

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título

**“Propuesta de Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico para Iluminación
en la Industria Textil SACSA”**

Autores:

- Br. Nelson José Nurinda Cano 2010-32774
- Br. Manuel Alejandro Díaz López 2010-32647

Tutor:

Ing. Juan González Mena

Managua, Agosto 2018

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción	2
II. Antecedente.....	4
III. Objetivos del Estudio.....	5
3.1. Objetivo General	5
3.2 Objetivo Especifico	5
IV. Justificación	6
V. Marco Teórico	7
5.1 Radiación solar	7
5.2 Descripción de los sistemas fotovoltaicos.....	7
5.3 Características de los paneles solares	8
5.4 Componentes principales de un sistema fotovoltaico.....	9
5.5 Normatividad eléctrica	13
5.6 Características del sistema fotovoltaico	13
5.7 Instalación de un sistema fotovoltaico	14
5.8 Ubicación de los elementos de un sistema fotovoltaico.....	14
5.9 Interconexiones del sistema fotovoltaicas.....	16
5.10 Operación del sistema fotovoltaico	18
1.1 Mantenimiento de un sistema fotovoltaico.....	19
1.2 Principales características de los sistemas Fotovoltaicos	21
1.3 Clasificación de las instalaciones Fotovoltaicas	21
VI. Hipótesis y Variable	25
VII. Metodología y alcance del estudio	26
VIII. Sistema Fotovoltaico propuesto	28
8.1 Planos de iluminación de la planta.....	28
8.2 Dimensionamiento del Sistema	29
IX. Evaluación de costo del proyecto	37
X. Conclusiones	42
XI. Bibliografía	43

I. Introducción

El presente estudio pretende incorporar una alternativa más para iluminación en la industria SACSA, la cual se encuentra en el Kilómetro 44, de la Carretera Diriamba-La Boquita, industria dedicada al corte, confección y empaque de prendas de vestir.

Por lo tanto la propuesta pretende analizar la carga en iluminación para poder dimensionar el sistema y sus respectivos diseños, además analizar la viabilidad y condiciones para la generación de energía eléctrica en la zona, por medio del proceso fotovoltaico en donde dicho fenómeno es la denominación que recibe la conversión de la luz del sol en electricidad a través de celdas fotovoltaicas.

Con este diseño se pretende realizar un diagnóstico energético actual de la industria para determinar las áreas de interés a iluminar de mayor necesidad que permita la buena realización de las actividades nocturnas del mismo, claro está que no se pretende sustituir el sistema eléctrico actual el cual es alimentado por el SIN a través de la distribuidora DIS-SUR.

El tema de generación de energía solar, es sólo una fracción del complejo problema del consumo energético, en el cual se plantea la búsqueda de soluciones que puedan existir para corregir el consumo de energía eléctrica a base de derivados del petróleo y evitar daños al medio ambiente.

Por lo tanto esta es una actividad que en Nicaragua se está consolidando por medio de la implementación del Plan Nacional de Inversiones en energías renovables y la Política General del Subsector Eléctrico, la cual orienta y facilita el desarrollo sustentable del sector energía, para contribuir al desarrollo nacional en un marco de equidad social, crecimiento económico y preservación del medio ambiente.

La propuesta de este estudio es diseñar y calcular un sistema de generación basado en el uso e implementación de paneles solares para iluminación, con el objeto de llegar a formular una propuesta y presentar soluciones, se evalúa la situación energética actual, presentando la información general sobre la capacidad de generación y la

necesidad e importancia de la energía utilizada para el abastecimiento, adquiriendo indicadores para conseguir mejores resultados y determinar la viabilidad de la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en dicha industria.

El estudio abarca desde la introducción que resume en que se basara el estudio, los antecedentes de los proyectos de energía solar en la industria y en Nicaragua , estudios realizados con anterioridad y resultados obtenidos, así como la realización del diagnóstico energético hasta el diseño del sistema fotovoltaico y los programas de mantenimiento.

II. Antecedente

Hasta el momento la industria textil SACSA no ha implementado ningún sistema de generación de energía eléctrica de energías renovables.

El gobierno de Nicaragua ha desarrollado programas de generación de energía solar a través de sistemas fotovoltaicos y micro-centrales hidroeléctricas, para llevar la energía eléctrica a las comunidades más apartadas e inaccesibles del país, fuera del SIN.

Resultando con la instalación de 42 sistemas fotovoltaicos, en un número igual de comunidades, que corresponden a los municipios de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) siguientes: Siuna, Rosita, Bonanza, Prinzapolka, Waspam y Puerto Cabezas, a través del cual se proporciona acceso a una fuente de energía renovable a través de sistemas fotovoltaicos para la generación de electricidad a dichas comunidades.

Sin duda, las prácticas de la energía solar fotovoltaica, y la eólica son las que más se emplean en Nicaragua, en comunidades aisladas donde no hay energía eléctrica en los departamentos de Chinandega, Carazo, Boaco, Estelí, Matagalpa y Rivas.

Incluyendo la Isla de Ometepe, en proyectos específicos para bombeo de agua, sistema de riego e iluminación domiciliar, calentamiento de agua para hoteles, para recargar baterías, celulares, refrigeración, secadora solar de frutas, cercos eléctricos solares etc.

Otros Programas que se desarrollan son los siguientes: el Fondo de Desarrollo de la Industria Eléctrica Nacional (FODIEN) y el Programa Nacional de Electrificación Sostenible en Energía Renovable (PNESER).

III. Objetivos del Estudio

3.1. Objetivo General

- Elaborar una propuesta de diseño de un sistema solar fotovoltaico para iluminación en la industria textil SACSA.

3.2 Objetivo Especifico

- Describir que es un sistema fotovoltaico y sus componentes.
 - Aplicar una metodología que nos permita llevar a cabo la propuesta del sistema solar de bajo consumo para iluminación.
 - Elaborar un estudio de cálculos para equipos de generación en base a la demanda en Kwh para iluminación.
 - Demostrar la viabilidad del sistema fotovoltaico como una opción energética alternativa.
-

IV. Justificación

La importancia del estudio se fundamenta en poder analizar la alternativa de generación eléctrica por paneles fotovoltaicos como una oportunidad de uso en el área de iluminación.

La pertinencia de este proyecto, radica en uno de los programas institucionales del Ministerio de energía y Minas (MEM) cuyo principal objetivo es la reducción en el consumo de energía eléctrica, de la red SIN y considerando que la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedora de energía renovable en el mundo, que además comparada con las fuentes no renovables.

Es importante destacar que esta experiencia impactara positivamente tanto en los estudiantes como en los docentes que desearan conocer y adentrarse en los estudios de generación eléctrica por paneles solares. La metodología que se utilizará generará recomendaciones y lecciones aprendidas que pueden tomarse en la implementación de cualquier escenario de instalación eléctrica fotovoltaica.

Los beneficios para el usuario son evidentes en relación costo-beneficio, al no tener que requerir de un abasto externo de energía eléctrica.

A corto plazo la inversión inicial puede resultar elevada, pero puede tener grandes beneficios a largo plazo pues el equipo no requiere de un mantenimiento costoso además de ser sencillo, esto implica que no generara costos excedentes después las condiciones de seguridad en la instalación fotovoltaica aislada no suele presentar problemas técnicos en su operación diaria, operando el sistema o instalación en condiciones normales.

