

Diseño de un sistema de iluminación con energía fotovoltaica para el Instituto educativo María Montessori de la ciudad de Cúcuta (Mayo de 2021)

Autor: Edison Vladimir Dávila Alba
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial
Universidad Antonio Nariño
Cúcuta -Norte de Santander 2020

Edavila24@uan.edu.co

Director

Antonio Gan Acosta

Ingeniero Electricista Ph. D.

Antonio.gan@uan.edu.co

Resumen – En el presente trabajo de grado se realizó el diseño de un sistema de iluminación para la institución educativa María Montessori ubicado en la ciudad de Cúcuta en la Av. 0 #0-70N, por medio de paneles solares fotovoltaicos para reemplazar el actual sistema de iluminación a base de energías convencionales y de esta forma contribuir con las políticas gubernamentales sobre protección del medio ambiente y el ahorro de energía eléctrica. El plan de trabajo que se propuso para el cumplimiento de los objetivos se basó en las siguientes etapas: estudio energético, reconocimiento del área de influencia, estimación de cargas y estado de la estructura donde se situó el sistema fotovoltaico. Los resultados demostraron que la energía anual generada, es equivalente al consumo eléctrico del Instituto y, además, constituye una alternativa para la generación de energía, a partir del aprovechamiento de espacios disponibles en la parte superior del edificio (placa). Se concluye que al implementar este sistema fotovoltaico se disminuiría el consumo de energía eléctrica convencional en 1,89 Kw/día con un costo de kw/h de \$550, recuperando la inversión en aproximadamente 8 años.

Índice de Términos - Diseño, energía solar fotovoltaica, paneles solares y energías renovables.

Abstrac - In the present degree work, the design of a lighting system for the María Montessori educational institution located in the city of Cúcuta on Av. 0 # 0-70N was carried out, by means of photovoltaic solar panels to replace the current lighting system based on conventional energies and in this way contribute to government policies on environmental protection and saving electricity. The work plan that was proposed for the fulfillment of the objectives was based on the following stages: energy study, recognition of the area of influence, estimation of loads and state of the structure where the photovoltaic system was located. The results showed that the annual energy generated is equivalent to the electricity consumption of the Institute and, in addition, constitutes an alternative for the generation of energy, from the use of available spaces in the upper part of the building (plate). It

is concluded that by implementing this photovoltaic system, the consumption of conventional electric energy would be reduced by 1.89 kW / day with a cost of \$ 550 kW / h, recovering the investment in approximately 8 years.

Keywords: design, photovoltaic solar energy, solar panels and renewable energy.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento del efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles, sumado al crecimiento del mercado de las energías renovables, donde cada vez estas se convierten en alternativas al alcance de todos gracias a la disminución de sus costos y al aumento de su rentabilidad; posicionan a la energía solar fotovoltaica como una verdadera alternativa para la generación de energía eléctrica, además que su principal fuente de energía, la radiación solar, es una de las que más abundan en el planeta tierra y no genera contaminación alguna[2].

Por consiguiente, el presente proyecto, diseño de un sistema de iluminación con energía fotovoltaica para el Instituto Educativo María Montessori de la ciudad de Cúcuta pretende ser un ejemplo a seguir por otras instituciones regionales e involucrar activamente a la comunidad educativa para generar soluciones a la problemática energética y ambiental que enfrenta nuestro planeta.

II. MARCO TEÓRICO

A. Energías renovables

Energías renovables son todas aquellas energías que su fuente se cree inagotable y por lo tanto no se puede obtener energía por un tiempo casi infinito. Estas energías se obtienen

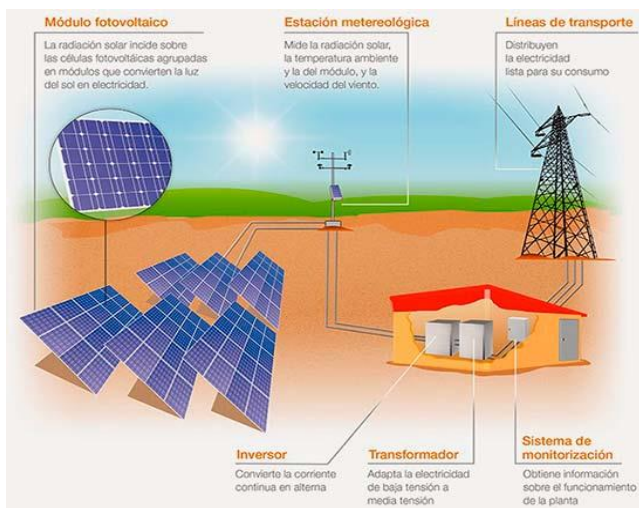
mediante dispositivos que son amigables con el medio ambiente, no producen energía o desechos residuales y no contaminan el medio ambiente.

