

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL CONSUMO DE LA  
EMPRESA PIZZELINO S.A.S**

Johnny Alexander Quintero Vásquez

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2017**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA EL CONSUMO DE LA  
EMPRESA PIZZELINO S.A.S**

Johnny Alexander Quintero Vásquez

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista**

Asesora:

Mónica Narváez

Ingeniera Electricista

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**MEDELLÍN**

**2017**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Firma

Nombre

Presidente del jurado

---

Firma

Nombre

Jurado

---

Firma

Nombre

Jurado

**Medellín, marzo de 2017.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mis padres que siempre creyeron en mí y en mis capacidades, a mis amigos y compañeros que me brindaron el apoyo durante el proceso, al decano Bayron Álvarez, a Giovanni Berrío y el profesor Julio Palomeque, que me dieron el apoyo en la última instancia de este proceso, a la empresa Pizzelino por servirme de soporte en el proceso y por confiar en mis conocimientos para ser soporte en su empresa en el desarrollo del trabajo, al asesor de proyecto, a todos los profesores que hicieron parte de mi formación, y a todas aquellas personas que contribuyeron y en el momento no menciono, muchas gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Medellín, noviembre de 2016

Institución Universitaria Pascual Bravo

Ingeniería Eléctrica y Afines

Estimados Señores (as). Institución Universitaria Pascual Bravo:

Me dirijo a ustedes para agradecerles el tiempo y la atención brindada durante mi proceso de aprendizaje, el cual será de gran apoyo para mi proyecto de vida.

Nunca olviden el nivel que tienen como Institución y el reconocimiento que siempre reciben al momento de sacar un estudiante al mundo laboral. Porque gracias a ustedes llevaré siempre en alto el nombre de la Institución.

Un cordial saludo.

Johnny Alexander Quintero Vásquez.

Aspirante a Ingeniero Electricista

## CONTENIDO

RESUMEN.....	11
1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. MARCO TEÓRICO .....	14
2.1 EL CONCEPTO DE ENERGÍA .....	14
2.1.1 Energía Eléctrica .....	14
2.1.2 Energía luminosa.....	14
2.1.3 Energía hidroeléctrica .....	14
2.1.4 Energía Mecánica .....	15
2.1.5 Energía Térmica .....	15
2.1.6 Energías renovables .....	15
2.1.7 Energía Eólica.....	15
2.1.8 Energía eólico solar.....	15
2.1.9 Energía Solar.....	16
2.1.10 Energía solar pasiva .....	16
2.1.11 Energía solar térmica.....	16
2.1.12 Energía solar fotovoltaica .....	16
2.1.13 Energía solar termoeléctrica.....	16
2.1.14 Energía solar híbrida .....	17
2.1.15 Energía fotovoltaica .....	17
2.1.16 Energía nuclear.....	17
2.1.17 Energía Cinética .....	17
2.2 CARGAS ELÉCTRICAS.....	18
2.2.1 Cava.....	18
2.2.2 Aire Acondicionado (mini Split).....	18
2.2.3 Iluminación .....	18
2.2.4 Lúmenes .....	18
2.3 OTRAS DEFINICIONES Y ELEMENTOS A IMPLEMENTAR EN EL PROYECTO. ....	19
2.3.1 Energía Solar.....	19
2.3.2 Radiación Directa .....	19
2.3.3 Radiación Difusa .....	19

2.3.4	Irradiación .....	20
2.3.5	Insolación .....	20
2.3.6	Celda Fotovoltaica .....	22
•	Micro inversor: Un micro - inversor solar.....	23
•	Cable Solar: .....	24
•	Funcionamiento de un panel fotovoltaico .....	25
•	Clasificaciones de las instalaciones fotovoltaicas .....	29
3.	METODOLOGIA .....	33
3.1	MÉTODO .....	33
3.2	FUENTES DE INFORMACIÓN .....	33
3.2.1	Fuentes primarias.....	33
3.2.2	Fuentes secundarias .....	33
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	34
4.1	DIAGNÓSTICO Y ADECUACIÓN DEL SITIO .....	34
4.2	CÁLCULOS DE GENERACIÓN DE POTENCIAS Y CONSUMO PROMEDIO. .....	42
5.	CONCLUSIONES .....	58
6.	RECOMENDACIONES .....	59
	BIBLIOGRAFÍA.....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Placa de datos panel TSM 250PC 0,5 <sup>a</sup> .....	28
Tabla 2. Cuadro Comparativo de cotizaciones. ....	50
Tabla 3. Cálculo de retorno de la inversión de los paneles solares.....	54



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro de radiación solar.....	20
Figura 2. Curva de Irradiación Diaria y horas solares pico.....	21
Figura 3. Movimiento aparente del sol en función de la hora del día y la época del año. ...	22
Figura 4. Efecto Fotovoltaico de una celda solar.....	22
Figura 5. Celda solar.....	23
Figura 6. Micro-inversor.....	24
Figura 7. Desplazamiento de electrones mediante la captación de fotones.....	26
Figura 8. Esquema de funcionamiento del panel.....	27
Figura 9. Curvas IV panel TSM 250PC 0,5ª.....	28
Figura 10. Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m <sup>2</sup> y 25 °C.....	29
Figura 11. Instalación Fotovoltaica aislada de la red Eléctrica.....	30
Figura 12. Instalación Fotovoltaica conectada a la red Eléctrica.....	31
Figura 13. Instalación Híbrida, solar-eólica.....	32
Figura 14. Ficha técnica del micro inversor (YC 500-MX).....	41
Figura 14. Dimensiones del panel solar.....	44
Figura 15. Consumos de energía en KW/h por mes.....	46
Figura 16. Insolación media mensual incidente en la instalación del panel solar en la empresa Pizzelino SAS.....	49
Figura 17. valor KWh en 2016.....	52
Figura 18. valor KWh en los últimos 4 años.....	53
Figura 19. Valor promedio generación KW/h anual.....	55
Figura 20. Valor promedio Kw/h anual en lo próximo años.....	56
Figura 21. Flujo de caja anual.....	57

## LISTA DE FOTOS

Foto 1. Foto de paneles solares instalados en techo de la empresa Pizzelino.....	36
Foto 2. Foto de cable solar instalado en los paneles de la empresa pizzelino.....	37
Foto 3. Foto de los accesorios de fijación de los paneles.....	38
Foto 4. Foto de los conectores y protección del sistema solar de la empresa pizzelino .....	39
Foto 5. Foto de las canalizaciones del sistema solar de la empresa Pizzelino .....	40
Foto 6. Multimetro instalado en el tablero de distribución de la empresa Pizzelino .....	47
Foto 7. Registro fotográfico de medidas eléctricas.....	48

## RESUMEN

Este trabajo de grado se orienta en la implementación de energías renovables, a través de la obtención de electricidad por medio de la radiación solar y la utilización de tecnología fotovoltaica en la empresa “Distribuidora Pizzelino S.A.S.”, mediante la implementación de un sistema de sincronismo para transferir la energía generada al tablero de distribución principal.

Inicialmente se realizó un diagnóstico por parte del operador de la red eléctrica, en donde se decidió cambiar de tarifa residencial a tarifa comercial lo cual generó grandes traumatismos en la empresa aumentando así el valor de la factura de servicios públicos aproximadamente en un 41% con respecto al promedio que se pagaba inicialmente, lo que prendió las alarmas, al entender que los costos variables de su funcionamiento se incrementarían y que por tanto para cumplir las labores de su funcionamiento tendrían que tomarse medidas urgentes que posibilitaran su funcionamiento sin generar traumatismo en la parte económica de la empresa, de allí surge la necesidad de utilizar energías alternativas como medio de suministro para subsanar dicha falencia y por ende para generar conciencia en la importancia en el cambio de alternativas y estrategias que lleven a hacer la empresa más sustentable.

El proceso de generar energía eléctrica con este sistema de paneles solares, logra reducir el suministro eléctrico por parte del operador de red hacia la empresa, y por ende bajan el valor de los servicios públicos. Este trabajo no solo es una alternativa para la empresa Pizzelino, ya que con él además se genera conciencia a las otras empresas de la implementación de un desarrollo que día a día crece gracias a la actualización de la tecnología y a las campañas del gobierno en el tema de implementar energías limpias y renovables

**Palabras claves:** energías renovables, sustentabilidad, energía limpia, solar.

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo energético mundial aumenta sin cesar, impulsado tanto por el crecimiento socioeconómico de las naciones como por el aumento de la población mundial, (Pasquevich, 2014), Entre 1990 y 2010, la cantidad de personas con acceso a energía eléctrica aumentó en 1.700 millones, (PNUD, 2017). Sin embargo, a la par con el crecimiento de la población mundial, también lo hará la demanda de energía accesible, (PNUD, 2017). Las energías renovables, en consecuencia, toman fuerza en el sector energético, como alternativa en una etapa diferente y haciendo ver que un cambio es posible, (Salbidegoitia, 2008). Es por esto que debemos pensar en energías renovables que ayuden con la alta demanda, y así poder bajar el consumo de los combustibles fósiles. “El consumo mundial del petróleo en 2003 se incrementó en un 2% al alcanzar los 3600 millones de toneladas, estados unidos es el país que más consume con un total de 895 millones de toneladas”, (Roy, 2004).

En Medellín, las microempresas suman cerca de 95.000 establecimientos, algo así como el 96% del tejido empresarial de la ciudad, que en su mayor parte se encuentran en barrios de bajos ingresos y generan alrededor del 50% del empleo de la ciudad. (Cataño, Moreno, & Vanegas, 2017). La energía solar genera sólo un 0,04% de la electricidad mundial, aunque inversores e intelectuales como Thomas Friedman creen que será crucial en la "Revolución Verde". El elevado precio de los combustibles fósiles y el crecimiento de la regulación del sector energético en todo el mundo, para atajar el cambio climático, han provocado una oleada de inversiones en energías renovables. Ni siquiera la profunda crisis crediticia en los mercados internacionales para las inversiones en instalaciones de energías limpias. (Boullosa, 2008).

En el instante que se genera la energía eléctrica con los paneles solares fotovoltaicos, en el proceso de transferir la energía al sistema de la Empresa Distribuidora Pizzelino, el dispositivo encargado de vincular el sistema de generación fotovoltaica con la red de baja tensión (BT) es el inversor. Este dispositivo transforma la corriente continua o corriente directa (DC) que proviene del generador (Fuente de Voltaje FV), en señales de corriente

alterna con características adecuadas para inyectar energía a la red. Por otra parte, el inversor posee las protecciones que evitan inyectar energía en condiciones de corte del suministro o por variaciones en los niveles de tensión y frecuencia de la red. En particular, el inversor YC 500-MX posee rangos fijos de trabajo respecto de la tensión y de la frecuencia de la red. Para el caso de la tensión el fabricante del inversor establece un rango de trabajo comprendido entre 211 V y 264 V y para la frecuencia entre 59 Hz y 60,5 Hz.

Las celdas fotovoltaicas son las más beneficiadas en esta oleada de calor para que sean utilizadas en la generación de energía. Una de las principales ventajas de la energía fotovoltaica es que puede hacer parte fácilmente de nuevas construcciones residenciales o comerciales e introducir el concepto de redes inteligentes. La utilización de la energía solar cada vez gana mayor importancia en los portafolios de generación eléctrica a nivel mundial. Esto se debe, no solo a que se trata de una energía renovable, sino a que su costo de generación, conforme ha pasado el tiempo, ha disminuido de tal forma que ya compite con el precio de las tecnologías convencionales. (García, 2014), ganando con ello la importancia en la creciente implementación a nivel mundial, ya que la inversión inicial versus la rápida y creciente posibilidad de retorno, hacen de esta una gran posibilidad para la empresa, situación que se ve reflejada mediante un análisis contable.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 EL CONCEPTO DE ENERGÍA**

La energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, la energía es la capacidad de hacer funcionar las cosas. La unidad de medida que utilizamos para cuantificar la energía es el Joule (J), existen varios tipos de energía, (Endesa Educa, 2015).

#### **2.1.1 Energía Eléctrica**

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos (cuando se les coloca en contacto por medio de un conductor eléctrico) (Rodríguez, 2016)

#### **2.1.2 Energía luminosa.**

La energía lumínica o luminosa es la energía fracción percibida de la energía transportada por la luz y que se manifiesta sobre la materia de distintas maneras, una de ellas es arrancar los electrones de los metales, puede comportarse como una onda o como si fuera materia, pero lo más normal es que se desplace como una onda e interactúe con la materia de forma material o física, (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.3 Energía hidroeléctrica**

La energía hidroeléctrica es la que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad, (Rodríguez, 2016)

#### **2.1.4 Energía Mecánica**

La energía mecánica es la energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo, por lo tanto, es la suma de las energías potencial, cinética y la energía elástica de un cuerpo en movimiento. Expresa la capacidad que poseen los cuerpos con masa de efectuar un trabajo, (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.5 Energía Térmica**

Se denomina energía térmica a la energía liberada en forma de calor. Puede ser obtenida de la naturaleza, a partir de la energía térmica, mediante una reacción exotérmica, como la combustión de algún combustible; por una reacción nuclear de fisión o de fusión; mediante energía eléctrica por efecto Joule o por efecto termoeléctrico; o por rozamiento, como residuo de otros procesos mecánicos o químicos, (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.6 Energías renovables**

Las fuentes de energía renovable están en todo nuestro alrededor: agua, viento, sol... cada día más personas las utilizan como parte de su vida diaria. Las utilizamos para calentar nuestros hogares en épocas frías, para operar nuestros electrodomésticos, ducharnos con agua caliente, irrigar campos con agua para agricultura, entre otros, (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.7 Energía Eólica**

Energía eólica es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas, (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.8 Energía eólico solar**

Consiste en utilizar el aire calentado por el sol, para hacer girar unos generadores ubicados en la parte superior de una chimenea, (Rodríguez, 2016).

