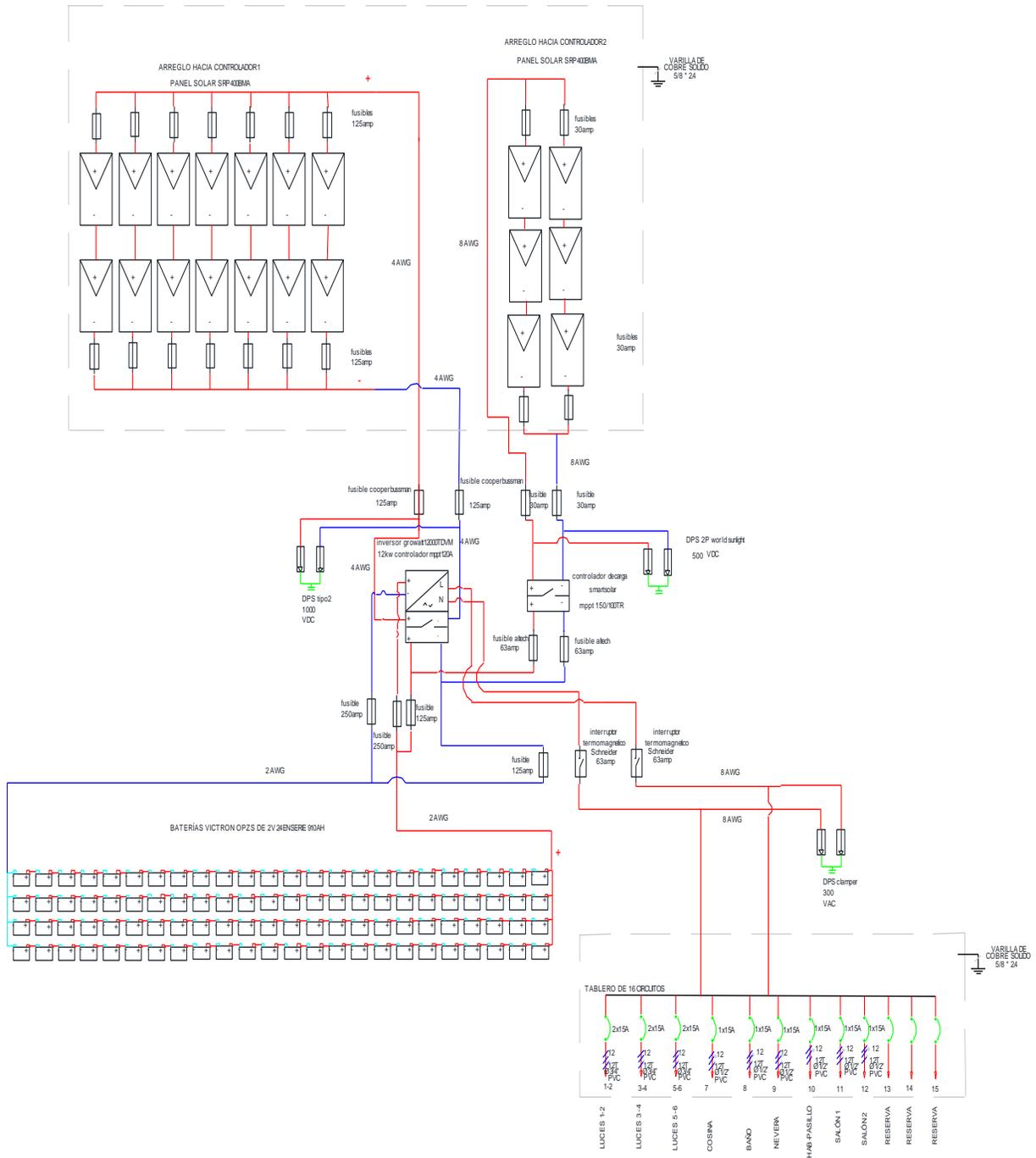
CERTIFICADO NSF

PuriPlus

Anexo 8. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico



Anexo 9. Diagrama de conexiones del sistema fotovoltaico



Anexo 10. Ficha técnica de luminarias



CoreLine Estanca G2

WT120C G2 LED60S/840 PSU L1500

840 blanco neutro - Fuente de alimentación

Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. La nueva gama de productos LED CoreLine Estanca se puede usar para sustituir las luminarias estancas tradicionales con lámparas fluorescentes de 18 a 58W, con fácil instalación y mínimo mantenimiento.

