



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

“Análisis Y Selección De Fuente Energética Fotovoltaica Para El Alumbrado Público De La Carretera Que Enlaza La Universidad Cesar Vallejo Con El Distrito De Morales Provincia De San Martin”

---

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:**

Montani César Salavarría Váscones

**ASESOR:**

Ing. Martín Teófilo Sifuentes Inostroza

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**TRUJILLO – PERÚ**

2016



“ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE FUENTE ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA PARA EL  
ALUMBRADO PÚBLICO DE LA CARRETERA QUE ENLAZA LA  
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO CON EL DISTRITO DE MORALES  
PROVINCIA DE SAN MARTIN”

---

Montani César Salavarría Váscones

Autor

Presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad César Vallejo de  
Trujillo para su aprobación.

---

Ing. Jorge Adrián Salas Ruiz

Presidente

---

Ing. Walter Miguel Castro Anticona

Secretario

---

Ing. Martín Teófilo Sifuentes Inostroza

Vocal

TRUJILLO – PERÚ

2016  
DEDICATORIA

*Para Lía y César, mis padres, quienes nunca dudaron en  
brindarme su apoyo en todo momento y lugar.*

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Jorge Salas Ruiz, director de escuela, por su gran liderazgo y motivación para la elaboración de esta tesis.

Al Ing. Martin Sifuentes, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A mis compañeros de aula, con quienes comparto muy buenos momentos, por demostrarme que podemos ser grandes amigos y grandes compañeros de trabajo a la vez.

Finalmente a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de esta tesis.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Montani César Salavarría Váscones con DNI N° 44643271, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Mecánica, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Julio del 2016

---

Montani César Salavarría Váscones

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado, presento ante ustedes la tesis titulada *“ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE FUENTE ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA CARRETERA QUE ENLAZA LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO CON EL DISTRITO DE MORALES”*, con la finalidad de generar energía eléctrica para el alumbrado público de la carretera comprendida entre la UCV filial Tarapoto con el distrito de Morales, a través del aprovechamiento de la irradiación solar en paneles fotovoltaicos, dando solución a una problemática de inclusión social. En cumpliendo con el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, con el propósito de cumplir con los requisitos para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico.

Por tanto, considero que el esfuerzo en el desarrollo del presente trabajo cumpla y satisfaga sus expectativas. Pongo a su consideración, este documento para su respectiva evaluación y de esta manera poder obtener su aprobación.

El Autor.

## INDICE

Paginas preliminares .....	1
Resumen .....	7
Abstract .....	8
I. Introducción .....	9
1.1. Realidad Problemática .....	10
1.2. Trabajos previos .....	12
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	14
1.4. Formulación del problema .....	32
1.5. Justificación del estudio .....	33
1.6. Hipótesis .....	33
1.7. Objetivos .....	33
II. Método .....	35
2.1. Diseño de investigación: .....	36
2.2. Variables, operacionalización .....	36
2.3. Población y muestra.....	39
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	39
2.5. Métodos de análisis de datos: .....	39
III. Resultados .....	41
IV. Discusión .....	69
V. Conclusión .....	72
VI. Recomendaciones .....	74
VII. Referencias .....	76
Anexos .....	81



## RESUMEN

El presente trabajo, análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público de la carretera de 2,13Km que enlaza la Universidad Cesar Vallejo filial Tarapoto con la entrada al Distrito de Morales en la Provincia de San Martín - Departamento de San Martín, trata de aprovechar los altos índices de irradiación solar para generar energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos

Para el firme estudio de electrificación, se consultó al Atlas Solar del Perú para conceptualizar el máximo y mínimo valor de irradiación solar en la zona, obteniendo valores entre 4,3 y  $3,4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}$  respectivamente, para obtener los mejores resultados del estudio se consideró trabajar con la mínima irradiación solar.

La fuente energética fotovoltaica se conformó por los subsistemas: panel fotovoltaico, controlador, batería o acumulador, inversor, luminaria, conductores y equipos de protección (Interruptor termomagnético, interruptor diferencial y fusibles), Para el cual la fuente energética consumirá 810 Wh/día.

La selección de todos los subsistemas de la fuente energética fotovoltaica, se rigieron mediante el Código Nacional de Electricidad, mediante este reglamento se seleccionó una luminaria de 55W–GREEN VISIÓN X CEED BRP 371, panel fotovoltaico monocristalino SM660–250W, Batería estacionaria GEL–VRL, controlador PROSTAR PS-15, inversor BCR-150-12, conductores de alambre de cobre con sección normalizada en  $\text{mm}^2$ , interruptor automático termomagnético SICALIMIT 782101 unipolar, interruptor automático diferencial RIEL DIN 35mm y fusibles PV-10A10F

Los postes de alumbrado público serán de hormigón (concreto), con una altura de 8m, base de 0,267m y cima de 0,140m. Los postes en sus cimientos serán enterrados 1,4m, con largo y ancho de 0,50m

En la red de alumbrado a la carretera, se situaran 133 postes con un espaciado de 16m entre poste y poste.

Se obtuvo una inversión inicial de 564 319\$, con un beneficio útil  $55\,924 \frac{\$}{\text{año}}$  con un retorno operacional de la inversión de 10 años.

Palabras claves: energía fotovoltaica, panel fotovoltaico, conductores, interruptor automático.

## ABSTRACT

This work, analysis and selection of photovoltaic energy source for public lighting 2,13km road linking the Universidad Cesar Vallejo subsidiary with entrance to Tarapoto Morales District in the Province of San Martin - Department of San Martin, about take advantage of high levels of solar radiation to generate electricity through photovoltaic panels

For the firm study electrification, it consulted Solar Atlas of Perú to conceptualize the maximum and minimum values of solar radiation in the area, training values between 4,3 and 3,4 kWh / m <sup>2</sup> respectively, to obtain the best results of the study were considered work with minimal sunlight.

Photovoltaic energy source is formed by subsystems: photovoltaic panel, controller, battery or accumulator, inverter, light, drivers and protection equipment (thermal magnetic switch, circuit breaker and fuse), for which energy source will consume 810 Wh / day.

The selection of all subsystems of the photovoltaic energy source is governed by the National Electricity Caught by this regulation luminaire 55W-GREEN VISION X CEED BRP 371, SM660-250W monocrystalline photovoltaic panel, Battery GELVRL stationary was selected, PROSTAR PS-15 controller, inverter BCR-150-12, wire conductors with standard section mm<sup>2</sup>, thermomagnetic breaker SICALIMIT 782101 unipolar, ELCB and fuses 35mm DIN RAIL PV-10A10F

The streetlights are concrete (concrete), with a height of 8m, based 0,267m y top of 0,140m. The posts at its foundation will be buried 1,4m, with 0,50m throughout

In the power line to the road, 133 posts will be placed with a spacing of 16m between post and post.

An initial investment of \$ 564 319 was obtained, with a useful benefit \$ 55 924 / year with an operational ROI of 10 years.

Keywords: photovoltaic energy, photovoltaic panel, conductors, automatic switch.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad Problemática

El Perú es un país de topografía muy variada, de gran diversidad climática y condiciones excepcionales que le confieren un elevado potencial de energías renovables. Sin embargo, para hacer posible el diseño de políticas y medidas para incentivar el mayor uso de estas energías limpias que promuevan el desarrollo especialmente en zonas rurales, es necesario e indispensable cuantificar esta disponibilidad así como conocer su distribución temporal en el territorio.

A pesar que la Provincia de San Martín cuenta con energía eléctrica por medio del SEIN, aun así la energía eléctrica es escasa ya que existen proyectos de electrificación que no se ejecutan, muchos otros poblados y carreteras que no cuentan con un proyecto de electrificación y/o alumbrado público. Por tal motivo, surge la necesidad de implementar un proyecto de alumbrado público a la carretera que une la Universidad César Vallejo filial Tarapoto con el ingreso al distrito de Morales.

La Universidad Cesar Vallejo como institución educativa pretende presentar un proyecto de electrificación con paneles fotovoltaicos, para brindar el servicio de alumbrado público para el tramo de carretera que la conecta con la ciudad de Morales, como un proyecto de inclusión social para mejorar calidad de vida y seguridad de sus estudiantes.

Tal como se observa en la figura 01, este tramo de carretera de 2,13Km de longitud de asfaltado pertenece a los distritos de Cacatachi y Morales, con una longitud de 2,13Km, siendo este un posible problema por el cual hasta ahora ninguno de los dos distritos se ha hecho responsable del alumbrado correspondiente.

Para dar solución a esta problemática, se plantea instalar un sistema autónomo de alumbrado público a través de una fuente energética fotovoltaica, aprovechando los altos índices de irradiación solar que van desde 3,4 y 4,3  $\frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}$ , (Atlas Solar del Perú, 2003).

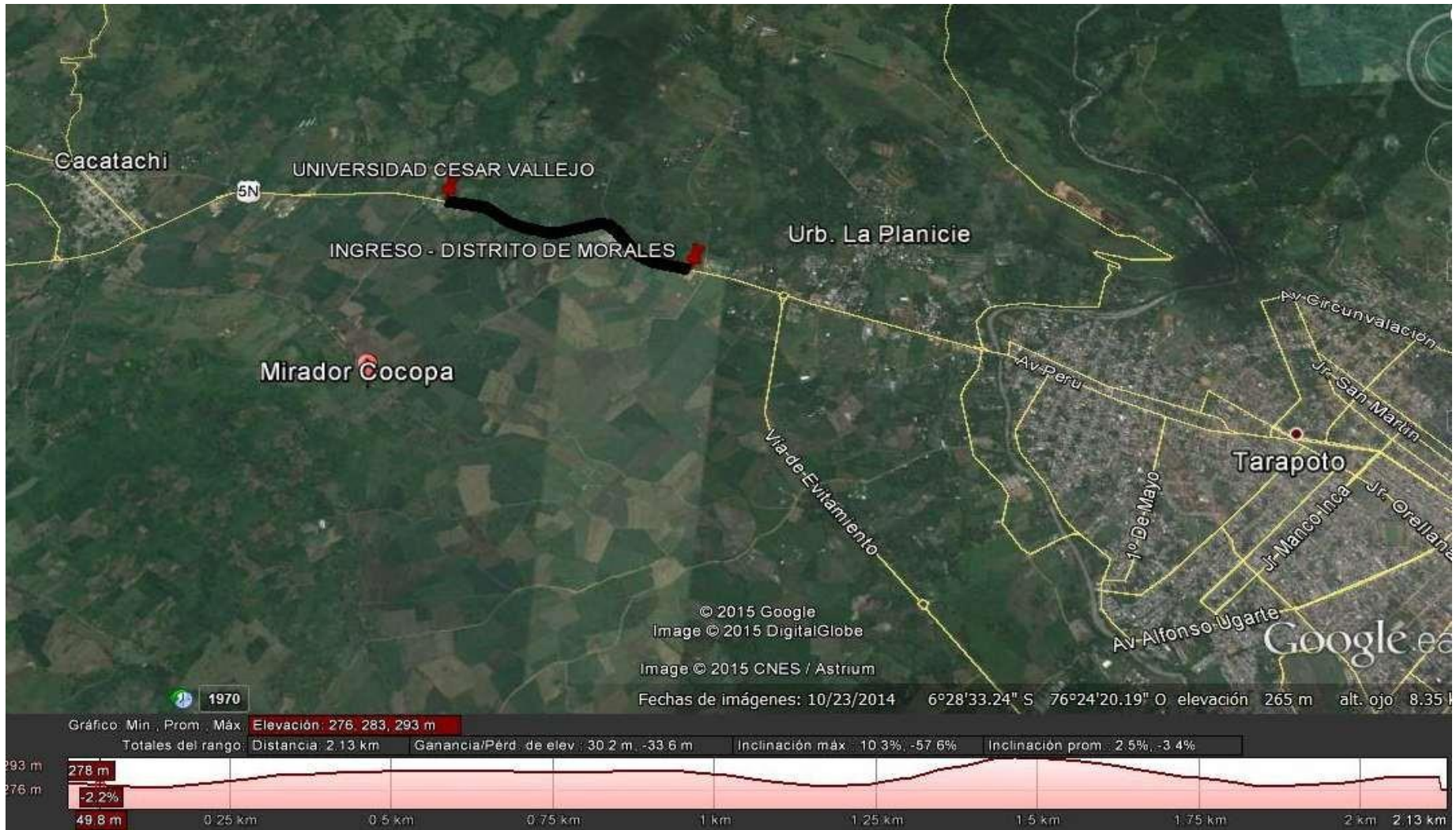


Figura 01: Carretera: UCV – Distrito de Morales. (Fuente: Earth, 2015)

## 1.2. Trabajos previos

Para la viabilidad del presente estudio, se recurrió a información confiable de trabajos de generación de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos en el Perú, obteniendo la siguiente información.

Flores (2011), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico. Realizada en la Universidad Cesar Vallejo (Trujillo - Perú), titulada: “La energía fotovoltaica para la reducción en el costo de la energía eléctrica, para el laboratorio de automatización en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad César Vallejo – Trujillo”, se estudió la insolación y la temperatura promedio existente en la ciudad de Trujillo, para luego estimar la necesidad de energía requerida en el laboratorio de automatización, para después emplear paneles solares fotovoltaicos, en la demanda energética del laboratorio se consideran las horas de uso y la autonomía de todo el sistema, se ha dimensionado los demás componentes del sistema fotovoltaico, como son: baterías, controlador e inversor de carga.

De acuerdo con los resultados se pudo determinar la cantidad de energía eléctrica consumida mensualmente en el laboratorio de automatización en la escuela de ingeniería mecánica siendo un equivalente de 493,064 kw/mes.

Se pudo seleccionar los módulos fotovoltaicos adecuados PS220P policristalino para la generación de energía requerida 5 460 wh/día, también el número de paneles necesarios igual a 5 paneles.

Se obtuvo una reducción de costos, teniendo en cuenta que el valor del 1kwh es de 0,513 soles, el ahorro para los veinte años (20 años de vida promedio del sistema solar) es de 17 385 dólares con una inversión de 4 675 dólares.

Muñoz (2011), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista. Realizada en la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima - Perú), titulada: “Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país”. Una de las aplicaciones más importantes de estos sistemas es la electrificación de zonas rurales, en las cuales no es posible hacer llegar la red

de energía eléctrica convencional. Por tanto en estos lugares es mejor instalar sistemas fotovoltaicos donde uno o varios paneles solares carguen baterías para que posteriormente la energía almacenada en estas pueda ser utilizada por dispositivos convencionales (televisiones, radios, fluorescentes, etc.).

Ángeles, De Jesús & Rosales (2009), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Electricista. Realizada en la Instituto Politécnico Nacional (México, D. F. - México), titulada: "Propuesta de alumbrado público por medio de celdas fotovoltaicas con luminarios tipo leds para la manga, Municipio de la Yesca en el estado de Nayarit", explica que la tecnología fotovoltaica desempeña un papel importante en el proceso de electrificación de las zonas rurales para países en desarrollo, siendo una forma de aprovechar la radiación solar y generar electricidad, energía renovable y respetuosa con el medio ambiente, a diferencia de la energía producida de los combustibles fósiles.

El sistema proporciona un servicio en el cual el equipo puede funcionar sin falla hasta 15 años a excepción de las baterías que solamente están garantizadas por 5 años, los luminarios requieren de limpieza cada 6 meses, los postes requieren de pintura cada 2 años, logrando con esto un mejor servicio comparado con un sistema de alumbrado público convencional.



### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Radiación solar:

Es la energía electromagnética (del sol) emitida, transferida o recibida. El Sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que se producen en su núcleo (Risol, 1 999).

Esta energía se transmite en forma de radiación electromagnética y alcanza la atmósfera terrestre en forma de conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van de 0,15  $\mu\text{m}$  a 4  $\mu\text{m}$  aproximadamente, (Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007).

##### a) Energía solar fotovoltaica:

La energía solar fotovoltaica es la energía procedente del Sol que se convierte en energía eléctrica de forma directa, sin ninguna conversión intermedia. Se produce mediante generadores fotovoltaicos compuestos por módulos fotovoltaicos conectados entre sí que su vez están compuestos por unidades básicas denominadas células (celdas) solares o fotovoltaicas.