### **2.1.9 Energía Solar**

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables, particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde. Si bien, al final de su vida útil, los paneles fotovoltaicos pueden suponer un residuo contaminante difícilmente reciclable al día de hoy, (Rodríguez, 2016).

### **2.1.10 Energía solar pasiva**

Aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos, (Rodríguez, 2016).

### **2.1.11 Energía solar térmica**

Aprovecha la energía calórica del sol para calentar algún tipo de fluido a baja temperatura, normalmente agua, para uso sanitario y calefacción, los sistemas utilizados para esto se denominan colectores solares, (Rodríguez, 2016).

### **2.1.12 Energía solar fotovoltaica**

Aprovecha la energía lumínica del sol para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar, estos sistemas se llaman Paneles Solares Fotovoltaicos (PFV), (Rodríguez, 2016).

### **2.1.13 Energía solar termoeléctrica**

Aprovecha la energía calórica para producir electricidad, esto se logra a través de un ciclo termodinámico convencional, mediante el cual se calienta algún tipo de fluido a alta temperatura (aceite térmico), (Rodríguez, 2016).



#### **2.1.14 Energía solar híbrida**

Consiste en utilizar además de la energía solar, otro tipo de energía. Esto se conoce como hibridación y dependiendo con el tipo de energía que se combine será llamada específicamente, (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.15 Energía fotovoltaica**

Los sistemas de energía fotovoltaica permiten la transformación de la luz solar en energía eléctrica, es decir, la conversión de una partícula luminosa con energía (fotón) en una energía electromotriz (voltaica). El elemento principal de un sistema de energía fotovoltaica es la *célula fotoeléctrica*, un dispositivo construido de silicio (extraído de la arena común), (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.16 Energía nuclear**

La energía nuclear es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear. Se puede obtener por el proceso de Fisión Nuclear (división de núcleos atómicos pesados) o bien por Fusión Nuclear (unión de núcleos atómicos muy livianos). En las reacciones nucleares se libera una gran cantidad de energía debido a que parte de la masa de las partículas involucradas en el proceso, se transforma directamente en energía. Lo anterior se puede explicar basándose en la relación Masa-Energía producto de la genialidad del gran físico Albert Einstein, (Rodríguez, 2016).

#### **2.1.17 Energía Cinética**

Energía que un objeto posee debido a su movimiento. La energía cinética depende de la masa y la velocidad del objeto según la ecuación  $E = \frac{1}{2} * m * V^2$ , donde  $m$  es la masa del objeto y  $V^2$  la velocidad del mismo elevada al cuadrado. La energía asociada a un objeto situado a determinada altura sobre una superficie se denomina energía potencial. Si se deja caer el objeto, la energía potencial se convierte en energía cinética, (Rodríguez, 2016).

## **2.2 CARGAS ELÉCTRICAS**

Las cargas eléctricas en sistema eléctrico, son todos aquellos equipos o aparatos que consumen una potencia eléctrica, y su unidad de medida es el Watts W, en la Distribuidora Pizzelino S.A.S. tenemos las siguientes cargas.

### **2.2.1 Cava**

Una cava o cámara de refrigeración; es un recinto aislado térmicamente dentro del cual se contiene materia para extraer su energía térmica. Esta extracción de energía se realiza por medio de un sistema de refrigeración. Su principal aplicación es en la conservación de alimentos o productos químicos a un ambiente determinado, (Conesa, 2011).

### **2.2.2 Aire Acondicionado (mini Split)**

El término Mini Split se traduce literalmente como mini-dividido. Esto se refiere a que un sistema Minisplit en realidad consta de 2 unidades: la unidad interior y la unidad exterior. La unidad interior es la unidad que va dentro del cuarto a acondicionar y La unidad exterior o unidad condensadora es la parte del Minisplit que está diseñada para estar a la intemperie y de hecho mientras más aire fresco le dé, es mejor, (Conesa, 2011)..

### **2.2.3 Iluminación**

Hace referencia a alumbrar o dar luz artificial y requiere siempre de un objeto directo, de algo o alguien a quien brindar su claridad son todos aquellos equipos que emiten lúmenes, (Ecured, 2017).

### **2.2.4 Lúmenes**

El lumen (símbolo: lm) es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida. Se puede interpretar el lumen de forma menos rigurosa como una medida de la “cantidad” total de luz visible en un ángulo determinado, o emitida por una fuente dada, (Ecured, 2017).

## **2.3 OTRAS DEFINICIONES Y ELEMENTOS A IMPLEMENTAR EN EL PROYECTO.**

### **2.3.1 Energía Solar**

El sol representa la mayor fuente de energía existente en nuestro planeta. La cantidad de energía emitida y que llega a la tierra en forma de radiación, equivale a aproximadamente 35 millones de veces la energía producida por todas las centrales de generación eléctrica de Chile. La energía solar cumple un rol fundamental en nuestras vidas, esto porque sin ella sería imposible. La energía absorbida por la atmósfera, la tierra y los océanos permite una serie de procesos naturales, como, por ejemplo, el mantener una temperatura promedio, la evaporación, que permite la generación de precipitaciones, movimiento de masas de aire, fotosíntesis, generación de biomasa, entre otras; la potencia de la radiación depende del momento del día, las condiciones atmosféricas y la ubicación. Bajo condiciones óptimas se puede asumir un valor aproximado de irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre. Esta radiación puede llegar a la tierra en forma directa o difusa, (Ambientum, 2017).

### **2.3.2 Radiación Directa**

Es aquella que llega directamente del Sol hasta algún objeto o superficie terrestre, sin reflexiones o refracciones en su recorrido. Este tipo de radiación puede reflejarse y concentrarse para su utilización. Además, se caracteriza por producir sombras bien definidas de los objetos que se interponen en su trayecto, (Barrera, 2013) .

### **2.3.3 Radiación Difusa**

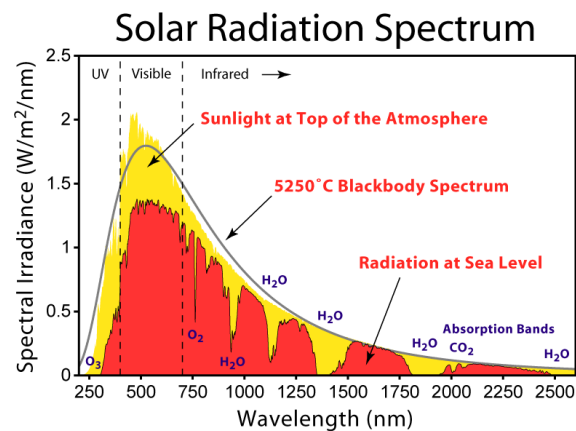
Corresponde a la radiación emitida por el sol y que sufre alteraciones en su recorrido desde que ingresa a la atmósfera, siendo reflejada por partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios o absorbida por las nubes. Producto de las constantes reflexiones va perdiendo energía. No proyecta sombra de los objetos que se interponen en su recorrido. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que pueden ver el cielo en todas las direcciones, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad, (Barrera, 2013).

### 2.3.4 Irradiación

Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En este caso corresponde a radiación proveniente del sol, la cual se puede percibir en forma de calor o luz (visible o no visible, lo cual dependerá de cada longitud de onda en particular). Su unidad de medida en el sistema internacional es  $W/m^2$ , (Barrera, 2013).

En la Figura 1 se puede apreciar el espectro de radiación solar para niveles sobre la atmósfera terrestre y a nivel del mar.

Figura 1. Espectro de radiación solar.



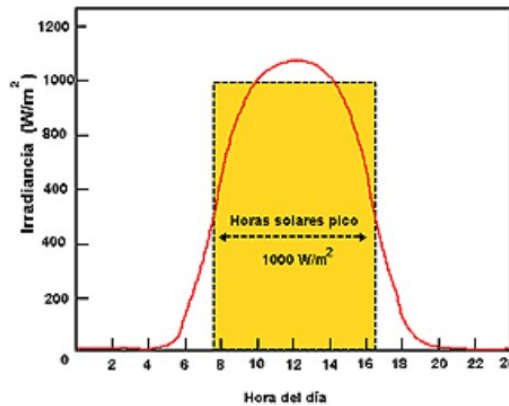
**Fuente:** American society for testing and materials (ASTM) terrestrial reference spectra for photovoltaic performance evaluation, Obtenido de Solar Spectral Irradiance: Air Mass 1.5

### 2.3.5 Insolación

La Insolación corresponde a la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual). En otras palabras, es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado. Su unidad de medida es el Watts-hora por metro cuadrado ( $Wh/m^2$ ). La insolación también se expresa en términos de horas solares pico. Una hora horas de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiancia

promedio de 1.000 W/m<sup>2</sup>. La energía útil que entrega el panel(es) fotovoltaico(s) es directamente proporcional a la insolación incidente. Para calcularla se puede asumir que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de ella y se denomina insolación diurna o anual no atenuada, otra forma es medir en la superficie de la Tierra teniendo en cuenta la presencia de la atmósfera, en este caso se denomina insolación atenuada siendo más complejo calcularla. En la Figura 2 se muestra la insolación correspondiente a un día, la cual es representada por el área amarilla de la figura.

Figura 2. Curva de Irradiación Diaria y horas solares pico



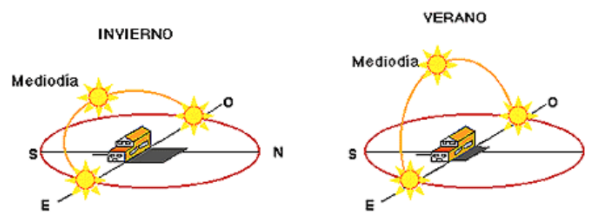
**Fuente:** Electrificación de viviendas rurales con el uso de micro sistemas aislados fotovoltaicos para la libertad (Moreno, 2013)

La insolación es un parámetro muy importante en el diseño de sistemas solares. Los factores climáticos y el ángulo de posicionamiento del panel con respecto al sol afectan en demasía la insolación sobre la superficie de captación. En zonas de poco sol, ya sea por nubes, neblina u otro factor, la insolación promedio en un periodo de tiempo es menor. En días de invierno los niveles de insolación promedio son considerablemente menores en comparación a los días de verano, esto se da para lugares cuya latitud sea mayor a los 15°.

Debido a que la insolación depende del ángulo del panel con respecto a la posición del sol, se usa la insolación horizontal para referirse al potencial solar del lugar. A partir de la

insolación horizontal se puede estimar la insolación a un azimut y elevación determinado. La insolación será máxima cuando el panel se encuentre en posición horizontal frente al sol. Para conseguir esto sería necesario ajustar el ángulo de azimut para seguir el movimiento diario del sol de este a oeste y el ángulo de elevación para seguir el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur.

Figura 3. Movimiento aparente del sol en función de la hora del día y la época del año.

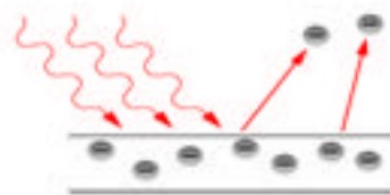


**Fuente:** Análisis, Modelación y Gestión de una Micro Red Eléctrica para Edificaciones Residenciales usando Paneles Fotovoltaicos (Vásquez, 2014)

### 2.3.6 Celda Fotovoltaica

Una celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico. A su vez el efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética, estos electrones libres, al ser capturados generan una corriente eléctrica, la Figura 4 muestra una celda fotovoltaica poli-cristalina, (Energiza, 2012).

Figura 4. Efecto Fotovoltaico de una celda solar



**Fuente:** Análisis, Modelación y Gestión de una Micro Red Eléctrica para Edificaciones Residenciales usando Paneles Fotovoltaicos (Vásquez, 2014)

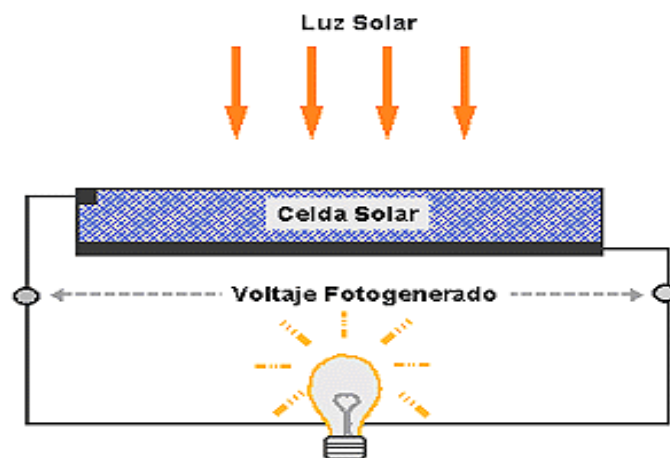
La unión de celdas fotovoltaicas da origen a un panel fotovoltaico, el que consiste en una red de celdas solares conectadas en serie para aumentar la tensión de salida continua hasta el valor deseado. También se conectan en paralelo con el propósito de aumentar la corriente de salida del sistema.