Datos del producto

Información general	
Color de la fuente de luz	840 blanco neutro
Fuente de luz sustituible	No
Número de unidades de equipo	1
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]
Driver incluido	Sí
Tipo de óptica	110 [Ángulo del haz de 110°]
Tipo lente/cubierta óptica	MLO [Óptica de micro lentes]
Apertura de haz de luz de la luminaria	105°
Interfaz de control	No
Conexión	Conector push-in de 3 polos
Cable	No
Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Test del hilo incandescente	Temperatura 850 °C, duración 30 s
Marca de inflamabilidad	D [DJ]
Marca CE	Marcado CE
Certificado ENEC	Marcado ENEC
Periodo de garantía	5 años
Comentarios	*-Según el Informe guía de Lighting Europe *Evaluating performance of LED

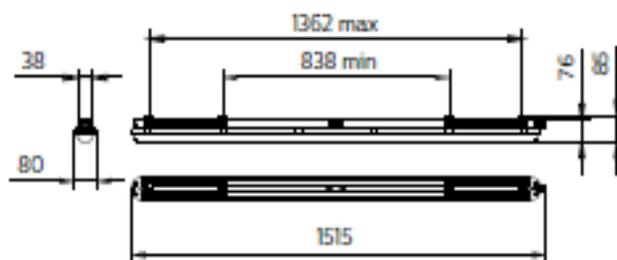
	based luminaires* de enero de 2018, estadísticamente no existe una diferencia relevante en el mantenimiento lumínico entre B50 y, por ejemplo, B10. Por lo tanto, el valor de vida útil medio (B50) también es representativo para el valor B10.
Flujo luminoso constante	No
Número de productos en MCB de 16 A tipo B	45
Conforme con EU RoHS	Sí
Índice de deslumbramiento unificado CEN	25
Operativos y eléctricos	
Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 o 60 Hz
Corriente de arranque	5,56 A
Tiempo de interrupción	0,047 ms
Factor de potencia (min.)	0.9

CoreLine Estanca G2

Controles y regulación	
Regulable	No
Mecánicos y de carcasa	
Material de la carcasa	Polycarbonato
Material del reflector	Acero
Material óptico	PC
Material cubierta óptica/lente	Polycarbonato
Material de la bandeja portaequipos	Acero
Material de fijación	Acero inoxidable
Acabado cubierta óptica/lente	-
Longitud global	1515 mm
Anchura global	80 mm
Altura global	76 mm
Color	GR
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	76 x 80 x 1515 mm (3 x 3.1 x 59.6 in)
Aprobación y aplicación	
Código de protección de entrada	IP65 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [IK08]
Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Flujo luminoso inicial	6000 lm
Tolerancia de flujo luminoso	+/-10%
Eficacia de la luminaria LED inicial	143 lm/W
Corr. Inic. de temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática	
Índice de reproducción cromática	>80
Cromacidad Inicial	(0.38,0.38)SDCM<+-3
Potencia de entrada Inicial	42.9 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-10%
Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)	
Índice de fallos del equipo de control con una vida útil mediana de 50.000 h	5 %
Mantenimiento lumínico con una vida útil mediana* de 50.000 h	L80
Condiciones de aplicación	
Rango de temperatura ambiente	-20 °C a +40 °C
Temperatura ambiente para rendimiento Tq	25 °C
Nivel máximo de regulación	-
Apta para encendidos y apagados aleatorios	No aplicable
Datos de producto	
Código de producto completo	87829184049700
Nombre de producto del pedido	WT120C G2 LED60S/B40 PSU L1500
EAN/UPC - Producto	878291840497
Código de pedido	84049700
Cantidad por paquete	1
Numerador SAP - Paquetes por caja exterior	9
Código 12NC	911401823880
Peso neto (pieza) SAP	1,700 kg