El conjunto de módulos fotovoltaicos que componen un generador forma una superficie plana que tiene que ser expuesta a la luz del Sol para producir energía eléctrica. La inclinación y la orientación adecuadas de dicha superficie son fundamentales para conseguir una conversión eficiente de energía solar en energía eléctrica, (Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

##### b) Breve historia de la energía fotovoltaica:

El fenómeno fotoeléctrico fue observado por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre Edmond Becquerel. En 1922 Albert Einstein recibió el Premio Nobel por su trabajo explicando este efecto. Investigaciones en los años siguientes lograron varios descubrimientos y avances. Las primeras patentes fueron otorgadas, (Delta, 2010).

c) Irradiación solar:

La irradiación es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En unidades del sistema internacional se mide en  $W/m^2$ , (Ángeles, De Jesús & Rosales, 2009).

d) Coordenadas y movimientos de la Tierra:

Mediante las coordenadas geográficas, latitud y longitud (figura 02) podemos definir con precisión una posición cualquiera de la superficie terrestre. Se expresan en grados sexagesimales y se dan con referencia al ecuador y al meridiano de Greenwich, (Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

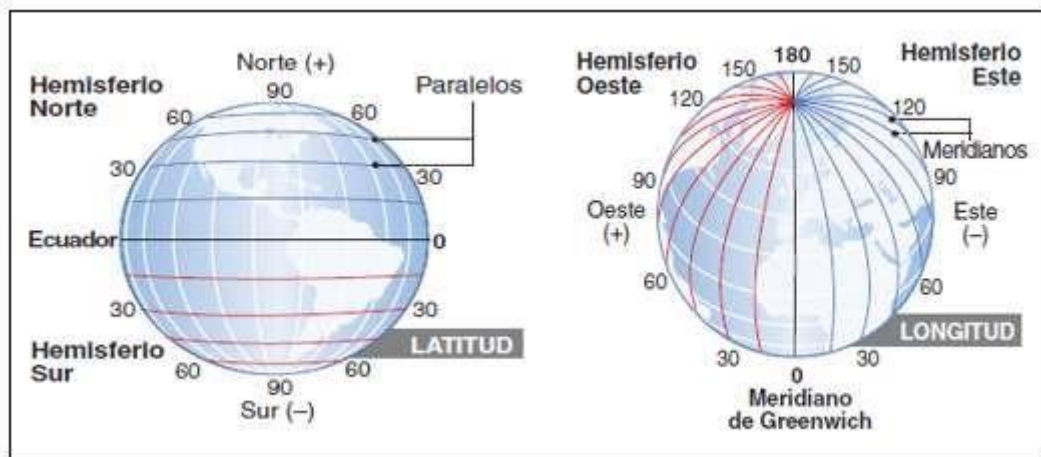


Figura 02: Latitud y longitud. (Fuente: Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

Latitud ( $\Phi$ ): es la distancia angular que existe entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. Se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  y se define como positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur. Los Polos Norte y Sur tienen latitud  $90^\circ$  N ( $+90^\circ$ ) y  $90^\circ$  S ( $-90^\circ$ ) respectivamente.

Longitud: es la distancia angular que existe entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto. Se mide de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  y se define como positiva hacia el Oeste (hemisferio occidental) y negativa hacia el Este (hemisferio oriental).

e) Movimiento de la Tierra:

Declinación ( $\delta$ ): la declinación es el ángulo que forma el plano del ecuador de la Tierra con la línea situada en el plano de la eclíptica, que une los centros del Sol y de la Tierra (figura 03). Este ángulo varía a lo largo de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, alcanzando valores máximos en los solsticios de verano (declinación máxima positiva,  $\delta = 23,45^\circ$ ) e invierno (declinación máxima negativa,  $\delta = -23,45^\circ$ ).

$$\delta = 23.45 * \text{sen} \left( 360 * \left( \frac{284 + \delta_n}{365} \right) \right) \quad (01)$$

Donde:

$\delta$ : Declinación (grados)

$\delta_n$ : Día del año (1...365, tomando 1 para el primer día de enero).



Figura 03: Posición de la tierra respecto del sol. (Fuente: Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

d) Orientación de un módulo o panel fotovoltaico

Una vez descritas las coordenadas que nos permiten situar el Sol en el cielo, hay que situar la superficie del generador fotovoltaico de manera que reciba la mayor cantidad posible de energía solar. Esto depende de:

- La orientación de la superficie del generador fotovoltaico.
- El tiempo que se va a usar a lo largo del año: anual, estacional, etc.
- La aplicación que va a tener: autónomo, conectado a la red, etc.

La orientación de un generador fotovoltaico se define mediante coordenadas angulares, similares a las utilizadas para definir la posición del Sol:

- Ángulo de acimut ( $\alpha$ ): ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección Sur (figura 04). Vale  $0^\circ$  si coincide con la orientación Sur, es positivo hacia el Oeste y negativo hacia el Este. Si coincide con el Este su valor es  $-90^\circ$  y si coincide con el Oeste su valor es  $+90^\circ$ .

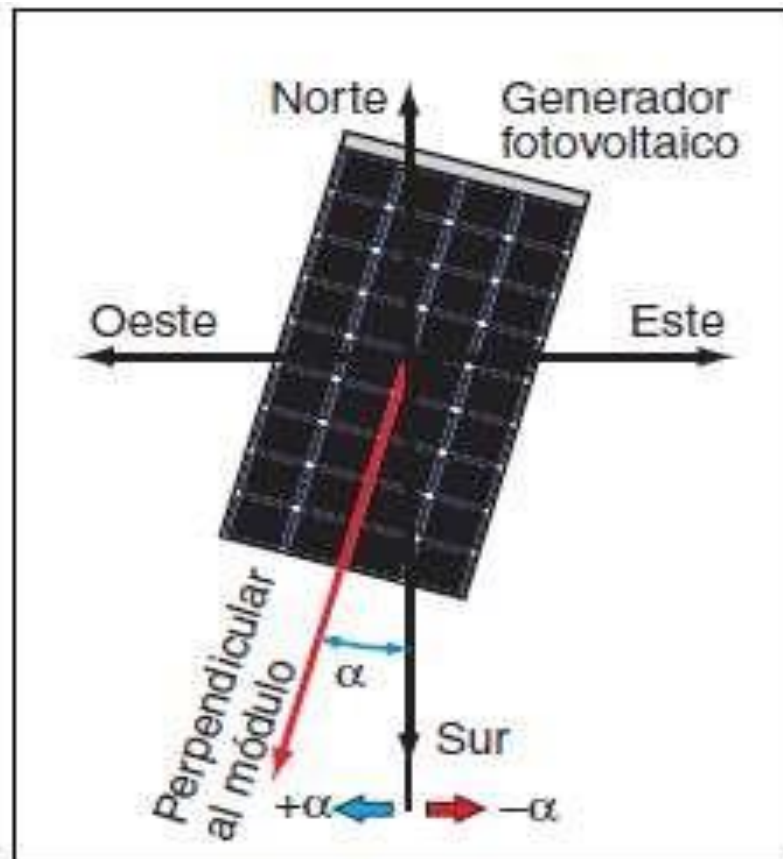


Figura 04: Ángulo Acimut de un módulo fotovoltaico.

(Fuente: Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

- Ángulo de inclinación ( $\beta$ ): ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal (figura 05). Su valor es  $0^\circ$  si el módulo se coloca horizontal y  $90^\circ$  si se coloca vertical.

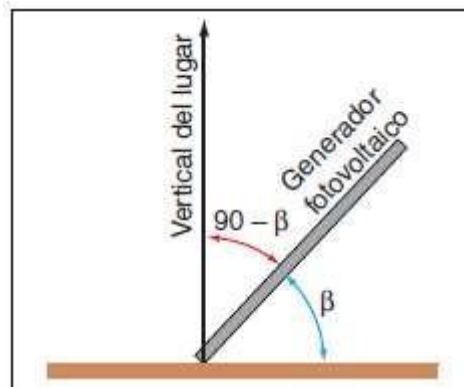


Figura 05: Ángulo de inclinación de un módulo fotovoltaico. (Fuente: Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

Para la estación de invierno, se determina:

$$\beta = \phi + |\delta| \quad (02)$$

Para la estación de verano, se determina:

$$\beta = \phi - |\delta| \quad (03)$$

Dónde:  $\phi$  es la latitud y  $\delta$  es la declinación en grados sexagesimales

En la figura 06, se muestra la posición correcta que debe estar situado el módulo fotovoltaico

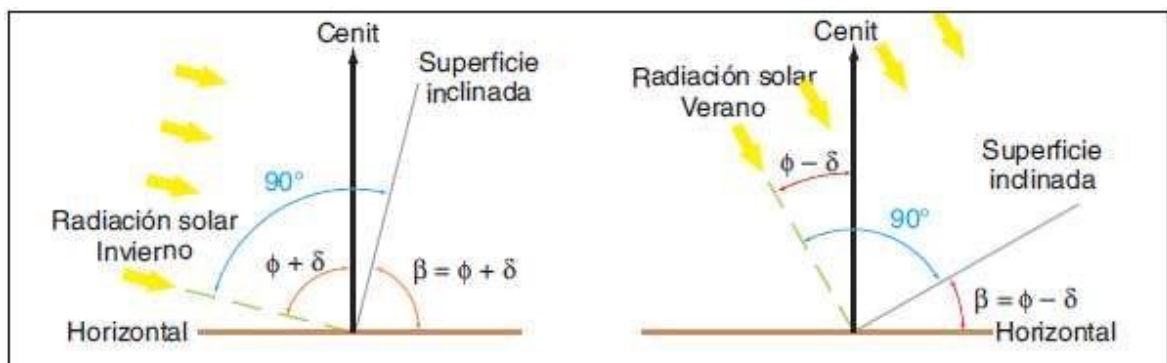


Figura 06: superficie normal a la irradiación solar (Fuente: Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

### 1.3.2. Efecto fotovoltaico:

El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda o célula solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica, (Orbegozo & Arivilca, 2010).

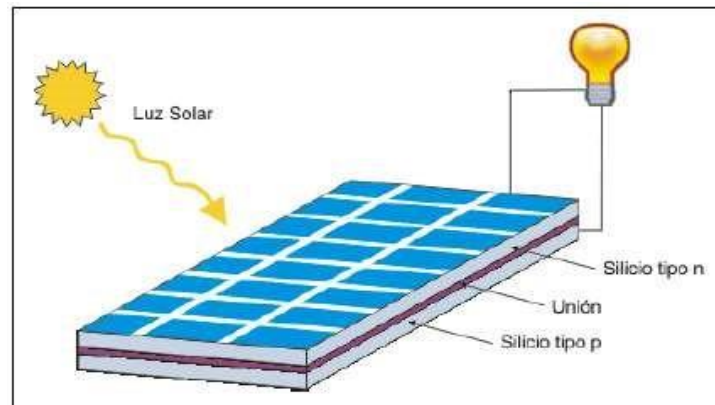


Figura 07: Efecto fotovoltaico. (Fuente: Textos Científicos, 2 005)

Nota: en el Perú, las principales tecnologías que se comercializan son: Módulos de silicio monocristalino, policristalino y películas delgadas de silicio amorfo.

La tabla 01, muestra los tipos de células solares que se utilizan en la mayoría de las aplicaciones actuales, clasificados en función del material y la tecnología utilizados en su construcción.

Tabla 01: Tipos más usados de células solares

Tipo de célula	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio monocristalino	15...18 %		Estructura cristalina uniforme. Se fabrica en lingotes cilíndricos de gran pureza que se cortan en obleas. Se gasta mucha energía en su construcción. Es el primer material en utilizarse industrialmente.
Silicio policristalino	12...14 %		Estructura cristalina no uniforme. Se fabrica en moldes rectangulares. Menor coste que el silicio monocristalino.
Silicio amorfo	6...9 %		Estructura no cristalina. Su potencia se degrada con el tiempo de utilización. Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, incluso flexibles. Bajo coste de fabricación.

Fuente: Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007

En la figura 08. Se detalla la conexión de las células de un módulo fotovoltaico de silicio monocristalino.

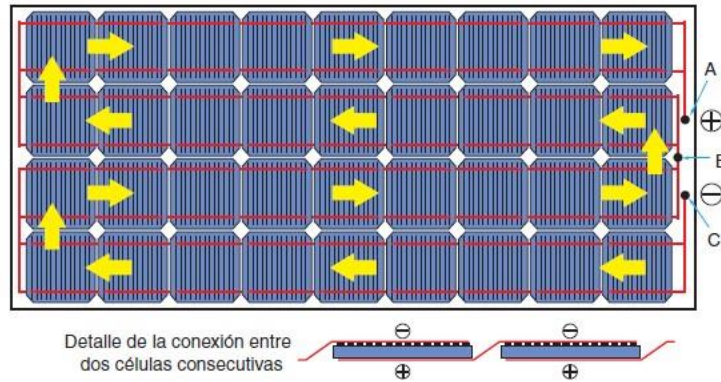


Figura 08: Sentido de circulación de la corriente  
(Fuente: Teoría de Módulos fotovoltaicos, 2 007)

### 1.3.3. Fuente energética fotovoltaica:

Se basa en la composición de sus subsistemas tales como: panel fotovoltaico, controlador (regulador), batería (acumuladores), inversor (convertidor), interruptor termomagnético, interruptor diferencial, fusibles y conductores.

- Panel o módulo fotovoltaico:

Es un conjunto de celdas fotovoltaicas que sirven para transformar la radiación solar (luz solar) en energía eléctrica, (Orbegozo & Arivilca, 2010).

La cantidad de energía, que puede llegar a producir un panel fotovoltaico, se determina según la expresión:

$$(E_{\max})_p = P_{mp} * HSP * (1 - GP) \quad (04)$$

Donde:

$(E_{\max})_p$ : Es la energía máxima producida por un panel fotovoltaico, Wh/día

$P_{mp}$ : Potencia máxima entregada o potencia máxima pico.

HSP: Hora solar pico. Debido a que la irradiación solar,  $(1HSP = \frac{kWh}{m^2})$

GP: Garantía de potencia más desfavorable o pérdida porcentual de potencia.

Y la cantidad de energía que debe generar a partir de la carga instalada se determina:

$$E_{\max} = \frac{P_L * t}{[1 - (K_B + K_c + K_R + K_x)] * \left[1 - \frac{(K_A * D_{\text{aut}})}{P_d}\right]} \quad (05)$$

Donde:

$E_{\max}$ : Energía máxima de la carga en Wh/día

$K_A$ : Pérdida por auto descarga de la batería, 0,005 a falta de datos del fabricante, (0,5% diario). Recordar que aumenta con la temperatura, y varía con el tipo de batería, estimando el coeficiente de descarga diaria de:

⇒ 0,002 para las de NiCd o de PbCa sin mantenimiento.

⇒ 0,005 para las estacionarias de plomo-ácido, Pb (de uso normal en instalaciones solares).

⇒ 0,012 para cualquier otro tipo o muy deteriorada por el uso.

$K_B$ : Pérdida por rendimiento de la batería, en general 0,05 y 0,1 para viejos acumuladores, para fuertes descargas, o bajas temperaturas.

$K_c$ : Pérdida por convertidor o inversor, contempla el rendimiento del convertidor c.c. - c.a. que suele variar del 75%÷95% a falta de otros datos, se tomará el valor de 0,25 a 0,05, y 0 si no lo hay.

$K_R$ : Pérdida por regulador o controlador, debido al rendimiento del regulador, en el que su tecnología electrónica es similar a la del convertidor, con valores comprendidos entre 0,1 a 0,01.

$K_x$ : Pérdida en conductores y equipos de protección, agrupa a cualquier otro tipo de pérdidas no consideradas, tomando normalmente el valor de 0,15 cuando se conocen las potencias teóricas; 0,1 en general, puede reducirse hasta 0,05 si se han tenido en cuenta los rendimientos de cada carga instalada.