B. Efecto fotovoltaico

Se define como la conversión de la radiación solar en electricidad, mediante materiales semiconductores que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. Esta emisión de electrones resulta en una corriente continua [4].

En la figura 1 se puede apreciar una breve descripción del proceso de generación solar fotovoltaica

Fig. 1. Proceso de generación de electricidad fotovoltaica.



En el caso de la energía solar fotovoltaica las superficies son células formadas por una a o varias láminas de materiales semiconductores, en la mayoría de los casos silicio, y recubiertas por un vidrio transparente que deja pasar la radiación solar y minimiza las pérdidas.

Las células se agrupan en módulos para su integración en sistemas fotovoltaicos. Los módulos tienen una vida estimada de 30 años y su rendimiento después de 25 años está por encima del 80% y, aun así, se continúa investigando para incrementar su eficiencia [5].

Cuando más intensa sea la luz solar, mayor será el flujo de electricidad. No siendo necesario un flujo de luz directa, la electricidad se produce incluso en días nublados al amanecer y al anochecer. Los módulos fotovoltaicos generan corriente continua y se convierten a corriente alterna a por medio de un dispositivo eléctrico llamado "inversor". Posteriormente la energía eléctrica producida pasa por un "centro de transformación" se adapta la electricidad a las condiciones de intensidad y tensión de las líneas de transporte para su consumo.

De acuerdo con los elementos que componen este tipo de tecnología, podemos dividir los sistemas fotovoltaicos en tres tipos:

Directamente conectados a una carga: Es el más simple de todos. El panel solar como fuente de generación se conecta directamente a la carga, de esta manera la energía producida es transmitida sin ningún tipo de tratamiento, conversión o rectificación. Esta configuración se utiliza principalmente para bombeo de agua a través de motores, ver figura 2.

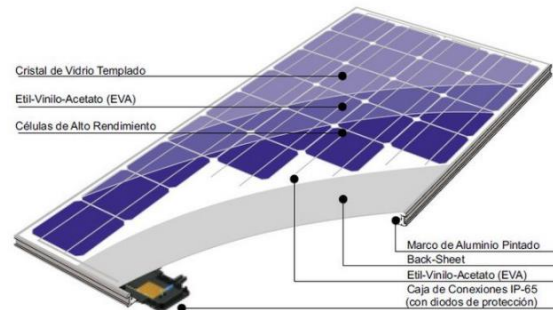


Fig. 2. Estructura de los paneles solares

Con regulador y batería: El panel solar (generalmente un arreglo de más de un panel) como fuente de generación está conectado a un regulador para mejorar los niveles moderar los niveles de carga generados, luego a la batería para su almacenamiento y esta a su vez a la carga conectada. Este sistema es muy utilizado en alumbrado público.

Con regulador, batería e inversor: Se utiliza para alimentar sistemas de energía alterna, aunque también puede alimentarse energía en corriente continua simultáneamente. Este es el más utilizado para alimentar de energía a cargas genéricas dado que produce un nivel de tensión y tipo de onda similar al entregado por una empresa operadora de red.

Una instalación de energía solar fotovoltaica debe incluir una serie de elementos indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación, los cuales se describen a continuación:

1) *Módulo fotovoltaico (generador fotovoltaico):* el módulo fotovoltaico convierte la energía solar o radiante en energía eléctrica para poder almacenarla y ser usada posteriormente. Por lo tanto, el número de componentes conectados en serie determina el voltaje, y el número de módulos en paralelo determina la corriente que se le puede suministrar a una carga.

2) *Panel solar monocristalino:* sus celdas tienen una estructura formada por bloques de silicio de forma octagonal, posee una alta pureza en silicio dando una dando un aspecto uniforme y oscuro, posee una mayor eficiencia en comparación con los demás la cual oscila entre 17% y 20%, también tienen mayor vida útil alcanzando unos 30 años, aunque con los avances tecnológicos algunos policristalinos pueden alcanzar igual vida útil. Su precio aumenta debido a los costos de fabricación y mejores características [6].