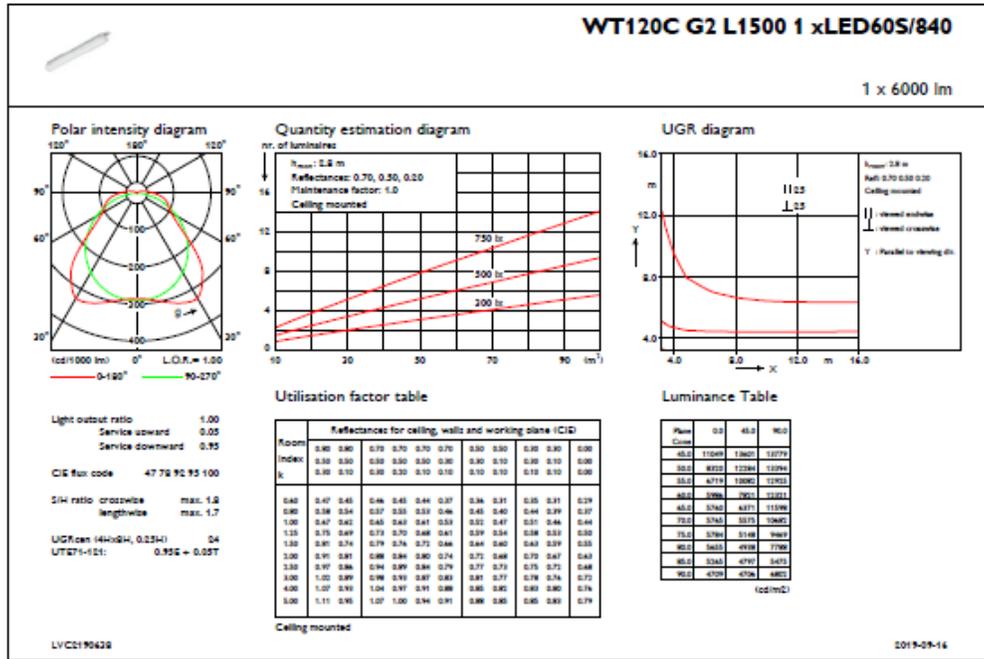


Plano de dimensiones

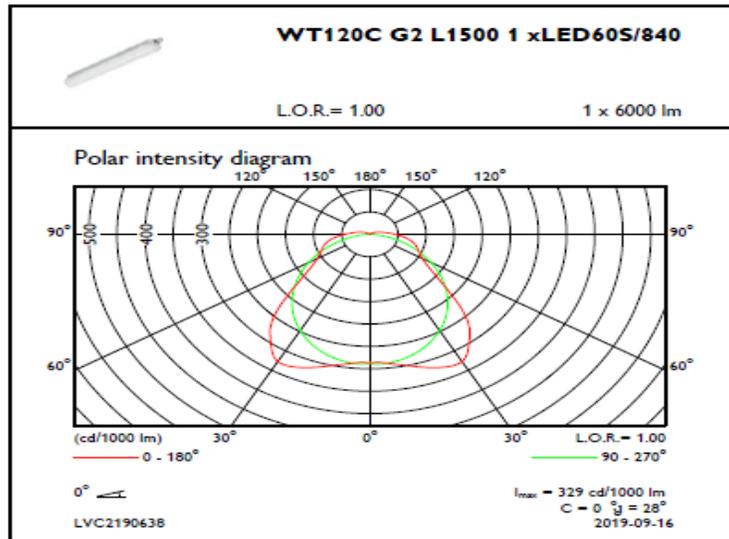


CoreLine Waterproof WT120C

Datos fotométricos



IFGU1_WT120CG2L15001xLED60S840



OFPC1_WT120CG2L15001xLED60S840



SmartForm TCS/TPS460: alumbrado de alto rendimiento y diseño atractivo

SmartForm TCS460

SmartForm TCS460

Nos sentimos mejor y rendimos más en un entorno de trabajo agradable y cómodo. Diseñada para un uso mayoritario en oficinas, tiendas y escuelas, la familia de luminarias de montaje suspendido, adosado o aplique de pared SmartForm TCS/TPS460 combina la mejor calidad luminotécnica de su categoría con un diseño limpio y atractivo. Estas luminarias ultraplanas están disponibles en versiones rectangulares y cuadradas con las lámparas MASTER TL5 y TL5 ECO, y posibilitan distribuciones de luz directa e indirecta. También pueden utilizarse para formar líneas de luz y estructuras. Gracias a su amplia gama de microópticas y difusores de elevada eficiencia y confort, SmartForm TCS/TPS460 permite encontrar la solución perfecta para cada situación. Es posible integrar controles de iluminación en la propia luminaria para un ahorro adicional de energía.