$P_L$ : Potencia de la luminaria.

t: Tiempo de alumbrado público.

$P_d$ : Perdidas por profundidad de descarga de la batería.



$D_{aut}$ : Perdidas por días de autonomía con baja o nula insolación.

La determinación del número de paneles fotovoltaicos, es:

$$N_p = \frac{E_{max}}{(E_{max})_p} \quad (06)$$

Donde:

$N_p$ : Número de paneles fotovoltaicos

$(E_{max})_p$ : Es la energía máxima producida por un panel fotovoltaico, Wh/día

$E_{max}$ : Energía máxima de la carga en Wh/día

– Baterías o acumuladores:

La batería es uno de los componentes más importantes del sistema; tiene como función almacenar la electricidad generada por el módulo y suministrarla a los equipos cuando lo necesiten.

- Es necesario proteger la batería colocándola sobre una base de madera e instalarla en un lugar protegido, ventilado y donde no le llegue el sol.
- Existen varios tipos de batería que puede servir para estos fines. En los sistemas fotovoltaicos se usa comúnmente las baterías de plomo-ácido.

La capacidad de un acumulador, se determina:

$$C_{Bateria} = \frac{E_{max} * D_{aut}}{V * P_d} \quad (07)$$

Donde:

V: Voltaje o tensión de la batería, voltios.

$E_{max}$ : Energía máxima, Wh/día.

$D_{aut}$ : Perdidas por días de autonomía con baja o nula insolación, días.

$P_d$ : Perdidas por profundidad de descarga de la batería.

– Controlador:

Su función es regular el voltaje del panel fotovoltaico al voltaje adecuado de las baterías de 12V o 24V, evitando las sobrecargas o descargas excesivas a la batería, puesto que los daños podrían ser irreversibles. Debe asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficacia. En general cumple las siguientes funciones:

- Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia el uso final si el tiempo de demanda de electricidad coincide con las horas de sol.
- Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia la batería, en caso que haya un exceso de potencia solar (la potencia generada es mayor que la demanda de potencia)
- Impide daños en los cables y evitar cortocircuitos.
- Hace que la batería dure más tiempo.
- Protege y sirve para impedir la eventual corriente que pueda fluir de la batería hacia el módulo en periodos sin sol.
- Proteger la batería de los riegos de sobrecarga y descarga profunda, regulando la entrada de corriente proveniente del módulo a la batería y la salida de corriente de la batería a la carga (aparatos, equipos), evitando que la batería se sobrecargue o que trabaje con voltajes por debajo de lo permitido.

Corriente máxima de ingreso del controlador:

$$I_{\text{entrada}}^{\text{max}} = I_{\text{SC}} * f_s \quad (08)$$

Donde:

$I_{\text{entrada}}^{\text{max}}$ : Intensidad máxima del controlador.

$I_{\text{SC}}$ : Corriente máxima en corto circuito del panel fotovoltaico.

$f_s$ : Factor de servicio.

– Inversor:

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por la carga.

Un inversor se debe seleccionar bajo la característica máxima de potencia de salida, es decir se debe seleccionar un inversor con una potencia superior a la potencia de la carga.

$$P_i > P_c \quad (09)$$

Donde:

$P_i$ : Potencia máxima del inversor, Watts.

$P_c$ : Potencia máxima de la carga, Watts.

– Interruptor termomagnético o llave térmica:

Equipo de maniobra y protección cuya capacidad de ruptura a la tensión de servicio deberá ser igual o mayor a la corriente de cortocircuito en el punto de su utilización.

– Interruptor diferencial:

También llamado dispositivo diferencial residual (DDR), es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas de corriente alterna con el fin de proteger a las personas de los contactos directos e indirectos provocados por el contacto con partes activas de la instalación.

– Fusibles:

Constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

– Conductores:

Un conductor eléctrico es un material que ofrece poca resistencia al movimiento de carga eléctrica, teniendo como mejor conductor al cobre.

Según el código nacional de electricidad sugiere la utilización del cobre duro con aislamiento de cubierta PVC a 70°C en calibres de alambre con sección normalizada en mm<sup>2</sup>.

Para determinar la sección de un conductor, se utiliza la siguiente formulación:

$$S = \frac{2 * \rho * I * L}{\delta} \quad (10)$$

Donde:

$\rho$ : Resistividad del cobre a 70°C, depende de la resistividad del cobre a 20°C y de la variación de temperatura en el conductor,  $\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

$$\rho = \rho_{20^\circ\text{C}} * (1 + \alpha * \Delta T) \quad (11)$$

I: Corriente máxima en corto circuito del panel fotovoltaico, A

L: Longitud máxima entre panel y controlador, m

$\delta$ : Caída de voltaje máxima permitida, V

$\alpha$ : Coeficiente de resistividad lineal, °C<sup>-1</sup>

#### 1.3.4. Análisis de alumbrado público:

Contrariamente a lo que se pueda pensar, detrás de los cálculos y recomendaciones sobre alumbrado de vías públicas existe un importante desarrollo teórico sobre diferentes temas (pavimentos, deslumbramiento, confort visual, etc.). Afortunadamente, hoy día estos cálculos están muy mecanizados y no es necesario tener profundos conocimientos en la materia para realizarlos. No obstante, es recomendable tener nociones de algunos de ellos para comprender mejor la mecánica de cálculo. Así tras estudiar algunos conceptos previos de iluminación, (Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2 013).

- Iluminancia: La iluminancia indica la cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie, en el sistema internacional su unidad es el lux (lumen/m<sup>2</sup>).

Se determina:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (12)$$

Donde:

E: Iluminancia, lux

$\Phi$ : Flujo luminoso, lumen

S: Superficie, m<sup>2</sup>

- Luminancia: La luminancia, por contra, es una medida de la luz que llega a los ojos procedentes de los objetos y es la responsable de excitar la retina provocando la visión. Esta luz proviene de la reflexión que sufre la iluminancia cuando incide sobre los cuerpos. Se puede definir, pues, como la porción de intensidad luminosa por unidad de superficie que es reflejada por la calzada en dirección al ojo, en el sistema internacional su unidad es cd/m<sup>2</sup> Se determina:

$$L = \frac{I}{S} \quad (13)$$

Donde:

L: Luminancia, cd/m<sup>2</sup>

I: Intensidad luminosa, cd (candela)

S: Superficie, m<sup>2</sup>

- Deslumbramiento:

El deslumbramiento producido por las farolas o los reflejos en la calzada, es un problema considerable por sus posibles repercusiones. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

Se llama deslumbramiento molesto a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.

Tabla 02. Valores de deslumbramiento.

G	Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013.

- Luminarias:

Son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. Para ello, adoptan diversas formas aunque en alumbrado público predominan las de flujo asimétrico con las que se consigue una mayor superficie iluminada sobre la calzada. Las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables transversales a la calzada, en catenarias colgadas a lo largo de la vía o como proyectores en plazas y cruces.

Disposición de las luminarias en la vía:

Para conseguir una buena iluminación, no basta con realizar los cálculos, debe proporcionarse información extra que oriente y advierta al conductor con suficiente antelación de las características y trazado de la vía. Así en curvas es recomendable situar las farolas en la exterior de la misma, en autopistas de varias calzadas ponerlas en la mediana o cambiar el color de las lámparas en las salidas.

En los tramos rectos de vías con una única calzada existen tres disposiciones básicas: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada. También es posible suspender la luminaria de un cable transversal pero sólo se usa en calles muy estrechas. (Alumbrado de vías públicas, 2013)

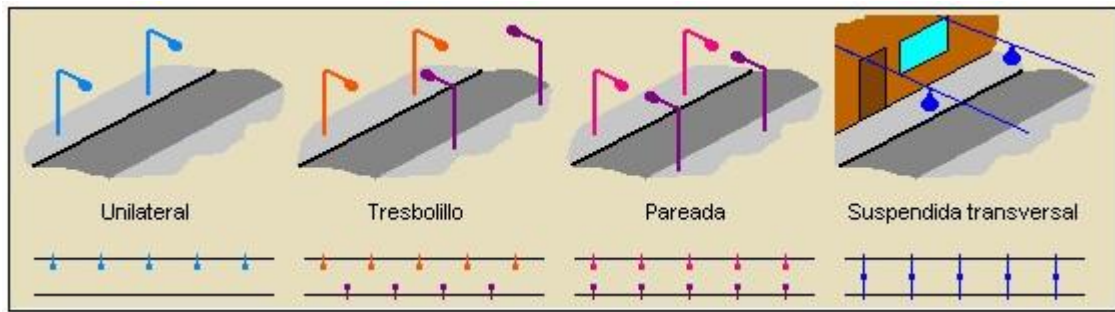


Figura 09: Disposiciones de luminarias en una vía.

(Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013)

La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1.5.

Tabla 03: Relación: Ancho de la vía /Altura de la luminaria

	Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje
<b>Unilateral</b>	$A/H < 1$
<b>Tresbolillo</b>	$1 \leq A/H \leq 1.5$
<b>Pareada</b>	$A/H > 1.5$
<b>Suspendida</b>	Calles muy estrechas

Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013.

Tabla 04: Altura de luminaria dependiente del flujo luminoso

Flujo de la lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leq \Phi_l < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi_l < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi_l < 40000$	$10 \leq H < 12$
$\geq 40000$	$\geq 12$

Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013.

- Método de los lúmenes o del factor de utilización:

La finalidad de este método es calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico. (Alumbrado de vías públicas, 2013)

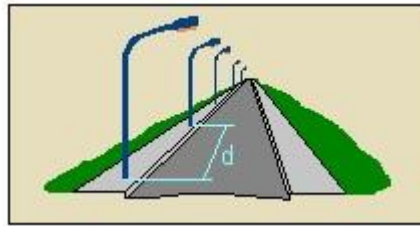


Figura 10: Distancia entre postes de alumbrado público  
(Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013)

La siguiente formulación, se utiliza para determinar la distancia entre poste y poste:

$$d = \frac{\eta * f_m * \Phi}{A * E_m} \quad (14)$$

Donde:

d: Distancia entre poste y poste, m.

$\Phi$ : Flujo luminoso, lumen.

$E_m$ : Iluminancia media sobre la calzada, lux.

A: Ancho de la calzada a iluminar, m.

$\eta$ : Factor de utilización, Relación entre el flujo luminoso que llega a la calzada (flujo útil) y el flujo total emitido por la luminaria.

De los gráficos se puede observar que hay dos valores posibles, uno para el lado acera y otro para el lado calzada, que se obtienen de las curvas.



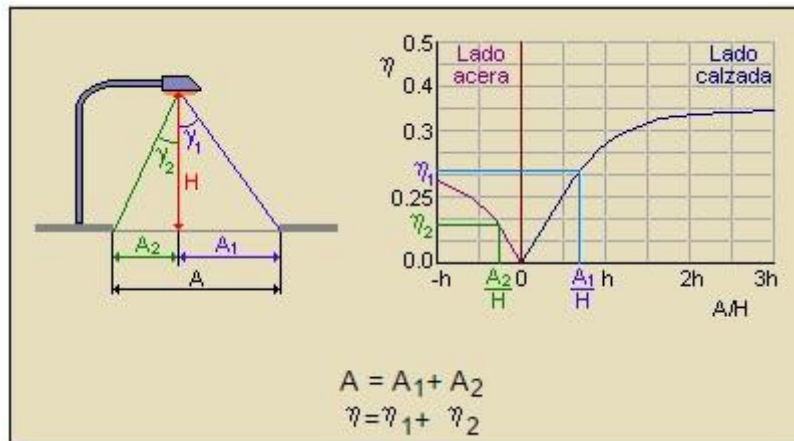


Figura 11: Curvas del factor de utilización.  
(Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013)

Para efectos de cálculo, utilizar las siguientes curvas para determinar con precisión el factor de utilización.

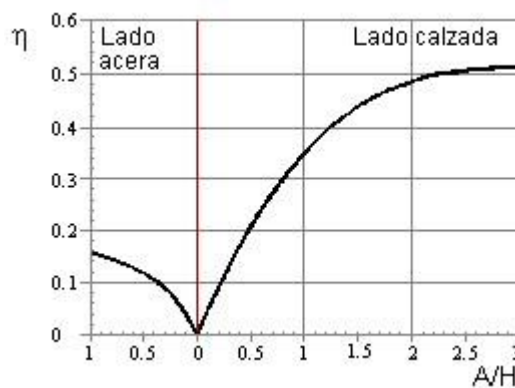


Figura 12: Curvas promedios para determinar el factor de utilización  
(Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013)

$f_m$ : Factor de mantenimiento, depende de las características de la zona (contaminación, tráfico y mantenimiento). Normalmente esto es difícil de evaluar y se recomienda tomar un valor no superior a los mostrados en la siguiente tabla 05. (Alumbrado de vías públicas, 2013)

Tabla 05. Valores promedios del factor de mantenimiento

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

Fuente: Alumbrado de vías públicas, 2013.

#### 1.3.5. Retorno operacional de la inversión:

Es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial, (Sowell, 2013).

$$ROI = \frac{I \text{ [S./]}}{B \left[ \frac{\text{S./}}{\text{año}} \right]} \quad (14)$$

Dónde:

I: Inversión para la ejecución del proyecto.

B: Beneficio logrado por el proyecto.

#### 1.3.6. Valor actual neto:

Es un método de valoración de inversiones que puede definirse como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y de los pagos generados por una inversión, (Sowell, 2013).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (15)$$

Dónde:

- VAN : Valor actual neto [\$]
- $V_t$ : Flujos de caja en cada tiempo [\$]
- r: Interés [%]
- t: Número de períodos considerados [años]
- $I_0$ : Valor del desembolso inicial de la inversión [\$]

#### 1.3.7. Tasa interna de retorno:

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto, es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos, como negativos) de una determinada inversión sean igual a cero, (Sowell, 2013).

Las tasas internas de retorno se utilizan habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto.

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (16)$$

Dónde:

- TIR: Tasa interna de retorno
- VAN: Valor actual neto [\$]
- $V_t$ : Flujos de caja en cada tiempo [\$]
- t: Número de períodos considerados [años]
- $I_0$ : Valor del desembolso inicial de la inversión [\$]

#### 1.4. Formulación del problema

¿Cuáles son las especificaciones técnicas para el análisis y selección de una fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público de la carretera que enlaza la Universidad Cesar Vallejo con el Distrito de Morales?

#### 1.5. Justificación del estudio

Este proyecto se justifica mediante el requerimiento de la Universidad César Vallejo filial Tarapoto la cual desea alumbrar el trayecto de carretera que enlaza la ciudad de Morales y mencionada Universidad, siendo este acto parte de su compromiso sociocultural.

Relevancia tecnológica: Este proyecto implementaría una solución tecnológica para la energización de luminarias exteriores.

Relevancia institucional: Se presentará el nombre de la Universidad César Vallejo en la investigación del proyecto, sin embargo también siempre y cuando se implemente este proyecto, la Universidad César Vallejo realizará un gran aporte a la comunidad universitaria y ciudadana.

Relevancia económica: En el tiempo reflejara que se puede plantear una solución de alumbrado público solar más rentable que los métodos tradicionales y sus formas de obtención de energía.

Relevancia ambiental: Reducción de contaminación ambiental, como lo hacen las demás fuentes de energías renovables contribuyendo de esta manera la reducción de gases de efecto invernadero.

## 1.6. Hipótesis

Las especificaciones técnicas para el análisis y selección de una fuente energética fotovoltaica son viables para el alumbrado público de la carretera que enlaza la Universidad Cesar Vallejo con el Distrito de Morales.

## 1.7. Objetivos

### 1.7.5. Objetivo General:

Analizar y seleccionar fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público de la carretera que enlaza la Universidad Cesar Vallejo con el Distrito de Morales.

### 1.7.6. Objetivos Específicos:

1. Determinar la irradiación solar anual, según la ubicación geográfica de la carretera a electrificar con fuente fotovoltaica. Y el ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos para aprovechar la máxima irradiación solar.