V. Marco Teórico

5.1 Radiación solar

El sol es una estrella en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar.

La intensidad de la radiación solar que llega a la parte exterior de la atmósfera depende de la distancia entre la tierra y el sol. Esa distancia no es constante, sino que el curso de la órbita de nuestro planeta describe una trayectoria elíptica y que su longitud varía entre 1.47×10^8 y 1.52×10^8 kilómetros.

De aquí se puede afirmar que el valor de la irradiancia fluctúa entre **1.325 W/m² y 1.412 W/m²**, el valor medio (1.353 W/m²) de dicha irradiancia se le conoce como constante solar (Perales, 2008).

5.2 Descripción de los sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, pueden realizarse instalaciones de electrificación autónoma o interconectados a la red, además de otras aplicaciones más específicas (Casas 2012).

Para el caso de las instalaciones de electrificación autónoma, estas instalaciones tienen una total autonomía energética y se construyen especialmente en lugares en que, por motivos económicos, técnicos y medioambientales, no es posible hacer llegar la red de distribución eléctrica (casas rurales aisladas, sistema de señalización).

Asimismo para las instalaciones interconectadas a la red eléctrica, distinguimos dos tipos de instalaciones, aquellas que aprovechan la energía producida por el propio edificio e inyectan la sobrante a la red de distribución eléctrica y los que inyectan directamente toda la producción de energía eléctrica a la red de distribución general y se aprovechan de ella para su propio consumo.

5.3 Características de los paneles solares

Los paneles fotovoltaicos se definen con un conjunto de parámetros expresados en las condiciones denominadas NOCT (temperatura de operación nominal de la célula) o por las condiciones STC (Condición de Prueba Estándar), cuyos valores característicos son los siguientes: Tabla: Condiciones de operación de los módulos fotovoltaicos

Condiciones	NOCT	STC
Irradiación	800 W/m ²	1000 W/ m ²
Distribución espectral	AM 1,5	
Temperatura	20°C	25°C
Velocidad del viento	1 m/s	

Los datos expresados en STC se consideran de ensayo y los datos NOCT son típicos de operación. Respecto de los parámetros eléctricos que definen los paneles o en módulos fotovoltaicos, los fundamentales son los siguientes:

- **Potencia Máxima nominal (P_m)**
- **Voltaje máxima Potencia (V_{MP}).**
- **Corriente de máxima potencia (I_{MP})**
- **Voltaje a circuito abierto (V_{OC})**
- **Corriente de cortocircuito (I_{SC})**
- **Potencia pico**
- **Factor de forma (FF)**
- **Coeficiente de temperatura de I_{SC}**
- **Coeficiente de temperatura de V_{CO}**
- **Coeficiente de la temperatura de la potencia**

Definir un determinado panel por los parámetros dados en las condiciones de operación NOCT o de ensayo STC, es de considerar la posible alteración de sus valores ante diferentes condiciones de irradiación, distribución espectral o temperatura ambiente, lo que es imprescindible para aproximar los cálculos de dimensionado a las condiciones reales del lugar en el que se ubican los paneles fotovoltaicos.

5.4 Componentes principales de un sistema fotovoltaico

Consta principalmente de los siguientes elementos:

- Paneles Fotovoltaico
- Estructura y cimientos del arreglo
- Reguladores de voltaje
- Controlador de carga de batería
- Inversor de corriente cd/ca o un rectificador ca/cd
- Baterías de almacenamiento eléctrico y recinto para ellas
- Instrumentos
- Cableado para la conexión de los equipos
- La Caja General de Protección
- Protecciones eléctricas (NEMA)
- Estructuras de soporte

Un sistema fotovoltaico no siempre consta de la totalidad de los elementos arriba mencionados. Puede prescindir de uno o más de éstos, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar, el tiempo, hora y época de operación y la naturaleza de los recursos energéticos disponibles en el lugar de instalación

Los componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considere y de las características de la instalación. Para el caso de un sistema autónomo, los componentes necesarios para que funcione correctamente y tenga una elevada fiabilidad son:

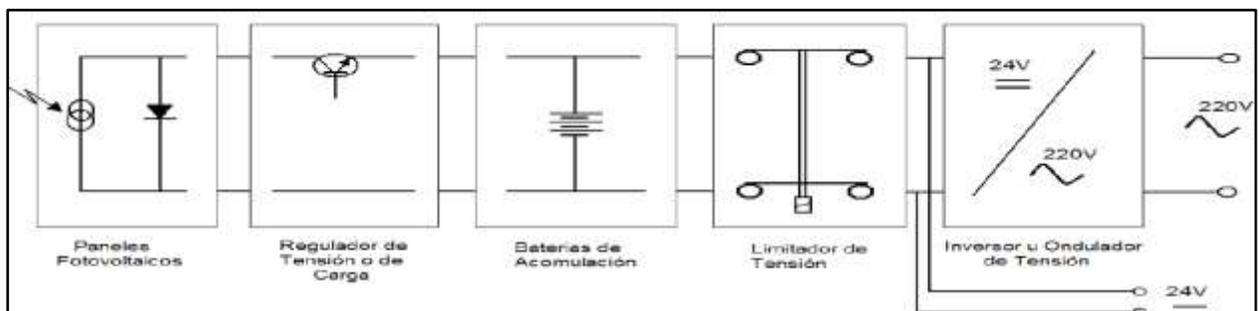


Figura 1: Diagrama eléctrico de una instalación Fotovoltaico

➤ **Paneles Fotovoltaicos**

El conjunto de paneles fotovoltaicos que puedan captar el sol es parte de la instalación a la que se le llama generador. Son un conjunto de placas fabricadas a partir del silicio, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua, a baja tensión (12 ó 24 V) especificadas por el fabricante. Para su mejor aprovechamiento se busca orientarlas (teniendo en cuenta la ubicación y latitud) con el fin de obtener un mayor rendimiento.

➤ **Controlador de carga**

Es aquel que tiene la función de proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas, excesivas al acumulador que le pudieran producir daños irreversibles asegurando que el sistema trabaje con mayor eficiencia. Además se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación.

Los paneles fotovoltaicos pueden producir más electricidad de la que las baterías pueden almacenar, sobrecargar las baterías aumenta la pérdida del electrolito, disminuyendo así la vida útil de las baterías además de que es peligroso.

Funcionamiento del controlador de carga

Los reguladores de carga son de dos tipos serie o shunt. Ambos reguladores tienen un circuito de censor y regula la corriente hacia la batería cuando la tensión excede un umbral determinado. Los reguladores en serie desconectan la batería de los módulos si la tensión se eleva por encima del umbral. Cuando la batería se descarga el regulador conecta nuevamente los módulos. Estos reguladores son simples pero tiene el problema que no toda la energía generada es empleada.

Los reguladores shunt funcionan desviando la potencia hacia otra carga, Si la carga es una simple resistencia, estos reguladores disipan la energía lo cual es mejor que sobrecargar la batería o destruir la electrónica. Pero es también posible emplear esta energía excedente en otros usos.