3) *Panel solar policristalino:* la diferencia de los monocristalinos es el método de fabricación disminuyendo el

número de fases de cristalización, estos poseen una eficiencia entre 13% y 15% la ventaja que posee es que su coste de fabricación es menos costoso lo cual puede ser un atractivo comercial.

4) *Panel solar amorfo o de capa fina*: consisten en montar una capa sobre otra de material fotovoltaico, no solamente están compuestos de silicio sino también de telurio de cadmio (CdTe), de indio, de cobre, de selenio y de galio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Estos poseen una eficiencia >10% además de un aspecto estético atractivo y buen comportamiento a altas temperaturas [7].

Las principales características que posee la estructura de un panel solar, donde se da una breve descripción de cada una de ellas.

1) *Baterías (acumuladores)*: las baterías o acumuladores se utilizan para almacenar la energía solar fotovoltaica captada en cada uno de los paneles solares. A continuación se detallan ciertos tipos de baterías y sus componentes:

Comercialmente son más comunes las baterías de plomo-acido en las instalaciones de paneles solares, aunque por las características que presenta las de litio se están empezando a utilizar, las cuales se pueden encontrar en los siguientes modelos:

Tabla 1. Tipos de Baterías según sus Componentes

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Auto descarga por mes	Numero de ciclos	Capacidad (tamaño)	Precio
Plomo-Acido	2	816 horas	<5%	Medio	30-50 (Wh/Kg)	Bajo
NiCd (Níquel-Cadmio)	1.2	1 hora	20%	Elevado	50-80 (Wh/Kg)	Medio
NiMH (níquel-Hidruro Metálico)	1.2	24 horas	20%	Medio	60-120 (Wh/Kg)	Medio
Ion Litio	3.6	24 horas	6%	Medio-Bajo	110-160 (Wh/Kg)	Alto

Nota: Tomado de (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2018)

2) *Inversor (acondicionador, convertidor)*: se encarga de adaptar la corriente continua producida por el generador fotovoltaico a las características eléctricas requeridas por las cargas a alimentar.

3) *Regulador de carga o controlador de carga*: es el equipo que controla los procesos de carga y descarga de la batería. Controla el proceso de carga evitando que, con la batería a plena capacidad, los módulos fotovoltaicos sigan inyectando carga a la misma. Se lleva a cabo anulando o reduciendo el paso de corriente del campo fotovoltaico. Controla el proceso de descarga evitando que el estado de carga de la batería alcance un valor demasiado bajo cuando se está consumiendo la energía almacenada. Esto se lleva a cabo desconectando la batería de los circuitos de consumo. El regulador también es una fuente de información de los parámetros eléctricos de la instalación fotovoltaica. Puede proporcionar datos de la tensión, intensidad, estado de carga de las baterías, etc.

Para mantener en buen estado el funcionamiento del sistema y garantizar la vida útil de las baterías, se debe tener un controlador de carga para mantener un voltaje constante

evitando los picos o que no se supere la capacidad de almacenaje de energía evitando sobrecargas.

Elementos de protección del circuito: son elementos como diodos de bloqueo, interruptores para desconexión, tierra, etc., dispuestos entre diferentes partes del sistema, para proteger la descarga y derivación de elementos en caso de falla o situaciones de sobrecarga.

C. Orientación e Inclinación de los Paneles Solares.

Para una mayor captación de la radiación solar, el panel deber tener una inclinación y orientación que va, dependiendo de la posición del sol, la cual varía según la latitud donde nos encontramos globalmente. Colombia se encuentra en el trópico y zona ecuatorial razón que nos privilegia, lugar donde la energía solar es superior, además no se cuenta con estaciones climáticas que afecten la cantidad de horas de sol al día.

La orientación recomendable en la instalación de paneles es a hacia el sur con una inclinación entre 10° y 15° así se evita la acumulación de suciedad y agua, esto para tener una óptima captación de la energía, aunque depende de la arquitectura y geometría del espacio de instalación.

Se hace esta recomendación ya que así se podrá obtener una mayor perpendicularidad del ángulo de incidencia de la radiación con el panel solar, así de esta manera si tiene una mayor captación de la energía solar.

Cada panel solar trae en su ficha técnica la potencia nominal (Wp) de generación, lo cual es la energía que transforma en condiciones estándares como lo son 1000 W/h a 25°C.