2. Seleccionar la luminaria, según lo normado por el Código Nacional de Electricidad, que rige las Normas Técnicas Peruanas para el alumbrado público.
3. Seleccionar los subsistemas de la fuente energética fotovoltaica (Panel fotovoltaico, baterías, controlador, inversor, conductores eléctricos y sistemas de protección)
4. Realizar un cálculo mecánico a los postes de alumbrado público según el Código Nacional de Electricidad, determinando: dimensiones en cimentación, distancia entre postes y número de postes a instalar.
5. Realizar un análisis económico: Inversión, beneficio y retorno operacional de la inversión.
6. Realizar un estudio financiero a través de las herramientas financieras VAN y TIR.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación:

Diseño cuasi-experimental – Aplicado.

### 2.2. Variables, operacionalización

#### 2.2.1. Variables independientes:

- ❖ Irradiación solar.
- ❖ Potencia de carga (luminaria).
- ❖ Tiempo de alumbrado público.
- ❖ Longitud de carretera.

#### 2.2.2. Variables dependientes:

- ❖ Especificaciones técnicas
  - ✓ Energía máxima diaria entrega por el sistema.
  - ✓ Selección de equipos del sistema autónomo o fuente energética fotovoltaica.
  - ✓ Distancia entre poste y poste

❖ Especificaciones económicas

- ✓ Costos de inversión fijos.
- ✓ Beneficio económico
- ✓ Retorno operacional de la inversión
- ✓ VAN Y TIR

Tabla 06: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
Irradiación solar	Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo de tiempo.	Es la cantidad de horas solar pico más baja según la zona a electrificar.	-Registros en Atlas solar del Perú	$\left[\frac{Wh}{m^2}\right]$ Cuantitativa
Potencia de carga	Relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo	Es la potencia máxima entregada por la luminaria	Según el código nacional de electrificación - de Catálogo luminarias Led	Cuantitativa [W]
Tiempo de alumbrado público	Magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos	Es el intervalo de tiempo que estarán encendidas las luminarias.	-Duración astronómica del día.	[ h/día] Cuantitativa
Longitud de la carreta	Dimensión de una línea considerando su extensión en línea recta.	Es la distancia entre la UCV y el Distrito de Morales	-Medición en Google Earth	[m] Cuantitativa
Energía máxima diaria entregada por el sistema.	Capacidad para realizar un trabajo.	Es la energía máxima diaria a entregar el panel fotovoltaico	-Cálculo eléctrico	$\left[\frac{Wh}{dia}\right]$ Cuantitativa



Selección de equipos del sistema autónomo	Sistema que trabaja por su cuenta de manera independiente, que no depende de ninguna institución.	Son los equipos de la fuente energética fotovoltaica (Panel fotovoltaico, baterías, controlador, inversor, conductores y equipos de protección)	-Según el Código Nacional de electrificación. -Según Normas Técnicas Peruanas.	Cualitativa
Distancia entre poste y poste	Dimensión de una línea considerando su extensión en	Es la longitud establecida entre un poste de alumbrado público y	- Iluminancia - Flujo luminoso	Cuantitativa [m]

37

	línea recta.	otro.	- luminancia	
Costos de inversión fijos	Valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica	Son los costos de los equipos de la fuente energética fotovoltaica, postes, luminarias y mano de obra.	- Valoración de costos promedios en el mercado nacional.	Cuantitativa [\$]
Beneficio económico	Ganancia que se obtiene de una inversión.	Es la utilidad que se obtendrá con la implementación del alumbrado público.	- Registro de precios de energía eléctrica en alumbrado público.	Cuantitativa [\$/año]
Retorno operacional de la inversión	Es una razón que compara el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada	Es el tiempo en años, que se lograra recuperar la inversión inicial del proyecto del alumbrado de la carretera.	- Cálculo económico.	Cuantitativa [años]
VAN	Permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.	Herramienta financiera que determinara la valoración de inversiones de los activos fijos.	- Inversión inicial - Interés - Periodos de pago.	Cuantitativa [\$]

TIR	Es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión	Herramienta financiera que determinara la viabilidad del proyecto.	- Inversión inicial - Periodos de pago.	Cuantitativa [%]
-----	--	--	--	---------------------

### 2.3. Población y muestra

Población: Sistema de alumbrado rural urbano y general.

Muestra: Alumbrado público del tramo que comprende la carretera que enlaza la Universidad César Vallejo filial Tarapoto con el Distrito de Morales.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Se toman datos de las diversas fuentes de información difundidas por las entidades correspondientes como lo son:

La técnica basada en la Observación, tiene los siguientes instrumentos:

- ✓ Código Nacional electricidad
- ✓ Normas Técnicas Peruanas ✓ Atlas Solar del Perú.
- ✓ SENAMHI (Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales).
- ✓ Ministerio de Energía y Minas (Dirección Ejecutiva de Proyectos).
- ✓ NASA Surface meteorology and Solar Energy.
- ✓ Google Earth

### 2.5. Métodos de análisis de datos:

- Con la técnica basada en la observación, se extraerán las principales normas para el alumbrado público, determinando la autonomía de la fuente energética fotovoltaica, permitiendo seleccionar la luminaria, la energía máxima a generar con panel fotovoltaicos y la selección de todos los subsistemas de la fuente energética fotovoltaica (Panel fotovoltaico, controlador, batería, inversor, interruptor termomagnético, interruptor diferencial, fusibles y conductores eléctricos)
- También, se realizará un cálculo mecánico a los postes de electrificación, determinado su altura, material, dimensión de cimentación y distancia entre poste y poste.
- Se realizará un cálculo económico, determinando los costos en activos fijos, beneficio económico con respecto al consumo de energía eléctrica y retorno operacional de la inversión inicial.

- Finalmente, se realizará un análisis financiero, calculando el valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad para la viabilidad del proyecto.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Determinación de la irradiación solar anual y ángulo de inclinación en los módulos o paneles fotovoltaicos.

Según se muestra en la figura 13, la ubicación geográfica la carretera a electrificar, está comprendida entre la Universidad Cesar Vallejo en el distrito de Cacatachi (Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 2.5) con una latitud  $6^{\circ}27'47.14''S$  / longitud  $76^{\circ}25'37.65''O$  y el distrito de Morales (Carretera Fernando Belaunde Terry Km. 4.6) con una latitud  $6^{\circ}28'8.90''S$  / longitud  $76^{\circ}24'36.41''O$ . En la Provincia de San Martín con un altitud de 278m - Departamento de San Martín.



Figura 13: Ubicación geográfica de los puntos 1 y 2, principio y final respectivamente de la carretera a electrificar para el alumbrado público con fuente fotovoltaica. (Fuente: Earth, 2 015)



En la Provincia de San Martín, solo existe una estación de meteorología ubicada en el Distrito de Juan Guerra, a 15Km en promedio de la carretera a electrificar, con una latitud 6°35'00.17"S / longitud 76°19'54.80"O y altitud 207m (Google Earth, 2015), cuyos valores geográficos son semejantes a los valores geográficos de la zona a electrificar, por lo consiguiente tomaremos de esta estación meteorológica los datos estadísticos mensuales de irradiación.

En la figura 14, se detallan los valores de irradiación promedios mensuales en el Distrito de Juan Guerra, Provincia de San Martín – Departamento de San Martín.

Anexo A.1

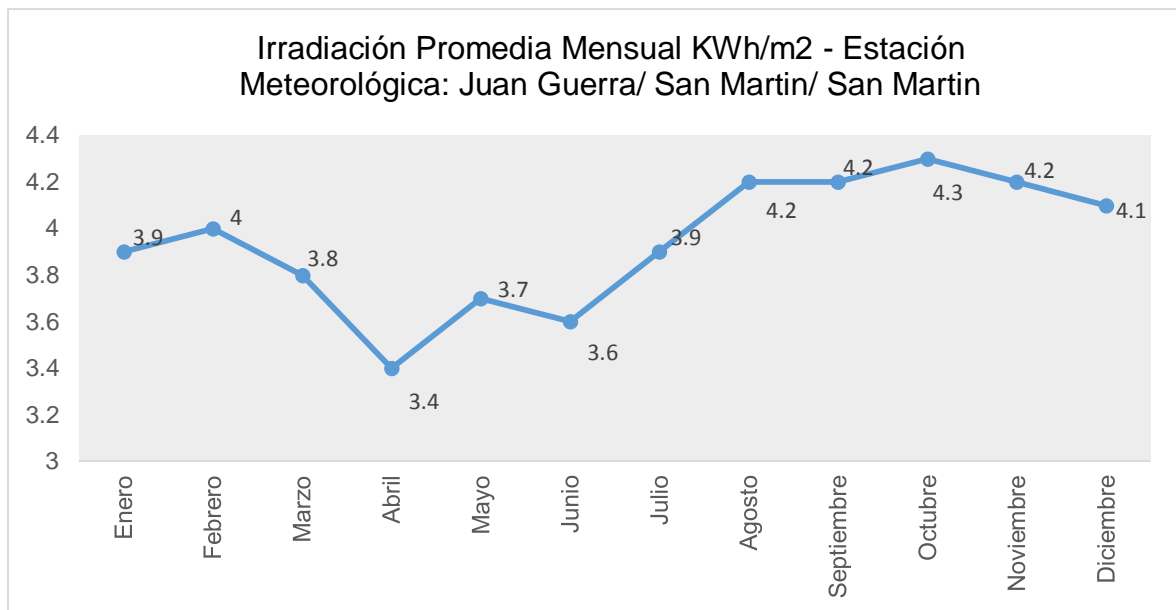


Figura 14: Valores promedios mensuales de la irradiación, medidos en la estación meteorológica en el distrito de Juan Guerra.

(Fuente: Orbegozo, Carlos y Arivilca, Roberto. 2010)

Finalmente, de la figura 14, para efecto de cálculos precisos, tomaremos la irradiación solar de  $3,4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}$  (dicho valor más bajo asegurará la selección correcta de los subsistemas de la fuente eléctrica).



Comentario: Los datos de Irradiación solar expuestos en el “Atlas de Energía Solar del Perú” por el servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI), fueron elaborados en los periodos (1975-1990) y publicados en el año 2003, registrándose hasta la actualidad ningún cambio significativo con respecto a la irradiación solar en el Perú.

Según se muestra en la tabla 07, el ángulo de inclinación de los paneles o módulos fotovoltaicos, para aprovechar la máxima irradiación solar es variable, obteniendo un ángulo promedio en invierno de 22.6° y -7.6° en verano. Anexo A.2

Tabla 07. Ángulos de inclinación por cada periodo mensual y promedio en invierno y verano

Meses	Inclinación mensual (°)	Estaciones en el Departamento de San Martín
Enero	27.43	Invierno
Febrero	19.91	Invierno
Marzo	10.14	Invierno
Abril	-2.91	Verano
Mayo	-12.23	Verano
Junio	-16.5	Verano
Julio	-14.52	Verano
Agosto	-6.72	Verano
Septiembre	3.24	Verano
Octubre	-3.27	Verano
Noviembre	25.63	Invierno
Diciembre	29.68	Invierno
Inclinación promedio en Invierno: $(27.43+19.91+10.14+25.63+29.68)/5=22.6^\circ$		
Inclinación promedio en Verano: $(-2.91-12.23-16.5-14.52-6.72+3.24-3.27)/7=-7.6^\circ$		

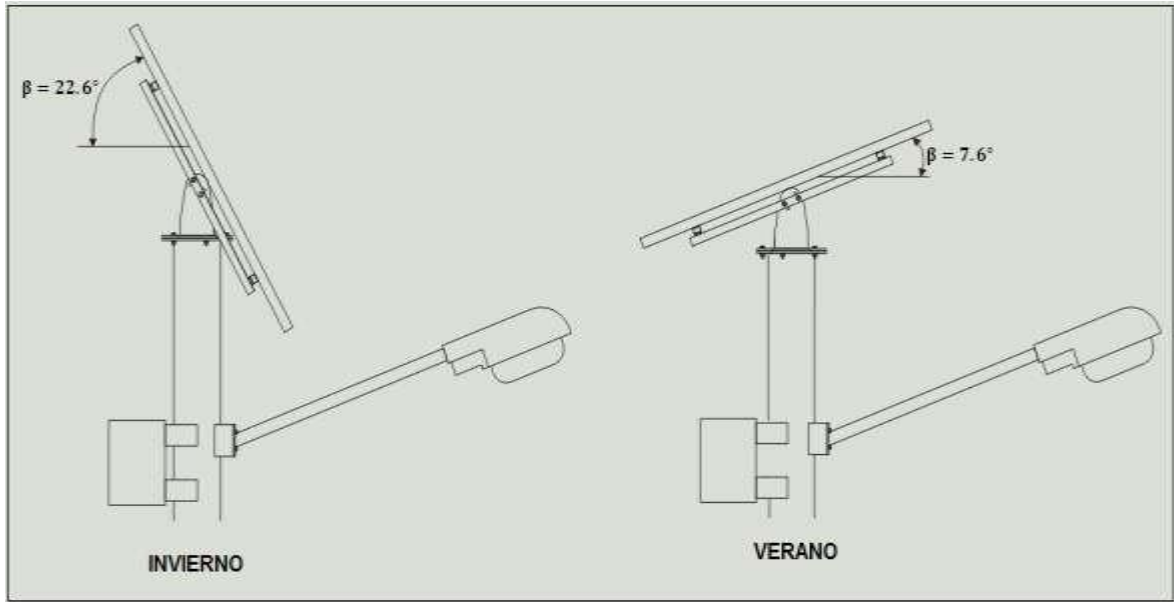


Figura 15: Posiciones del panel fotovoltaico en las estaciones de Invierno y Verano.

### 3.2. Selección de luminarias para el alumbrado público

En las Normas Técnicas Peruanas, el alumbrado público está nombrado por la ley de Concesiones Eléctricas D.L. N°25844 y su reglamento, el Código Nacional de Electricidad, la norma DGE “Alumbrado en Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución” es la actual norma y está en vigencia desde el 2003. Anexo A.3

La Norma establece que las Luminarias para revestimiento de asfalto, con calzada oscura en acceso de vías locales, la luminancia permitida debe ser entre  $(1-2) \frac{cd}{m^2}$ , la iluminancia entre (20-40) lux e índice de deslumbramiento entre (5-6).

Anexo A.3

Adicionalmente se debe seleccionar una luminaria con un grado de protección IP66 (contra polvo y agua, que son las condiciones a las que estarán expuestos los postes de alumbrado público, según la zona). Anexo A.4

También en la norma DGE “Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural” especifica que para el caso de luminarias de alumbrado público estas deben comprender potencias entre 50W a 70W.

Por lo consiguiente, del proveedor PHILIPS en luminarias LED para uso de alumbrado público seleccionamos el modelo: GREENVISION XCEED BRP371.

En la tabla 08, se detallan las principales características. Anexo A.5

Tabla 08: Características principales de la luminaria seleccionada

Proveedor de Luminaria en Perú	PHILIPS
Modelo de Luminaria LED	GREENVISION XCEED BRP371
Potencia consumida	55 Watts
Luminancia	$2,1 \frac{cd}{m^2}$
Iluminancia	28 lux
Índice de Deslumbramiento	5
Grado de Protección	IP66
Flujo luminoso	4 800 lm
Voltaje	220V AC
Vida útil	50 000 horas

### 3.3. Selección de los subsistemas de la fuente energética fotovoltaica.

#### a) Panel o módulo fotovoltaico (subsistema de captación de energía):

- Determinación de la energía máxima a entregar con paneles fotovoltaicos:

$$E_{\max} = \frac{P_L * t}{[1 - (K_B + K_c + K_R + K_x)] * \left[1 - \frac{(K_A * D_{\text{aut}})}{P_d}\right]}$$

Donde:

$P_L$ : Potencia de la luminaria LED, 55W

$t$ : Tiempo de alumbrado público, 12horas (6pm a 6am)

$K_B$ : Pérdida por rendimiento de la batería, 0,05

$K_c$ : Pérdida por convertidor o inversor, 0,05

$K_R$ : Pérdida por regulador o controlador, 0,01

$K_x$ : Pérdida en conductores y equipos de protección, 0,05

$K_A$ : Pérdida por auto descarga de la batería: para baterías estacionarias de plomo ácido especiales en sistemas solares, 0,005

$P_d$ : Perdidas por profundidad de descarga de la batería, 0,5

$D_{\text{aut}}$ : Perdidas por días de autonomía con baja o nula insolación, según la zona por la general de 2 a 3 días, consideramos 3días.

