

# Diseño de un sistema de iluminación con energía solar fotovoltaica para la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta

*Autores: Mario Ordoñez Mariño 23551824060  
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.  
Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial.  
Universidad Antonio Nariño  
Sede Cúcuta  
Mordonez68@uan.edu.co  
Director  
Antonio.gan@uan.edu.co*

**Resumen** - El objetivo del presente trabajo de investigación consiste en diseñar un sistema de iluminación fotovoltaica la Universidad Antonio Nariño de la sede de Cúcuta, el cual busca beneficiar a los usuarios de la mencionada universidad y a la institución como tal, porque mejoraría la prestación de servicios a los usuario y a su vez disminuiría los gastos por concepto de servicio de energía eléctrica; el mismo será desarrollado bajo un proyecto factible con una diseño descriptivo, con una revisión documental de todo el material referente a sistema fotovoltaico y sus diferentes componentes. Como resultado se busca realizar el diseño del sistema de iluminación a través de celdas fotovoltaicas para mejorar la iluminación de la universidad, logrando que se disminuyan los gastos de este tipo de servicio, consiguiendo con esto aumentar la calidad de servicio para los usuarios de esta importante institución educativa, para esto de determinarán la cantidad de inversores, paneles, reguladores necesarios para la ejecución del mismo.

Palabras claves: Celdas, Energía Eléctrica, Fotovoltaica, Inversor, Reguladores

**Abstract** - The objective of this research work is to design a photovoltaic lighting system for the Antonio Nariño University of the Cúcuta headquarters, which seeks to benefit the users of the aforementioned university and the institution as such, because it would improve the provision of services to the user and at the same time it would reduce the expenses for the concept of electric power service; It will be developed under a feasible project with a descriptive design, with a documentary review of all the material referring to the photovoltaic system and its different components. As a result, it seeks to design the lighting system through photovoltaic cells to improve the lighting of the university, reducing the costs of this type of

service, thereby increasing the quality of service for users of this important educational institution, for this the number of investors, panels, regulators necessary for its execution will be determined.

Keywords: Electric imbalance, low voltage networks, electric charge.

## I. INTRODUCCIÓN

Las nuevas vertientes en producción de energía limpias a nivel mundial han creado un reto de colaborar con el medio ambiente que ha sido bastante golpeado con la generación de energía de manera convencional (Termoeléctrica, Hidroeléctrica y energía nuclear). En este sentido, las nuevas vertientes apuntan a energía más limpias entre las que se destacan las celdas fotovoltaicas que para [1] “Son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica” (p. 2), mediante los cuales se puede suministrar energía eléctrica y satisfacer la demanda energética de un sistema eléctrico, aprovechando la energía irradiada por el sol.

En este sentido se debe aprovechar la implementación de este tipo de energías con el fin de crear un ambiente menos contaminado, el mundo debe tomar conciencia de que el planeta necesita un respiro ecológico, por lo cual en estos momentos claves por lo que está atravesando la humanidad es cuando más se requiere del ahorro y conciencia energética, por lo tanto nace la necesidad de pensar en alternativas para optimizar los sistemas de alumbrados debido que son lo de más uso, mediante técnicas de paneles solares, los cuales proporcionan de manera eficiente tanto energía que demanda los sistemas de luminarias

y puede quedar algún remanente para satisfacer la carga de cualquier otro sistema eléctrico.

Las vertientes a nivel mundial del uso de sistemas fotovoltaico se han incrementado debido que es una energía limpia, autosustentable y bastante efectiva como suministro de electricidad, Colombia no ha sido la excepción y sigue la vertiente de la implementación de sistemas fotovoltaico para suplir la demanda energética en cuanto a electricidad se refiere, la utilización de este tipo de energía fotovoltaica presta una preservación de los recursos naturales y cuidado del medio ambiente, igualmente el costo beneficio que presentan este tipo de sistema es bastante bueno y baja los gastos que con respecto a electricidad debe asumir cualquier organización entre ellas las universidades, por lo cual es relevante plantear un sistema que suministre la generación de energía eléctrica suficiente para cubrir la demanda que la existente en la Universidad Antonio Nariño en sede Norte de Santander Cúcuta Colombia, para dar solución a las cargas demandadas y a disminuir los costos que la universidad debe asumir para ello, la investigación se desarrollara mediante la ejecución de cada uno de los capítulos correspondientes, en la búsqueda de desarrollar un diseño fotovoltaico que cumpla con los requerimientos que los objetivos establezcan para alcanzar la meta propuesta.