➤ **Acumuladores o Baterías**

Son el almacén de la energía eléctrica generada, permitiendo disponer de la energía eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados. En este tipo de aplicaciones normalmente se utilizan baterías estacionarias, las que tienen como característica de operación más importante al ciclado; durante un ciclo diario, la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche; sobrepuesto al ciclado diario hay un ciclo estacional, que está asociado a períodos de reducida disponibilidad de radiación.

➤ **Limitador de Tensión**

Es aquel dispositivo que tiene la función es de evitar que las baterías se descarguen por debajo de ciertos niveles. Para ello hay que tener en cuenta el factor de fondo de las baterías empleadas. Para baterías estacionarias de plomo – ácido el mínimo de carga permisible es de un 20% sobre su capacidad nominal.

➤ **Inversor**

Dispositivo electrónico que tiene la función de transformar la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas fotovoltaicas y es acumulada en las baterías para que después sea entregada, en corriente alterna (127 V y 60 Hz) a los aparatos eléctricos que la necesitan.

➤ **Protecciones eléctricas (NEMA)**

Durante su funcionamiento toda instalación eléctrica puede presentar dos estados operativos, el primero le llamamos Estado de Operación Normal, y se presenta cuando todos los parámetros de la instalación (voltaje, amperaje, frecuencia, temperatura de los conductores, etc.) están dentro de los parámetros previstos; el segundo le llamamos estado de operación anormal y es cuando uno o más parámetros de la instalación eléctrica exceden las condiciones previstas.

Cuando el estado de operación de nuestra instalación eléctrica es anormal, existen distintos tipos de fallas como pueden ser: la sobrecarga, las fallas de aislamiento, un cortocircuito, dependiendo el servicio para el cual fue diseñado.

Las protecciones eléctricas más comúnmente utilizadas son:

- Los fusibles
- Los disyuntores termomagnéticos

- **Estructuras de soporte**

Las estructuras soporte de los paneles fotovoltaicos son un componente que debe ser elegido con criterios de seguridad y de cumplimiento con la normativa sobre este tipo de instalaciones. Es de considerar especialmente el parámetro de resistencia del soporte, ya que debe mantenerse estable entre vientos fuertes y soportar el sobrepeso que puede provocar la caída de nieve sobre paneles fotovoltaicos.

El número de puntos de sujeción para módulos fotovoltaicos debe ser el suficiente para asegurar su instalación sin que se produzca flexiones en los módulos de valor superior a las especificadas por el fabricante. Así mismo permitirá fijar el ángulo de inclinación que corresponda de un modo seguro y sin alteraciones ante vientos.

- **La Caja General de Protección**

La caja general de protección es la encargada de salvaguardar toda la instalación eléctrica de un posible cortocircuito o punta de intensidad la cual afectaría a todos los componentes conectados a la red. Esta caja general de protección podrá llevar tanto protecciones térmicas como fusibles.

- **Cableado para la conexión de los equipos**

Es el encargado de conectar los distintos paneles solares con las cajas de interconexión y con el resto de los equipos e instrumentos. Este cableado de paneles se realizará con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad del sistema a la intemperie. El cableado y las conexiones entre los equipos tendrán que tener el grado de protección NEMA 3.

5.5 Normatividad eléctrica

Hay normativa nicaragüense para la realización de instalaciones eléctricas en viviendas y edificios públicos. Para el caso de instalaciones de arreglos fotovoltaicos, la distribuidora tiene reglamentos relativos para su instalación, protección y mantenimiento.

Para una instalación eléctrica de vivienda general, se debe de atender el código de Instalaciones eléctricas nicaragüense. Además Disnorte-Dis-sur recomienda las siguientes normas para el caso de instalaciones fotovoltaicas: Sistema de energía fotovoltaica y el Código Eléctrico Nacional (NEC).

5.6 Características del sistema fotovoltaico

Parámetros de las cargas:

- Potencia instalada P_I
- Capacidad instalada del sistema CIS
- Carga máxima D_M
- Número de horas de carga equivalente (EH)
- Curva de carga diaria
- Carga promedio D_P

Indicadores de la carga eléctrica del sistema:

- Factor de demanda FD
 - Factor de utilización FU
 - Factor de planta F_{PL}
 - Factor de carga F_C
-

5.7 Instalación de un sistema fotovoltaico

Las celdas fotovoltaicas deberán ser colocadas sobre el panel de montaje en una configuración rectangular simple.

En el hemisferio norte, los paneles se montan orientados hacia el sur geográfico con una inclinación con respecto al horizonte, que corresponde al ángulo indicado para obtener la máxima ganancia durante el invierno.

Los paneles pueden montarse sobre el techo de una casa o sobre cualquier estructura adecuada. El lugar que se escoja, debe estar libre de cualquier sombra por pequeña que esta sea. Esto disminuiría ostentosamente el rendimiento del panel. Como regla general, se orientan los paneles de manera tal que la superficie colectora se encuentre perpendicular al sol del mediodía para el mes en el cual se desea la máxima ganancia.

Los paneles deben montarse con una distancia mínima de cualquier superficie, de aproximadamente 5 cm. para permitir la adecuada circulación del aire por su lado inferior, lo que evitará que se caliente en exceso y esto disminuya su rendimiento.

Para que un sistema fotovoltaico realmente pueda prestar un servicio confiable durante toda su vida útil, es necesario darle una gran importancia al correcto montaje del sistema. Cualquier defecto puede inducir a una reducción ostensible de su eficiencia y de su vida útil, que normalmente debiera ser de entre 20 y 30 años.

5.8 Ubicación de los elementos de un sistema fotovoltaico

a) El módulo

Localice un sitio despejado que esté libre de objetos o árboles que puedan provocar sombras, lo más cerca al lugar donde desean instalar su sistema (lámparas o aparatos), puede ser sobre un poste metálico o de madera o sobre el techo de la casa, si éste lo permite.

b) Soporte de módulos

Su función es la de sujetar al módulo, colocando el módulo orientado hacia el sur, esto permite que los rayos del sol choquen sobre la superficie del módulo la mayor parte del día, y se obtiene así la mayor generación de energía del módulo fotovoltaico.

c) El controlador

El controlador debe estar colocado en un lugar protegido de la intemperie (de preferencia dentro de la casa), procure que la distancia entre éste y el módulo sea menor de 5 metros y la distancia entre el controlador y el acumulador sea menor de 1.5m (para el tendido del cable), de esta forma se minimizara las pérdidas de energía en el cable haciendo más confiable y eficiente su sistema.

d) El acumulador

Busque un lugar protegido de la intemperie (puede ser dentro de la casa), con buena ventilación, para evitar la acumulación de gases generados por el acumulador. Coloque la batería de preferencia sobre una tarima de madera, protéjala de los niños tome en cuenta las limitantes de distancia en el cable mencionadas en el controlador. Nunca coloque el acumulador directamente sobre el piso.

e) Lámparas

Distribuya uniformemente las lámparas, así como sus respectivos interruptores, en el lugar donde las desea instalar, de tal manera que obtenga la mayor iluminación, procure que el tendido del cable del controlador a cada una de las lámparas sea de al menos 8 metros. Fíjelas en los lugares elegidos.

5.9 Interconexiones del sistema fotovoltaicas

Después de haber definido la ubicación de cada una de las partes del sistema es hora de realizar las interconexiones de acuerdo de la siguiente secuencia.