La potencia de un sistema fotovoltaico es la potencia que se necesita generar, que se relaciona con la potencia instalada con la cual se calcula el número de paneles para generar esta potencia.

Conexión de los Paneles: La conexión del campo fotovoltaico depende de las necesidades del cliente y de ello depende la escogencia del tipo de inversor, donde puede requerirse uno o varios inversores o por el contrario se utilicen micro inversores, aquí se deja las opciones de conexiones del campo fotovoltaico que se podría presentar.

Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico

Para realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se debe conocer qué tipo de carga se va a abastecer. Estas pueden ser residenciales, elementos empleados en telecomunicaciones, bombas de agua, etc.

Cuando se está realizando este cálculo se deben tener en cuenta datos de radiación solar, temperaturas máximas y mínimas del año, la irradiación solar diaria o mensual y la latitud. Para estos casos también se debe tener el consumo energético, el tiempo durante el cual se va a suministrar potencia y las especificaciones técnicas de los paneles y las baterías [8,9].

Cálculo de los paneles fotovoltaicos

El consumo energético está dado por la suma de la potencia nominal de los equipos a ser conectados a la red.

$$C_{Total} = C_{DC} + \frac{C_{AC}}{F_{Pérdidas}} \quad (1)$$

Donde:

CTotal: consumo energético en [W-h] /Día]

CDC: consumo DC en [W-h] /Día]

CAC: consumo AC en [W-h] /Día]

FPérdidas: factor de pérdidas entre 85% y 90%

La potencia máxima en vatios se puede expresar como la suma de las potencias en AC y en DC. Con este valor también se puede calcular la corriente aplicando un factor de seguridad (generalmente entre 1.0 y 1.5). La corriente requerida en AC está dada por:

$$I_{Req1} = \frac{(P_{AC} + P_{DC}) * F_{SEG}}{V_N} \quad (2)$$

Donde:

IReq 1: corriente requerida por el sistema en [A]

PAC: potencia AC en [W]

PDC: potencia DC en [W]

VN: voltaje nominal del sistema [V]

FSEG: factor de seguridad

Para el cálculo en DC se tiene que:

$$I_{Req2} = \frac{C_{TOT} * F_{SEG}}{V_N} \quad (3)$$

Donde:

IReq 2: corriente requerida por el sistema en [A]

CTOT: consumo energético en [A-h/Día]

VN: voltaje nominal del sistema [V]

FSEG: factor de seguridad

Para calcular la energía eléctrica generada por el conjunto de paneles fotovoltaicos, se tiene:

$$I_{RPF} = \frac{I_{TOT}}{G_p} \quad (4)$$

Donde:

IRPF: corriente requerida por los paneles fotovoltaicos.

ITOT: corriente total calculada por el sistema en [A-h/Día]

GP: horas sol en [h/Día]

La cantidad de paneles requeridos en serie (ecuación 5) y paralelo (ecuación 6) están dados por:

$$n_p = \frac{I_{RPF}}{I_M} \quad (5)$$

$$n_s = \frac{V_N}{V_{NPF}} \quad (6)$$

Donde:

np: número de paneles en paralelo

IRPF: corriente requerida por los paneles fotovoltaicos

IM: corriente nominal del panel a potencia máxima

nS: número de paneles en serie

VN: voltaje nominal del sistema

VNPF: voltaje nominal del panel

El número de paneles necesarios para la instalación están dados por la multiplicación de los paneles en serie y los paneles en paralelo.

Radiación fuera de la atmósfera terrestre. Requerimientos

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. En condiciones de radiación aceptables, la potencia equivale aproximadamente a 1000 Watt/m² (cantidad de energía calórica por unidad de área) en la superficie terrestre. Esta potencia se denomina irradiancia. Nótese que en términos globales prácticamente toda la radiación recibida es reemitida al espacio (de lo contrario se produciría un calentamiento abrupto). Sin embargo, existe una diferencia notable entre la radiación recibida y la emitida.

La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de solar y tiene un valor medio de 1366 W/m² (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m² y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m²).

En este orden de ideas el aprovechamiento del recurso de irradiancia directa para la generación de electricidad tiene un mejor rendimiento en los lugares donde la concentración de radiación de luz emitida por el sol, presenta condiciones de mayor constancia, sin dejar de lado su magnitud. Las zonas costeras y pertenecientes a los trópicos presentan las condiciones ideales de implementación de este recurso, sin embargo, es imperioso, teniendo en cuenta el principio de funcionamiento de los paneles solares, evitar la obstrucción de luz por contaminación, lo que genera entonces la necesidad de implementar en lugares donde el nivel de polución y contaminación no sean muy elevados.