## II. CAPITULO I

### A. *Planteamiento del problema*

La energía eléctrica se conoce como un mecanismo fundamental para el desarrollo económico y social de los países y las personas en particular, ya que esta es utilizada en todos los contextos que involucran las actividades tanto industriales, comerciales y personales. Al respecto [2] se define la energía eléctrica como “una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores (cables metálicos como el cobre)” (p.3), es decir es considerada como una fuente de energía que se obtiene por medio de un proceso hidroeléctrico, termoeléctrico y nuclear.

En este contexto, se debe destacar que el consumo de energía eléctrica se considera que juega un papel fundamental para todas las personas, principalmente en las industrias y entidades que utilizan maquinas o equipos eléctricos y electrónicos que requieren la conexión a una fuente de energía eléctrica. Para [3] algunas industrias o entidades de cualquier índole se observa la cantidad de potencia activa consumida, la cual se refleja en la factura de cobro emitida por la empresa que suministra la energía, esto implica un incremento en los costos y gastos de las organizaciones.

Además de las empresas, es utilizada en el alumbrado público para dar seguridad y tranquilidad a los ciudadanos, ya que si se encuentran a oscuras, se corre el riesgo que se presenten actos delictivos causando con esto inseguridad y desconfianza en los ciudadanos, no obstante, cuando se usa de manera eficiente y racional, el alumbrado público favorece a la ciudad de muchas maneras, como el turismo, el comercio y la seguridad, garantizando buenas condiciones de iluminación para el tránsito de peatones y vehículos en vialidades y espacios públicos.

En las noches, es cuando se presenta el mayor consumo de energía eléctrica debido a que como ya no hay luz solar, por tal razón se requiere del uso de una gran cantidad del servicio eléctrico con el fin de generar en los ciudadanos tranquilidad al trasladarse por las calles, lo que aumenta el tiempo de actividad física nocturna y fomenta el incremento de las interacciones sociales, mejorando así el bienestar mental de las personas e incrementando el sentido de pertenencia. Es importante resaltar que diariamente se está desaprovechando una gran fuente inagotable de energía, la cual puede ser aprovechada a través del sol, además se lograría realizar un uso de los recursos medioambientales y minimizar los costos de operación en las organizaciones o entidades, especialmente en la Universidad Antonio Nariño con sede en Cúcuta, lo más importante es hacer un adecuado uso de este recurso renovable y aportar a la mitigación del calentamiento global.

En este sentido, es importante resaltar que en las últimas décadas se han generado una serie de opciones medioambientales con el fin de disminuir los consumos de energía eléctrica y por ende minimizar los costos referentes a pago de servicios públicos. Al respecto [4] se señala que dentro de las diferentes opciones planteadas sobre este tema se encuentra la tecnología LED que es escogida como una de las mejores opciones de reemplazo debido al potencial impacto de generar beneficios sociales, ambientales y económicos en diferentes zonas, ya que estos dispositivos no contienen mercurio, lo cual disminuye el precio de sustancias peligrosas y de igual manera el ahorro de energía generado reduce las emisiones de gases de efecto invernadero.

La iluminación LED con panel solar, brillante y uniforme reduce las sombras y favorece la visibilidad para que las personas se sientan más seguras y los conductores al salir del parqueadero no causen daños o algún tipo de accidente, esta es una opción de gran ayuda para minimizar la problemática de energía eléctrica, ya que debido a la importancia de la energía eléctrica y el efecto que trae en los ciudadanos especialmente en aquellas que hacen uso de los parqueaderos los ciudadanos se sentirán más seguros que no están en riesgo de hurtos, daños

a vehículos, caídas, todo esto por la falta de iluminación y falta de vigilancia en la campus de la universidad.

Con base en esto, se observa la necesidad que existe en la Universidad Antonio Nariño donde el sistema de iluminación consume una gran cantidad de energía eléctrica generando con esto un costo elevado por consumo de energía, por tal razón surge la necesidad de realizar el presente proyecto de investigación en cual tiene como objetivo diseñar un sistema de iluminación fotovoltaica para el área de la Universidad Antonio Nariño con sede en la ciudad de Cúcuta, el cual trae un elevado beneficio social para la institución educativa ya que podrá brindar un buen servicio de iluminación y por ende se tendría un ahorro en los gastos por concepto de consumo de energía eléctrica.

Así mismo, el diseño de un sistema de iluminación fotovoltaica en un campus universitario es un factor crítico para su correcto funcionamiento y es necesario considerar que este es un lugar que pide seguridad, homogeneidad, y uniformidad. Se debe tomar en cuenta que se trata de un lugar donde coincide gente de todas las edades y que el movimiento de los autos es fluido.