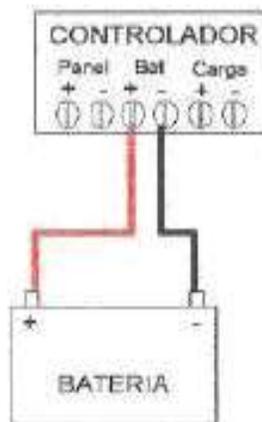


Figura: Conexiones de la batería con el controlador

- Tienda un par de cables (cordón uso rudo calibre 2 X 10) desde el controlador hacia la batería.
 - Tienda un par de cables (cordón uso rudo 2 X 10) desde el controlador hacia el módulo.
 - Tienda el cable POT calibre 12 desde el controlador hacia la ubicación de cada una de las lámparas.
 - Tienda cable POT calibre 12 desde cada una de las lámparas hacia donde estarán instalados sus respectivos interruptores.
 - Identifique las terminales positivas (+) y la negativa de la batería en el bloque de terminales del controlador (BAT+, BAT-). Utilizando el cable tendido de batería a controlador tome el color negro y conéctelo en la terminal BAT-, tome el rojo conéctelo en la terminal BAT+.
-

-
- Tome los extremos del cable que van a la batería y conecte el color negro a la terminal negativa de la batería, haga lo mismo con el cable rojo en la terminal positiva de la batería.
 - En este momento el controlador se activa, iluminando sus leds y mostrando el estado de operación del sistema.
 - Identifique las terminales positivas (+) y negativa (-) del panel en el bloque de terminales del controlador (panel+, panel-). Utilizando el cable tendido de modulo a controlador, tome el color negro y conéctelo a la terminal panel -, tome el rojo y conéctelo en el terminal panel+.
 - Haga lo mismo que en el punto 6 en las terminales del módulo fotovoltaico.
 - Hecho esto, el controlador detectara actividad solar (si es de día y está soleado) para el módulo y conectará el circuito de recarga al acumulador.
 - Identifique la línea corrugada como positiva y la línea lisa como negativa del cable POT calibre 12, tendido de lámpara a interruptor. Conecte un cable en ambas terminales del interruptor. Repita el proceso en cada uno de los interruptores.
 - Del extremo del cable que va del interruptor a lámpara conecte la línea lisa a la terminal positiva de lámpara y la línea corrugada del cable procedente del controlador a la alampara, el cable negativo de lámpara conéctelo a la línea corrugada del cable procedente del controlador a lámpara. Repita el proceso en cada uno de los interruptores.
 - Asegúrese que los interruptores de las lámparas estén en estado de apagado.
 - Conecte los cables de las lámparas a las terminales de la carga (+) y carga (-) de controlador en el siguiente orden. La línea lisa negativa (-) conéctela a la terminal de carga – del controlador, haga lo mismo con la línea corrugada de lámpara en la terminal + del controlador
 - Pruebe con el interruptor que cada una de las lámparas enciendan.
-

5.10 Operación del sistema fotovoltaico

a) Operación Diurna

Durante el día el módulo fotovoltaico genera energía eléctrica, la cual es conducida hacia el acumulador y éste a su vez alimenta las cargas (lámparas), el conductor maneja toda la operación.

Mediante sus leds indicadores muestra el voltaje de batería, panel conectado y disponibilidad de carga.

b) Operación nocturna

Durante la noche el controlador detecta que no existe generación del módulo fotovoltaico y abre el circuito Panel – Batería, con esto se elimina un posible regreso de energía. Normalmente durante la noche el controlador monitorea el voltaje de la batería tomando la acción que se requiera.

c) Corte por alto voltaje

El controlador tiene preestablecido un voltaje de máxima carga en la batería, cuando esta llega al voltaje máximo (14.7Volts), el controlador censa y desconecta el circuito Panel – Batería.

Después de un tiempo el voltaje de la batería tiende a disminuir cuando este voltaje es igual al de conexión de recarga (13.5Volts) el controlador vuelve a cerrar el circuito Panel – Batería este proceso suele repetirse varias veces durante días soleados. En este estado siempre existe disponibilidad de energía para las aplicaciones.

d) Corte por bajo voltaje

Normalmente ocurre cuando se presentan varios días nublados continuos. Las aplicaciones siguen activas, el módulo fotovoltaico no es capaz de generar energía suficiente, y el voltaje de la batería tiende a disminuir, cuando éste llega al voltaje mínimo (10.5Volts) preestablecidos en el controlador, se abre el circuito Batería –

Carga, desactivando todos los aparatos que en ese momento se encuentran conectados.

Con esto se evitan daños irreversibles a la batería. Cuando se vuelve a tener un día soleado el voltaje en la batería se recupera hasta llegar al voltaje de reconexión de carga (13.2Volts), en este estado nuevamente se cuenta con energía disponible para las aplicaciones.

e) Problemas y soluciones de un sistema fotovoltaico

Verifique los leds de voltaje en el controlador, muestran un voltaje menor 13 volts

SI: Tal vez la batería solo requiera recarga, permita que el módulo lo provea.

1.1 Mantenimiento de un sistema fotovoltaico

Es recomendable hacer por lo menos 3 revisiones periódicas en un sistema fotovoltaico por año, así se pueden detectar y corregir pequeños problemas, antes que lleven a una falla total en la operación del sistema, por esto se dice que el mantenimiento preventivo es el mejor mantenimiento.

Es indispensable revisar el sistema cuando está funcionando correctamente y no esperar a que la falla ocurra, es importante aprender del equipo y saber que se espera de él cuando está funcionando correctamente, de hecho, se puede hacer la mayor parte de la revisión, con un multímetro y algo de sentido común.

Muchas fallas son evitables si se hacen inspecciones y se toman acciones correctivas antes que el problema cause fallas en la operación del sistema. Esto es más fácil aun siguiendo la rutina básica:

- Revise las conexiones del sistema, las conexiones de las baterías pueden limpiarse y tratarse periódicamente, con anticorrosivos de uso común en la industria de autopartes.
-

-
- Examine el nivel de densidad específica del electrolito (ácido) en la batería que esté de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, este chequeo debe hacerse después de una recarga completa al banco de baterías, con el nivel de electrolito de acuerdo a las especificaciones por el proveedor.
 - Tome muestras del voltaje de cada batería cuando éstas estén bajo carga, si el voltaje de alguna difiere más de un 10% del promedio de los voltajes de las demás, indica que existe un problema con esa batería. Consulte al fabricante o a su distribuidor más cercano.
 - Haga un reconocimiento en el sistema de cableado, si el cableado ha estado expuesto al sol o a la corrosión durante algún tiempo, es posible que se puedan formar grietas en la cubierta de éste, esto provocará pérdidas de energía. Aísle lo mejor posible todos los conductores de energía para evitar este tipo de fallas.
 - Registre que todas las cajas de conexiones estén correctamente selladas, incluyendo las del panel, controladores, etc., puntos de interconexiones, así mismo cerciórese si existe corrosión o daños causados por el agua. Si tienen componentes electrónicos montados dentro de un gabinete asegúrese que tengan buena ventilación.
 - Inspeccione las piezas de la estructura soportante de los módulos. Al mover suavemente algún módulo del arreglo, vea si existe alguna pieza floja o suelta que pueda causar problemas.
 - Revise la operación de los interruptores y fusibles, asegúrese que el movimiento del interruptor sea sólido, vea si existe corrosión tanto en los contactos como en los fusibles.
-