Los paneles fotovoltaicos, en función del tipo de célula que los forman, se dividen en:

- Mono-Cristalinas: Se componen de secciones de único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octagonal, donde los cuatro lados cortos, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Poli-cristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfas: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también su peso, grosor y costo.

Figura 5. Celda solar.



**Fuente:** Análisis, Modelación y Gestión de una Micro Red Eléctrica para Edificaciones Residenciales usando Paneles Fotovoltaicos (Vásquez, 2014)

- Micro inversor: Un micro - inversor solar transforma la corriente continua o corriente directa (DC) de baja tensión (12, 24, 32, 36 o 48 v) generada por las placas

fotovoltaicas, a corriente alterna de una magnitud y frecuencia necesaria, en nuestro caso, 110 Volts y 60 Hz de frecuencia. Esto es necesario para poder utilizar los equipos eléctricos de corriente alterna. Un inversor está formado por las siguientes etapas:

- Etapa Osciladora: cumple la función de generar los pulsos a una frecuencia similar a la frecuencia de la red eléctrica donde será conectado, en nuestro caso es de 60 Hz, o ciclos por segundo.
- Etapa Amplificadora: está formada por transistores que cumplen la función de amplificar la señal pulsante de la etapa osciladora, a un nivel suficiente como para excitar a la sección elevadora de voltaje.
- Etapa elevadora de Voltaje: un transformador de voltaje se encarga de elevar la tensión a 110 volt para nuestro caso, para que de esta forma se puedan conectar artefactos eléctricos que trabajen a 110 volt y 60 Hz. A la salida se obtiene una señal senoidal de características casi similares a la de la red eléctrica del operador.

Figura 6. Micro-inversor.



**Fuente:** Tomada de la ficha técnica

- Cable Solar: Este cable es ideal para interconexión de paneles y su conexión al controlador de carga o inversor. Es ampliamente utilizado en sistemas de energía solar fotovoltaica debido a que es flexible, resistente a condiciones de intemperie y



es de alta seguridad. Fabricado en España por la empresa Top Cable con un alto estándar de calidad conforme a la norma europea para instalaciones fotovoltaicas.

Datos técnicos:

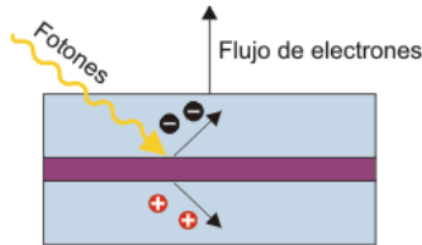
- Diámetro Ø 6.1 mm
- Sección 4 mm<sup>2</sup>.
- Conductor de cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según EN 60228.
- Aislamiento de goma libre de halógenos tipo EI6.
- Cubierta de goma ignifugada tipo EM8.
- Color negro, corriente nominal máx. al aire libre 55 A.
- Corriente nominal máx. en superficie 44 A.
- Caída de tensión 14.3 (V/A – Km).
- Rango de temperatura -40°C hasta +120°C.
- Vida útil de 30 años a 90°C.
- Resistencia UV excelente.
- Alta seguridad (AS).
- Norma VDE solar.
- Peso 0.07 Kg / Metro

- Funcionamiento de un panel fotovoltaico

El principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos se basa en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca el desprendimiento de los electrones de los átomos de silicio, rompiendo y atravesando la barrera de potencial de la capa semiconductor. Esto genera una diferencia

de potencial en la capa N con respecto a la P. (ver Figura 7). Luego si se conecta una carga eléctrica o elemento de consumo entre los terminales del panel se iniciará una circulación de corriente continua, (Silva, 2015).

Figura 7. Desplazamiento de electrones mediante la captación de fotones.



**Fuente:** Aplicativo para diseño de sistemas fotovoltaicos: programación y validación con software comercial (Silva, 2015)

El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de lo siguiente:

- Tipo de panel y área del mismo
- Nivel de radiación e insolación
- Longitud de onda de la luz solar

Una celda fotovoltaica común de silicio mono-cristalino de  $100\text{ cm}^2$  de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 volt (CC) y 3 amperes de corriente bajo condiciones óptimas (luz solar en pleno verano a una radiación de  $1000\text{ W}/\text{M}^2$ ). La energía entregada por la celda es casi directamente proporcional al nivel de radiación solar. El nivel de potencia de salida por panel es denominado potencia pico, la cual corresponde a la potencia máxima entregable por el conjunto de celdas bajo las siguientes condiciones estándares de prueba (STC: Standard Test Conditions), (Pérez, 2009):

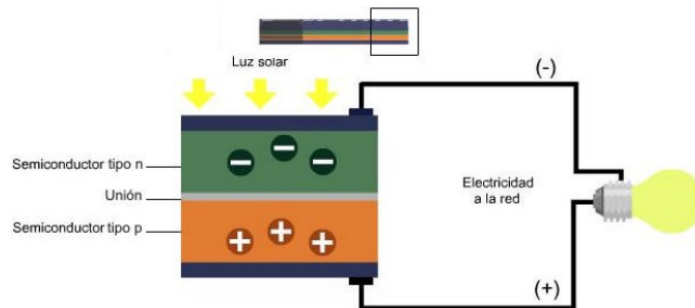
- Radiación de  $1000\text{ W}/\text{m}^2$
- Temperatura de celda de  $25^\circ\text{ C}$  (no corresponde a la temperatura ambiente).
- Masa de aire (AM=1,5).

Bajo estas condiciones es posible medir los siguientes parámetros 3.7.1 Corriente de corto circuito ( $I_{sc}$ ): corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel, al conectar una carga de resistencia cero en sus terminales de salida. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar (Pérez, 2009).

Voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ): corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar y medido en los terminales de salida cuando no existe carga conectada, es decir, a circuito abierto, (Pérez, 2009).

En la siguiente figura podemos apreciar como es el esquema de funcionamiento de un panel solar.

Figura 8. Esquema de funcionamiento del panel



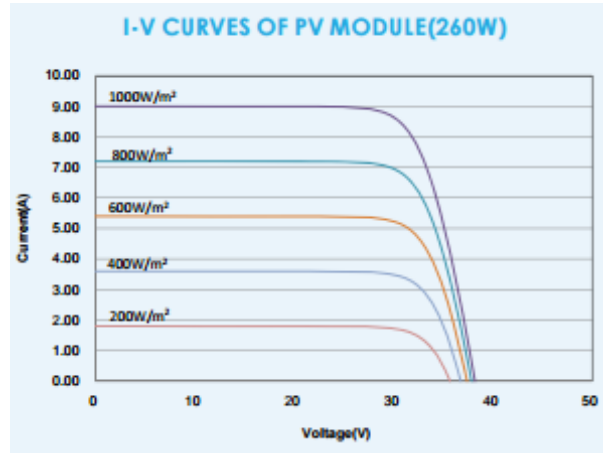
**Fuente:** Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos (Pérez, 2009)

El comportamiento eléctrico de los paneles está dado por las curvas de corriente v/s voltaje (curva IV) o potencia v/s voltaje (curva PV). La curva de potencia está dada por el producto entre la corriente y el voltaje en cada punto de la curva IV, (Pérez, 2009).

La Figura 9 muestra las curvas IV y PV características de un panel típico Triana solar TSM 250PC 0,5A, disponible comercialmente. Bajo las condiciones estándares de prueba mencionadas anteriormente, cada modelo de panel tiene una curva IV o PV característica.

La corriente nominal ( $I_{mp}$ ) y el voltaje nominal ( $V_{mp}$ ) del panel se alcanzan en el punto de máxima potencia. Mientras el panel opere fuera del punto de máxima potencia, la potencia de salida será significativamente más baja.

Figura 9. Curvas IV panel TSM 250PC 0,5<sup>a</sup>



**Fuente:** Ficha técnica del panel solar a instalar en la empresa Pizzelino.

Tabla 1. Placa de datos panel TSM 250PC 0,5<sup>a</sup>

ELECTRICAL DATA (STC)				
Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)	250	255	260	265
Power Output Tolerance- $P_{MAX}$ (%)	0 ~ +3			
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	30.3	30.5	30.6	30.8
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	8.27	8.37	8.50	8.61
Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)	38.0	38.1	38.2	38.3
Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)	8.79	8.88	9.00	9.10
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	15.3	15.6	15.9	16.2

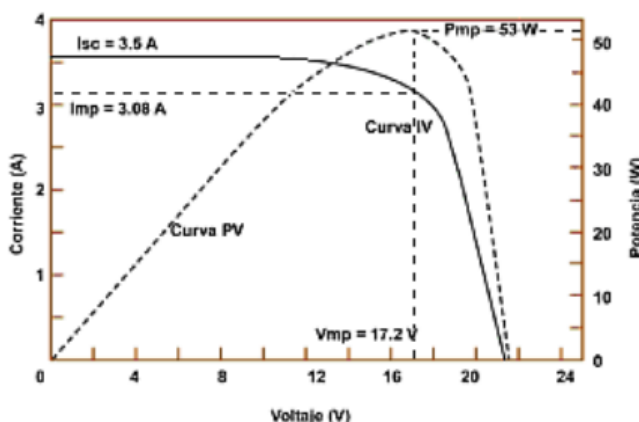
STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.  
Typical efficiency reduction of 4.5% at 200 W/m<sup>2</sup> according to EN 60904-1.

ELECTRICAL DATA (NOCT)				
Maximum Power- $P_{MAX}$ (Wp)	186	190	193	197
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	28.0	28.1	28.3	28.4
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	6.65	6.74	6.84	6.93
Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)	35.2	35.3	35.4	35.5
Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)	7.10	7.17	7.27	7.35

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

**Fuente:** Ficha técnica del panel solar a instalar en la empresa Pizzelino.

Figura 10. Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a  $1000 \text{ W/m}^2$  y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$



**Fuente:** Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos (Pérez, 2009)

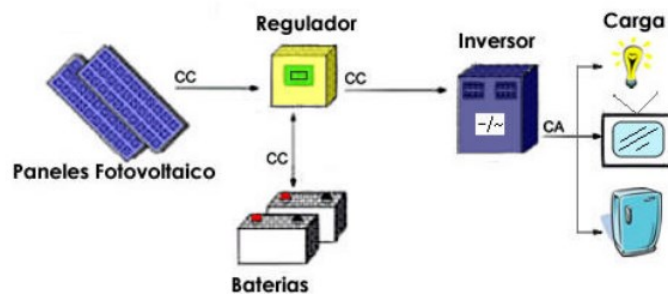
Una característica importante a tener en cuenta de los paneles fotovoltaicos es que el voltaje de salida no depende de su tamaño, ya que frente a cambios en los niveles de radiación incidente tiende a mantener una tensión constante de salida. En cambio, la corriente, es casi directamente proporcional a la radiación solar y al tamaño del panel, (Parisi, s.f).

- Clasificaciones de las instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en dos tipos, según el objetivo que a estas se les designe. El primer tipo corresponde a las instalaciones aisladas de la red eléctrica, las cuales cumplen la función de satisfacer total o parcialmente los requerimientos de energía eléctrica de viviendas o localidades que no cuentan con la prestación de servicio eléctrico de alguna compañía. El segundo tipo corresponde a las instalaciones conectadas a la red eléctrica y tienen por objetivo reducir el consumo de energía eléctrica convencional (de la red), optando por satisfacer la demanda por medio del sistema fotovoltaico y si es posible, entregar a la red eléctrica parte de la energía generada y que no es ocupada en el lugar de la instalación, (Parisi, s.f).

Instalaciones aisladas de la red eléctrica: Son utilizadas en sectores alejados, que no tienen acceso a la red eléctrica, generalmente sectores rurales, iluminación de áreas aisladas, antenas de comunicaciones, balizas o boyas de señalización, bombeo de agua, entre otros. Estos sistemas van acompañados de inversores de corriente, para pasar de corriente continua a corriente alterna, reguladores de voltaje y bancos de baterías que permiten almacenar la energía que no se está utilizando, (Parisi, s.f).