### *B. Justificación*

Los sistemas fotovoltaicos son los sistemas más utilizados para los sistemas distribuidos de energía eléctrica, para satisfacer la demanda existente en los sistemas eléctricos que satisfacen las necesidades existentes en cuanto a energía eléctrica se refiere estos sistemas son bastante útiles en esta labor debido que son de rápido desarrollo y pronta instalación lo que acorta el tiempo de ejecución de los sistemas generadores de energía eléctrica, aprovechar la estratégica zona en donde se encuentra ubicada la universidad en donde incide a todo tiempo una buena cantidad de luz solar lo que permite predecir la eficiencia del diseño que se desea implementar, las limitación más fuerte que presenta es la parte económica debido que la inversión inicial es bastante fuerte.

### *C. Antecedentes.*

En este orden de ideas, [5] desarrollaron una investigación denominada Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples. En la cual el consumo energético es una de las situaciones que aqueja el medio ambiente debido al gran volumen de contaminación que se produce mediante la generación de energía eléctrica, para solventar la demanda de energía en casas y edificios es grande y a futuro tiende a ser insostenible para nuestro planeta lo que ocasionara un declive en todos los procesos cotidianos del ser humano, tanto por el agotamiento de los recursos naturales como por los daños irreversibles que ocasiona al ecosistema.

Para ayudar al desarrollo sostenible de la humanidad es imprescindible crear una educación energética que permita, sin derroche, continuar usando los combustibles fósiles para el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas más eficientes y en armonía con el medio ambiente.

En este sentido, [6] realizo una investigación sobre sistema fotovoltaicos, en donde se realza la gran eficiencia en cuanto a energía producida a través de ellos al igual que su sencilla instalación, el mismo define al generador fotovoltaico como el encargado de transformar la energía proveniente del sol en energía eléctrica, los sistemas están conformados por varias células conectadas en serie o paralelo según se disponga para la mejor conexión de la satisfacción de la demanda, cabe destacar que los sistemas de paneles solares están compuestos por pequeñas células fotovoltaica que generan una pequeña potencia pero al ser interconectadas de las maneras antes mencionadas forman un sistema capaz de generar potencia razonables para un sistema eléctrico.

En este contexto, [7] señala que un sistema fotovoltaico está constituido por los siguientes elementos paneles solares, reguladores, banco de baterías, inversor. Para lo cual se tiene que un regulador es un dispositivo encargado de realizar la carga de las baterías que conforman el sistema el cual se instala entre el arreglo de panel solar y las baterías, esta se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre los dos elementos para mantener las baterías en su optima carga y abastecer el sistema. Este control del tránsito de energía se produce gracias al control de los parámetros de intensidad y voltaje a lo largo mecanismo que está activo el tiempo que dura cada etapa de carga, por otra parte, el banco de baterías es el sistema encargado de almacenar la energía a través de baterías de litio, por otra parte, el inversor es un dispositivo que cambia o transforma una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida (senoidal, cuadrada o triangular) de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

La investigación que se pretende realizar está enmarcada en los sistemas antes mencionados, pretendiéndose desarrollar un diseño fotovoltaico para solventar el sistema de luminarias de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, en vista de ahorrar energía y tener un sistema eficiente para prestar el servicio de alumbrado, reducción del costo de la cuota de pago por consumo eléctrico, como también desarrollar destrezas vinculadas con esta área de estudio y lograr contribuir en la disminución de la contaminación del planeta mediante el desarrollo de estas habilidades que pueden ser aplicadas en otras instalaciones eléctricas

#### D. Objetivos

##### General

Diseñar un sistema de iluminación con energía solar fotovoltaica en la Universidad Antonio Nariño de la sede de Cúcuta

##### Específicos

- Definir los requerimientos del sistema de iluminación con energía solar fotovoltaica para la Universidad Antonio Nariño de la sede Cúcuta.
- Diseñar el sistema de alimentación de energía solar fotovoltaica para el sistema de iluminación
- Diseñar el sistema de iluminación alimentado con la energía solar fotovoltaica para la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta

#### E. Legislación

A continuación, se nombran algunas de las leyes y regulaciones que están relacionadas con el suministro y distribución de energía eléctrica.

Ley 142 (Ley 142, 1994) Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.

Ley 143 (Ley 143, 1994) Establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, que en lo sucesivo se denominarán actividades del sector, en concordancia con las funciones constitucionales y legales que le corresponden al Ministerio de Minas y Energía.

Ley 99 de 1993 (ambiente, 1993) por la cual se crea el ministerio de medio ambiente y se dictan otras

Resolución 5018 (trabajo, 2019) por la cual se rigen los lineamientos de SG SST para el sector eléctrico y es indispensable el cumplimiento de esta para el desarrollo del trabajo ya que se esté es referente a circuitos eléctricos de BT.