1.2 Principales características de los sistemas Fotovoltaicos

- Simplicidad
- Son livianos y pequeños. Sus dimensiones son muy reducidas y se pueden instalar fácilmente sobre el tejado de las viviendas, entre otros lugares.
- Eficiencia
- Ausencia de partes móviles (es por esto y por el hecho de que se limpian por la lluvia que...).
- No exigen mantenimiento.
- Si aumentan las exigencias de consumo, basta con aumentar el número de paneles sin necesidad de intervención de especialistas.
- Inalterables al paso del tiempo

1.3 Clasificación de las instalaciones Fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos en función del objetivo de la mismas: instalaciones aisladas de la red, cuya finalidad es satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica convencional residencial o de una comunidad, y las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, que tienen como objetivo fundamental entregar la energía a la red eléctrica pública; ésta última, de gran superficie, se está utilizando como superficie de terminación e imagen en el edificio.

➤ Instalaciones aisladas de la red

Se emplean en localidades lejanas, que no tienen acceso a la red pública: instalaciones rurales, iluminación de áreas aisladas, telecomunicaciones, balizas o boyas de señalización y bombeo de agua. Estas instalaciones posibilitan dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución.

➤ **Sistemas fotovoltaicos interconectados con la red**

Un sistema fotovoltaico interconectado con la red es aquel que opera en paralelo con ella. Normalmente existe una carga local que puede recibir energía de la red y del sistema FV o de uno solo de ellos, dependiendo de los valores instantáneos de carga y generación fotovoltaica. Una instalación de este tipo también se puede denominar sistema fotovoltaico interactivo con la red o sistema fotovoltaico conectado en paralelo con la red.

➤ **Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos interconectados**

Las aplicaciones actuales de los sistemas FV interconectados con la red eléctrica se pueden agrupar en cuatro áreas: sistemas residenciales, estaciones centrales, estaciones de apoyo a la red y sistemas integrados en edificios.

➤ **Sistemas residenciales**

En el contexto de la búsqueda de fuentes alternas de energía en países industrializados, se ha estudiado la viabilidad técnica y económica de aplicaciones fotovoltaicas terrestres.

En muchos de estos países, el nivel de electrificación es cercano al 100%, por lo que los sistemas autónomos (no conectados a la red) tienen poca aplicación.

Por otra parte, la tierra disponible es escasa y costosa. Estos dos factores llevaron al desarrollo del concepto de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica instalados en techos de casas habitación, así como en techos y fachadas de edificios.

Este tipo de instalaciones ha tenido gran auge desde finales de la década pasada en Europa y Japón y, en menor escala, en Estados Unidos.

Estos sistemas no forman parte del esquema convencional de generación centralizada. Son generadores dispersos de pequeña capacidad (1-10 kW) instalados en inmuebles residenciales, comerciales o institucionales.

La interconexión puede ser monofásica o trifásica y se realiza con el sistema de distribución, normalmente, en el punto de la acometida eléctrica.

Condiciones que tiene satisfacer las una célula solar

- El rendimiento de conversión energética tiene que ser lo más elevado posible, es decir que es necesario que la célula pueda generar una densidad de corriente de corto circuito y un voltaje de circuito abierto elevados y al mismo tiempo con un factor lo más próximo posible a la unidad.
 - La célula tiene que poder suministrar una potencia suficiente a una carga.
 - Las resistencias en serie de la propia célula deben tener un valor débil para que la caída de potencial que significan, represente una pequeña parte del potencial salida.
 - La absorción óptica del semiconductor tiene que ser suficiente en la mayor parte posible del espectro solar. Así se considera que un buen coeficiente de absorción tiene que ser 10^4cm^{-1} en la región del espectro visible.
 - Los electrodos de cada cara del semiconductor de las células tienen que captar eficazmente los electrones y los huecos fotocreados.
La longitud de difusión de los portadores minoritarios tiene que ser del mismo orden que el espesor de la película.
-

Causas Principales de las Pérdidas de Potencia

Entre las principales causas de que los rendimientos de conversión tengan valores no superiores al 15% en la práctica, cabe citar las siguientes:

- Reflexión en la cara anterior de la célula solar. Para una célula de silicio desnuda es del 30% por lo que normalmente se las recubre de una capa antirreflejante que disminuye "r" en un factor 10.
 - Diferencia entre el rectángulo sombreado de potencia útil y el área total del 4º Cuadrante.
 - Pérdidas en las resistencias parasitas serie y paralelo debidas a la fabricación y la especial geometría del dispositivo.
 - Recombinación de portadores en el volumen semiconductor en las zonas "n" y "p" en el interior de la zona de transición, en la superficie y en el contacto óhmico de la cara no iluminada.
 - Fotones no absorbidos y energía de los fotones por encima de E_g que no se traduce en potencia útil en la carga.
-

VI. Hipótesis y Variable

Hipótesis

La necesidad de una propuesta teórico-práctico para la implementación de un proyecto de generación de energía fotovoltaica en la industria SACSA que permita racionalizar el uso de la misma además como parte complementaria a la formación técnica-profesional para el desarrollo de habilidades y destrezas en el área de eléctrica.

Variables

1. Pertinencia de la Información.
2. Funcionalidad de la Información.
3. Adecuación de la Información.
4. Parámetros Técnicos de Interés Tratados (Potencia, Voltaje, Corriente.).

VII. Metodología y alcance del estudio

Para realizar el diseño del sistema fotovoltaico para iluminación es necesario conocer las características y el funcionamiento de los distintos componentes que conforman la instalación aislada, para esto se realizará una investigación de fuentes bibliográficas y páginas de Internet.

Con la finalidad de comprender los aspectos básicos de la generación de electricidad a partir de celdas solares y los principios de funcionamiento de éstas y de los paneles, reguladores de carga, inversores y demás equipos que conforman el sistema.

La investigación abarcará además las técnicas de diseño que se emplean actualmente para la elaboración de proyectos de este tipo. Como un complemento en la etapa de diseño del sistema, se espera realizar consultas a profesionales con experiencia en el tratamiento de este tipo de tecnologías, que puedan brindar una visión realista de los principales aspectos de la generación eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos en la actualidad.

La investigación sobre los equipos fotovoltaicos disponibles actualmente en el mercado y sus principales características, se realizará básicamente ingresando a los sitios web de los principales distribuidores de este tipo de componentes, que generalmente brindan información explícita sobre los aspectos más relevantes de los equipos en cuestión (eficiencia, capacidad, costos, etc.).

Es necesario establecer un promedio de la potencia que consume cada aparato de iluminación , así como de la cantidad de horas que se utiliza diariamente cada uno de dichos equipos, para determinar de esta forma cuál es la carga total que se requiere alimentar a partir del sistema generador fotovoltaico. Para este cálculo, deberán aproximarse también las posibles pérdidas que se dan en el sistema (pérdidas en cables, eficiencia de los componentes).