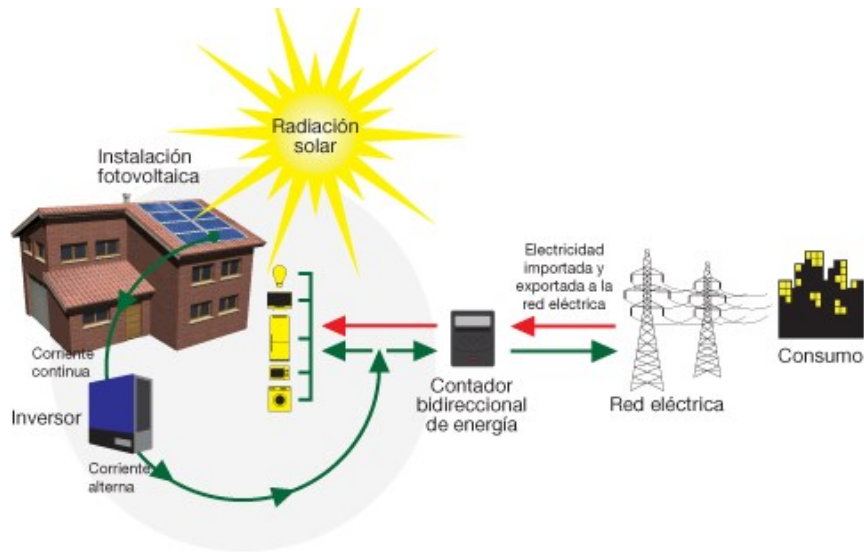
Figura 11. Instalación Fotovoltaica aislada de la red Eléctrica.



**Fuente:** Proyecto instalación solar fotovoltaica aislada (Peñaranda , 2013)

Instalaciones conectadas a la red eléctrica: Este tipo de instalaciones se encuentra permanentemente conectado a la red eléctrica, de tal forma que, en periodos de irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico quien entregue energía, mientras que, en periodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda. En el caso de que la energía generada por el sistema sea superior a la demanda localmente, la red eléctrica aceptará todo excedente de energía que no sea utilizado.

Figura 12. *Instalación Fotovoltaica conectada a la red Eléctrica*

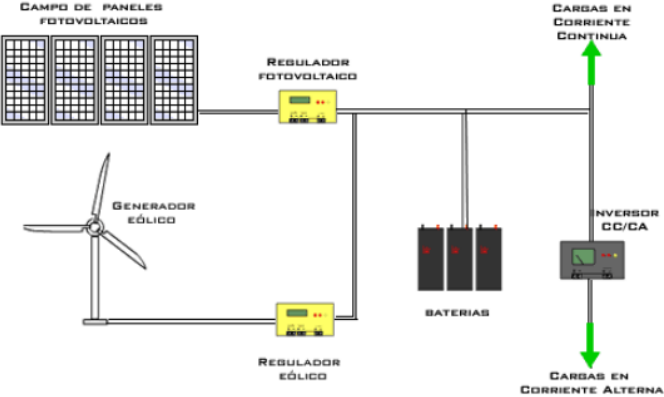


**Fuente:** Autoconsumo con energía solar fotovoltaica (QSud, 2017)

- Instalaciones Híbridas

En este tipo de instalaciones se combinan los sistemas fotovoltaicos con una o más fuente de energía renovable o no renovable, como, por ejemplo: sistemas eólicos, mareomotriz, biomasa, geotermia, generadores, etc. según se muestra en la figura 14, aumentando de esta forma la confiabilidad de la instalación, ya se evita la dependencia de la plena de un solo medio de generación, como lo es el fotovoltaico, permitiendo en cambio, la complementación de estos sistemas.

Figura 13. *Instalación Híbrida, solar-eólica.*



**Fuente:** Instalación híbrida eólico-solar (Balner, 2017)



### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 MÉTODO**

En el desarrollo del trabajo se utilizó el método de medición por medio del cual se permitirá tener una relación entre el potencial en la implementación de energías alternativas en la Empresa Pizzelino y el incremento en el uso de energía convencional.

La medición es el método que se desarrolla con el objetivo de obtener información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto, proceso o fenómeno, donde se comparan magnitudes medibles y conocidas, (Gestiópolis, 2017), siendo esta la posibilidad de obtener con mayor precisión valores aproximados en la tasa de retorno y el valor promedio anual de ahorro en la implementación de energías alternativas en la empresa.

#### **3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN**

##### **3.2.1 Fuentes primarias**

Se hará uso de fuentes de información como catálogos, manuales, módulos, fichas técnicas y el conocimiento de expertos tanto metodológicos como técnicos en el área.

##### **3.2.2 Fuentes secundarias**

Se consultará en fuentes adicionales como buscadores en internet, base de datos bibliográficas, artículos de investigación y libros, todo ello con el fin de complementa al máximo la integralidad del proyecto en el tema de paneles solares.

## **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **4.1 DIAGNÓSTICO Y ADECUACIÓN DEL SITIO**

Para la ejecución del proyecto se concertó realizar el acoplamiento de paneles solares al sistema eléctrico en varias etapas, dado que, por las condiciones de la empresa en su labor diaria, no se podían desarrollar simultáneamente todos los cambios y mejoras necesarios en el proceso. Al ser una empresa que trabaja con productos perecederos, específicamente con derivados lácteos, la empresa no podía permanecer sin servicio eléctrico, la carga más importante que se tiene en Distribuidora Pizzelino es la cava de refrigeración, este equipo no puede estar des-energizado por mucho tiempo, el hecho de tener inactiva esta carga hace que no se conserve a la temperatura que se debe mantener, este parámetro es para almacenar tanto el producto final como los insumos, lo cual si no se logra almacenar a la temperatura adecuada genera pérdidas en la compañía y la finalidad del proyecto es bajar costos en la factura de energía eléctrica por parte del operador sin tener afectaciones por la ejecución de estas adecuaciones. A continuación, se describe cada una de las mejoras y cambios que se consiguieron en la empresa Distribuidora Pizzelino S.A.S. antes del montaje de los paneles solares.

Inicialmente se efectuó una ampliación de la cava de refrigeración; (este tipo de mejora realizada fue solo obra civil, aumentando la capacidad de almacenamiento en la cava), anteriormente las dimensiones de este cuarto refrigerado contaba con 6 metros cuadrados de área, y con la adecuación que se realizó paso a tener una volumen de almacenamiento de 7 Metros cuadrados de área total, adquiriendo así un zona más comfortable para los insumos y para todo el producto procesado, logrando una capacidad de almacenamiento mucho mayor.

Como segunda instancia, después de adecuar el cuarto de refrigeración, se efectuó un cambio en la unidad condensadora que poseía la cava para conservar su temperatura, la mala ubicación de este equipo ocasionaba un trabajo doble para los compresores en el

transcurso del día, por la recirculación de aire caliente, ya que al estar encerrado no lograba obtener aire fresco, por esta condición el equipo, al iniciar el proceso de enfriamiento absorbía de nuevo el mismo aire caliente que se generaba al realizar su proceso de refrigeración por su estructura eléctrica, generando así un mayor consumo eléctrico, un desgaste mayor en sus componentes y un aumento periódico en el mantenimiento del equipo. Finalmente se cambió por una máquina condensadora con una potencia 3 HP, se modificó la tubería y todos los accesorios necesarios para poder ser instalada en la parte exterior de la fachada y así hacer que el aire caliente que naturalmente se da en este proceso, quede directamente en el exterior y lograr reducir en un 100% los ruidos, vibraciones y el calentamiento en el garaje ocasionado por su mala ubicación.

Posteriormente en la última etapa del proyecto, se procede a realizar una visita al SENA que se encuentra ubicado en Zona franca del municipio de Rio Negro, con la finalidad de visualizar en un proyecto ya desarrollado la forma de realizar el montaje, la instalación de este tipo de sistemas fotovoltaicos, tipo de accesorios entre otras consideraciones necesarios para la ejecución de este trabajo de grado y poderlo aplicar en este proyecto.

Finalmente se consiguieron los materiales después de tomar la decisión según las diferentes cotizaciones obtenidas por diferentes proveedores para la instalación del sistema fotovoltaico que fue el principal objetivo del proyecto.

Los materiales utilizados en el proyecto, para el montaje de los paneles solares fueron los que se mencionaran a continuación:

Foto 1. Paneles solares instalados en techo de la empresa Pizzelino



**Fuente:** Fotografía tomada en sitio

### Paneles Fotovoltaicos.

Desde el inicio de la recopilación de la información hasta lograr el montaje de los paneles solares; para llevar a cabo la instalación de los paneles fotovoltaicos en la empresa Pizzelino S.A.S, se realizó el proceso en dos etapas que constan en el diseño del sistema y posteriormente el montaje del sistema solar; se realizaron algunas consideraciones que mencionaremos a continuación:

Dos paneles solares fotovoltaicos con capacidades de generar 250 W cada uno, para un total de carga instalada de 500 W. Estos paneles, se ubicaron en la parte superior de la empresa, en el techo, de manera que se pudiera obtener la mayor radiación posible durante el día, se ubica al lado derecho del tejado ya que al costado izquierdo se encuentra un edificio más alto y puede ocasionar sombra en algún momento del día, bajando asimismo la eficiencia del panel y posiblemente se detenga la inyección de energía generada al tablero de distribución, ya que si no alcanza los parámetros mínimos requeridos por el micro inversor no permite que se realice el sincronismo con la red.

El micro inversor se ubicó en la parte interior de la empresa, exactamente en el garaje al lado del tablero de distribución. Con el fin de estar cerca al tablero de distribución.

Cable solar.

Foto 2. Cable solar instalado en los paneles de la empresa pizzelino



**Fuente:** Fotografía tomada en sitio

El cable se instala desde los paneles solares hasta el micro inversor, en su totalidad se instalan cuatro cables, por los cuales se transportan dos cables con los extremos positivos (uno por cada panel) y dos negativos (uno por cada panel), estos cables solares se conectan en paralelo en el micro inversor. Este material es el encargado de transportar las diferentes variables eléctricas del sistema solar fotovoltaico, al micro inversor para conseguir la inyección de generación al sistema eléctrico de la empresa, entre ellas las más trascendentales del sistema son los voltajes y los amperios generados por cada panel solar. Cuando estas variables estén constantes y en el punto de estabilidad que se logra generalmente cuando alcanza 24 voltios y aproximadamente 2 amperios es que inicia la sincronización del micro inversor hacia la red eléctrica de la empresa.

Accesorios de fijación.

Foto 3. Accesorios de fijación de los paneles



**Fuente:** Fotografía tomada en sitio

Gracias a estos accesorios es que se pueden fijan los paneles solares a la estructura del techo; esto con el fin de que puedan aguantar los cambios climáticos como vientos, lluvias, animales y diferentes situaciones que se pueden apreciar en un ambiente a la intemperie.

Se fijaron con unos soportes tipo esparrago o también conocidos como varilla roscada de 1/4", un ancla o chazo tipo RL de 1/4", y perfil en aluminio de 2 x 4 mm. Con la varilla roscada o esparrago se le da la altura necesaria para superar el nivel del tejado, esto se logra con las tuercas y arandelas que son las que se pueden desplazar sobre la varilla roscada, obteniendo así el nivel deseado, posteriormente se fijan sobre los accesorios que van en el perfil que sostiene los paneles solares; finalmente se aplica silicona líquida sobre las

perforaciones donde están los chazos y en los diferentes conductos que se le realizan algunas tejas por donde deben pasar las varillas roscadas y poder evitar goteras en el techo.

Conectores y su protección.

Foto 4. Conectores y protección del sistema solar de la empresa pizzelino



**Fuente:** Fotografía tomada en sitio

Por cada ramal de panel se necesita un par de conectores, macho y hembra, cada uno para el positivo de su respectivo panel y el negativo para los otros paneles. El sistema solar se debe proteger con una protección de 20 Amperios por recomendación del fabricante, esta protección con el fin de preservar la vida útil del micro inversor.

Canalizaciones:

Foto 5. Canalizaciones del sistema solar de la empresa Pizzelino



**Fuente:** Fotografía tomada en sitio

Para llevar los cables desde los paneles solares al micro inversor fueron canalizados por medio de una tubería galvanizada tipo EMT (eléctrica conduit metallic tubing) de  $\frac{3}{4}$ " , se llevaron hasta el micro inversor y luego al tablero de distribución de la empresa; “el mismo micro inversor será el responsable de ejecutar el sincronismo con las diferentes variables de energía de la empresa para poder hacer la inyección de energía al tablero de distribución”.

Para el montaje de todos estos elementos se tenía un tiempo proyectado de un día laboral completo (8 horas) para la instalación de los materiales antes mencionados, por temas climáticos se reprogramo la instalación en dos días por temas de seguridad y factibilidad, los cuales fueron divididos en dos etapas de la siguiente manera:

La primera etapa consistió en instalar un multimedidor SENTRON PAC 3200 marca SIEMENS, al tablero de distribución donde se proyectó realizar la inyección de energía generada por el sistema solar, con la finalidad de visualizar las variables del sistema eléctrico de la empresa Pizzelino S.A.S. posteriormente se procede en organizar los accesorios necesarios para soportar la estructura de los dos paneles solares en la



instalaciones del tejado con todos los accesorios de fijación mencionados anteriormente, a continuación se instaló la canalización para el cable solar y se realiza la ubicación e instalación del micro inversor en el garaje.

Figura 14. Ficha técnica del micro inversor (YC 500-MX).