Beneficios

- La calidad luminotécnica de la gama satisface los distintos requisitos de cualquier proyecto
- Diseño atractivo
- Bajo consumo energético

Características

- Carcasa ultraplana: sólo 47 mm de altura
- Lámparas de vanguardia
- Ópticas y difusores de gran eficiencia
- Distribución de luz directa/indirecta
- Posibilidad de integrar controles de iluminación

Aplicaciones

- Oficinas
- Tiendas
- Colegios

Especificaciones

Tipo	TCS460	Óptica	Versión de 1, 2, 3, 4 lámparas:
Fuente de luz	Fluorescente: - 1, 2, 3 ó 4 x MASTER TL5 ECO / G5 / 12, 22, 25, 32, 45, 50, 73 W - 1, 2, 3 ó 4 x MASTER TL5 / G5 / 14, 24, 28, 35, 49, 54, 80 W		- Microóptica OLC alto brillo (C8) - Microóptica OLC semibrillo (D8) - Microóptica OLC alto brillo para muy alta eficiencia (C8-VH) - Microóptica OLC semibrillo para muy alta eficiencia (D8-VH) - Microóptica OLC alto brillo para un confort excelente (C8-C) - Microóptica OLC semibrillo para un confort excelente (D8-C) - Microóptica mate, microlamas planas estriadas (M2) - Microóptica mate de alto rendimiento, microlamas planas estriadas (M2-H)
Lámpara incluida	Sí, TL5 ECO (color de lámpara 830 ó 840) Sí, TL5 (color de lámpara 827/865, 830 ó 840) No		Versión 1, 2 lámparas: - Microóptica OLC semibrillo con reflector interno y distribución de luz bidireccional (T D8-BD) - Microóptica asimétrica de gran eficiencia (A)
Balasto	Electrónico, Alta frecuencia 220 - 240 V / 50 - 60 Hz: - High Frequency Performer (HFP) - High Frequency Performer Intelligent, multipotencia (HFP-I) - High Frequency Regulator, 1-10 V (HFR) - High Frequency Regulator, DALI (HFD) - High Frequency Regulator para pulsador, touch and DALI (HFD-T)		-
Configuración de chasis (para disposiciones en línea)	Final de línea, 1 fase (LE1), para concluir una línea, (Pedir 1 luminaria LE por línea de luz) Tipo línea, 1 fase (LF1), para la formación de líneas de luz, (Pedir número de luminarias igual al total de luminarias que forman la línea menos uno)		-

Especificaciones

Difusor	Versión 1, 2 lámparas: - Óptica de microprismas de policarbonato (MLO-PC) - Difusor opal de policarbonato (PCO) Versión 3, 4 lámparas: - Óptica de microprismas de PMMA con reflector interno de máxima reflectancia (T-VH AC-MLO) - Óptica de microprismas de policarbonato con reflector interno de máxima reflectancia (T-VH PC-MLO) - Difusor opal satinado de policarbonato con reflector interno de máxima reflectancia (T-VH PCO-SAT)	Opciones	Alumbrado de emergencia: 1 hora (EL1), 3 horas (EL3) Sistemas de control: - Controlador por luz diurna LuxSense Micro (LXM) - Multicontrolador ActiLume (ACL) Cableado interno de PVC (PVCFR) Fusible extra-protección (FU) incluido
Conexión	Conector Push-in con retenedor (PIP) Cable de longitud 200 cm, con conector CEE7 (CCE)	Material y color	Carcasa: acero galvanizado, blanco RAL9016 Opcional blanco RAL9010 ó gris plateado RAL9006
		Instalación	Individual o lineal
		Observaciones	Film protector para no dañar la óptica durante la instalación Las luminarias para disposición lineal (de tipo LE y LF) incluyen todas los elementos de conexión y el cableado pasante

Anexo 11. Tablas utilizadas en Dialux

Tabla de reflectancia del techo piso y paredes

<i>Relexion de</i>	<i>Color</i>	<i>Factor de reflexión (ρ)</i>
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Tabla 410.1 Índice UGR máximo y Niveles de iluminancia exigibles para diferentes áreas y actividades Fuente para UGR, Norma UNE EN 12464-1 de 2003.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones				
Áreas de circulación, corredores	28	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	100	150	200
Vestidores, baños.	25	100	150	200
Almacenes, bodegas.	25	100	150	200
Talleres de ensamble				
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías de	22	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	1000	1500	2000