Además se hace un análisis de los pasos a realizar en el diseño del sistema fotovoltaico para uso de iluminación, así como los criterios que se tienen que considerar para poder ser aplicados, contemplando las normas de diseño eléctrico y el dimensionamiento del sistema eléctrico.

Breve descripción de cómo realizar el diseño del sistema en la industria:

1. El diseño del sistema fotovoltaico comienza cuando el ingeniero eléctrico visita el lugar para verificar la cantidad de equipos a suministrar energía.
2. Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto (Valor real de la radiación) es necesario determinar la problemática a resolver y ver cuál es la solución más viable al problema.
3. Desde ahí se comienza a realizar un estudio de capacidad de demanda en kwh .
4. Teniendo esta información se puede empezar a determinar los dimensionamientos de: paneles solares, banco de baterías, sistema de control a utilizar etc.
5. Realizar el plano de la obra en AutoCAD para determinar el mejor diseño a implementar.
6. Elaborar un presupuesto de la obra para determinar la rentabilidad de la misma.

Finalmente, el cálculo del presupuesto se realiza en base a los precios promedio de los equipos más favorables a los fines del proyecto, incluyendo además una estimación de los gastos adicionales derivados de la instalación, administración u otros gastos generales.

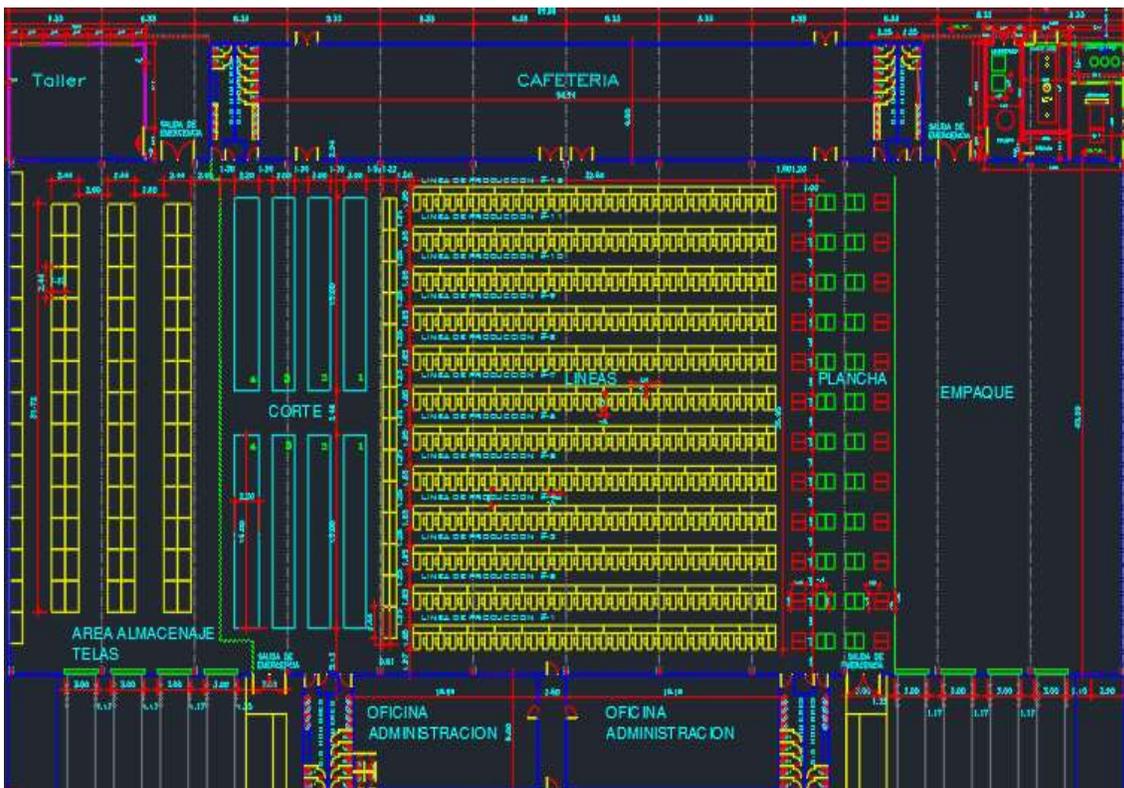
VIII. Sistema Fotovoltaico propuesto

El promedio anual de incidencia solar en Nicaragua está entre 4.5 y 5.5 Kwh / m² por día (mapa de energía solar incidente diaria – SWERA -UNEP).

Sin embargo, durante los meses de febrero, mayo y agosto esta incidencia podría fluctuar entre 4.5 y 5 Kwh / m². Por lo tanto, trabajaremos con el valor mínimo de 4.5 Kwh / m² / día, para asegurar que durante los meses indicados el sistema fotovoltaico pueda siempre cubrir el total de la demanda.

8.1 Planos de iluminación de la planta

La nave industrial cuenta con la cantidad de 360 puntos de iluminación para un total de 720 tubos.



8.2 Dimensionamiento del Sistema

Cálculos del Proyecto

a) Energía Consumida

Ítem	Tipo de Consumo	Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso al día	Energía (Wh/día)	
		Lámparas fluorescentes	720	10	6	43200	
			Energía Total			Wh/día	43200
					Kwh/día	43.20	

b) Cálculo del Arreglo Solar

$$M = \frac{E_C F_S}{I_M V_M H_p N_{Bat} N_{Inv}}$$

M = Número de módulos solares

Ec = Energía consumida diariamente por las cargas (Whr/día)

Fs = Factor de sobre dimensionamiento del Sistema (Se sobre dimensiona 10% a 20% Fs = 1.1 a 1.2).

Im = Corriente del módulo solar (máxima insolación 1Kw/m2)

Vm = Voltaje promedio de operación del módulo solar (No confundirlo con el voltaje de baterías).

Hp = Radiación de la localidad en el mes de menor insolación expresada en horas máximas de insolación.

N_{Inv.} = Eficiencia del inversor CD/CA en caso de que el equipo opere en:

C.A. valores típicos 0.8 a 0.9

C.D. valor es de 1

N_{Bat} = Eficiencia de carga de la batería 0.87 a 0.9 “0.81”

$$M = \frac{E_C F_S}{I_M V_M H_p N_{Bat} N_{Inv}}$$

$$M = \frac{\left(\frac{43200\text{Whr}}{\text{dia}}\right)(1.2)}{(6.93\text{Amp})(28.9\text{V})(4.84)(0.81)(0.9)}$$

M= 73.36 Paneles

Por lo tanto, se utilizarán 76 paneles de 150 Wp, con una tensión de 28.9V y una corriente de 6.93Amp.

Tipo	Paneles Disponibles Potencia (Wp)	Costo US	No de Paneles	US a invertir
Modulo solar sunlink	150	220	74	21504

c) Cálculo del ángulo de inclinación y del ángulo de orientación

El ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, lo que se recomienda es que se utilice el valor de la latitud del lugar donde se encuentra localizado el proyecto al cual se le suma 5°

$$\angle_{INC} = \angle_{LAT} + 5^{\circ}$$

Por lo tanto, asumiendo que el ángulo de inclinación en el que se deben de colocar los paneles solares orientados hacia el sur es de 25°

d) Cálculo del Banco de Baterías

$$C_B = \frac{A_U E_C}{V_B F_U F_1 N_{ENV}}$$

C_B = Capacidad del banco de baterías

E_C = Energía consumida diariamente

A_U = Autonomía deseada en el banco de baterías (días) varía entre 4 días con buena insolación y hasta 6 días para lugares nublados.