## YC500 Microinversor

Tipo	YC500-MX		YC500-NA		
<b>Datos de Entrada (DC)</b>					
Potencia de Entrada Recomendada (STC) (W)	180~310				
Rango de Voltaje MPPT (V)	22~45				
Rango de Voltaje de Operación (V)	16~52				
Voltaje Máximo de Entrada DC (V)	55				
Voltaje Inicial Mínimo (V)	22				
Corriente Máxima de Entrada DC (A)	10.5 X 2	12 X 2	12 X 2		
<b>Datos de Salida (AC)</b>					
Potencia Máxima de Salida Continua (W)	450	500	500		
Corriente Nominal de Salida (A)	3.54	2.17	2.4	2.08	2.06
Voltage de Salida (Min Nom Max) (V)	127/95-155	220/181-264	208/183-229	240/211-264	277/243-305
Frecuencia Nominal de Salida (Hz)	60/57-62		60/59-60.5		
Factor de Potencia	>0.99				
Distorsión Total Armónica	<3%				
Unidades Máximas por Circuito Derivado	4 / Interruptor 20A 5 / Interruptor 25A	7 / Interruptor 20A 8 / Interruptor 25A	6 / Interruptor 20A	7 / Interruptor 20A	8 / Interruptor 20A
<b>Rendimiento</b>					
Máxima Eficiencia del Inversor	95.5%				
Consumo Eléctrico Nocturno (mW)	120				

Fuente: Ficha técnica del equipo instalado

La segunda etapa consistió en cablear el sistema solar, comunicando así la generación de voltaje y amperaje de los paneles con el micro inversor, y finalmente la instalación de la protección e interconexión del sistema al tablero de distribución después de la protección del sistema solar, finalmente se toma un registro fotográfico de las variables del multimedidor SENTRON PAC 3200 para su posterior retiro del tablero, como se ha mencionado anteriormente este equipo es el encargado de convertir la energía generada por el panel de corriente directa (24 V DC) a corriente alterna (110 V AC).”

## 4.2 CÁLCULOS DE GENERACIÓN DE POTENCIAS Y CONSUMO PROMEDIO.

El diseño de un sistema fotovoltaico consta en realizar unos cálculos de generación de potencia de acuerdo al área y la radiación promedio que se dé, de acuerdo a la región.

El consumo eléctrico de la empresa Pizzelino al mes según las facturas de servicios de energía, es de un promedio de 769 KW/h al mes, arrojando un resultado aproximadamente al día de:

Consumo día promedio

$$KW_{Día} = \frac{KW \text{ mes}}{dias \text{ mes}} = \frac{769 \text{ KW}}{30 \text{ dias}} = 25.63 \frac{KW}{día}$$

25 KW/h al día es el promedio que se consume la empresa Pizzelino S.A.S, se planea generar al menos 2 KW/h al día para obtener un ahorro del 4,2 % mensual, que se deben ver reflejados en la factura de servicio de energía eléctrica, esto es equivalente al 10 % del aumento que se obtuvo en un principio cuando se formalizó el cambio de tarifa de residencial a comercial.

Para iniciar con el cálculo de la potencia necesaria y cuantificar las cantidades a utilizar, es necesario utilizar el anterior cálculo de diseño que sería una condición inicial en este proyecto para lo cual debe tenerse presente que se generarán 2 KWh/día (dos kilowatts hora por día).

En la generación de energía eléctrica por medio de paneles solares, es fundamental el área de disposición del panel que se va utilizar, esto con el fin de tener claro el dimensionamiento del panel solar fotovoltaico, ya que existen unos parámetros como lo es la radiación solar por metro cuadrado ( $Rm^2$ ) fundamentales para esta generación eléctrica; estos valores se

dan de acuerdo a la ubicación geográfica de cada ciudad o lugar según el posicionamiento y tiempo en el planeta tierra.

Los datos que tenemos según las fichas técnicas de los paneles adquiridos son los siguientes.

Eficiencia del panel Fotovoltaico  $E_{fv} = 15,3 \%$

Eficiencia del inversor  $E_{In} = 95,55 \%$

Promedio de Radiación  $P_R = 4,53 \%$

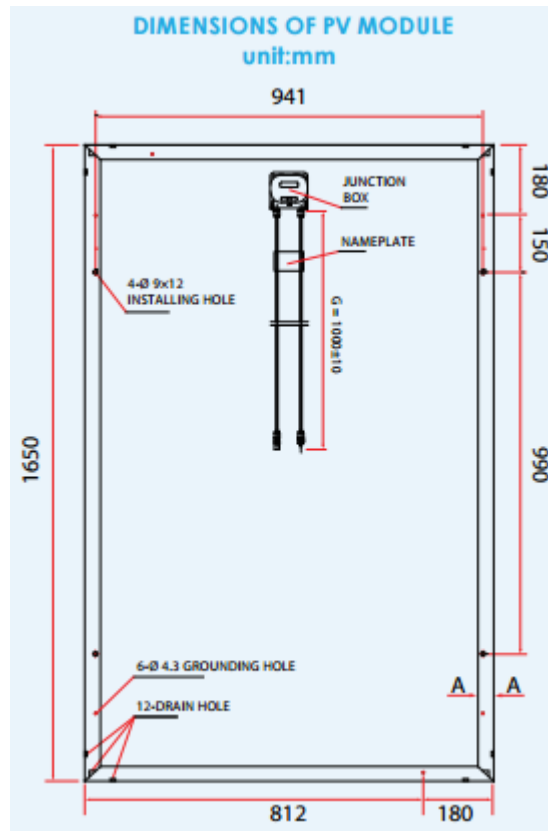
Recordemos que el propósito de la generación es alcanzar 2Kw/h al día, para cual se debe calcular el área total necesaria para llegar a este nivel de generación, nos apoyamos en la siguiente formula:

El área del panel va ser igual; a los kilowatts necesarios, sobre el producto de, el promedio de radiación solar, la eficiencia del panel y la eficiencia del inversor quedando de la siguiente manera.

$$A_{panel} = \frac{KW}{P_R * E_{In} * E_{fv}} = \frac{2 KW}{4,5 KW/m^2 * 0,955 * 0,153} = 3,04 m^2$$

Tres metros cuadrados es el área necesaria para generar dos kilo watts al día con paneles mono-cristalinos de las características que tenemos en las fichas técnicas cotizadas, en la figura 14 podremos apreciar las dimensiones del panel cotizado para calcular el número de paneles que se necesitan según el cálculo de diseño proyectado.

Figura 15. Dimensiones del panel solar.



**Fuente:** Ficha técnica de panel solar a instalar.

Según las dimensiones del panel que nos muestra las especificaciones técnicas, logramos obtener el cálculo del área para la generación:

Área del panel es igual al total de milímetros de su lado, por el total de milímetros de su ancho.

$$A_{pfv} = 1,65 \text{ m} * ,941\text{m} = 1,55 \text{ m}^2$$

Según el cálculo del área que se debe contar para alcanzar a generar los kilowatts al día según la condicon a inicial, son necesarios  $3,04 \text{ m}^2$  para concebir lo planeado en las deducciones que debemos recordad arrojaron un resultado de dos kilowatts hora por día (2 KW/h); ya con el valor del área necesaria para generar lo calculado en diseño podremos obtener el número de paneles según la siguiente formula:

Número de paneles necesarios para esta área es igual a: área total sobre el área del panel, quedando de la siguiente manera:

$$N_{Pfv} = \frac{\text{Area total diseño}}{\text{Area de panel}} \quad N_{Pfv} = \frac{3,04 \text{ m}^2}{1,55 \text{ m}^2} = 1,96 \approx 2 \text{ Unidades de Panel solar.}$$

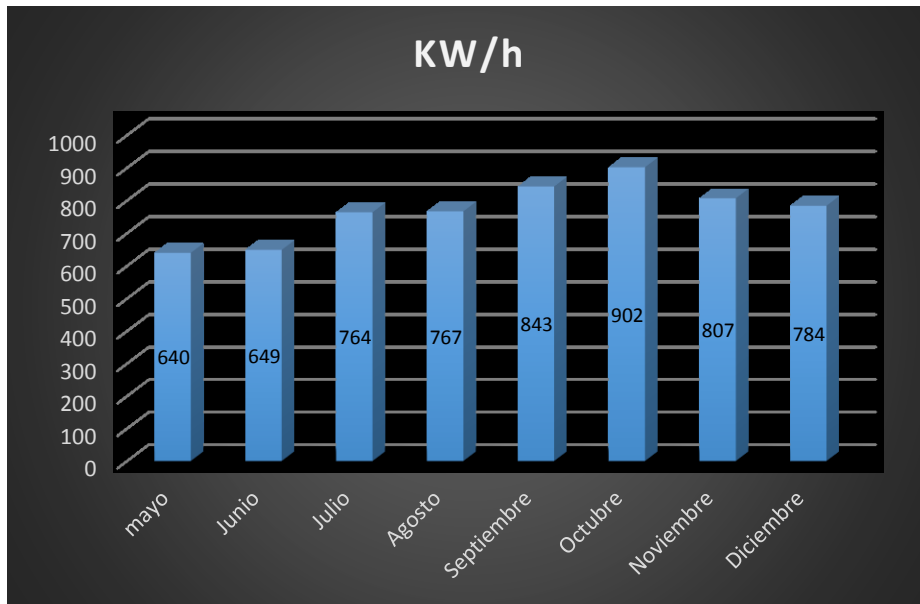
Según este resultado conseguido, podemos considerar que son necesarios dos paneles solares con un área de  $1,55 \text{ m}^2$ , para poder obtener los 2KW/h al día, según el cálculo de diseño, si miramos las fichas técnicas de estas características encontramos la siguiente opción:

Paneles solares de 250 W, por lo cual se instaló un sistema solar con dos paneles solares con estas características para alcanzar un total de 500 W.

Según el historial de la cuenta de servicio eléctrico por parte del operador, que en este caso es Empresas públicas de Medellín, nos proyecta el consumo de energía consumido mes a mes en los últimos periodos del año 2016.

A continuación, se muestran los valores desde el mes de mayo hasta diciembre, con el fin de poder decir calcular el consumo promedio de la Empresa Pizzelino S.A.S.

Figura 16. Consumos de energía en KW/h por mes



**Fuente:** Realizada por el autor

Según la tabla número tres, el consumo promedio de la empresa es de 769 KW/h. Este dato no sirve para verificar después de la instalación de los paneles solares fotovoltaicos, si efectivamente baja el valor promedio calculado.

Conseguido el cálculo de los paneles solares, se utiliza un multimedidor SENTRON PAC 3200 marca SIEMENS, para registrar los valores eléctricos que se tiene en la empresa, con el fin de poder determinar las tensiones, corrientes, potencias y demás variables eléctricas necesarias para este proyecto, y confirmar el consumo eléctrico según la factura de servicios públicos del operador de red eléctrica.

Los registros tomados inicialmente por el PAC 3200 se muestran según el siguiente registro fotográfico:

Foto 6. Multimetro instalado en el tablero de distribución de la empresa Pizzelino



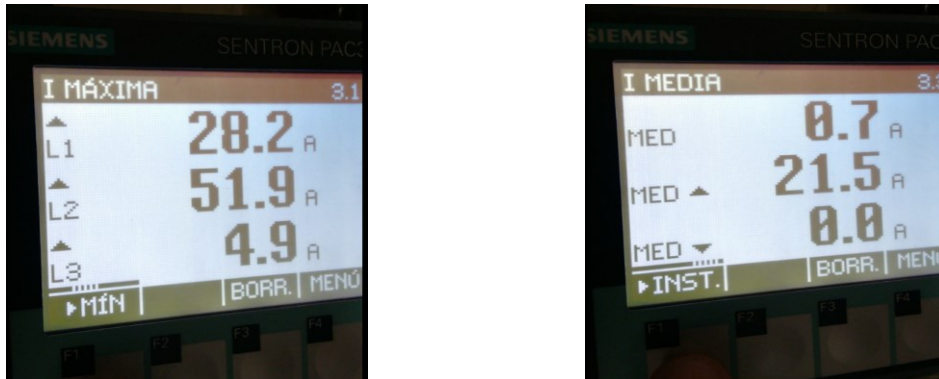
**Fuente:** fotografía tomada en las instalaciones de la Empresa Pizzelino

Estos datos son tomados en el primer día de la instalación del multimetro, en el cual se puede evidenciar algunos parámetros como la frecuencia, corrientes instantáneas en ambas líneas de energía de la empresa, entre otros parámetros. También se puede visualizar en las fotografías que la fase de la línea N° 2 tiene una mayor carga instalada con respecto a la línea número uno del sistema eléctrico, estos valores son sin tener la carga al cien por ciento (100%) encendida, ya que en ese momento se estuvo considerando que las cargas más representativas como la cava y el mini Split están en ese preciso momento apagados.

Se realizó una previa identificación de las cargas instaladas para confirmar si efectivamente la carga de la línea número dos se encuentran más saturada que el número uno, y se procedió en prender todo el sistema eléctrico, desde la iluminación hasta el aire acondicionado que tienen en la oficina.

Este procedimiento fue realizando gradualmente, es decir, a medida que se encendía una carga específica, se espera un periodo de tiempo pequeño para poder energizar el siguiente equipo, así sucesivamente hasta conseguir que toda la carga de la empresa quedara energizada al cien por ciento. En la siguiente fotografía se puede ver la diferencia de las corrientes medias y las máximas registradas por el multimetro en el proceso donde se corrobora que la línea dos, efectivamente tiene la mayor parte de la carga instalada.