Recursos de radiación solar en Colombia

La localización geográfica de Colombia favorece la utilización del recurso solar.

En algunas zonas de la Guajira este valor sube a los 5,5 Wh/m². Por otra parte, el promedio de horas de sol (hSd) se presenta en un rango de 6 a 7 horas hSd para una de las regiones más favorecidas con radiación solar como es el caso de la región Caribe. En ella, se encuentran sectores en la Guajira y el norte del Cesar con promedios entre 7 y 9 horas de sol al día. Para el caso específico de los sistemas con paneles solares, el INEA en su estudio "Censo y evaluación de los sistemas fotovoltaicos instalados en Colombia", estimó un valor de la potencia instalada en Colombia de 2.054 kWp que representaba un ahorro con respecto a las fuentes de energía tradicional cercano al 2.85 MWh/año.

III. IMPACTO ECONOMICO

El impacto económico del sistema fotovoltaico se generara una vez el diseño del mismo pase a ser materializado en el

Instituto Educativo María Montessori , se aprovechará de manera óptima la energía solar por medio de los paneles solares instalados transformándose en energía eléctrica por medio del proceso fotovoltaico, obteniendo un ahorro programado y sistemático en la obtención de energía eléctrica convencional que a medida que pase el tiempo será más costosa teniendo en cuenta el tipo de edificación y el ejercicio comercial que se lleva cabo en nuestra institución, además; este proyecto podrá ser fácilmente ampliado para que se tenga energía de reserva (acumulación o aislada) y así no hacer uso del equipo provisional (planta), evitando más gastos en combustibles y manteniendo frecuente. A continuación, se mostrará la tabla de respectivos costos para la ejecución del proyecto.

Tabla 2. Costos del sistema fotovoltaico

Breaker	Total, luminarias	Total, carga
1 (primer piso)	32	990
2 (segundo piso)	28	895

CANTIDAD	ÍTEM	COSTO UNITARIO	COSTO
5	Panel solar JA Solar de 440W	\$ 1.000.000	\$ 5.000.000
1	BlueSolar MPPT (controlador de carga)	\$ 645.000	\$ 645.000
1	Solis-mini1000-4G (Inversor)	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
2	Batería Solar Us3000	\$ 6.300.000	\$ 12.600.000

Área	Cantidad	Cantidad de luminarias/área	Total	Carga/luminaria Watt	Total, carga	Piso 1	Piso 2
Salones	11	2	22	25	550	3	8
Sala de computo	1	3	3	25	75	0	3
Párvulos	1	2	2	25	50	1	0
Preescolar	1	2	2	25	50	1	0
Sala de laboratorios	1	3	3	30	90	0	1
Prejardín	1	2	2	25	50	1	0
Cafetería	1	2	2	30	60	1	0
Escenarios deportivos	2	6	12	45	540	1	1
Oficinas	2	2	4	25	100	2	0
Sala de profesores	1	2	2	25	50	1	0
Zona recreativa	1	6	6	45	270	1	1
Total	23		60		1885		

30	Tubos plásticos de (6m)	\$ 10.000	\$ 300.000
3	Cable fotovoltaico 1000/2000 V(m)	\$ 150.000	\$ 450.000
	Mano de obra		\$ 8.000.000
TOTAL			\$ 28.995.000

Con un costo total de \$ 28.995.000 y un gasto diario actual de 1,89 Kw/h a un costo de \$550 KW/h, el retorno de la inversión se verá reflejado en 8 años aproximadamente, sin tener en cuenta el aumento anual del costo del Kw por parte de la electrificadora, lo cual disminuye el tiempo de retorno de la inversión.

La factura de energía actualmente promedia un valor de \$ 1.300.000.00 y el sistema de iluminación aporta un promedio de \$ 300.000.00 con el sistema de iluminación mediante energía renovable, se ahorrarían estos \$ 300.000.00

IV. RESULTADOS

La Institución educativa María Montessori cuenta actualmente con oferta académica desde el grado primero de primaria hasta grado 11 de bachillerato, cuenta además con una sala de computo, un aula para párvulos, un aula de preescolar, sala de laboratorios y un aula de prejardín, así como cafetería y dos escenarios deportivos, zona recreativa al igual que dos oficinas y una sala de profesores, en el siguiente cuadro se muestra la distribución, así como la carga de cada luminaria.