V_B = Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.

F_U = Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar la autonomía de diseño del sistema evitando que las baterías se descarguen totalmente.

$F_u = 0.5$ baterías de placa delgada

$F_u = 0.8$ baterías de placa gruesa

F_i = Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor Nominal comercial como resultado de una razón (tiempo) de descarga.

Este valor varía desde 1.05 en baterías de placa delgada hasta 1.35 en baterías de placa gruesa tipo tabular.

$$C_B = \frac{A_U E_C}{V_B F_U F_i N_{DV}}$$

$$M = \frac{(5 \text{ dias})(43200 \text{Whr})}{(12V)(0.8)(1.35)(0.9)}$$

$$C_B = (216000) / (11.664) = 18518 \text{ Amp-hr}$$

d) Cálculo del Número de Baterías

$$N_{B.} = \frac{C_{.R}}{C_B}$$

N_B = Número de baterías que se necesitan

C_R = Capacidad de energía requerida para funcionar en días nublados (Ah)

C_B = Capacidad de la batería (Ah)

$$N_{B.} = \frac{C_{.R}}{C_B}$$

$$N_B = (18518 \text{ Ah}) / (150 \text{ Ah}) = 123.45$$

Otro método

Potencia en baterías = (AUT x Ed) / (Rend x Descarga
Nro de Baterías = Tamaño (wh)/(Ah x V)

Donde:

AUT	Autonomía (días sin brillo solar)	2
Ed	Consumo de electricidad (kwh/día)	1,39
Rend	Eficiencia de la Batería	80%
Descarga	Descarga máxima de la Batería	50%
Ah	Capacidad total de la Batería	150
V	Voltaje de la Batería	12

Potencia en Baterías	216	Wh
Nro. Baterías	120	Unidades

e) Cálculo del Controlador de Carga

$$I_{\max} = I_{SC} \times N_p$$

$$I_{\max} = (7.68A) \times (74 \text{ paneles})$$

$$I_{\max} = 568 \text{ A}$$

f) Especificación del Inversor

$$INV = W1 + W2 + W3 + W4$$

$$INV = \text{Potencia del Inversor (W)}$$

$$W = \text{Potencia de cada una de las cargas (W)}$$

$$INV = W1$$

$$INV = 43200$$

$$INV = 43200 \text{ w}$$

Con respecto al valor calculado se concluye que el tipo de inversor que se necesite es:

Un Inversor de 45000 W, Onda Senoidal Modificada, 12VCD - 120VAC.

g) Cálculo el calibre de los conductores de la instalación fotovoltaica

$$A = 2\rho l/\Delta E$$

A= Es el área del conductor

ρ = Resistividad del cobre $0.01785\Omega\text{mm}^2/\text{m}^2$

I = Corriente del conductor

l = Longitud del conductor

ΔE = Caída de tensión (V)

e% = Caída de tensión (%) no mayor del 3%

V = Tensión (V)

0.85 = Factor de ajuste para conductores expuestos a la radiación solar.

- **Entre el panel y el controlador de carga**

$$A = 2\rho l/\Delta E$$

Cálculo del ΔE

$$\Delta E = Ve\% / 100\%$$

$$\Delta E = (28.9) \times (3\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 0.867$$

Sustituimos ΔE en la ecuación 1

$$A = 2(0.01785)(6.93)(3)(0.85)(10) / (0.867 \text{ V})$$

$$A = 7.27 \text{ mm}^2$$

El calibre del conductor THW que le corresponde es del 6 AWG.

- **Entre el controlador de carga y las baterías**

$$\Delta E = V_e\% / 100\%$$

$$\Delta E = (28.9) \times (1\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 0.289 \text{ V}$$

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

$A = 6.54 \text{ mm}^2$ Por lo tanto el calibre del conductor THW es del 8 AWG

- **Entre el controlador de carga y el inversor**

$$\Delta E = V_e\% / 100\%$$

$$\Delta E = (28.9) \times (1\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 0.289 \text{ V}$$

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

$$A = 2 (0.01785)(6.93)(3)(0.85)(3) / (0.289)$$

$A = 6.54 \text{ mm}^2$ Por lo tanto el calibre del conductor THW es del 8 AWG

- **Entre el inversor y el Interruptor termomagnético**

$$I = P / V \cos \theta$$

$$I = 400\text{w} / (220) (0.95)$$

$I = 2 \text{ Amp}$ Por lo tanto el calibre del conductor THW es del 12 AWG

$$e\% = 2Pl / \rho VS$$

$e\%$ = caída de tensión %

P = Potencia total considerada (W)

l = longitud de la línea (m)

V = Tensión nominal (220 v)

S = sección en m^2

σ = Resistividad del conductor ($0.01785 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$)

ρ = conductividad del cobre

$$\rho = 1/\sigma = 1/0.01785 = 56$$

$$e\% = 2Pl / \rho VS$$

Despejando "S" nos queda de la siguiente fórmula.

$$S = 2Pl / \rho Ve\%$$

$$S = (2)(800W)(3) / (56)(220)^2 (0.5) =$$

$$S = 0.35 \text{ mm}^2$$

Por normas se considera que se use del 12 AWG.

$$\Delta E = Ve\% / 100\%$$

$$\Delta E = (220)(0.5\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 1.1 \text{ V}$$

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

$$A = 2(0.01785)(3.03\text{A})(3) / 1.1$$

$$A = 0.29 \text{ mm}$$

Ambos cálculos el calibre del conductor es el mismo que es del calibre 12 AWG.

IX. Evaluación de costo del proyecto

En este capítulo se presentan los costos de cada uno de los elementos que constituyen un sistema fotovoltaico, (panel solar, baterías, inversor y controlador de carga) a través de diferentes proveedores que venden este tipo de equipo.

Panel Solar

Panel solar CSI (Canadian Solar Inc.) de 200W para aplicaciones de mayor tamaño principalmente interconectadas a la red eléctrica. El módulo Serie CS6P es robusto con 60 celdas. Estos módulos pueden ser utilizados para energía solar en aplicaciones de la red. Nuestro meticuloso diseño y técnicas de producción garantizan un alto rendimiento a largo plazo de cada módulo producido. Nuestro riguroso control de calidad y las pruebas en nuestras instalaciones de Canadian Solar garantizan los más altos estándares de calidad posible

Características:

Marco fuerte, pasando la prueba de carga mecánica 5400Pa, en lugar de las normales 2400Pa, para soportar la carga más pesada de nieve y vientos superiores

- Líderes en la industria de energía tolerancia: $\pm 5 \text{ W}$ ($\pm 2,5\%$)
- 25 años de garantía de rendimiento
- El primer fabricante en la industria de fotovoltaica en la aplicación de la norma ISO TS 16949 (Sistemas de Administración de Calidad Automotriz) en la producción de módulos.

La batería CA-LE SOLAR es libre de mantenimiento para aplicaciones de ciclo profundo. Diseñadas específicamente para aplicaciones de almacenamiento de energía.