Foto 7. Registro fotográfico de medidas eléctricas.



**Fuente:** fotografía tomada en las instalaciones de la Empresa Pizzelino

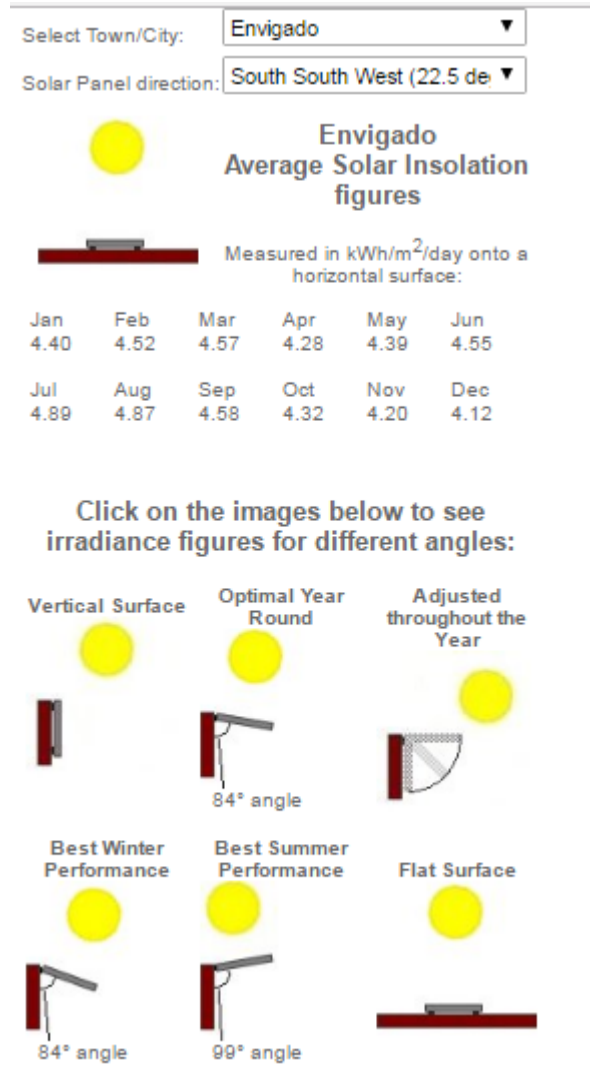
Luego de tener las cargas encendidas al límite, como se mencionaba, se logra la certeza en la pantalla del medidor de que la línea número dos esta con las cargas mucho mayores que a de la fase número uno, como se visualiza en las fotos, efectivamente la Fase Numero dos, tiene la mayor parte de las cargas llegando a una corriente máxima de 51,9 A (cincuenta y uno con nueve amperios) y la fase número uno con tan solo 28,2 A (veintiocho con dos amperios).

Por consiguiente, se toma la decisión de conectar a la fase número dos la inyección de energía que se va a generar de los paneles solares, así se logra amortiguar un porcentaje mínimo la carga que está asumiendo la fase número dos en el sistema eléctrico de la empresa, aunque el aporte no va ser tan considerable como para igualar las cargas instaladas, ya que lo que se tiene planeado es que logre aportar un 4% en consumo de esta fase.

En la siguiente figura se muestra los promedios de radiación solar en  $KWh/m^2 día$



Figura 17. *Insolación media mensual incidente en la instalación del panel solar en la empresa Pizzelino SAS*



**Fuente:** Cálculo de la irradiancia mediante la inserción de datos de la instalación del panel solar en la empresa pizzelino (Solar Electricity Handbook, 2017).

Obteniendo este promedio de insolación anual, podemos calcular el posible retorno de la inversión que se realizó en este proyecto. Para perpetuar este cálculo, a continuación, se muestra el valor en la siguiente tabla, gracias a un pequeño comparativo de alguna de las

opciones que se consideraron en su momento, solo se mostraran cinco opciones, ya que las otras se salían del presupuesto estimado.

Tabla 2. Cuadro Comparativo de cotizaciones.

### Cuadro comparativo cotizaciones

	Primavera solar car team	Ingeniariar	Obrasel 1	Obrasel 2	Darwin energía solar
<b>SISTEMA SOLAR DE 500 W</b>	\$ 4.300.000	\$ 4.830.054	\$ 4.308.000	\$ 4.192.000	\$ 3.663.800

**Fuente:** Realizado por el autor

La decisión que se tomó en la empresa Pizzelino S.A.S. fue la del proveedor Darwin Energía solar, gracias a un descuento que se obtuvo en convenio con el proveedor, aparte de ser el valor más favorable, hubo otros parámetros que lo posesionaban como el mejor de los proponentes como los siguientes conceptos:

- Garantía de 25 años en los dos paneles solares fotovoltaicos de 250 W
- Garantía de 10 años en el equipo micro inversor de 500 W
- Garantía de 24 meses por defectos en algún elemento de soportaría.

Como se describe en los conceptos anteriores, este tipo de garantías son determinantes a la hora de tomar decisiones, ya que le dan un valor agregado al proyecto en general, ofreciendo una mayor confiabilidad y respaldo en transcurso del tiempo.

Para calcular el retorno de la inversión, debemos saber en primera instancia, cuánto está generando el sistema solar al momento de la inyección real, para ello debemos resolver una formula del sistema solar que se dividen en dos partes:

La primera parte de corriente directa (DC). Esta fracción donde encontramos la corriente directa, la componen los equipos o elementos que inciden directamente en la generación de

energía producida por los paneles, ya que estos generan a unos niveles de voltajes bajos en 24 VDC.

La segunda parte de Corriente alterna (AC). En este encontraremos el componente encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna, y es el micro inversor.

La ecuación es la siguiente: se tiene en cuenta el producto de; el promedio de radiación, área de los paneles fotovoltaicos, eficiencia del panel y la eficiencia del inversor.

$$\begin{aligned} P_R * A_{pfv} * E_{fv} * E_{in} &= 4,53 \text{ KWh}/\text{m}^2\text{día} * 1.55 \text{ m}^2 * 15.53 \% * 95.95 \% = \\ &= 1.019 \text{ KWh}/\text{día} \end{aligned}$$

Este resultado sería la energía generada en el día por uno de los paneles solares. Como en el sistema que estamos ejecutando contamos con dos unidades, el total de la energía sería el producto de este resultado menos el consumo que disipa el micro inversor que es un valor de 120 mWh, por lo cual tendremos el siguiente valor.

$$\text{Energía generada al día} = (1.019 \text{ KWh}/\text{día} \times 2 \text{ Und}) - 120 \text{ mWh}$$

$$E \text{ día} = 1.918 \text{ KWh}/\text{día}$$

Para conocer el valor de la energía que vamos a inyectar en un mes sería el resultado de multiplicar la energía generada en un día, por la cantidad de días del mes, de la siguiente manera.

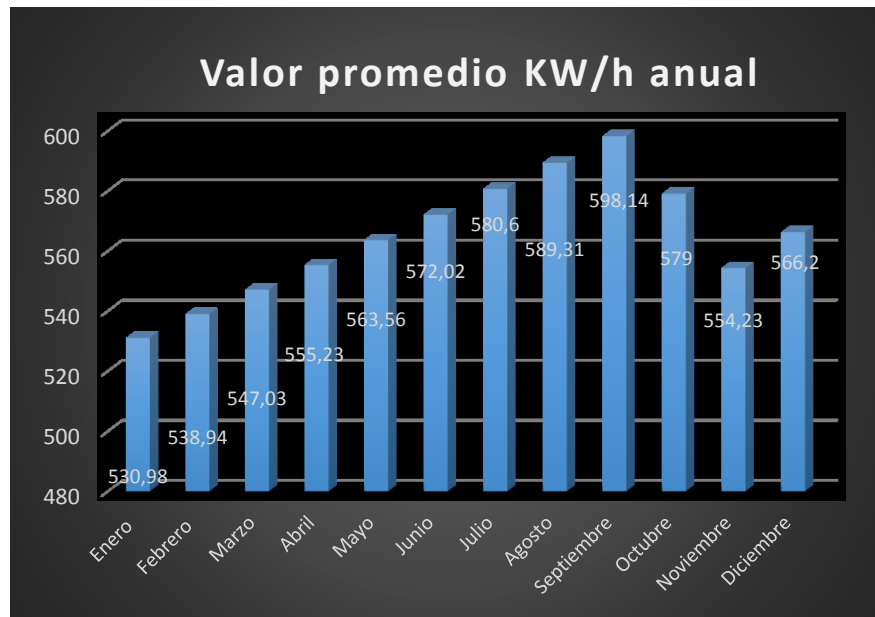
$$\text{Energía en un mes} = 1.918 \text{ KWh}/\text{día} \times 30 \text{ días} = 57.54 \text{ KWh}$$

Teniendo la cantidad de la energía generada en unos treinta días, podremos hacer la compensación con el valor del ahorro de la energía que vamos a inyectar en un mes y saber

cuánto sería en plata. El valor de este resultado se le ira descontando al valor de la inversión inicial.

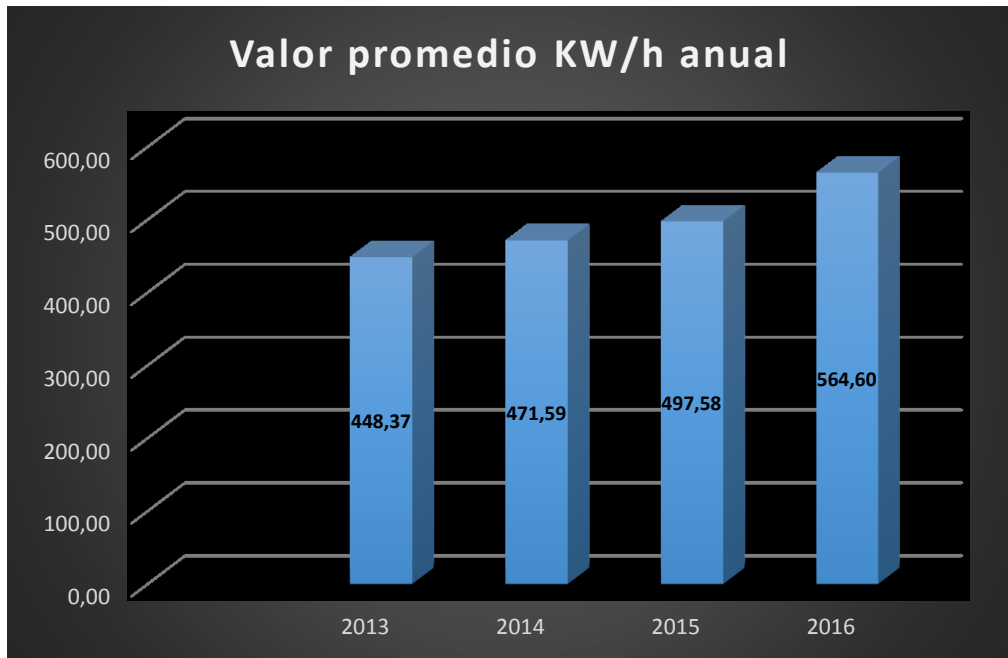
Para este tipo de cálculos vamos a observar en la siguiente tabla el comportamiento del precio de la energía en el año 2016.

Figura 18. *Valor KWh en 2016*



**Fuente:** Realizada por el autor

Figura 19. Valor KWh en los últimos 4 años.



**Fuente:** Realizada por el autor

Para realizar un cálculo más aproximado vamos a tomar el valor promedio de estos meses, el cual es de: \$ 564.6 KWh obteniendo así el siguiente valor.

$$\text{\$} = 564.6 * 57.54 = 32487.1 \text{\$}$$

Los paneles solares, quedaron instalados los primeros días del mes de noviembre de 2016, por lo cual, continuando con el cálculo del retorno tenemos solo dos meses de generación de energía fotovoltaica en el año 2016.