Por lo consiguiente la energía máxima, sería:

$$E_{\max} = \frac{55 * 12}{[1 - (0,05 + 0,05 + 0,01 + 0,05)] * \left[1 - \frac{(0,005 * 3)}{0,5}\right]}$$

$$E_{\max} = 810 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} = 0,810 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}$$

Finalmente, para determinar el número de paneles fotovoltaicos a utilizar (pretendiendo utilizar un solo panel fotovoltaico para cada poste de alumbrado público), del catálogo PROVIENTO SAC (Proveedor de paneles fotovoltaicos

ubicado en Perú -Lima), seleccionamos el panel fotovoltaico monocristalino modelo SM660-250W, con las siguientes características, tal como se muestra en la tabla 09. Anexo A.6.

Tabla 09: Parámetros principales del panel fotovoltaico seleccionado

Proveedor	PROVIENTO SAC
Panel Fotovoltaico monocristalino	SM660-250W
Potencia máxima entregada	250Watts
Número de celdas	60 (6*10) -156mm*156mm
Dimensiones del panel	1 640mmx992mmx40mm
Garantía de potencia	±3%
Tensión máxima	30,7V
Corriente máxima	8,15A
Eficiencia de los paneles	15,3%
Peso	19,1 Kg

Para garantizar, que se utilizara un solo panel fotovoltaico, determinaremos la energía máxima entregada por el panel fotovoltaico seleccionado.

$$(E_{\max})_p = P_{mp} * HPS * (1 - GP)$$

Donde:

$P_{mp}$ : Potencia máxima entregada o potencia máxima pico, 250W

HSP: Hora solar pico. Debido a que la irradiación solar es  $3,4 \frac{KWh}{m^2}$  por lo tanto, tenemos 3,4 HSP. ( $1HSP = \frac{KWh}{m^2}$ )

GP: Garantía de potencia más desfavorable o pérdida porcentual de potencia, 3%

$$(E_{\max})_p = P_{mp} * HSP * (1 - GP)$$

$$(E_{\max})_p = 250 * 3,4 * (1 - 0,03)$$

$$(E_{\max})_p = 825 \frac{Wh}{dia} = 0,825 \frac{KWh}{dia}$$

El número de paneles fotovoltaicos, por cada poste de alumbrado público serían:

$$N_p = \frac{E_{\max}}{(E_{\max})_p}$$

$$N_p = \frac{0,810 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}}{0,825 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}} = 0,982 \approx 1 \text{ panel fotovoltaico/poste}$$

**b) Baterías (subsistema de acumulación):**

- Capacidad del acumulador:

$$C_{\text{Bateria}} = \frac{E_{\max} * D_{\text{aut}}}{V * P_d}$$

Donde:

V: Voltaje o tensión de la batería, 12V

$E_{\max}$ : Energía máxima,  $810 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$

$D_{\text{aut}}$ : Perdidas por días de autonomía con baja o nula insolación, 3días.

$P_d$ : Perdidas por profundidad de descarga de la batería, 0,5

Reemplazando:

$$C_{\text{Bateria}} = \frac{810 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} * 3 \text{ dia}}{12\text{V} * 0,5} = 405\text{Ah}$$

Por lo consiguiente del catálogo AUTOSOLAR (Proveedor de baterías en Perú para energías renovables), seleccionamos la Batería estacionaria GEL - VRLA (batería de ácido-plomo regulada por válvula), modelo BAE 12V 431Ah. Anexo A.7

En la tabla 10, se detallan las principales características de la batería.

Tabla 10: Características de la batería o acumulador

Empresa Proveedor	AUTOSOLAR
-------------------	-----------

Tipo de batería	GEL - VRLA
Condición de la batería	Estacionaria
Tipo de uso	Energías renovables (sistemas fotovoltaicos)
Modelo	BAE 12V 431Ah
Voltaje	12V (2V/celda – 6 celdas)
Capacidad máxima del acumulador	431Ah

### c) Controlador (subsistema de regulación):

Debido a que el panel fotovoltaico opera a una tensión máxima de 30,7V es necesario la instalación de un controlador para proteger las baterías aumentando su vida útil, ya que operan a una tensión máxima de 12V.

Para seleccionar un controlador se debe calcular la máxima corriente al ingreso del controlador, teniendo:

- Amperaje máximo al ingreso del controlador:

$$I_{\text{max entrada}} = I_{SC} * fs$$

Donde:

$I_{SC}$ : Corriente máxima en corto circuito del panel fotovoltaico, 8,80A (Ver Anexo A.6)

$fs$ : Factor de servicio (se considera un 25% superior a la corriente en corto circuito del panel fotovoltaico), 1,25

Reemplazando:

$$I_{\text{max entrada}} = 8,80A * 1,25 = 11A$$

En consecuencia se debe instalar un convertidor de 12V con una corriente superior a 11A. Del Catálogo de MORNINGSTAR, seleccionamos el controlador, modelo: Prostar PS-15 con un amperaje máximo de 15A. Anexo A.8

En la tabla 11, se detallan las principales características del controlador. Tabla 11: Características principales del controlador

Proveedor	MORNINGSTAR
Modelo	Prostar PS-15
Voltaje de operación	12V
Amperaje máximo	15A

**d) Inversor (Subsistema de adaptación de corriente):**

Debido al uso de luminarias con onda senoidal pura de 220V CA y 60Hz, se debe instalar un inversor de CC a CA.

Un inversor se debe seleccionar bajo la característica máxima de potencia de salida, es decir se debe seleccionar un inversor con una potencia superior a la potencia de la luminaria de 55W. El inversor se regulara con un voltaje de entrada de 12VCC y 220VCA de salida.

Del catálogo ATERSA de Inversores, seleccionamos el modelo BCR-150-12. En la tabla 12, se detallan los valores característicos a los cuales trabajaría el inversor seleccionado. Anexo A.9

Tabla 12: Rangos de valores del inversor

Proveedor	ATERSA
Modelo	BCR-150-12
Característica	Onda senoidal pura
Potencia de salida	150W
Rango de voltaje a la entrada en CC	De 10 a 16 VCC
Rango de voltaje a la salida en CA	De 200 a 240 VCA
Frecuencia	60Hz

**e) Selección de conductores eléctricos:**

El cálculo, se basara exclusivamente a través de las normas del Cogido nacional de electrificación.



El dimensionamiento y selección de las secciones o áreas transversales de los cables conductores se distinguirá entre la parte de la instalación que funciona en corriente continua y la parte de la instalación que funciona en corriente alterna.

Todos los tramos se van a componer de dos conductores activos (positivo y negativo) en cable de cobre duro con aislamiento y cubierta en PVC a 70°C. Con caídas de voltaje no superiores al 1,5% y calibres de alambre con sección normalizada en mm<sup>2</sup> según lo estipula el código nacional de electrificación del Perú.

□ Tramo: Panel fotovoltaico – Controlador

Según la formulación para la sección de conductores en corriente continua, sería:

$$S = \frac{2 * \rho * I * L}{\delta}$$

Donde:

$\rho$ : Resistividad del cobre a 70°C, depende de la resistividad del cobre a 20°C el cual es  $0,01790 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$  y del coeficiente térmico  $0,00382^\circ\text{C}^{-1}$  (Anexo A.10). Por lo tanto la resistividad a la temperatura máxima de la cubierta de PVC, sería:

$$\rho = \rho_{20^\circ\text{C}} * (1 + \alpha * \Delta T) = 0,01790 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * (1 + 0,00382^\circ\text{C}^{-1} * (70 - 20)^\circ\text{C})$$

$$\rho = 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

I: Corriente máxima en corto circuito del panel fotovoltaico, 8,80A (Ver Anexo A.6)

L: Longitud máxima entre panel y controlador, 3m

$\delta$ : caída de voltaje máxima permitida. El panel fotovoltaico tiene un voltaje máximo de 30,7V (Ver Anexo A.6) por lo tanto tendríamos:

$$\delta = 0,015 * 30,7 = 0,4605\text{V}$$

Reemplazando:

$$S = \frac{2 * 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 8,80\text{A} * 3\text{m}}{0,4605\text{V}}$$

$$S = 2,44 \text{ mm}^2$$

Normalizando de acuerdo con la sección mínima, tendríamos un conductor de 2,5 mm<sup>2</sup>, Anexo A.10

- Tramo: Controlador – Batería:

Datos:

$$L = 0.5 \text{ m}$$

$$\delta = 0,015 * 12V = 0,18V$$

$$I = 8,80A$$

$$\rho = 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Reemplazando:

$$S = \frac{2 * 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 8,80A * 0,5\text{m}}{0,18V}$$

$$S = 1,04 \text{ mm}^2$$

Normalizando de acuerdo con la sección mínima, tendríamos un conductor de 2,5 mm<sup>2</sup>, Anexo A.10

- Tramo: Controlador – Inversor:

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$V = 12V$$

$$\delta = 0,015 * 12V = 0,18V$$

$$I = 8,80A$$

$$\rho = 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Reemplazando:

$$S = \frac{2 * 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 8,80\text{A} * 0,5\text{m}}{0,18\text{V}}$$

$$S = 1,04 \text{ mm}^2$$

Normalizando de acuerdo con la sección mínima, tendríamos un conductor de 2,5 mm<sup>2</sup>, Anexo A.10

- Tramo: Inversor - Luminaria:

$$L = 3 \text{ m}$$

$$V = 220\text{V}$$

$$\delta = 0,015 * 220\text{V} = 3,3\text{V}$$

$$I = \frac{P}{V} * fs = \frac{55\text{W}}{220\text{V}} * 1,25 = 0,3125\text{A}$$

$$\rho = 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Reemplazando:

$$S = \frac{2 * 0,02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 0,3125\text{A} * 3\text{m}}{3,3\text{V}}$$

$$S = 0,012 \text{ mm}^2$$

Normalizando de acuerdo con la sección mínima, tendríamos un conductor de 2,5 mm<sup>2</sup>, Anexo A.10

#### f) Sistema de protección:

Como protecciones utilizaremos fusibles para la parte de corriente continua e Interruptores termo magnéticos y diferenciales para la parte de corriente alterna.

- Interruptor automático termomagnético:

Se determina a través de la corriente máxima entre el inversor y la luminaria, siendo 0,3125A, es decir se tiene que seleccionar un interruptor termomagnético con un amperaje superior.

Del catálogo SICA, seleccionamos el interruptor termomagnético, serie SicaLimit 782101 unipolar. Anexo A.11

Tabla 13. Interruptor automático termomagnético

Empresa	SICA
Tipo de interruptor	Automático Termomagnético
Serie	SicaLimit 782101 unipolar
Amperaje	1A

- Interruptor automático diferencial

De conformidad con la Regla 150-400 del Código Nacional de electricidad, el amperaje requerido para la protección de personas en una instalación eléctrica debe ser de 30mA, se seleccionó del catálogo SICA un interruptor diferencial bipolar. Anexo A.12

Tabla 14: Interruptor automático diferencial

Empresa	SICA
Tipo de interruptor	Automático diferencial
Montaje	Riel DIN 35mm
Rango de corriente diferencial	10-30mA
Amperaje nominal	16A
Voltaje nominal	220V(240V)

- Fusibles:

Si la corriente máxima de corto circuito en el panel fotovoltaico es 8,8A. Se tiene que seleccionar fusibles con una intensidad superior. Del catálogo BUSSMANN de fusibles para sistemas fotovoltaicos se seleccionó el modelo PV-10A10F con una capacidad nominal de 10A. Anexo A.13

Tabla 15: Características principales de los fusibles

Empresa	COOPER BUSSMANN
Modelo	PV-10A10F
Tipo de uso	Sistemas fotovoltaicos
Amperaje nominal	10A

- Puesta a tierra:

Por ultimo como medida adicional de protección se tiene en cuenta realizar una puesta a tierra independiente, la cual constará en realizar un espiralado de cable de cobre desnudo siendo este enterrado 1m al pie de cada poste, debiendo tener las siguientes características de armado:

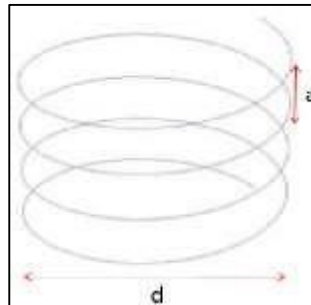


Figura 16: Espiral de alambre de cobre para puesta a tierra. (Elaboración propia)

Donde:

$n$  : Número de vueltas del espiral = 4

$a$  : Altura entre vueltas del espiral = 0,1m

$d$  : Diámetro del espiral = 0,3m

$l$  : Longitud del espiral =  $\left(2 * \pi * \frac{d}{2}\right) * n = \left(2 * \pi * \frac{0,3}{2}\right) * 4 \cong 4m$

En la figura 17, se detallan los resultados de la fuente energética fotovoltaica a instalar para el alumbrado público comprendido entre la UCV filial Tarapoto hasta el punto de ingreso al distrito de Tarapoto.

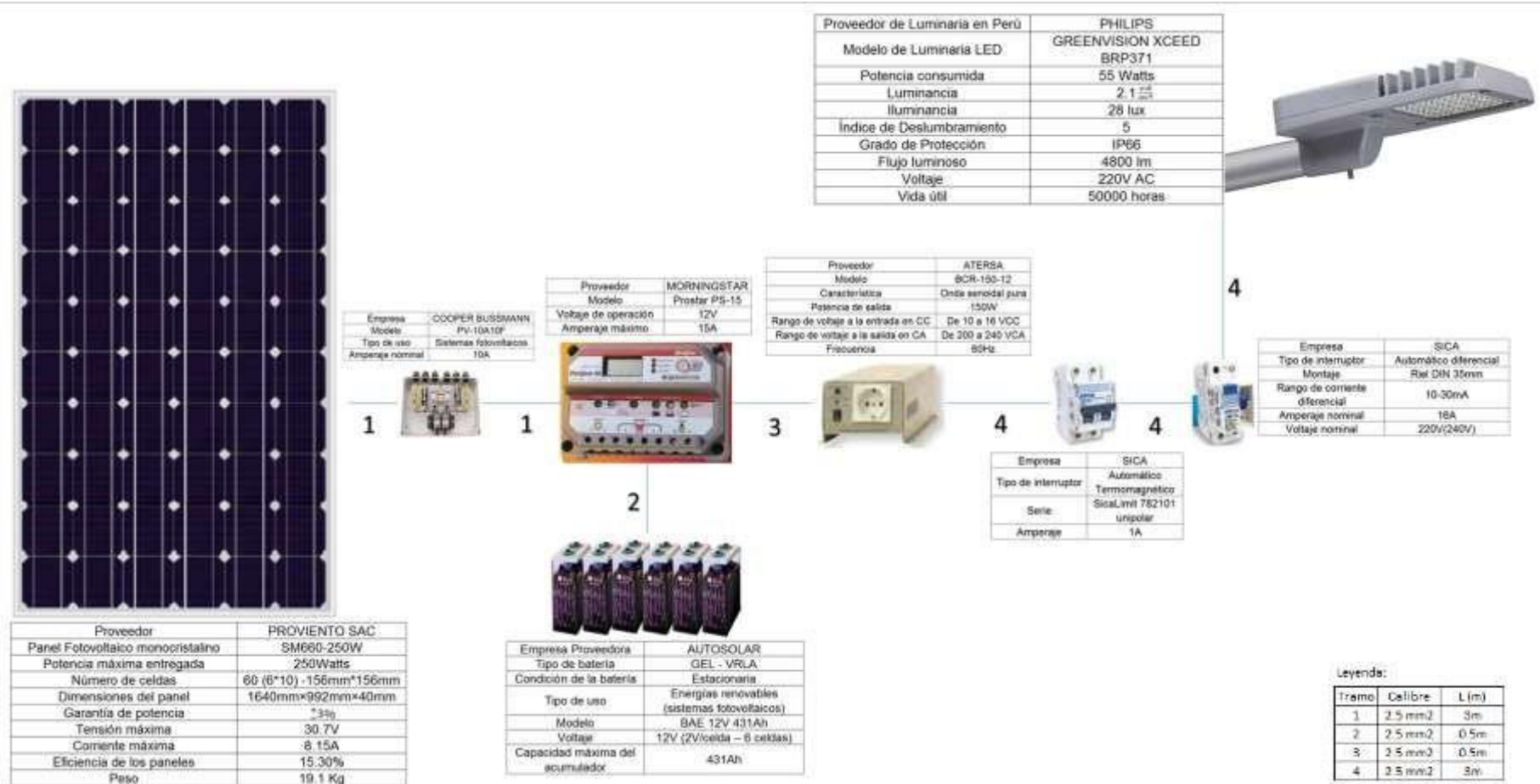


Figura 17: Fuente energética fotovoltaica. (Fuente: Elaboración propia)