Información general

La orientación de la batería es hacia arriba. Las baterías pueden ser conectadas en serie y paralelo para obtener el voltaje y la intensidad de los requerimientos de descarga.

El ciclo de vida depende de los parámetros de carga. (CA-LE puede proporcionar asistencia). La carga de igualación puede ser necesaria en intervalos mensuales si la intensidad de descarga es mayor que el 40 %. Las baterías deben ser protegidas del calor excesivo.

Características:

- Plomo calcio en parrilla positiva y negativa.
- Placas 13 % más gruesas que dan una mejor resistencia al ciclado.
- Pasta positiva de alta densidad para alargar la durabilidad.
- Parrillas de metal expandido 11 % más gruesas, forjadas en frío.
- Placas encapsuladas con separador de polietileno.
- 430 cc de reserva de electrolito por celda.
- Caja y tapa de polipropileno de alto impacto.
- Arrestador de flama para seguridad.
- Terminales roscadas de 3/8" de acero inoxidable.

Especificaciones de la batería

- Voltaje nominal: 12 V
 - Largo: 330.2 mm (13.0")
 - Ancho: 172 mm (6.8")
 - Altura: 217.8 mm (8.6")
-

-
- Altura total: 240.3 mm (9.5")
 - Peso: 27.3 Kg. (60.2 lbs)
 - Capacidad: 115 AH a 100 horas de descarga
 - Número de Placas: 17

Parámetros del controlador de carga

- Fijación del punto de regularización (VR) 14.5 V +/- .2
- El voltaje máximo que el controlador permite alcanzar a la batería.
- Histéresis de regularización (VHR) 13.5 V
- Capacidad: 800 W

Gabinete de plástico profesional para 1 batería, resistente a la corrosión, con salidas de ventilación, salida de cableado, cinto de seguridad, contención de derrames y agarraderas. Garantía de 10 años.

Inversor de corriente de 800 watts de potencia continua y 1.500 watts máximo instantáneo. Cuenta con botón de encendido, luces indicadoras de encendido y falla y cables de conexión a batería. El inversor HP 600 tiene una corriente en espera baja (menor a 0.5 amperes) que ahorra energía al estar en vacío, así como una eficiencia superior al 85 % permitiendo obtener el máximo rendimiento de energía de su sistema.

El inversor HP 800 cuenta también con alarma audible de advertencia de batería baja, sobre temperatura y sobrecarga. Se pueden conectar los siguientes aparatos al inversor HP 600 o cualquier otro que sea de un rango de potencia de hasta 600 watts.

Datos técnicos de HP600-TD-MEX-0510

Potencia de salida 600 W de potencia continua/1,500 W de potencia máxima

Corriente en espera < 0,5 A @12 VDC

Voltaje de entrada 10V~15 VDC

Voltaje de salida 120 VCA

Forma de onda de salida Onda sinusoidal modificada en ancho de pulso

Eficiencia Superior al 85 %

Autorevisión de encendido Función que autodetecta algún error en batería

Regulación de voltaje de salida ± 5 % AVR Inteligente

Frecuencia de salida 60 Hz Controlado por cristal

Enfriamiento Ventilador con operación automática

Protecciones:

Salida Protección de cortocircuito a la salida

Batería baja $< 10.5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ (pre-alarma), $< 9.5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ (alarma de apagado)

Sobretensión $> 60 \text{ }^\circ\text{C}$ con pre-alarma, $> 65 \text{ }^\circ\text{C}$ Apagado con alarma

Sobrecarga $> 650 \text{ W}$ (pre-alarma), $> 700 \text{ W}$ Apagado con alarma

Protección contra inversión de polaridad Mediante fusible

Fusible 12 VCD: 25A x 3 Piezas.

Contacto de salida de CA 2 contactos

Dimensiones (L x A x A) 190 x 113 x 62 mm

Peso neto 1.5 kg

El regulador solar de rango medio ProStar de Morningstar ha demostrado, a lo largo de los años, ser un producto muy conveniente para aplicaciones domésticas y profesionales

Características del producto

Versiones disponibles: 15 o 30 A 12/24 V, o 15 A 48 V

Tensión de regulación 14.15 V

Vida útil estimada de 15 años

Carga de la batería por PWM (modulación de la anchura del pulso)

Compensación de temperatura

Selección de batería: gel, sellada o de plomo ácido

Control y medición de alta precisión

Jumper para eliminar el ruido de telecomunicación

Conexión en paralelo hasta 300 A

Cables de conexión

Los cables de conexión para instalar el sistema fotovoltaico son del TIPO THW y TW.

Cable THW del calibre 8 de 100m

Cable TW del calibre 12 de 100m

Interruptor Termo magnético

Switch para fusibles 30A

Presupuesto del Proyecto

El monto del proyecto asciende a los \$ 24,094 dólares

76 paneles Sunlink 150 Watt PV Module BP Solar ,en arreglo serie-paralelo	21504
120 baterías Trojan J150, en arreglo serie-paralelo	1620
Controlador Trace C60 -24V	215
Inversor 24 DC -220 AC / 60HZ / 500W	400
20 mts cable bipolar flexible de 16 mm ² de sección (incluye conexiones entre baterías y entre paneles)	60
10 mts cable bipolar flexible de 4 mm ² de sección)	15
20 mts cable bipolar flexible de 1.5 mm ² de sección	30
Servicio de mano de obra de Instalacion	250
	24094

X. Conclusiones

Se logró describir que es un sistema fotovoltaico y sus componentes básicos para el diseño de una red eléctrica aislada, específicamente viviendas de bajo consumo rural.

Por lo tanto, fue necesario aplicar una metodología que permitió llevar a cabo la propuesta del sistema solar de bajo consumo para uso industrial en combinación con el SIN.

Mediante la propuesta se logró elaborar un estudio de cálculos tanto de equipos consumidores como de los equipos necesarios para la generación en base a la demanda en Kwh para una nave industrial con 360 puntos de iluminación.

Para finalizar se realizó un estudio para demostrar la viabilidad del sistema fotovoltaico como una opción energética alternativa la cual no supera los \$24094 dólares de inversión por vivienda.

El período de recuperación se estima en 10 años aproximadamente, esto significa a corto plazo una rentabilidad enorme si consideramos que estamos ahorrando y energía, pero además contribuimos a la reducción del calentamiento global.

Se logró elaborar el estudio de cálculos para equipos de generación en base a la demanda en Kwh para iluminación.

XI. Bibliografía

1. Méndez M. J. María y Cuervo G. R. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. 3ra Edición. ECA Instituto de Tecnología y Formación S.A.U. España
 2. Héctor Gasquet. Manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos. SOLARTRONIC S.A de CV. Morelos México
 3. Nassir Sapag Chain . Preparación y Evaluación de Proyectos 2da Edición.
 4. Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la Investigación. Editorial, MCGRAW HILL.
 5. Jutglar L. (2011) Energía solar “Energías Alternativas y Medio Ambiente” Editorial CEAC España
 6. Sánchez M. A., (2010), Energía Solar Térmica, 1ra. Edición. Editorial Limusa. México.
 7. MANUAL TEÓRICO PRÁCTICO SOBRE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, HECTOR L. GASQUET, octubre del 2004.
-