Tabla 3. Distribución de luminarias

Área	Cantidad	Cantidad de luminarias/área	Total	Carga/luminaria Watt	Total, carga
Salones	11	2	22	25	550
Sala de computo	1	3	3	25	75
Párvulos	1	2	2	25	50
Preescolar	1	2	2	25	50
Sala de laboratorios	1	3	3	30	90
Prejardín	1	2	2	25	50
Cafetería	1	2	2	30	60
Escenarios deportivos	2	6	12	45	540
Oficinas	2	2	4	25	100
Sala de profesores	1	2	2	25	50
Zona recreativa	1	6	6	45	270
Total	23		60		1885

La carga actual para la iluminación se compone de dos circuitos protegidos por dos breakers de 15 amperios cada uno, distribuyéndose de la siguiente forma:

Tabla 4. Carga actual de la institución educativa

Tabla 5. Distribución por piso

El total de carga en iluminación es de 1885 watts distribuidos

en 990 watt en el primer piso y de 895 watt en el segundo piso.

Las luminarias actuales son ahorradoras de energía tipo halógenas de 110 voltios y una cantidad de 440 lúmenes las bombillas de 25 watt y de 650 lúmenes las de 45 watt.

Para el caso de sustitución de una luminaria de 25 watt halógena se reemplazará por una luminaria de 5 watt tipo led y para una de 30 watt una de 9 watt y por una de 45 watt halógena una de 11 watt quedando de la siguiente forma el nuevo cuadro de cargas:

Tabla 6. Carga total a instalar

Área	Cantidad	Cantidad de luminarias/área	Total	Carga/luminaria Watt	Total, carga	Piso 1	Piso 2
Salones	11	2	22	5	110	3	8
Sala de computo	1	3	3	5	15	0	3
Párvulos	1	2	2	5	10	1	0
Preescolar	1	2	2	5	10	1	0
Sala de laboratorios	1	3	3	9	27	0	1
Prejardín	1	2	2	5	10	1	0
Cafetería	1	2	2	9	18	1	0
Escenarios deportivos	2	6	12	11	132	1	1
Oficinas	2	2	4	5	20	2	0
Sala de profesores	1	2	2	5	10	1	0
Zona recreativa	1	6	6	11	66	1	1
Total	23		60		428		

El total de carga en iluminación con energía fotovoltaica es de 428 watts distribuidos en 181 watts en el primer piso y de 247 watt en el segundo piso.

Paneles solares

La Incidencia solar o intensidad solar promedio mínima en Cúcuta es de $3,5 \frac{kwh}{m^2 \cdot dia}$

En un día de aproximadamente 8 horas de incidencia solar media efectiva se tiene que $3,5 \frac{kwh}{m^2 \cdot dia} * dia * 8h = 28 \frac{kw}{m^2}$

En el día el colegio opera de forma continua de clase un promedio diario por salón de 12 horas, entonces el consumo diario de energía por iluminación sería:

$$428 \text{ watt} * 12 \text{ horas} * \frac{1kw}{1000w} = 5,136 \frac{kwh}{dia}$$

Se supondría que con un m2 de panel solar abastecería toda la demanda de energía por iluminación de la institución educativa, pero se debe tener en cuenta las perdidas en cada uno de los equipos, así como en los paneles solares que hacen parte del diseño.

$$P_{max} = 5,1360 \text{ [kWh /d]}$$

Cálculo del consumo máximo:

$$I = \frac{P_{max}}{voltje} = \frac{5136w}{48v} = 107 A \frac{h}{d}$$

Margen de seguridad del 20%

$$I_{max} = I_{ins_max} + I_{ins_max} \cdot 20\% \\ = 1,2 \cdot I_{ins_max} [Ah/d] \quad (12)$$

$$I_{max} = 1,2 \cdot 107 [Ah/d]$$

$$I_{max} = 128.4 [Ah/d]$$

$$KT = [1 - (KB + KC + KR + Kx)] * [1 - KA \cdot \frac{Daut}{pd}]$$

Siendo:

KT: pérdidas totales.

KA: pérdidas debido al auto descarga (0,5%).

KB: pérdidas debidas al rendimiento de la batería (5-10%).