Lo que nos muestra que en esos dos meses el ahorro es de aproximadamente:

$$\text{\$} = 32487.1 \times 2 \text{ meses} = 64974.2 \text{\$}$$

Para el año 2017 se debe considerar la depreciación de los paneles ya que con el tiempo se van deteriorando, esta disminución es por recomendación del proveedor expresa que se

debe considerar un valor de 1% anual en estos equipos; por lo tanto, la energía generada para el año 2017 debe ser la siguiente:

$$\text{\$} = 609.77 \times 12 \text{ meses} \times 57.54 \times 0.99 = 416823.6 \text{ \$}$$

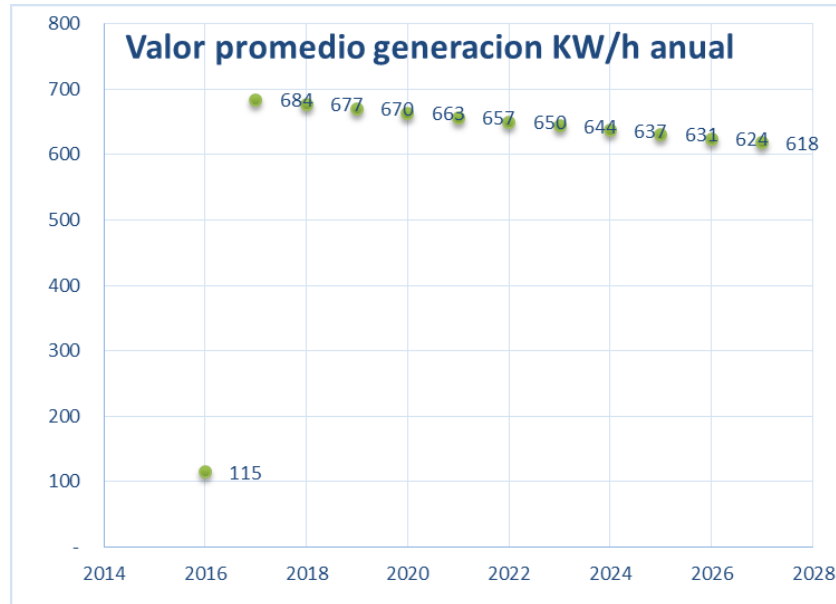
Así con las mismas consideraciones del ejercicio anterior, se siguen calculando año tras año hasta lograr que el valor del flujo de caja llegue a cero pesos, (0 \$). A continuación, se muestran los resultados obtenidos según la depreciación en los equipos del 1 % anual, y un incremento en los costos de energía del 8 % en cada cambio de año.

Tabla 3. *Cálculo de retorno de la inversión de los paneles solares.*

<b>Cálculo de retorno de la inversión de los paneles solares.</b>						
<b>Meses de operación</b>	2	14	26	38	50	62
<b>Meses</b>	2	12	12	12	12	12
<b>Año</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Año</b>	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Inversión	3663800	0	0	0	0	0
Energía Generada	115,08	683,5752	676,739448	669,9720535	663,272333	656,6396097
Costo energía	564,6	609,768	658,54944	711,2333952	768,1320668	829,5826322
Ahorrado	64974,168	416822,2826	391646,4214	407116,4551	423197,5551	439913,8585
Flujo de caja	-3598825,832	-3182003,549	-2790357,128	-2383240,673	-1960043,118	-1520129,259
Flujo de caja neto	-3598825,832	-3182003,549	-2790357,128	-2383240,673	-1960043,118	-1520129,259
<b>Meses de operación</b>	74	86	98	110	122	134
<b>Meses</b>	12	12	12	12	12	12
<b>Año</b>	7	8	9	10	11	12
<b>Año</b>	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Inversión	0	0	0	0	0	0
Energía Generada	650,0732136	643,5724814	637,1367566	630,765389	624,4577352	618,2131578
Costo energía	895,9492427	967,6251822	1045,035197	1128,638012	1218,929053	1316,443378
Ahorrado	457290,4559	475353,4289	494129,8893	513648,02	533937,1168	555027,6329
Flujo de caja	-1062838,804	-587485,3746	-93355,48531	420292,5347	954229,6514	1509257,284
Flujo de caja neto	-1062838,804	-587485,3746	-93355,48531	420292,5347	954229,6514	1509257,284

**Fuente:** Realizada por el autor

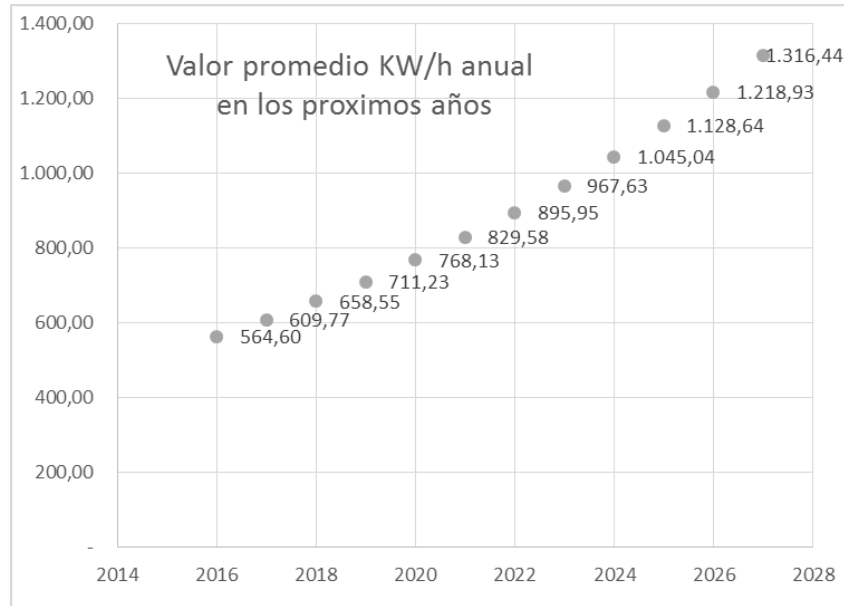
Figura 20. Valor promedio generación KW/h anual



**Fuente:** Realizada por el autor

En la gráfica anterior de la generación anual, se muestra claramente que baja el nivel de producción de electricidad por medio de paneles solares, esto se da por la depreciación de los equipos, ya que en el transcurrir del tiempo se van deteriorando y sus propiedades cada día van bajando su eficiencia inicial, también afecta el factor climático que juega en contra de estos materiales por estar a la intemperie.

Figura 21. Valor promedio Kw/h anual en lo próximo años

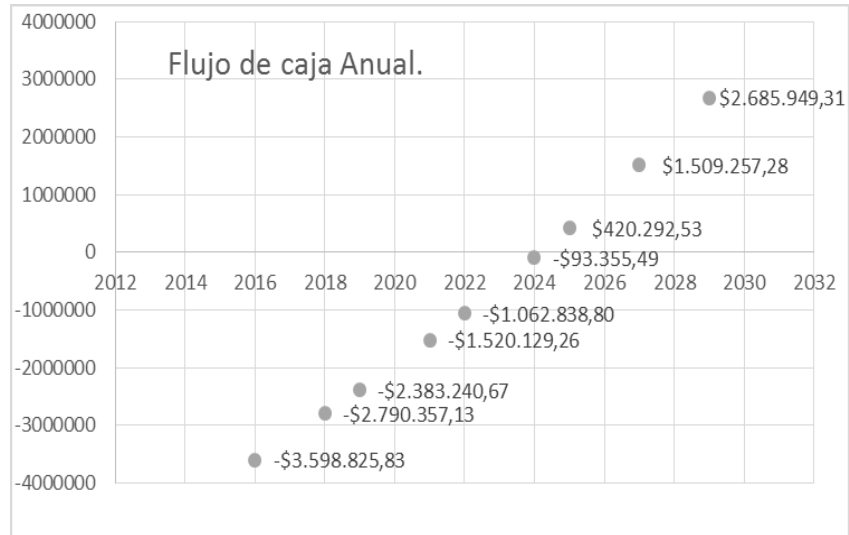


**Fuente:** Realizada por el autor

Caso contrario a la gráfica de la generación, en esta se muestra notoriamente su ascenso, ya que a medida que va pasando el tiempo, los costos de la energía tienden a subir, (en este ejemplo tomamos de reseña 8% ya que es el comportamiento que se evidencio en los últimos cuatro años).



Figura 22. Flujo de caja anual



**Fuente:** Realizada por el autor

Según este flujo de caja calculado, se tiene que el retorno de la inversión de los \$ 3´663.800 (tres millones, seiscientos sesenta y tres mil ochocientos pesos) invertidos en este proyecto se daría en ocho años, y de ahí en adelante se obtendrán ganancias para la empresa, ya que el sistema solar está proyectado para que trabaje 25 años de vida útil.

## 5. CONCLUSIONES

Aunque se obtienen resultados positivos, por contribuir al ambiente, por ser energías limpias que no generan ruido y se aprovecha la radiación solar, aun esta tecnología no se hace viable para potencias de bajo consumo por el alto costo y el retorno de la inversión tan prolongado.

Desde el inicio de este proyecto se expresó la prioridad de tener un sistema solar, en la modalidad de interconexión directamente a la red, esta metodología complace los objetivos de esta tesis ya que se demostró que un sistema fotovoltaico puede abastecer las necesidades de energía eléctrica de una carga puntual, considerando los parámetros de diseño.

Este proyecto se desarrolló a nivel comercial, pero queda demostrado que puede ser utilizado para una residencia en la medida que se considere necesario.

A lo largo del desarrollo de este proyecto se han mostrado diversas evidencias, se han enunciado con la finalidad de exponer las ventajas de explotar los recursos renovables para el abastecimiento de energía eléctrica, esta puede ser a gran, mediana o pequeña escala como lo es este trabajo, ya que se instaló una capacidad de generación de 500 W.

Deberíamos continuar implementando este tipo de tecnologías, ya que sería de mucho bien para las futuras generaciones que nos anteceden.

## 6. RECOMENDACIONES

Gracias a la experiencia vivida en este proyecto podemos recomendar algunos consejos para futuros trabajos.

Utilizar una aplicación de la metodología de diseño sobre otros estudios de inversores fotovoltaicos conectados a red.

Implementar una monitorización remota de las variables del sistema, que permita el envío de datos del procedimiento de inyección de energía por medio de un protocolo de comunicación.

Se podría ejecutar una plataforma de control hombre-máquina completa para visualizar todas las variables del sistema en tiempo real.

Considerar el estado físico del techo, ya que por estar a la intemperie es posible ocasionar daños en la estructura del tejado.

Tener un análisis más amplio de otros paneles solares en cuanto su estructura física y fichas técnicas, ya que cada día innovan más y con seguridad que ya hay paneles solares que podrían ser más eficientes con menor dimensión.

Realizar las modificaciones necesarias para el buen funcionamiento de los equipos, que sigan el diseño proyectado para evitar desviaciones en el montaje.

Se debe contar con personal capacitado en las instalaciones de un proyecto de estas características, nunca por ningún motivo descuidar la seguridad de las personas y de los bienes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ambientum. (2017). *El Sol, fuente básica de energía*. Obtenido de Ambientum: [http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia/El\\_Sol\\_fuente\\_basica\\_de\\_energia.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/El_Sol_fuente_basica_de_energia.asp)
- Balner. (2017). *Instalación híbrida eólico-solar*. Obtenido de Balner: <http://www.balner.com/energias/eolica/hibrida.htm>
- Barrera, L. (2013). *Diseño de un modelo de centro de formación profesional, funcionando con energía solar fotovoltaica*. León Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias y Tecnología, Maestría en Energías Renovables y Medio Ambiente.
- Boullosa, N. (2008). *Energía solar: presente y retos*. Recuperado el 18 de 05 de 2015, de Faircompanies: [www.faircompanies.com/news/view/energia-solar-presente-y-retos/](http://www.faircompanies.com/news/view/energia-solar-presente-y-retos/)
- Cáceres, M. (2012). Sistemas fotovoltaicos conectados en red. *IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES*. São Paulo.
- Cataño, J., Moreno, G., & Vanegas, J. (2017). *Uso óptimo de la energía en las empresas pequeñas*. Recuperado el 16 de 04 de 2016, de Propiedad pública: <http://www.propiedadpublica.com.co/uso-optimo-de-la-energia-en-las-empresas-pequenas/>
- Conesa, J. (2011). *Sistema de refrigeración por compresión*. España: Universidad de Alicante .
- Ecured. (2017). *Iluminación*. Obtenido de Ecured Conocimiento con todos y para todos : <https://www.ecured.cu/Iluminaci%C3%B3n>
- Endesa Educa. (2015). *El concepto de energía* . Obtenido de Endesa Educa: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/i.-la-energia-y-los-recursos-energeticos](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/i.-la-energia-y-los-recursos-energeticos)

- Energiza. (2012). *Paneles Fotovoltaicos: Concepto y tipos*. Obtenido de Energiza: <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/627-paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos>
- García, J. (2014). *Análisis / Por qué no aprovechar lo que tenemos: el Sol*. Obtenido de Portafolio: <http://www.portafolio.co/opinion/redaccion-portafolio/analisis-aprovechar-sol-43832>
- Gestiópolis. (2017). *Métodos y técnicas de investigación*. Obtenido de Gestiópolis: <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>
- Moreno, L. (2013). *Electrificación de viviendas rurales con el uso de micro sistemas aislados fotovoltaicos para la libertad*. Obtenido de Física Futuro: <http://fisicafuturo.blogspot.com.co/2013/05/electrificacion-de-viviendas-rurales.html>
- Parisi, F. (s.f). *Que es y como funciona un panel fotovoltaico, la energía verde y eficiente*. Obtenido de Todo sobre paneles fotovoltaicos: <http://paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/2013/01/que-es-y-como-funciona-un-panel.html>
- Pasquevich, D. (2014). La creciente demanda mundial de energía frente a los riesgos ambientales. AAPC, s.p.
- Peñaranda , J. (2013). *Proyecto instalación solar fotovoltaica aislada*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena Ingeniería Técnica Industrial.
- Pérez, D. (2009). *Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampolletas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería.
- PNUD. (2017). 7. *Energía asequible y no contaminante*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>

- QSud. (2017). *Autoconsumo con energía solar fotovoltaica*. Obtenido de QSud Energies renovables: <http://sud.es/es/autoconsum>
- Renewable Energy Policy Network. (2011). *Renewables energy*, 11.
- Rodríguez, M. (2016). *Tipos de Energía*. Caracas: IUPMA, Ministerio Poder Popular para la Educación, República Bolivariana de Vernezuela.
- Roy, P. (2004). *Breve Historia de la Electricidad*. Obtenido de Técnica de Industrial : <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1432-Breve-historia-electricidad.aspx>
- Salbidegoitia, I. (2008). Solar energy. *Revista Dyna*, 83(9), 561-566.
- Silva, J. (2015). *Aplicativo para diseño de sistemas fotovoltaicos: programación y validación con software comercial*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira Ingeniería Eléctrica.
- Solar Electricity Handbook. (2017). *Solar Irradiance*. Obtenido de Solar Electricity Handbook: <http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html>
- Vásquez, C. (2014). Análisis, Modelación y Gestión de una Micro Red Eléctrica para Edificaciones Residenciales usando Paneles Fotovoltaicos. *Researchgate*, 15.