Procesos químicos				
Procesos automáticos	--	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	25	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios.	19	300	500	750
Industria farmacéutica	22	300	500	750
Inspección	19	500	750	1000
Balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	22	300	500	750
Fábricas de confecciones				
Costura	22	500	750	1000
Inspección	16	750	1000	1500
Prensado	22	300	500	750
Industria eléctrica				
Fabricación de cables	25	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	19	300	500	750
Ensamble de devanados	19	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	19	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	16	1000	1500	2000
Industria alimenticia				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
Fundición				
Pozos de fundición	25	150	200	300
Moldeado basto, elaboración basta de machos	25	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	22	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica				
Zona de hornos	25	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	25	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	19	300	500	750
Pintura y decoración	16	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	19	750	1000	1500

Industria eléctrica				
Fabricación de cables	25	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	19	300	500	750
Ensamble de devanados	19	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	19	750	1000	1500
Ensamble de elementos de ultra precisión componentes electrónicos	16	1000	1500	2000
Industria alimenticia				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Decoración manual, inspección	16	300	500	750
Fundición				
Pozos de fundición	25	150	200	300
Moldeado basto, elaboración basta de machos	25	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	22	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica				
Zona de hornos	25	100	150	200
Recintos de mezcla, moldeo, conformado y estufas	25	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidriado	19	300	500	750
Pintura y decoración	16	500	750	1000
Afilado, lentes y cristalería, trabajo fino	19	750	1000	1500
Trabajo en hierro y acero				
Plantas de producción que no requieren intervención manual	-	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	28	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	25	200	300	500
Plataformas de control e inspección	22	300	500	750
Industria del cuero				
Áreas generales de trabajo	25	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	22	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	19	750	1000	1500
Taller de mecánica y de ajuste				
Trabajo ocasional	25	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	22	200	300	500
Maquinado y trabajo de media precisión en banco, máquinas generalmente automáticas	22	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayos	19	500	750	1000
Trabajo muy fino, calibración e inspección de partes pequeñas muy complejas	9	1000	1500	2000
Talleres de pintura y casetas de rociado				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1000	1500
Fábricas de papel				
Elaboración de papel y cartón	25	200	300	500
Procesos automáticos	--	150	200	300
Inspección y clasificación	22	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	19	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	16	1500	2000	3000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1000
Industria textil				
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	25	200	300	500
Giro, embobinado, enrollamiento peinado, tintura	22	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	22	500	750	1000
Costura, desmonte o inspección	19	750	1000	1500

Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1000
Salas de conferencia	19	300	500	750
Centros de atención médica				
<i>Salas</i>				
Iluminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	3	5	10
<i>Salas de examen</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Inspección local	19	750	1000	1500
<i>Terapia intensiva</i>				
Cabecera de la cama	19	30	50	100
Observación	19	200	300	500
Estación de enfermería	19	200	300	500
<i>Salas de operación</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	19	10000	30000	100000
<i>Salas de autopsia</i>				
Iluminación general	19	500	750	1000
Iluminación local	--	5000	10000	15000
<i>Consultorios</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Iluminación local	19	500	750	1000
<i>Farmacia y laboratorios</i>				
Iluminación general	19	300	400	750
Iluminación local	19	500	750	1000
Almacenes				
<i>Iluminación general:</i>				
En grandes centros comerciales	19	500	750	1000
Ubicados en cualquier parte	22	300	500	750
Supermercados	19	500	750	1000
Colegios y centros educativos.				
<i>Salones de clase</i>				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
<i>Salas de conferencias</i>				
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

Tabla 430.2.2 b. Valores de Reflectancia (aproximada) en %, para colores y texturas

TONO	COLOR		SUPERFICIES	ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN
Muy claro	Blanco nuevo	88		Cantera clara 18
	Blanco viejo	76		Cemento 27
	Azul verde	76	Maple 43	Concreto 40
	Crema	81	Nogal 16	Mármol blanco 45
	Azul	65	Caoba 12	Vegetación 25
	Miel	76	Pino 48	Asfalto limpio 7
	Gris	83	Madera clara 30-50	Adoquín de roca 17
Claro	Azul verde	72	Madera oscura 10-25	Grava 13
	Crema	79	ACABADOS METÁLICOS	Ladrillo claro 30-50
	Azul	55		Ladrillo oscuro 15-25
	Miel	70		
	Gris	73		
Mediano	Azul verde	54	Blanco polarizado 70-85	
	Amarillo	65	Aluminio pulido 75	
	Miel	63	Aluminio mate 75	
	Gris	61	Aluminio claro 59-79	
Oscuro	Azul	8		
	Amarillo	50		
	Café	10		
	Gris	25		
	Verde	7		
	Negro	3		

Anexo 12. Diagrama unifilar sistema eléctrico interno