KC: pérdidas debido al rendimiento del convertidor (5-20%).

KR: pérdidas debidas al rendimiento del regulador (5-10%).

Kx: otras pérdidas no contempladas (5-20%).

Daut: días de autonomía.

Pd: profundidad de descarga de la batería.

$$KT = [1 - (0,05 + 0 + 0,1 + 0,15)] \cdot [1 - 0,005$$

$$* \frac{1}{0,6}]$$

$$KT = 0,69$$

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{KT} [Ah/d]$$

$$C_{max} = \frac{128.4}{0,69} [Ah/d]$$

$$C_{max} = 186.09 [Ah/d]$$

Cálculo del número de paneles

$$E_{panel} = I_{panel} \cdot HSP \cdot \eta_{panel} [Ah /d]$$

Siendo:

E panel: energía generada por un panel solar

I panel: corriente máxima del panel (dato de catálogo)

HSP: horas de suficiente radiación (se obtiene por estimaciones en estaciones meteorológicas)

η panel: rendimiento del panel (85-95%)

Para un panel solar de 380 Wp se tiene una corriente máxima por catálogo de 11,0 A.

$$E_{panel} = 11,0 \cdot 4 \cdot 90\% [Ah /d]$$

$$E_{panel} = 39,6 [Ah /d]$$

Con estos valores de energía generada por los paneles se puede calcular el número de paneles en paralelo que puedan abastecer el consumo proyectado del sistema.

$$\frac{C_{max}}{C_{panel}} = \frac{186,09}{39,6} = 4,70$$

$$= 5 \text{ paneles de } 48 \text{ voltios } 440 \text{ watt y } 11 \text{ amperios}$$

Panel solar JA Solar de 440W, con dimensiones de 2180*996*40 mm y un peso de 24, 6 kg es un panel solar monocristalino con un valor en el mercado de \$ 500.000.

Tabla 7. Condiciones del diseño fotovoltaico

La puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico tiene un costo económico de \$ 28,995,00, que a largo plazo se recuperara la inversión ya que se disminuiría el consumo de energía eléctrica convencional al dejar de consumir 1,89 Kw/día con un costo de kw/h de \$550, recuperando la inversión en aproximadamente 8 años y por ende se mitigaría los daños ambientales producidos por el uso de esta energía al planeta.

El espacio de instalación del sistema fotovoltaico con paneles solares no necesita modificaciones en la estructura de la planta a implementar el sistema alternativo, ya que los paneles solares necesarios para el funcionamiento adecuado del sistema se

en la
del
cual
la
del espacio en el colegio a intervenir.

Condiciones de diseño	
Consumo diario de energía por iluminación	5.136 $\frac{kwh}{día}$
Perdidas en cada uno de los equipos	5,1360 [KWh/d]
Consumo máximo	107 $A \frac{h}{d}$
Profundidad de descarga de la batería.	186.09 [Ah/d]
Número de paneles en paralelo	5 paneles de 48 voltios 440 watt y 11 amperios

instalarían
parte
superior
edificio
(placa) a
trabajar lo
no traería
ningún
impacto a
reducción

El estudio bioclimático (ver tabla 7) se realizó teniendo en cuenta la localización de la Institución educativa, su temperatura y la cantidad de radiación solar por día que ésta recibe. Dado que no se contaba con las herramientas y el tiempo necesario para un estudio bioclimático profundo, fue necesario el uso de las bases de datos del IDEAM, el uso de los mapas solares que éste contiene con el fin de realizar el diseño esquemático.

Teniendo en cuenta estos resultados, los paneles solares deberían tener una inclinación de 15° para explotar su potencial al máximo, por esto se sugiere que estos sean instalados en el techo del colegio y así lograr un mejor aprovechamiento del espacio, de manera que no se llegue a afectar una cantidad considerable de terreno.

IV. RECOMENDACIONES

Periódicamente ejecutar los mantenimientos preventivos a los diferentes componentes del sistema solar fotovoltaico para su correcto funcionamiento y durabilidad.

Utilizar otras alternativas en relación a materiales que permitan reducir costos de instalación y manejo de equipos con energía fotovoltaica.

Para usos futuros se recomienda el equipamiento de sistemas de seguridad, ya sean cámaras o terminales de intrusión para evitar pérdida de equipos, vandalismo o seguridad de usuarios. Para lo cual se determinará si la carga a incrementar antes de su implementación para conocer si es necesario o no el rediseño del equipo.