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. Efecto Fotovoltaico

El Efecto Fotovoltaico (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas.

Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV. Pueden ser reflejados o absorbidos, pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. El efecto fotovoltaico es el proceso mediante el cual un dispositivo diseñado con un material que a través de la incidencia de la radiación solar se efectúa la producción de energía eléctrica la cual puede ser manipulada para lograr alcanzar niveles óptimos para su utilización en sistemas distribuidos de energía eléctrica. [8]

#### B. Radiación solar

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m<sup>2</sup> (vatio x metro cuadrado), lo cual es aprovechado por los diseños de celdas fotovoltaicas que por medio de su diseño y de los componentes que la conforman logran producir pequeños impulsos eléctricos que son aprovechados mediante arreglos circuítiles que permiten aumentar y estabilizar esta energía para su utilización [9].

#### C. Panel Fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas. Mediante los cuales se captan la irradiación solar y se transforma en energía eléctrica para ser utilizada en cualquier actividad que se requiera. [9]

#### D. Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un sistema capaz de transformar la energía emanada por el sol en energía eléctrica mediante es la agrupación y trabajo en conjunto de ciertos componentes

eléctricos para lograr la generación de energía eléctrica que satisfaga la demanda de cualquier sistema eléctrico, siendo esta una energía utilizable para cualquier aparato o dispositivo eléctrico convencional que se requiera energizar, los mismos están constituidos a través de un grupo de celdas fotovoltaicas que constituyen un cierto arreglo de circuito para aprovechar en mayor cantidad la potencia generada. Está constituido por paneles solares y éstos a su vez están formados por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado.

La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego uniendo en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica. [10]

#### IV. MARCO METODOLÓGICO

##### A. Tipo de Investigación

El tipo de investigación hace referencia a la estrategia que es asumida con el fin de responder a las diferentes preguntas planteadas, alcanzar sus objetivos y analizar la certeza de la hipótesis. En este contexto, se puede destacar que el tipo de investigación comprende todos los elementos de métodos lógicos y empíricos, así como las diferentes técnicas para la búsqueda de la información necesaria para el desarrollo de la investigación, además del tratamiento y presentación de los resultados. Un tipo de investigación puede ser experimental o no experimental. Para Hernández, Fernández y Baptista (2014) en la experimental se manipulan deliberadamente una o más variables independientes para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador, mientras que la no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, es decir, se observan los distintos fenómenos al natural.

##### B. Diseño de la Investigación

Por su parte, el diseño en una investigación es conocida como aquella estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado, en esta puede obtener una investigación documental, de campo o experimental. Es decir, a través del diseño el investigador puede identificar de manera

clara lo que debe ejecutar para alcanzar los objetivos planteados en el estudio, además de responder a las diversas hipótesis las interrogantes que se ha planteado y analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto particular Arias (2012). En este sentido también se puede decir que el diseño es Sabino (2010):

El Diseño de la investigación es la herramienta con la cual se pretende proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo, es decir si el conocimiento es un proceso intrínsecamente teórico práctico, donde las ideas e hipótesis deben ser conformadas permanentemente con los hechos empírico para poder definir o negarla, se comprenderán entonces la importancia de trazar un modelo conceptual y operativo que nos permita efectuar tal cometido. Resulta claro, entonces el sentido de lo que hemos denominado momento metodológico de la investigación: en el mismo no se trata ya de definir qué vamos a investigar, sino cómo lo vamos a hacer. (p. 34)

En tal razón, es importante resaltar que el presente trabajo de investigación se realiza bajo un enfoque descriptivo mediante un proyecto factible, para Tamayo y Tamayo (2010) abarca todo lo referente al registro, descripción, análisis, comprensión e interpretación de la naturaleza actual del estudio y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo, cosa funciona en el presente. Mediante un proyecto factible según Balestrini (2002), los proyectos factibles son aquellos proyectos o investigaciones que proponen la formulación de modelos, sistemas entre otros, que dan soluciones a una realidad o problemática real planteada, la cual fue sometida con anterioridad o estudios de las necesidades a satisfacer, se realizará un estudio completo de las cargas al sistema de iluminación del parqueadero de la universidad Antonio Nariño de la Ciudad de Cúcuta en vista de poder seleccionar el mejor sistema fotovoltaico que pueda satisfacer la carga demandada, igualmente se establecerán los planos eléctricos que deben ser desarrollados para una óptima instalación eléctrica.