### 3.4. Cálculo mecánico de los postes de alumbrado publico

Según el Código Nacional de electricidad en la Norma técnica peruana aprobada por INDECOPI NTP339.027 “Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural”. Anexo A.14

Detalla que los postes de alumbrado de carreteras deben ser de Hormigón (Concreto) con una altura de 8m expuestos a condiciones ambientales tales como:

- Humedad Relativa promedio: de 50 a 100%
- Altitud sobre el nivel del mar: Máximo hasta 4 500m
- Temperatura ambiental promedio: desde -10°C hasta 30°C

La zona a electrificar con paneles fotovoltaicos posee las siguientes condiciones ambientales:

- Humedad Relativa promedio: 78,5%
- Humedad Relativa máxima: 80%
- Humedad Relativa mínima 77%
- Temperatura promedio anual: 26°C
- Temperatura máxima 38.6°C
- Temperatura mínima 13.5°C
- Altitud sobre el nivel del mar: 278m
- Velocidad del viento máxima: 4,9Km/h

Tabla 16: Cuadro comparativo para el uso de postes de Hormigón

Variable	Humedad	Temperatura	Altitud
NTP339.027	(50-100)%	(-10-30)°C	(0-4500)msnm
Zona a electrificar	78,5%	26°C	278msnm
Condición	Cumple	Cumple	Cumple

Por lo expuesto, resulta satisfactorio el uso de postes de hormigón (concreto) de 8m de altura, para el alumbrado de la carretera de 2,13Km. En el anexo A.14, se detallan los principales accesorios y especificaciones de un poste de alumbrado público.

□ Cimentación:



En la tabla 17, se detallan las principales masas y pesos, los cuales serán soportados por la cimentación del poste.

Tabla 17: Masas y pesos de todos los equipos

Fuente energética fotovoltaica	Masas y pesos
Panel Fotovoltaico	19,90Kg (195,22N)
Controlador	0,34Kg (3,34 N)
Inversor	2,5Kg (24,53 N)
Interruptor Termomagnético	0,1Kg (0,98 N)
Interruptor Diferencial	0,24Kg (2,35 N)
Luminaria	6,8 Kg (66,71 N)
Batería	26Kg (255,06 N)
Peso provocado por la fuerza del viento (Ver Anexo A.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área del panel: <math>1,640 \times 0,992 = 1,63 \text{ m}^2</math></li> <li>- Velocidad del viento en la zona: 4,9Km/h -</li> <li>- Coeficiente para superficies planas: 0,007 -</li> <li>- Presión del viento:  <math display="block">P = 0,007 * (4,9)^2 = 0,17 \text{ Kg/m}^2</math> </li> <li>- Masa: <math>0,17 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 1,63 \text{ m}^2 = 0,28\text{Kg}</math></li> <li>- Peso: 2,75N</li> </ul>
Poste de concreto (Del proveedor POSTES DEL NORTE para una longitud de 8m, base de 267mm y cima de 140mm )	600Kg (5 886 N)
Otros (Pastorales, abrazaderas, pernos, cables, cajas)	50Kg (490,5)
Masa y Peso Total	706,16 Kg (6 927,42 N)
Factor de seguridad sugerido (Anexo A.10)	2
Masa y peso neto	1 412,32 Kg (13 854,84 N)

- Dimensiones de la cimentación: a)

Profundidad:

En el anexo A.10, del Código Nacional de electricidad, la profundidad de empotramiento de los postes es:

$$\text{Profundidad} = \left( \frac{H}{10} + 0,60 \right) \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = \left( \frac{8}{10} + 0,60 \right) \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = 1,4 \text{ m}$$

b) Ancho y largo:

$$b^2 = \frac{W_n}{(\sigma_{\text{adm}})_{\text{terreno}} - \gamma_{\text{terreno}} * P}$$

Donde:

$W_n$ : Peso neto, 13 854,84 N P:

Profundidad, 1,4m

b: Ancho y largo del cemento

$(\sigma_{\text{adm}})_{\text{terreno}}$ : Esfuerzo admisible del terreno, la carretera a electrificar posee un tipo de terreno tipo arcilla blanda, con un esfuerzo de 100 KPa. Anexo A.15

$\gamma_{\text{terreno}}$ : Peso específico, para suelos de arcilla blanda es  $1,7 \frac{\text{T}}{\text{m}^3} \left( \frac{16\,677 \text{ N}}{\text{m}^3} \right)$

Anexo A.16

Reemplazando:

$$b^2 = \frac{13\,854,84}{100\,000 - (16\,677 * 1,4)}$$

$$b = 0,425 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$$

Se tendría que comprobar que el esfuerzo máximo por aplastamiento es menor al esfuerzo admisible del terreno.

$$\sigma_{\text{efectuado}} < (\sigma_{\text{adm}})_{\text{terreno}}$$

$$\frac{W_n}{A} < 100\,000\text{Pa}$$

$$\frac{13\,854,84\text{ N}}{0,5\text{m} * 0,5\text{m}} < 100\,000\text{Pa}$$

$$55\,419,4\text{ Pa} < 100\,000\text{Pa}$$

Finalmente, la cimentación del poste tendrá dimensiones tales como: profundidad 1,4m, largo 0,5m y ancho 0,5m.

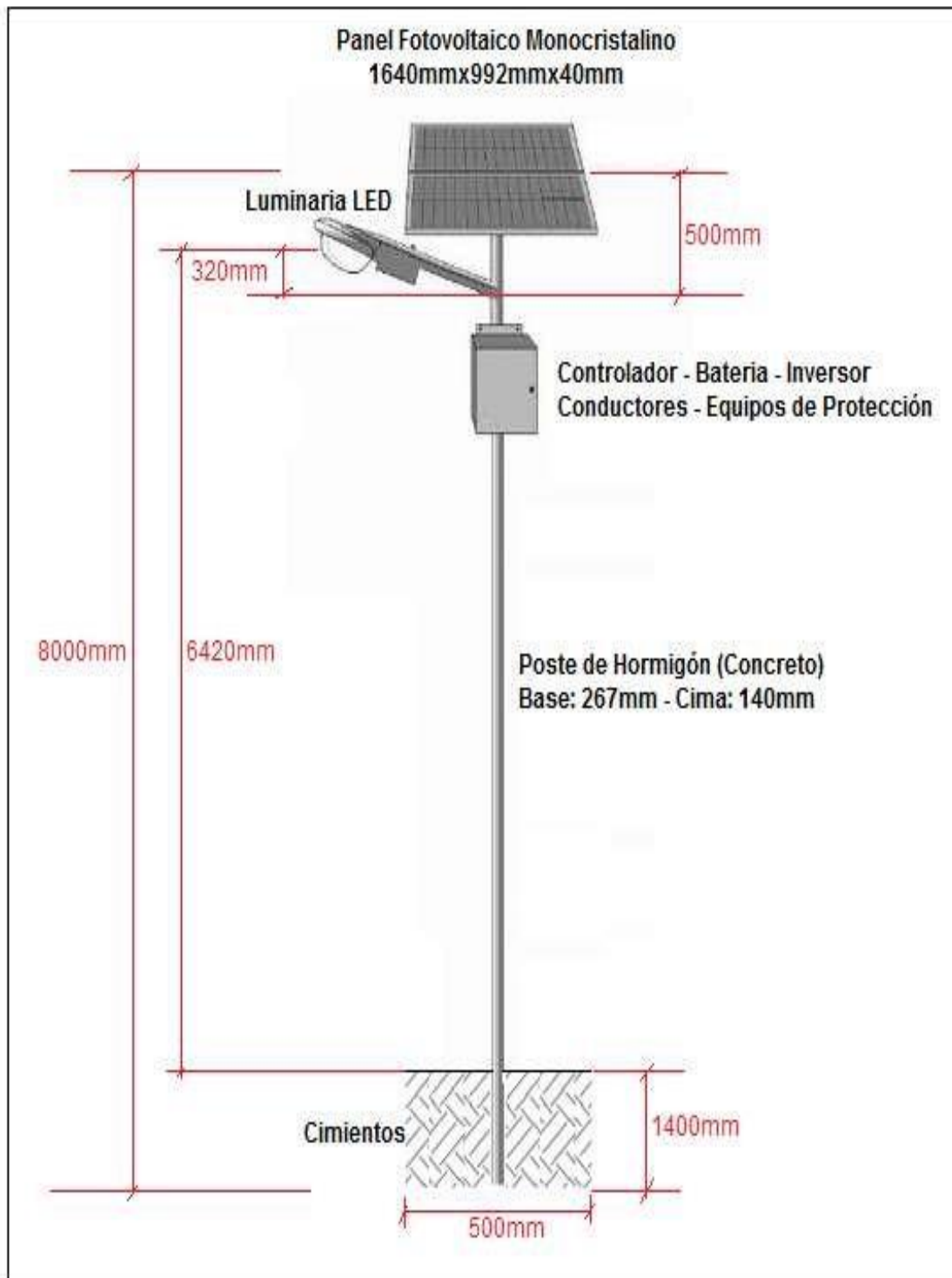


Figura 18: Dimensiones del poste de alumbrado público

- Distancia entre poste y poste:

Para determinar la distancia entre postes, se procederá de la siguiente manera:

- Primero, establecemos el flujo luminoso:

Del catálogo de la luminaria seleccionada el flujo luminoso es: (Anexo A.5)

$$\Phi = 4\,800 \text{ ln}$$

- Segundo, establecemos el ancho de la calzada: (ancho a iluminar)

$$A = 5\text{m}$$

- Tercero, establecemos la altura útil del poste de alumbrado:

Según la figura 18, la distancia desde la superficie de la tierra hacia la luminaria es:

$$H = 6,42\text{m}$$

- Cuarto, establecemos el factor por mantenimiento: (Tabla 05)

$$f_m = 0,80$$

- Quinto, establecemos iluminancia media sobre la calzada: (Anexo A.5)

$$E_m = 28 \text{ lux}$$

- Sexto, establecemos el factor de utilización:

Tal como se detalla en la figura 19, el factor de utilización sería:

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0,16 + 0,28$$

$$\eta = 0,44$$

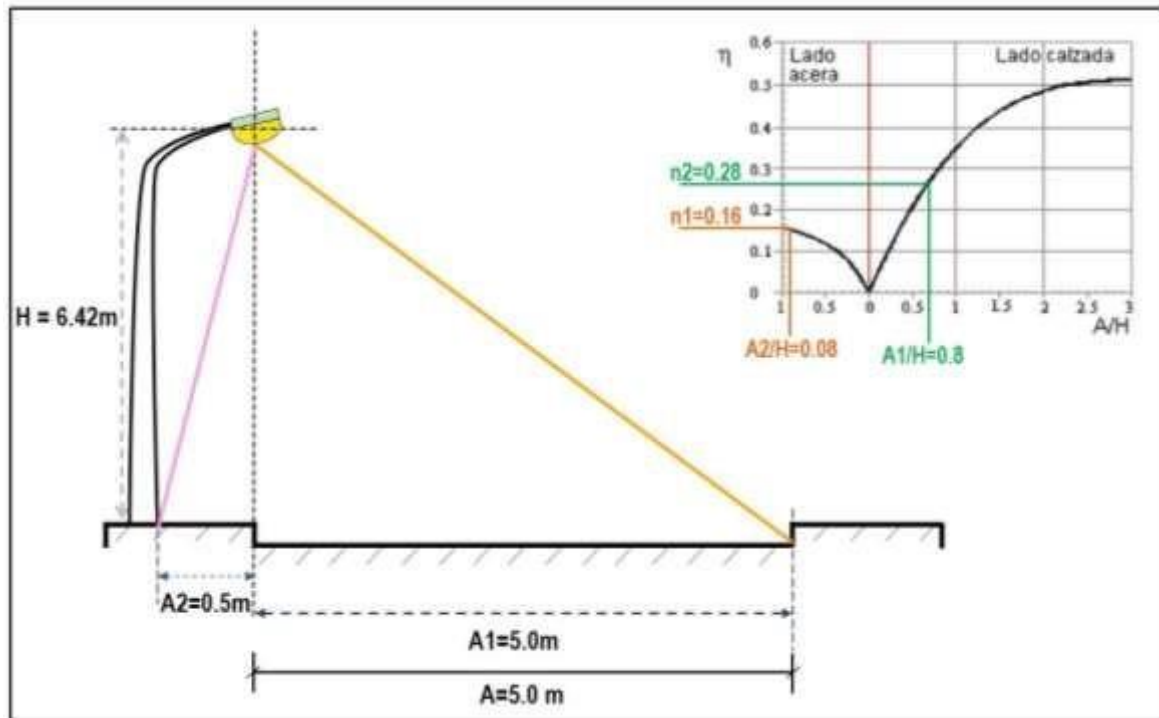


Figura 19: Factores de utilización con respecto al lado de la acera y calzada.

(Fuente: Elaboración propia)

De la siguiente formulación, determinamos la distancia entre poste y poste.

$$d = \frac{\eta * f_m * \Phi}{A * E_m}$$

Reemplazando:

$$d = \frac{0,44 * 0,8 * 4\ 800\text{ln}}{5\text{m} * 28\text{lux}}$$

$$d \cong 12\text{m}$$

De acuerdo a lo obtenido y deseando lograr un distanciamiento mayor, considerando según los parámetros calculados, no solo se obtendría un alumbrado totalmente homogéneo en toda la calzada sino, además de ello, teniendo en cuenta que la capacidad de iluminancia que otorga la luminaria seleccionada de 28 lux (AnexoA.5), está por encima del valor mínimo establecido por la norma, la que indica 20 lux (AnexoA.3).

Según lo expresado, se plantea considerar nuevamente el valor mínimo que establece la norma para el nivel de iluminancia, y así determinar un nuevo distanciamiento entre postes.

$$d = \frac{0,44 * 0,8 * 4\ 800\text{ln}}{5\text{m} * 20\text{lux}}$$

$$d \cong 16\text{m}$$

Con lo resuelto se obtiene un mejor distanciamiento entre postes.

Se requiere electrificar 2 130m, para lo cual se necesitará instalar:

$$N_{\text{postes}} = \frac{2\ 130\text{m}}{16\text{m}}$$

$$N_{\text{postes}} = 133$$

Finalmente, se requiere instalar 133 postes con una distancia entre postes de 16m.

### 3.5. Análisis económico.

#### a) Inversión en activos fijos

En la tabla 18, se detalla los costos de inversión en activos para el alumbrado autónomo único y alumbrado total.