# ANEXOS

## Anexo 1. Cotizaciones

### Cotización

Ingeniariar

Nº Cotización: 010-2016

Cliente: Johnny Guintero  
E-mail: johnnygy@hotmail.com

Móvil: 3135278285

Id. de cliente:

Fecha	Responsable	Condiciones de venta	Tiempo de entrega	Lugar de envío	Términos	Id. de Impuesto
2016-04-04	Julio César Ramírez	50 % Anticipo	30 días	-	-	-

Item	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio por unidad	Total
1	2	Und	Panel Solar 250W Monocristalino 24V	1,099,920	2,199,840
2	2	Und	MicroInversor 250W 110VAC	923,500	1,847,000
3	30	Metros	Cable fotovoltaico calibre 10 AWG	3,900	117,000
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Subtotal:	4,163,840
IVA:	666,214
Valor total:	4,830,054

**OBSERVACIONES:** Toda la información contenida en la presente cotización no debe ser utilizada para asuntos diferentes a la presente negociación, ni darse a conocer a personas distintas a quienes está dirigida. Las recomendaciones de productos y servicios contenidos en esta cotización son estimados basados en los datos suministrados por el cliente y en observaciones del cotizante.

\*Para el costo de los materiales se pedirá anticipo por el 50% de su valor.

\*\*El Valor total deberá ser pagado contra entrega al momento de terminar cada una de las actividades.

Camero 28 No 27-33  
Cali, Valle del Cauca - Colombia  
Teléfono: 3216445742  
Contacto: Julio César Ramírez  
Correo electrónico: jucerada@gmail.com

**De:** David Acevedo Gómez <david.acevedo@darwinenergia.co>  
**Enviado:** miércoles, 12 de octubre de 2016 4:47 p. m.  
**Para:** johnnyq@hotmail.com  
**Asunto:** Sistema 500W

Cordial saludo,  
Sr. Johnny Quintero

A continuación adjunto nuestro portafolio como acordamos telefónicamente, el costo de los kit solares son:

Kit D250WS (\$2.055.000)

Panel solar 250Wp	1
Microinver 250Wp	1
Estructura para panel	1
Cable para panel solar	40
Terminal cable	2

Kit D500WS (\$3.663.800)

Panel solar 250Wp	2
Microinversor 500Wp	1
Estructura para panel	1
Cable para panel solar	40
Terminal cable	4

Solo se incluyen los elementos mencionados, se dará asesoría de 1 h y manual de instalación, se paga 100% contra entrega, los costos de envío y los daños ocasionados por una mala instalación corren por cuenta del cliente.

Cordialmente,



Santiago de Cali, agosto 02 de 2016  
COT-014-2016

Señor  
Johnny Quintero  
La Ciudad

ASUNTO: COTIZACION SUMINISTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO CON MICROINVERSOR

A continuación, se detalla la propuesta económica para el suministro de los materiales del sistema fotovoltaico de 1000 W (potencia instalada) conectado a red con microinversores:

DESCRIPCION	Und	Cant.	V./Unitario	V./Total
<b>Materiales</b>				
Panel Solar 250W Monocristalino 24V	Und	4	1.050.000	4.200.000
Microinversor 250W 110VAC	Mts	4	900.000	3.600.000
<b>Subtotal Materiales:</b>				<b>7.800.000</b>
<b>IVA</b>				<b>1.248.000</b>
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>9.048.000</b>

FORMA DE PAGO: En dos cuotas:  
(50 %) anticipo.  
(50 %) a la entrega a satisfacción.

VALIDEZ DE LA OFERTA: Quince (15) días.

Atentamente,

Julio César Ramirez  
Director de proyectos - OBRASEL S.A.S  
Email: julio.ramirez@obrasel.com  
Móvil: 321 644 57 42

Santiago de Cali, agosto 02 de 2016  
COT-015-2016

Señor  
Johnny Quintero  
La Ciudad

ASUNTO: COTIZACIÓN SUMINISTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO CON INVERSOR

A continuación, se detalla la propuesta económica para el suministro de los materiales del sistema fotovoltaico de 1000 W (potencia instalada) conectado a red con inversor:

DESCRIPCIÓN	Und	Cant.	V./Unitario	V./Total
<b>Materiales</b>				
Panel Solar 250W Monocristalino 24V	Und	4	1.050.000	4.200.000
Inversor 1000W 110VAC	Und	1	1.700.000	1.700.000
Cable fotovoltaico calibre 10 AWG	Mts	30	4.000	120.000
<b>Subtotal Materiales</b>				<b>6.020.000</b>
<b>IVA</b>				<b>963.200</b>
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>6.983.200</b>

FORMA DE PAGO: En dos cuotas:  
(50 %) anticipo.  
(50 %) a la entrega a satisfacción.

VALIDEZ DE LA OFERTA: Quince (15) días.

Atentamente,

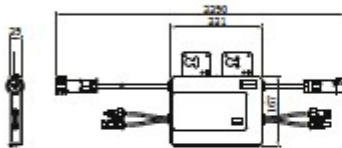
Julio César Ramírez  
Director de proyectos – OBRASEL S.A.S  
Email: julio.ramirez@obrasel.com  
Móvil: 321 644 57 42

## Anexo 2. Ficha técnica microinversor



### Introducción

- Conexión de dos módulos  
Máxima potencia de producción de hasta 500W
- Aprovechamiento de MPPT por cada módulo solar
- Eficiencia pico del 95.5%



[www.APsistemas.com](http://www.APsistemas.com)

# YC500-MX YC500-NA



### Ventajas

- Seguridad. No altos voltajes DC, no riesgos personales y/o de incendio
- Flexible. De fácil instalación, con un cable único de conexión
- Confiable. Diseño para una vida de funcionamiento por 25 años
- Ahorro en Costos. Diseño simple, sin elementos DC, reduce personal
- Inteligente. MLPM, sistema mundial para localización de averías
- Productividad. Produce hasta 25% más energía



## YC500 Microinversor

Tipo	YC500-MX		YC500-NA		
<b>Datos de Entrada (DC)</b>					
Potencia de Entrada Recomendada (STC) (W)	180~310				
Rango de Voltaje MPPT (V)	22~45				
Rango de Voltaje de Operación (V)	16~52				
Voltaje Máximo de Entrada DC (V)	55				
Voltaje Inicial Mínimo (V)	22				
Corriente Máxima de Entrada DC (A)	10.5 X 2	12 X 2	12 X 2		
<b>Datos de Salida (AC)</b>					
Potencia Máxima de Salida Continua (W)	450	500	500		
Corriente Nominal de Salida (A)	3.54	2.17	2.4	2.08	2.06
Voltage de Salida (Min Nom Max) (V)	127/95-155	220/181-264	208/183-229	240/211-264	277/243-305
Frecuencia Nominal de Salida (Hz)	60/57-62		60/59-60.5		
Factor de Potencia	>0.99				
Distorsión Total Armónica	<3%				
Unidades Máximas por Circuito Derivado	4 / Interruptor 20A 5 / Interruptor 25A	7 / Interruptor 20A 8 / Interruptor 25A	6 / Interruptor 20A	7 / Interruptor 20A	8 / Interruptor 20A
<b>Rendimiento</b>					
Máxima Eficiencia del Inversor	95.5%				
Consumo Eléctrico Nocturno (mW)	120				
<b>Datos Mecánicos</b>					
Intervalo de Temperatura Ambiente (°C)	-40 ~ +65				
Intervalo de Temperatura Interna (°C)	-40 ~ +85				
Intervalo de Temperatura en Almacenamiento (°C)	-40 ~ +85				
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundidad, mm)	221 X 167 X 29				
Peso (kg)	2.5				
Clasificación Ambiental de la Carcasa	NEMA 4X	NEMA 6X	NEMA 6X		
Refrigeración	Convección natural				
<b>Características y Conformidad</b>					
Comunicación	PLC				
Equipo Diseñado para Funcionar por	25 años				
Monitoreo	Monitoreo Perpetuo a Través del Software EMA				
Conformidad Electromagnética (EMC)	NOM	FCC Parte 15; ANSI C63.4; ICES-003	FCC Parte 15; ANSI C63.4; ICES-003		
Conformidad de Seguridad	NOM	UL1741, CSA C22.2 No. 107.1-01	UL1741, CSA C22.2 No. 107.1-01		
Conformidad de Conexión a Red	NOM	IEEE 1547	IEEE 1547		
*Programable a través de ECU para satisfacer diferentes requerimientos de los clientes.					

Anexo 3.

Mono
Multi
Solutions

# THE Honey

## MODULE

**60 CELL**  
MULTICRYSTALLINE MODULE

**250-265W**  
POWER OUTPUT RANGE

**16.2%**  
MAXIMUM EFFICIENCY

**0~+3%**  
POSITIVE POWER TOLERANCE

As a leading global manufacturer of next generation photovoltaic products, we believe close cooperation with our partners is critical to success. With local presence around the globe, Trina is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with installers, developers, distributors and other partners as the backbone of our shared success in driving Smart Energy Together.

Trina Solar Limited  
www.trinasolar.com

**Excellent low light performance on cloudy days, mornings and evenings**

- Advanced surface texturing
- Back surface field
- Selective emitter

---

**Maximize Limited Space**

- 60-cell module power output up to 265W
- Up to 162 W/m<sup>2</sup> power density

---

**Highly reliable due to stringent quality control**

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements
- PID resistant

---

**Certified to withstand challenging environmental conditions**

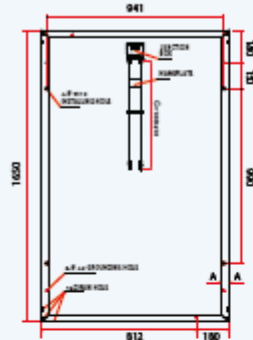
- 2400 Pa wind load
- 5400 Pa snow load
- 35mm hail stone at 97 km/h

**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**

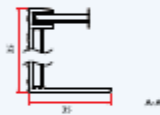
10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

Year	Trina Standard Power Output (%)	Industry Standard Power Output (%)
0	100	100
10	~95	~85
20	~90	~70
25	~85	~55

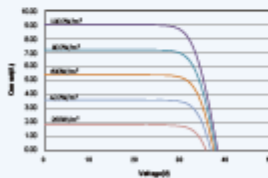
DIMENSIONS OF PV MODULE  
unit:mm



Back view



I-V CURVES OF PV MODULE(240W)



CERTIFICATION



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-Pmax (Wp)	250	255	260	265
Power Output Tolerance-Pmax (%)			0 ~ +3	
Maximum Power Voltage-Vmp (V)	30.3	30.5	30.6	30.8
Maximum Power Current-Imp (A)	8.27	8.37	8.50	8.61
Open Circuit Voltage-Voc (V)	38.0	38.1	38.2	38.3
Short Circuit Current-Isc (A)	8.79	8.88	9.00	9.10
Module Efficiency $\eta$ (%)	15.3	15.4	15.5	16.2

STC Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, All Max AM1.5 according to EN 60904-2.  
Typical efficiency reduction of 0.5% at 200 W/m<sup>2</sup> according to EN 60904-1.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-Pmax (Wp)	186	190	193	197
Maximum Power Voltage-Vmp (V)	28.0	28.1	28.3	28.4
Maximum Power Current-Imp (A)	6.65	6.74	6.84	6.93
Open Circuit Voltage-Voc (V)	35.2	35.3	35.4	35.5
Short Circuit Current-Isc (A)	7.10	7.17	7.27	7.35

NOCT Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 25°C, Wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline 156 × 156 mm (6 inches)
Cell orientation	40 cells (4 × 10)
Module dimensions	1050 × 941 × 35 mm
Weight	18.4kg
Glass	3.2 mm High Transmission, AR Coated Tempered Glass
Backsheet	White
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy (PC05A); Black(PC05A.08)
J-Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology cable 4.0 mm <sup>2</sup> , 1000 mm
Connector	MC4 Compatible

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	44°C (± 2°C)
Temperature Coefficient of Pmax	-0.41%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

- 10 year Product Workmanship Warranty
- 25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 30 pieces
- Modules per 40' container: 840 pieces



TSM\_Dt\_Apr13185\_A