#### V. RESULTADOS

Para el desarrollo de la parte de cálculos y planos se tomaron en cuenta las reglas establecidas en el reglamento técnico para instalaciones eléctricas (RETIE). En donde está contenido lo siguiente:

El diseño detallado es obligatorio para, alumbrado público, iluminación industrial, iluminación comercial con espacios de mayores a 500 m<sup>2</sup> y en general en los lugares donde se tengan más de 10 puestos de trabajo, iluminación de salones donde se imparta enseñanza, o lugares con alta concentración de

personas en una mismo salón (50 o más), durante periodos mayores a dos horas.

En función del perfil definido en la fase de diseño básico, se deben resolver los aspectos específicos del proyecto, tales como:

- La selección de las luminarias
- El diseño geométrico y sistemas de montaje
- Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos
- La instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera.

Análisis económico y presupuesto del proyecto en esta etapa el diseñador debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica:

- Planos de montaje y distribución de luminarias
- Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos
- Cálculos eléctricos
- Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía
- El esquema y programa de mantenimiento.
- Las especificaciones de los equipos recomendados. En lo posible el diseño debe considerar varias alternativas de iluminación.

Por lo cual se seguirá detalladamente cada uno de los aspectos que estipula RETIE con el fin de alcanzar el mejor diseño posible en cuanto a luminarias, bajar la carga presente y tener un mejor sistema en todas las áreas que lo requiere la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta.

Tabla 1. Selección de luminarias

Tipo de luminaria	Nombre	Aplicación Recomendada	Imagen Descriptiva	Consumo en Watts	Voltage	Cantidad de lumens
Para Interior	Ceiling 400	Empotrado en Techo Para Oficinas		34	110	820
	Led Mexico RS 200	Empotrado en Techo Para Oficinas		40	110	470
	Luminarias Led	Empotrado en Techo Para Sanitarios		50	110	1200
	Luminarias deTecho	Lampara para empotrar en techo para pasillos		2x39	110	1100
	Led Paneli	Lampara Led para salones de empotrar		48	110	4080
	Luminarias de Saeo	Lampara Led para Oficinas		12	110	1000
	Luminarias de exterior	Lampara Led para Pasilloo		20	110	2400
Lampara para exteriores	Lampara Led para estacionamiento	Lampara Led para exteriores		160	110/220	24000
	Lampara para estacionamiento	Lampara de halogeno para estacionamiento		250	220	6400

Para la selección de luminarias se tomaron aspectos tales como consumo de la luminaria en watts, conexión eléctrica monofásica o conexión eléctrica bifásica, cantidad de lúmenes que emite y finalmente la aplicación para cual la recomienda el fabricante.

Tabla 2. Luminarias seleccionadas

Area	Luminaria Seleccionada	Watts	Lumines	conexión
Baños	Luminaria Led	50	1200	110
Salones	Led Paneli	50	4080	110
Biblioteca	Led Paneli	50	4080	110
Porteria	Lampara Led para pasillo	20	2400	110
Laboratorio	Led Paneli	50	4080	110
Escaleras	Lampara Led para pasillo	20	2400	110
Pasillos	Lampara Led para pasillo	20	2400	110
Secretaria	Lampara led para oficina	12	1000	110
Cafeteria	Lampara led para oficina	12	1000	110
Consultorio	Led Paneli	50	4080	110
Salon de auditorio	Led Paneli	50	4080	110
Parqueadero	lampara Led para exteriores	160	24000	220

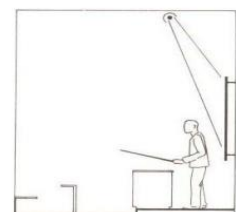
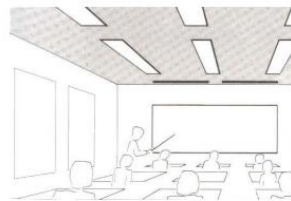
Las luminarias seleccionadas son las que tienen una mejor prestación de servicios con respecto a la potencia que se consume y la cantidad de lúmenes que es capaz de emitir para lograr obtener la mejor utilidad costo beneficio que se logre alcanzar con la aplicación del sistema fotovoltaico y con un nuevo sistema luminarias bajo un concepto de ahorro de energía, lo cual permite el desarrollo de un sistema de luminaria de alta eficiencia en la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta. Para el sistema de luminaria se tomó para todos los espacios lámpara tipo Led en vista de la excelente prestación de servicio y su bajo consumo.

Cálculos de Sistemas de distribución de Luminaria.