Tabla 18. Inversión en activos fijos

<b>Activo fijo</b>	<b>Costo en Alumbrado Autónomo Único, \$</b>	<b>Costo en Alumbrado Total \$</b>
Panel Fotovoltaico monocristalino, SM660-250W, 1640mmx992mmx40mm, 30.7V, 8.15A	350	46 550
Luminaria LED, GREENVISION XCEED BRP371 PHILIPS, 55W, 4800lumenes, 200V AC	110	14 630
Batería estacionaria, BAE 12V 431Ah, 12V, 431Ah	1 435	190 855
Controlador, Prostar PS-15, 12V, 15A	210	27 930
Inversor de onda senoidal pura, 150VA, BCR-150-12, 12VCC, 220VCA	150	19 950
Interruptor Automático Termomagnético, SicaLimit 782101 unipolar, 1A	15	1 995
Interruptor automático diferencial, Riel DIN 35mm, 30mA, 16A, 220V	19	2 527
Fusibles, PV-10A10F, 10A	8	1 064
Conductor eléctrico, Panel fotovoltaico-controlador, 2.5mm <sup>2</sup> , 8.80A, 30.7V, 3m	3	399
Conductor eléctrico, controlador-batería, 2.5mm <sup>2</sup> , 8.80A, 12V, 0.5m	0,5	66,5
Conductor eléctrico, batería-inversor, 2.5 mm <sup>2</sup> , 8.80A, 12V, 0.5m	0,5	66,5
Conductor eléctrico, inversor-luminaria, 2.5mm <sup>2</sup> , 0.3125A, 220V, 3m	3	399
Espiral de alambre de cobre, para puesta a tierra,	6	798



2.5 mm <sup>2</sup> , 11m		
Caja de protección metálica de batería, inversor, controlador, equipos de protección, 0.60mx20cmx20cm	23	3 059
Poste de hormigón, pastoral y accesorios, 8m, cima 0.267m, base 0.140m	1 510	200 830
Base de concreto, 1.4mx0.5mx0.5m	50	6 650
Mano de obra	350	46 550
Costo Total	<b>4 243</b>	<b>564 319</b>

### b) Beneficio útil

En la actualidad, en los sistemas de alumbrado público convencionales conectados al SEIN (Servicio Eléctrico Interconectado Nacional), en el Departamento de San Martín, Electro Oriente SA es la empresa encargada del suministro de energía eléctrica, la cual tiene un costo de electrificación en alumbrado público BT5 de 0,24\$/KWh.

En la actualidad Electro Oriente SA, utiliza luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión, modelo SON-T plus de 400W, con un tiempo de operación de 12h/día en alumbrado durante 365 días, es decir 4 380h/año.

Por lo consiguiente, el beneficio a obtener sería:

$$B_{\text{util}} = \frac{0,24\$}{\text{KWh}} * 0,40\text{KW} * \frac{4\,380\text{h}}{\text{año}} * 133$$

$$B_{\text{util}} = 55\,924 \frac{\$}{\text{año}}$$

### c) Retorno operacional de la inversión:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficio}} = \frac{564\,319 \$}{55\,924 \frac{\$}{\text{año}}}$$

$$\text{ROI} = 10 \text{ años}$$

## 3.6. Análisis financiero:

Para el análisis financiero, tenemos los siguientes datos de entrada:

Beneficio:  $55\,924 \frac{\$}{\text{año}}$

Inversión: 564 319\$

Se consultó al BCP (Banco de Crédito del Perú) el cual otorga financiamientos para cogeneración de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos, con tasas de interés del 11% con un periodo no mayor a 15 años.

Utilizando las ecuaciones (15) y (16) del valor actual neto y tasa interna de rentabilidad respectivamente, se obtuvieron los siguientes resultados en la tabla 19.

Tabla 19: Herramientas financieras VAN Y TIR

ALUMBRADO PÚBLICO PROYECTO CARRETERA UCV FILIAL TARAPOTO - DISTRITO MORALES CÁLCULO VAN Y TIR - BCP (BANCO DE CREDITO DEL PERÚ)		
Años	Flujo de Fondos	Movimientos en el Periodo - Año
Inversión	<b>-\$564 319</b>	Costo Inicial del Proyecto
1	\$55 924	Beneficios Netos anuales
2	\$55 924	Beneficios Netos anuales
3	\$55 924	Beneficios Netos anuales
4	\$55 924	Beneficios Netos anuales
5	\$55 924	Beneficios Netos anuales
6	\$55 924	Beneficios Netos anuales
7	\$55 924	Beneficios Netos anuales
8	\$55 924	Beneficios Netos anuales
9	\$55 924	Beneficios Netos anuales
10	\$55 924	Beneficios Netos anuales
11	\$55 924	Beneficios Netos anuales
12	\$55 924	Beneficios Netos anuales
13	\$55 924	Beneficios Netos anuales
14	\$55 924	Beneficios Netos anuales
15	\$55 924	Beneficios Netos anuales
Total Ingresos	\$838 860	
Tasa de interés:	11.00%	
<b>TIR</b>	<b>5%</b>	<b>Tasa interna de Retorno</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 402 142</b>	<b>Valor Actual Neto</b>

## **IV.DISCUSIÓN**

4.1. En el estudio de Flores (2011), en su tesis “La energía fotovoltaica para la reducción en el costo de la energía eléctrica, para el laboratorio de automatización en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad César Vallejo – Trujillo”, estableció los procedimientos para trabajar con un sistema autónomo como son:

panel fotovoltaico, batería, controlador e inversor de carga. Bajo este mismo criterio de autonomía se seleccionó la fuente energética fotovoltaica para cada poste de alumbrado público. Por otro parte en tal estudio se seleccionaron 5 paneles fotovoltaicos policristalino con una energía requerida unitaria de 1 092Wh/día con un beneficio de 869,25 dólares/año, inversión de 4 675 dólares y ROI de 20 años, mientras que para el alumbrado público se utilizaron 133 paneles fotovoltaicos monocristalino con una energía requerida unitaria de 810Wh/día, con un beneficio de 55 924 dólares/año, inversión de 564 319 dólares y ROI de 10 años. Cabe resaltar que los paneles policristalino tienen un precio relativamente más bajo sobre los paneles monocristalino, pero tienen una corta vida útil.

4.2. En el estudio de Muñoz (2011), en su tesis: “Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país”. Detalla paso a paso el procedimiento de instalación y cálculo de un sistema fotovoltaico autónomo para la cogeneración de energía eléctrica a viviendas que no tienen acceso a la red eléctrica, bajo dichos fundamentos de instalación y cálculo se dimensiono y se seleccionó la fuente energética fotovoltaica para los postes de alumbrado público.

4.3. En el estudio de Ángeles, De Jesús & Rosales (2009), en su tesis: “Propuesta de alumbrado público por medio de celdas fotovoltaicas con luminarias tipo leds para la manga, Municipio de la Yesca en el estado de Nayarit”, explica que un panel fotovoltaico policristalino puede funcionar sin falla hasta 15 años a excepción de las baterías de plomo ácido que solamente están garantizadas por 5 años. En comparación a la fuente energética que se utiliza paneles fotovoltaicos monocristalino con 25 años y baterías de Gel de 20 años de garantía de vida.

4.4. En el análisis de irradiación solar, se consideraron los datos promedios mensuales de la estación de meteorología ubicada en el Distrito de Juan Guerra a 15Km en promedio de la carretera a electrificar, para lo cual se consideró el valor más bajo de irradiación solar, siendo este  $3,4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}$  considerando este valor para poder obtener las mejores especificaciones técnicas de los equipos de la fuente energética fotovoltaica y así no difieran en su rendimiento de operación.

4.5. En el análisis económico, se tomó el costo unitario de electrificación de alumbrado público en la tarifa BT5 de 0,24\$/KWh, siendo este el valor actual hasta la fecha, considerado por la empresa Electro Oriente SA. Utilizando luminarias de vapor de sodio de alta presión de 400W, con tiempos de operación máximos de 12h/día para alumbrado de vías principales.

## V. CONCLUSIÓN

5.1. Se concluye que la irradiación solar anual promedio, según la ubicación geográfica de la carretera para el alumbrado público, es de  $3,4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}$ . Por otra parte se estableció que los paneles fotovoltaicos tengan un ángulo de inclinación de  $22,6^\circ$  en invierno y  $-7,6^\circ$  en verano para aprovechar en gran magnitud la irradiación.

5.2. La Luminaria más óptima para el alumbrado público debe de ser de una potencia 55W, modelo GREEN VISIÓN X CEED BRP 371 de 4 800 lúmenes. Obteniendo mejor rendimiento en vida útil frente a las lámparas convencionales de vapor de sodio.

5.3. Los elementos de la fuente energética fotovoltaica fueron seleccionados de proveedores establecidos en el Perú, obteniendo los siguientes modelos de fabricación: Panel fotovoltaico monocristalino SM660–250W, Batería estacionaria GEL–VRL, controlador PROSTAR PS-15, inversor BCR-150-12, conductores normalizados de 2.5 mm<sup>2</sup>, interruptor automático termomagnético SICALIMIT 782101 unipolar, interruptor automático diferencial RIEL DIN 35mm y fusibles PV10A10F. seleccionando los mejores materiales para obtener una vida máxima del sistema de 25 años.

5.4. Mediante el cálculo mecánico y de alumbrado de vías, según lo indica el Código Nacional de Electricidad, se concluye que los postes alumbrado público deben ser de hormigón por las condiciones climáticas de la selva, de 8m de altura, con base de 267mm y cima de 140mm características del Proveedor Postes del Norte, con cimientos de 1,4m de profundidad, 0,5m de ancho y 0,5 m de largo. Los postes estarán separados a una distancia optimizada de 16m, obteniendo 133 postes en una longitud de carretera de 2 130m.

5.5. El sistema fotovoltaico tiene un retorno operacional de la inversión de 10años, para lo cual la inversión inicial asciende a 564 319 \$, para la instalación de los 133 postes de alumbrado público. Logrando un beneficio útil  $55\,924 \frac{\$}{\text{año}}$

## **VI.RECOMENDACIONES**

6.1. Se recomienda que el estudio de electrificación con energía solar fotovoltaica para el alumbrado público de la carretera que une la Universidad Cesar Vallejo con el ingreso al Distrito de Morales, debe ser sustentado ante las autoridades locales, organizaciones de base del distrito, autoridades provinciales, Gobierno Regional y especialmente con la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas.



6.2. Se recomienda la instalación de paneles fotovoltaicos monocristalinos como se especifica en el presente estudio debido a que su tiempo de vida máximo es de 25 años frente a paneles fotovoltaicos policristalinos con una vida máxima de 15 años.

6.3. Se recomienda cambiar el ángulo de inclinación de 22,6° en invierno y -7,6° en verano para aprovechar en gran magnitud el valor promedio de la irradiación según la zona de  $3,4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}$ .

6.4. Se recomienda para la instalación del panel fotovoltaico se diseñe un soporte pivotante, el cual facilitara cambiar el ángulo de inclinación calculado para los meses de invierno y verano.

6.5. Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo periódico para así prolongar la vida útil de los componentes y el sistema fotovoltaico.

6.6. Se recomienda realizar un análisis con el uso de luminarias Led alimentados por corriente DC para así evitar el uso de un inversor.

6.7. Se recomienda el acoplamiento con la red de distribución eléctrica ya que es inminente el crecimiento de la red, lo que transformaría el sistema de tipo aislado autónomo en un sistema mixto, puesto que el nuevo sistema que puede o no utilizar la batería, quedando esta última con la opción de ser requerida en casos emergentes.

## VII. REFERENCIAS

**Ángeles, De Jesus & Rosales. 2009.** Instituto Politécnico Nacional. *Propuesta de alumbrado público por medio de celdas.* [En línea] 01 de Enero de 2009. [Citado el: 12 de Octubre de 2015.] <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/8955/1/PROPALUM.pdf>.

**Atersa. 2005.** Grupo Elecnor. *Inversores .* [En línea] 13 de Abril de 2005. [Citado el: 4 de Noviembre de 2015.] <http://www.atersa.com/img/201442513331.pdf>.

**Bussmann, Cooper. 2005.** Energía Solar. *Fusibles* . [En línea] 15 de Septiembre de 2005. [Citado el: 25 de Octubre de 2015.] <http://www1.cooperbussmann.com/pdf/ac081fe4-0e32-4885-a3ee2642c41d1584.pdf>.

**Catalan, Electricidad J. 2012.** La Protección IP. *Norma Técnica de electrificación* [En línea] 18 de Mayo de 2012. [Citado el: 20 de Octubre de 2015.] <http://www.electricidadjcatlan.com/la-proteccion-ip/>.

**Delta. 2010.** Energías renovables. *Breve historia de la energía Fotovoltaica*. [En línea] 01 de Enero de 2010. [Citado el: 04 de Agosto de 2015.] <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar>.

**Earth, Google. 2015.** Ubicación Geografica . *Distancia UCV - Distrito de Morales*. [En línea] 01 de Enero de 2015. [Citado el: 5 de Octubre de 2015.] <http://www.softonic.com/s/google-earth-actualizado-2015-en-esp%C3%B1ol>.

**Eléctricas, Soluciones. 2001.** Sica . *Interruptores Diferenciales* . [En línea] 7 de Febrero de 2001. [Citado el: 17 de Octubre de 2015.] [http://www.sicaelec.com/upload/1/37/a\\_1397735961\\_1742179835.pdf](http://www.sicaelec.com/upload/1/37/a_1397735961_1742179835.pdf).

**Electricidad, Código Nacional de. 2000.** Ministerio de Energía y Minas . *Dirección General de Electricidad* . [En línea] 5 de Junio de 2000. [Citado el: 12 de Octubre de 2015.] <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rm303-78em-vme.pdf>.

**Electricidad, Dirección General de. 2002.** Ministerio de Energía y Minas . *Norma Técnica DGE - Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución*. [En línea] 10 de Marzo de 2002. [Citado el: 12 de Noviembre de 2015.] <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/Normaltecnicaalumbrado.pdf>.

**Fotovoltaicos, Teoría de Módulos. 2007.** Energía Solar Fotovoltaica . [En línea]

8 de Junio de 2007. [Citado el: 5 de Septiembre de 2015.]  
<http://edii.uclm.es/~carrion/Bibliografia/M%C3%B3dulos%20Fotovoltaicos.pdf>.

**Minas, Ministerio de Energía y. 2003.** Norma DGE: Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural. [En línea] 1 de Diciembre de 2003. [Citado el: 25 de Octubre de 2015.]  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rd025-2003EM-DGE.pdf>.

**Morningstar. 2011.** Controladores . *Sistemas Autonomos Fotovoltaicos* . [En línea] 21 de Julio de 2011. [Citado el: 15 de Octubre de 2015.]  
[http://www.proviento.com.pe/PS\\_DataSheet.pdf](http://www.proviento.com.pe/PS_DataSheet.pdf).

**Orbegozo, Carlos y Arivilca, Roberto. 2010.** Energía Solar Fotovoltaica . *Manual Técnico para Instalaciones domiciliarias* . [En línea] 7 de Mayo de 2015. [Citado el: 8 de Octubre de 2015.] [http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual\\_ES\\_Fotovoltaica.pdf](http://energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf).

**Perú, Atlas de Energía Solar del. 2003.** Ministerio de Energía y Minas . *Proyecto PER/98/G31: electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú*. [En línea] 1 de Junio de 2003. [Citado el: 3 de Septiembre de 2015.]  
[http://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas\\_solar.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf).

**Peruana, Norma Técnica. 2003.** Dirección General de Electricidad . *Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural*. [En línea] 5 de Diciembre de 2003. [Citado el: 18 de Noviembre de 2015.]  
<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/electricidad/legislacion/rd025-2003EM-DGE.pdf>.

**Philips. 2015.** Luminarias de Alumbrado Público . *GreenVision BRP371/372/373*. [En línea] 2015 de Noviembre de 2015. [Citado el: 3 de Noviembre de 2015.]  
[http://download.p4c.philips.com/I4bt/3/377024/greenvision\\_brp371372373\\_377024\\_ffs\\_aen.pdf](http://download.p4c.philips.com/I4bt/3/377024/greenvision_brp371372373_377024_ffs_aen.pdf).

**Proviento. 2014.** Paneles Fotovoltaicos Monocristalinos. *Simax* . [En línea] 18 de Febrero de 2014. [Citado el: 7 de Octubre de 2015.] [http://www.proviento.com.pe/SM660-\(230-250W\).pdf](http://www.proviento.com.pe/SM660-(230-250W).pdf).