V. CONCLUSIONES

instalarían
parte
superior
edificio
(placa) a
trabajar lo
no traería
ningún
impacto a
reducción

Durante la etapa de diseño se pudo comprobar que es notable la conveniencia de tener en cuenta todas las variables que intervienen del sistema solar fotovoltaico debido que al ignorarlas se corre el riesgo de un mal funcionamiento y posibles fallas.

El proyecto es totalmente autónomo y garantiza la generación de energía necesaria para la carga propuesta en el lapso de tiempo determinado bajo condiciones de normal funcionamiento, también su modelo y forma es totalmente adaptable a cualquier infraestructura similar para la que fue diseñada.

REFERENCIAS

- [1] S. Seguí, F. G. (2016). Energía solar fotovoltaica. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- [2] REN21-Renewables now. (01 de Noviembre de 2020). Obtenido de <https://www.ren21.net/>
- [3] Benítez, V. G. (2013). Sistema fotovoltaico de iluminación solar. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- [4] Lombo Rodríguez, L. J. (2019). Dimensionamiento de sistema fotovoltaico para instituciones educativas en zona rural del Tolima. Ibagué: Universidad de Ibagué.
- [5] Gálviz Garzón, J. S. (2013). Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia departamento de la Guajira – Colombia. Guajira : Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.
- [6] López Ruíz, P. (2015). DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA AISLADA. Escola Tecnica Superior Enginyeria.
- [7] Ramos López, H. & Luna Puente, Rafael. (2014). “DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED PARA EL AREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD

- TECNOLOGICA DE SALAMANCA”. Chihuahua: Universidad Tecnológica de Salamanca.
- [8] IDEAM -Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2017). Atlas de Radiación solar de Colombia. Unidad de planeación minero energética (UPME).
- [9] Leal, F. &. (2012). ESTUDIO DEL POTENCIAL EÓLICO Y SOLAR DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada.
- [10] SolarGreen. (2021). Obtenido de Normativa Colombia - Energías Renovables No Convencionales: http://www.solargreen.com.co/contacto_colombia.html
- [11] N. E. Hernández Rueda y A. X. Ramírez Contreras, Estudio Sobre la Sustitución por Energías Renovables (Solar Fotovoltaica) en las Instituciones educativas de Básica Primaria y Secundaria en Colombia: Análisis y Posibilidades., Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2015.
- [12] Colegio Oficial de Ingenieros de telecomunicación, «Energía Solar Fotovoltaica.» Colegio Oficial de ingenieros de telecomunicación, Madrid, 2002.
- [13] SunEdison, Inc. (2014). El Efecto Fotovoltaico. Recuperado de <http://www.sunedison.es/energia-solar-fotovoltaica/>
- [14] Zimmer, T. (2019). Tipos de células fotovoltaicas. Francia: Universidad de Burdeos.
- [15] Serrano, R., & Tritec-Intervento. (18 de agosto de 2019). Tritec-Intervento. Obtenido de TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS: <https://www.tritecintervento.cl/productostritec/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/#>
- [16] Castañer, L., Markvart, T., “Photovoltaics, Fundamentals and Applications”, University of Southampton, 2003.
- [17] Castañer, L., Markvart, T., “Practical Handbook of photovoltaics fundamentals and applications”, University of Southampton, 2006.
- [18] «Natural Forcing of the Climate System». Intergovernmental Panel on Climate Change. Archivado desde el original el 29 de septiembre de 2007. Consultado el 29 de septiembre de 2007.
- [19] IDEAM. (2019). IDEAM. Recuperado el 2021, de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- [20] Abdellah FG, Levine E. Preparing Nursing Research for the 21 st Century. Evolution. Methodologies, Chalges. Springer: New York; 1994.
- [21] Álvarez Cáceres R. Estadística aplicada a las ciencias de la salud. 1a ed. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2007
- [22] HERNÁNDEZ; FERNÁNDEZ; BAPTISTA 1994 Metodología de la investigación, Colombia. Ed. Panamericana Formas e Impresos.
- [23] Recio Fuertes, A. (2021). Formación de seguridad laboral. Obtenido de Seguridad y salud en el ámbito de las energías renovables: https://www.seguridad-laboral.es/prl-por-sectores/energia-e-industria/seguridad-y-salud-en-el-ambito-de-las-energias-renovables_20160909.html