Para el cálculo del sistema de luminaria para los espacios de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta se utilizó lo establecido en el RETIE, en el apartado 420.1.2. Alumbrado en instituciones educativas, salas de lectura y auditorios. La cual se detalla a continuación

La iluminación de aulas de clase, salas de lectura, requiere especial cuidado y una gran responsabilidad por parte de diseñadores y constructores de sistemas de iluminación, una iluminación deficiente en estos lugares puede generar serias afectaciones visuales especialmente a niños y adolescentes, con graves consecuencias en algunos casos por las limitaciones visuales.

a) Iluminación de aulas de clase: El alumbrado de un aula de enseñanza debe ser apropiado para actividades tales como escritura, lectura de libros y del tablero. Como estas actividades son parecidas a las de las oficinas, los requisitos generales de alumbrado de éstas pueden aplicarse al de escuelas, Es requisito que el diseño verifique la necesidad de proveer iluminación adicional en el tablero, Las aulas están sujetas a la misma necesidad de alumbrado que las oficinas



Iluminación de salas de lectura y auditorios. En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura.
- Se debe tener especial cuidado en prevenir el deslumbramiento. Ver Figura 420.1.2 c.
- Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y dispositivos.
- Se debe instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical de 750 luxes.
- Se debe contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado y eventualmente controlar el sistema automático de proyección.
- En estos recintos se debe contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas.

Cálculo de luminarias de los salones y oficinas de la universidad

Cálculo de sistema de luminarias para Salón 1				
Area		Salón 1		
DATOS				
Dimensiones y Características del Area				
Nivel de iluminación	700		Lux	
Dimensiones				
Longitud	10	m		
Ancho	7	m		
Altura	3	m		
Altura de trabajo	2	m		
Altura Util	0.85	m		
Factores de Reflexion	Techo	Pared	Suelo	Superficie del Area (m2)
	0.7	0.5	0.3	
				70
Tipo de lampara	Panel para techo			
Modelo	Led Paneli			
Potencia	50	W		
Flujo Luminoso	4080	Lm		
Coefficiente de Conservacion (CD)	0.91			
Calculos				
Indice del Recinto/Recinto (K)	2,058823529	$K=La/(Lu.(l+a))$	$K=La/(Lu.(l+a))$	
Coefficiente de Utilizacion (Cu)	0.98	Según Fabricantes	Según Fabricante	
Flujo Necesario (Flujo Total)	7849,293564	Lm		Flujo= Emed.S/Cd. Cu
Numero de lamparas (N)	1,923846462	Lamparas		

Tomando en consideración los parámetros establecidos en el RETIE se procedió al desarrollo de los cálculos de las luminarias necesarias para satisfacer la demanda lumínica de cada una de las áreas comprendidas en la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, para los cálculos se utilizó el método lúmenes para lograr la determinación de las lámparas, flujo luminoso y el área a prestar iluminación.

#### Calculo de Carga Total

Para la carga total del sistema se toma en cuenta la cantidad de potencia que tiene cada una de las luminarias que fueron seleccionadas y se determina a través de la sumatoria de cada una de ellas, lo que brinda la potencia que consume los diferentes circuitos de luminarias led que se emplearon para dar la cantidad de luminosidad que demanda la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, en la siguiente tabla se especifica los cálculos relacionados con lo antes expuesto.

Consumo electricoo sistema luminarias			
Pi	4220	Watts	
Ti	5	Horas	
	Ei	21100 Kw/h	

Consumo eléctrico de la instalación de luminarias.

Se conoce como consumo eléctrico a la cantidad de energía que demanda un cierto circuito o conjunto de circuitos eléctricos en una determinada cantidad de tiempo definida, este método es el utilizado por la empresa prestadora de servicio con el fin de estimular el consumo que ha tenido determinado usuario en un periodo de tiempo. La fórmula utilizada es  $Ei = Pi * Ti$  en donde Ei es Consumo de energía eléctrica del equipo (carga) i, en KWh; Pi es Potencia requerida por el equipo i, en KW; Ti es tiempo de funcionamiento del equipo i, en horas. Para el caso del diseño de luminarias se tomará la potencia total que demanda el sistema de luminarias de la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta.

La ubicación de los paneles es siempre teniendo en cuenta la línea del ecuador, con orientación al sur de 12 a 15 grados de inclinación en Colombia donde mayor radiación solar se recibe a lo largo del día y por tanto la mayor producción solar. Los paneles se organizan en colmenas siempre mirando de este a oeste la parte más larga del panel teniendo en cuenta el recorrido del sol.



En general, Colombia tiene un buen potencial energético solar en todo el territorio, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 kWh/m<sup>2</sup>, dicha información se puede conseguir en Estaciones del Atlas de Radiación Solar en Colombia en el siguiente link

<https://www.energie.ws/datos-radiacion-solar-colombia-atla>

## Calculo de Paneles

Para este proyecto el tipo de panel va a ser de policristalino, se debe tener en cuenta que tengan la suficiente capacidad para generar la energía consumida por la instalación durante un día, la hora solar pico y la capacidad que va a tener el panel. Para lo cual se utilizó la siguiente ecuación

Calculo del regulador		
Wp	430	Watts
Vbat	12	Voltios
Ired	35,83	Amperios

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = \frac{E * 1.3}{HSP * WP}$$

En donde E es el consumo diario HSP Hora solar pico WP potencia del panel y el 1.3 factor de seguridad de sobredimensión de un 30% más de consumo.

- Marca del panel

marca: Q CELLS

Referencia: Q.PEAK DUO L-G8.3 415-430

Los paneles están conectados en dos mppt o en dos ramales de 6 cada uno e internamente el inversor los conecta en paralelo, también el equipo se puede configurar para que cada mppt quede independiente dentro del box de conexiones.

El arreglo por mppt o rama conducirá 10.83 A multiplicamos este valor por el índice de protección 1.25 nos daría 13.53 lo cual nos daría una protección 2x16 vdc.

En la salida del inversor este nos entregara máximo 22A lo multiplicamos por el índice de protección 1.25 nos da 27.5A protección de 2x32vac

Calculo de paneles			
E	21100	Watts	
Factor	1,3		
HSP	5	Horas	
WP	430	Watts	
N° de paneles			12

Como se logra evidenciar en la tabla anterior el número de paneles de que necesitan para satisfacer el sistema de luminarias de la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta es 12 paneles de policristalino con una

capacidad de potencia de 430 watts y 24 voltios como generación. Por lo tanto:

Tipo de panel: Policristalino

# Paneles: 12

WP: 430 W

V: 24 Vdc

# Celdas: 36

Voltaje a máxima Potencia (Vmp): 41.70 Vdc

Corriente a máxima Potencia (Imp): 10.31 A

Voltaje de circuito abierto (Voc): 49.33 Vdc

Corriente de corto circuito (Isc): 10.83 A

Dimensiones: 2080 x 1030 x 35 mm

Peso: 24.5 kg

- Cálculo de regulador

El regulador solar MPPT es capaz de separar la tensión de funcionamiento de los paneles solares de la tensión de la batería. De esta forma el seguidor del punto de máxima potencia (MPPT) podrá situar la tensión de trabajo del conjunto de paneles solares en la óptima para obtener la máxima producción posible. La fórmula que se va a utilizar para el cálculo del regulador es la siguiente:

$$P_{total}/V_{Bat} = I_{max} \quad V_{Bat} = P_{total}/ I_{max}$$

Calculo de batería		
Ptotal	430	Voltios
I <sub>max</sub>	35,83	Amperios
Vbat	12	Watts

Calculo de potencia del regulador		
Vo	98,66	Voltios
Is	21,66	Amperios
Pc	2136,97	Watts

Las baterías que se deben utilizar son las de 24 voltios. Ahora para el cálculo del regulador se utilizara la siguiente ecuación

$$Wp/ V_{Bat} = I_{Red}$$

La potencia del regulador se determinara a través de la siguiente ecuación

$Pc = Vo * Is$  en donde Pc es la potencia del regulador Vo es voltaje a circuito abierto Is es la corriente a corto circuito.

- Calculo del inversor

Para el cálculo del inversor se toma en cuenta la potencia nominal del sistema que va ser alimentado, el factor de seguridad requerido, la eficiencia del inversor y el factor de potencia al cual se deben realizar



- Inversor solar

Marca ABB

Modelo: UNO-DM-3.3/4.0/4.6/5.0 TL-PLUS-Q De 3.3 a 5.0 kW

La familia de inversores monofásicos UNO-DM-TL-PLUS Q, con valores nominales de potencia de 3.3 a 5.0 Kw.

Todas las clasificaciones de potencia comparten el mismo volumen general, permitiendo un mayor rendimiento en un espacio mínimo, el cual cuenta con dos MPPTs (Seguidores de Punto Máximo de Potencia).

Calculo del inversor			
Fs	1,25		
Pt	4220	Watts	
Fp	0,9		
Effinv	0,87		
	Scarga		6736,9

Un regulador **MPPT** es un tipo de controlador de carga que permite obtener la máxima potencia de los paneles solares haciéndolos trabajar siempre en el punto de máxima potencia.

**MPPT** viene de la sigla en inglés “Maximum Power Point Tracker” o seguimiento del punto de máxima potencia. ... En esos casos los reguladores **MPPT** incorporados al Inverter calculan la potencia óptima para alimentar el **Inversor**.

Además de esto se incluye que **los trackers o seguidores solares** son recomendables para zonas de alta latitud por el movimiento significativo del sol a lo largo del año en este caso no es necesario un seguidor solar.

Este tipo de tecnología es innovadora con el objetivo de mover los paneles siguiendo el sol para un mejor aprovechamiento, cumple con el objetivo, pero su costo es muy elevado, puede elevar la eficiencia en un 2 o 3 % pero su costo es muy elevado ya que requiere actuadores, motores, y una tecnología para su control.

## VI. CONCLUSIONES

La inversión del sistema fotovoltaico se recupera en lapso de 4 a 6 años.

En el diseño del proyecto, se observó lo importante que es la etapa de investigación para el éxito de cada una de las fases del ciclo del proyecto, esta misma provee insumo para el dimensionamiento adecuado para el cumplimiento de los objetivos.

Durante el desarrollo del diseño del sistema fotovoltaico para el sistema de luminarias en la universidad Antonio Nariño se establecieron los elementos del sistema fotovoltaico mediante la utilización de fórmulas matemáticas y teoremas que permitieron encontrar el diseño más acorde según la necesidad de demanda lumínica que tiene la institución.

Haciendo uso de las fórmulas matemáticas junto al método de lúmenes se desarrollaron los cálculos correspondientes a la potencia de demanda del conjunto de áreas que conforman la universidad, al igual se encuentra el logro de bajar las cargas debido al diseño de un nuevo sistema de luminarias mediante lámparas led.

Se desarrolla un diagrama de bloques del circuito que conformara el diseño del sistema fotovoltaico de la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta.

Es un desafío para los nuevos profesionales en el área eléctrica el buscar desarraigar los modelos de generación de energía convencionales, los cuales conllevan a grandes inversiones y a altos índices de contaminación, por modelos de generaciones alternativos, de energía limpia que contribuyen a la disminución de los costos financieros al igual que disminuir la cantidad de contaminación que se le brinda al medio ambiente.

El desarrollo de este tipo de proyectos bajo esta línea de investigación es de gran importancia debido que los nuevos profesionales desarrollan habilidades inherentes a este tipo de vertientes de generación de energías limpias, al igual que genera conciencia en la ayuda de la disminución de la contaminación al medio ambiente.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para la implantación del sistema fotovoltaico en la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta se realiza bajo estricta implementación de todas las normas de seguridad laboral establecidas en el SG – SST.

Se recomienda que antes de la instalación del sistema fotovoltaico, tener en cuenta diferentes factores como lo es la localización en donde se va a instalar y que se necesita para su buen funcionamiento.

Se recomienda informar a la Institución Universitaria Antonio Nariño sede Cúcuta sobre las leyes y programas que promueven y financian, en Colombia, el uso y desarrollo de los sistemas solares fotovoltaicos y de energía renovables no convencionales, para que puedan tener acceso a estos beneficios.

Se recomienda que las personas encargadas de la implementación del sistema fotovoltaico sean expertos en el área, para garantizar la parte técnica y operativa del sistema fotovoltaico.

Se recomienda elaborar un plan informativo enfocado a concientizar a los alumnos profesores y demás personal la Universidad Antonio Nariño del buen uso de la electricidad para lograr desarrollar en ellos el hábito de no hacer uso indiscriminado de este recurso debido a que es bastante costoso generarlo, lo cual se puede lograr mostrándole las ventajas que tiene el uso de los sistemas fotovoltaicos o cualquier otro sistema de energías alternativas limpias.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] G. Arencibia, La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica, <https://redalyc.org/pdf/636/63647455600>
- [2] M. Gutierrez, Energía Eléctrica, Madrid, España: Mcgraw Hill, 2018.
- [3] M. Avalos, Análisis técnico económico proyecto fotovoltaico para autoconsumo de un Datacenter, Avalos, M. H. (04 de 2017). Análisis técnico <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/22518/3560902048840UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2017.
- [4] E. Pachón, Caracterización y viabilidad de la tecnología LED para el Diseño de Iluminación de los Laboratorios del sexto piso de la sede
- [5] S. Navarro, J. Gonzales y C. Lopez, Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio, <https://cutt.ly/JgKM7>
- [6] M. Abella, Sistema fotovoltaico, <https://cutt.ly/LgK1JEg>, 2019.
- [7] D. Barbera, Introducción a la energía fotovoltaica, <https://cutt.ly/ngK0Fcx>, 2019.
- [8] J. Mosquera, Energías renovables, <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7374/tfm-tej-car.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2015.
- [9] D. Santos, Introducción a la Energía Fotovoltaica, <HTTP://BIBING.US.ES/PROYECTOS/ABREPROY/70271/FICHERO/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+F> 2015.
- [10] J. Tejada, Caracterización de módulos fotovoltaicos de diversas tecnologías mediante la automatización de un sistema de medida instalado