**Públicas, Alumbrado de Vias. 2013.** Conceptos de Iluminación . *Distancias entre postes* . [En línea] 4 de Noviembre de 2013. [Citado el: 13 de Noviembre de 2015.] [http://recursos.citcea.upc.edu/llum/externo/vias\\_p.html](http://recursos.citcea.upc.edu/llum/externo/vias_p.html).

**Risol. 1999.** Atlas de Energía Solar del Perú. *Radiación Solar*. [En línea] 01 de Enero de 1999. [Citado el: 02 de Agosto de 2015.] [http://www.senamhi.gob.pe/pdf/Atlas%20de\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/pdf/Atlas%20de_Radiacion_Solar.pdf).

**Sica. 2001.** Protección Eléctricas . *Interruptores Termomagneticos* . [En línea] 8 de Febrero de 2001. [Citado el: 6 de Noviembre de 2015.] [http://www.sicaelec.com/upload/1/37/a\\_1397735961\\_1742179835.pdf](http://www.sicaelec.com/upload/1/37/a_1397735961_1742179835.pdf).

**Solar, Auto. 2015.** Baterías Estacionarias . *Sistemas Fotovoltaicos*. [En línea] 3 de Febrero de 2015. [Citado el: 9 de Noviembre de 2015.] [https://autosolar.es/baterias/baterias-transparentes/bateria-estacionaria-bae-12v431ah\\_precio](https://autosolar.es/baterias/baterias-transparentes/bateria-estacionaria-bae-12v431ah_precio).

**Solares, Instalaciones. 2002.** Normas de Instalaciones Solares Fotovoltaicas . [En línea] 2 de Diciembre de 2002. [Citado el: 10 de Septiembre de 2015.] <https://laboral2tecnologia.wikispaces.com/file/view/PROCESO%2520AISLADAS%5B1%5D.pdf>.

**Textos Científicos. 2005.** Energía. *Celdas Solares*. [En línea] 04 de Julio de 2005. [Citado el: 09 de Septiembre de 2015.] <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>.

## **ANEXOS**

### A.1. Irradiación solar mensual - Departamentos del Perú



Del	$23.45 \wedge \sin(360 \wedge \frac{(284 + \delta)}{365})$	$6^{\circ}35'00.17''$	$\phi -  \delta $ (Verano)
Año		$6+35/60+0.17/3600 = 6.58$	$\phi +  \delta $ (Invierno)
1	-23.01	6.58	29.59
2	-22.93	6.58	29.51
3	-22.84	6.58	29.42
4	-22.75	6.58	29.33
5	-22.65	6.58	29.23
6	-22.54	6.58	29.12
7	-22.42	6.58	29.00
8	-22.30	6.58	28.88
9	-22.17	6.58	28.75
10	-22.04	6.58	28.62
11	-21.90	6.58	28.48
12	-21.75	6.58	28.33
13	-21.60	6.58	28.18
14	-21.44	6.58	28.02
15	-21.27	6.58	27.85
16	-21.10	6.58	27.68
17	-20.92	6.58	27.50
18	-20.73	6.58	27.31
19	-20.54	6.58	27.12
20	-20.34	6.58	26.92
21	-20.14	6.58	26.72
22	-19.93	6.58	26.51
23	-19.71	6.58	26.29
24	-19.49	6.58	26.07
25	-19.26	6.58	25.84
26	-19.03	6.58	25.61
27	-18.79	6.58	25.37
28	-18.55	6.58	25.13
29	-18.30	6.58	24.88
30	-18.04	6.58	24.62
31	-17.78	6.58	24.36
32	-17.52	6.58	24.10
33	-17.25	6.58	23.83
34	-16.97	6.58	23.55
35	-16.69	6.58	23.27
36	-16.40	6.58	22.98
37	-16.11	6.58	22.69
38	-15.82	6.58	22.40
39	-15.52	6.58	22.10
40	-15.21	6.58	21.79
41	-14.90	6.58	21.48
42	-14.59	6.58	21.17
43	-14.27	6.58	20.85
44	-13.95	6.58	20.53
45	-13.62	6.58	20.20
46	-13.29	6.58	19.87
47	-12.95	6.58	19.53
48	-12.62	6.58	19.20
49	-12.27	6.58	18.85
50	-11.93	6.58	18.51
51	-11.58	6.58	18.16
52	-11.23	6.58	17.81
53	-10.87	6.58	17.45
54	-10.51	6.58	17.09
55	-10.15	6.58	16.73
56	-9.78	6.58	16.36
57	-9.41	6.58	15.99
58	-9.04	6.58	15.62
59	-8.67	6.58	15.25

### Marzo

60	-8.29	6.58	14.87
61	-7.91	6.58	14.49
62	-7.53	6.58	14.11

### Abril

91	4.02	6.58	2.56
92	4.41	6.58	2.17
93	4.81	6.58	1.77



63	-7.15	6.58	13.73
64	-6.76	6.58	13.34
65	-6.38	6.58	12.96
66	-5.99	6.58	12.57
67	-5.60	6.58	12.18
68	-5.20	6.58	11.78
69	-4.81	6.58	11.39
70	-4.41	6.58	10.99
71	-4.02	6.58	10.60
72	-3.62	6.58	10.20
73	-3.22	6.58	9.80
74	-2.82	6.58	9.40
75	-2.42	6.58	9.00
76	-2.02	6.58	8.60
77	-1.61	6.58	8.19
78	-1.21	6.58	7.79
79	-0.81	6.58	7.39
80	-0.40	6.58	6.98
81	0.00	6.58	6.58
82	0.40	6.58	6.98
83	0.81	6.58	7.39
84	1.21	6.58	7.79
85	1.61	6.58	8.19
86	2.02	6.58	8.60
87	2.42	6.58	9.00
88	2.82	6.58	9.40
89	3.22	6.58	9.80
90	3.62	6.58	10.20

Mayo

94	5.20	6.58	1.38
95	5.60	6.58	0.98
96	5.99	6.58	0.59
97	6.38	6.58	0.20
98	6.77	6.58	-0.19
99	7.15	6.58	-0.57
100	7.53	6.58	-0.95
101	7.92	6.58	-1.34
102	8.29	6.58	-1.71
103	8.67	6.58	-2.09
104	9.04	6.58	-2.46
105	9.42	6.58	-2.84
106	9.78	6.58	-3.20
107	10.15	6.58	-3.57
108	10.51	6.58	-3.93
109	10.87	6.58	-4.29
110	11.23	6.58	-4.65
111	11.58	6.58	-5.00
112	11.93	6.58	-5.35
113	12.27	6.58	-5.69
114	12.62	6.58	-6.04
115	12.95	6.58	-6.37
116	13.29	6.58	-6.71
117	13.62	6.58	-7.04
118	13.95	6.58	-7.37
119	14.27	6.58	-7.69
120	14.59	6.58	-8.01

Junio

121	14.90	6.58	152	22.04	6.58	-15.46
122	15.21	6.58	153	22.17	6.58	-15.59
123	15.52	6.58	154	22.30	6.58	-15.72
124	15.82	6.58	155	22.42	6.58	-15.84
125	16.11	6.58	156	22.54	6.58	-15.96
126	16.40	6.58	157	22.65	6.58	-16.07
127	16.69	6.58	158	22.75	6.58	-16.17
128	16.97	6.58	159	22.84	6.58	-16.26
129	17.25	6.58	160	22.93	6.58	-16.35
130	17.52	6.58	161	23.01	6.58	-16.43
131	17.78	6.58	162	23.09	6.58	-16.51
132	18.04	6.58	163	23.15	6.58	-16.57
133	18.30	6.58	164	23.21	6.58	-16.63
134	18.55	6.58	165	23.27	6.58	-16.69
135	18.79	6.58	166	23.31	6.58	-16.73
136	19.03	6.58	167	23.35	6.58	-16.77
137	19.26	6.58	168	23.39	6.58	-16.81
138	19.49	6.58	169	23.41	6.58	-16.83
139	19.71	6.58	170	23.43	6.58	-16.85
140	19.93	6.58	171	23.44	6.58	-16.86
141	20.14	6.58	172	23.45	6.58	-16.87
142	20.34	6.58	173	23.45	6.58	-16.87
143	20.54	6.58	174	23.44	6.58	-16.86
144	20.73	6.58	175	23.42	6.58	-16.84
145	20.92	6.58	176	23.40	6.58	-16.82
146	21.10	6.58	177	23.37	6.58	-16.79
147	21.27	6.58	178	23.34	6.58	-16.76
148	21.44	6.58	179	23.29	6.58	-16.71
149	21.60	6.58	180	23.24	6.58	-16.66
150	21.75	6.58	181	23.18	6.58	-16.60
151	21.90	6.58				

Julio

182	23.12	6.58	-16.54
183	23.05	6.58	-16.47
184	22.97	6.58	-16.39
185	22.89	6.58	-16.31
186	22.80	6.58	-16.22
187	22.70	6.58	-16.12
188	22.59	6.58	-16.01
189	22.48	6.58	-15.90
190	22.36	6.58	-15.78
191	22.24	6.58	-15.66
192	22.11	6.58	-15.53
193	21.97	6.58	-15.39
194	21.83	6.58	-15.25
195	21.67	6.58	-15.09
196	21.52	6.58	-14.94
197	21.35	6.58	-14.77
198	21.18	6.58	-14.60
199	21.01	6.58	-14.43
200	20.82	6.58	-14.24
201	20.64	6.58	-14.06
202	20.44	6.58	-13.86
203	20.24	6.58	-13.66
204	20.03	6.58	-13.45

Agosto

213	17.91	6.58	-11.33
214	17.65	6.58	-11.07
215	17.38	6.58	-10.80
216	17.11	6.58	-10.53
217	16.83	6.58	-10.25
218	16.55	6.58	-9.97
219	16.26	6.58	-9.68
220	15.96	6.58	-9.38
221	15.67	6.58	-9.09
222	15.36	6.58	-8.78
223	15.06	6.58	-8.48
224	14.74	6.58	-8.16
225	14.43	6.58	-7.85
226	14.11	6.58	-7.53
227	13.78	6.58	-7.20
228	13.45	6.58	-6.87
229	13.12	6.58	-6.54
230	12.79	6.58	-6.21
231	12.45	6.58	-5.87
232	12.10	6.58	-5.52
233	11.75	6.58	-5.17
234	11.40	6.58	-4.82
235	11.05	6.58	-4.47

205	19.82	6.58	-13.24
206	19.60	6.58	-13.02
207	19.38	6.58	-12.80
208	19.15	6.58	-12.57
209	18.91	6.58	-12.33
210	18.67	6.58	-12.09
211	18.42	6.58	-11.84
212	18.17	6.58	-11.59

236	10.69	6.58	-4.11
237	10.33	6.58	-3.75
238	9.97	6.58	-3.39
239	9.60	6.58	-3.02
240	9.23	6.58	-2.65
241	8.86	6.58	-2.28
242	8.48	6.58	-1.90
243	8.10	6.58	-1.52

### Septiembre

244	7.72	6.58	-1.14
245	7.34	6.58	-0.76
246	6.96	6.58	-0.38
247	6.57	6.58	0.01
248	6.18	6.58	0.40
249	5.79	6.58	0.79
250	5.40	6.58	1.18
251	5.01	6.58	1.57
252	4.61	6.58	1.97
253	4.22	6.58	2.36
254	3.82	6.58	2.76
255	3.42	6.58	3.16
256	3.02	6.58	3.56
257	2.62	6.58	3.96
258	2.22	6.58	4.36
259	1.81	6.58	4.77
260	1.41	6.58	5.17
261	1.01	6.58	5.57
262	0.60	6.58	5.98
263	0.20	6.58	6.38
264	-0.20	6.58	6.38
265	-0.61	6.58	5.97
266	-1.01	6.58	5.57
267	-1.41	6.58	5.17

### Octubre

274	-4.22	6.58	2.36
275	-4.61	6.58	1.97
276	-5.01	6.58	1.57
277	-5.40	6.58	1.18
278	-5.79	6.58	0.79
279	-6.18	6.58	0.40
280	-6.57	6.58	0.01
281	-6.96	6.58	-0.38
282	-7.34	6.58	-0.76
283	-7.73	6.58	-1.15
284	-8.11	6.58	-1.53
285	-8.48	6.58	-1.90
286	-8.86	6.58	-2.28
287	-9.23	6.58	-2.65
288	-9.60	6.58	-3.02
289	-9.97	6.58	-3.39
290	-10.33	6.58	-3.75
291	-10.69	6.58	-4.11
292	-11.05	6.58	-4.47
293	-11.40	6.58	-4.82
294	-11.75	6.58	-5.17
295	-12.10	6.58	-5.52
296	-12.45	6.58	-5.87
297	-12.79	6.58	-6.21
298	-13.12	6.58	-6.54

268	-1.82	6.58	4.76
269	-2.22	6.58	4.36
270	-2.62	6.58	3.96
271	-3.02	6.58	3.56
272	-3.42	6.58	3.16
273	-3.82	6.58	2.76

Noviembre

305	-15.36	6.58	21.94
306	-15.67	6.58	22.25
307	-15.96	6.58	22.54
308	-16.26	6.58	22.84
309	-16.55	6.58	23.13
310	-16.83	6.58	23.41
311	-17.11	6.58	23.69
312	-17.38	6.58	23.96
313	-17.65	6.58	24.23
314	-17.91	6.58	24.49
315	-18.17	6.58	24.75
316	-18.42	6.58	25.00
317	-18.67	6.58	25.25
318	-18.91	6.58	25.49
319	-19.15	6.58	25.73
320	-19.38	6.58	25.96
321	-19.60	6.58	26.18
322	-19.82	6.58	26.40
323	-20.03	6.58	26.61
324	-20.24	6.58	26.82
325	-20.44	6.58	27.02
326	-20.64	6.58	27.22
327	-20.83	6.58	27.41
328	-21.01	6.58	27.59
329	-21.18	6.58	27.76
330	-21.35	6.58	27.93
331	-21.52	6.58	28.10
332	-21.67	6.58	28.25
333	-21.83	6.58	28.41

299	-13.46	6.58	-6.88
300	-13.78	6.58	-7.20
301	-14.11	6.58	-7.53
302	-14.43	6.58	-7.85
303	-14.74	6.58	-8.16
304	-15.06	6.58	-8.48

Diciembre

335	-22.11	6.58	28.69
336	-22.24	6.58	28.82
337	-22.36	6.58	28.94
338	-22.48	6.58	29.06
339	-22.59	6.58	29.17
340	-22.70	6.58	29.28
341	-22.80	6.58	29.38
342	-22.89	6.58	29.47
343	-22.97	6.58	29.55
344	-23.05	6.58	29.63
345	-23.12	6.58	29.70
346	-23.18	6.58	29.76
347	-23.24	6.58	29.82
348	-23.29	6.58	29.87
349	-23.34	6.58	29.92
350	-23.37	6.58	29.95
351	-23.40	6.58	29.98
352	-23.42	6.58	30.00
353	-23.44	6.58	30.02
354	-23.45	6.58	30.03
355	-23.45	6.58	30.03
356	-23.44	6.58	30.02
357	-23.43	6.58	30.01
358	-23.41	6.58	29.99
359	-23.39	6.58	29.97
360	-23.35	6.58	29.93
361	-23.31	6.58	29.89
362	-23.27	6.58	29.85
363	-23.21	6.58	29.79
364	-23.15	6.58	29.73

334	-21.97	6.58	28.55
-----	--------	------	-------

365	-23.09	6.58	29.67
-----	--------	------	-------

A.3. Resumen del Código Nacional de Electricidad. Norma Vigente 2003:  
“Alumbrado en Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución”

### Tipos de alumbrado según la clasificación vial

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez -Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)	-Flujo vehicular ininterrumpido. - Cruces a desnivel. -No se permite estacionamiento. -Alta velocidad de circulación, mayor a 60 km/h. -No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal. -No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial.
Arterial	II	-Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares.	-No se permite estacionamiento. -Alta y media velocidad de circulación, entre 60 y 30 km/h. -No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal. -Volumen importante de vehículos de transporte público.
Colectora 1	II	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica. -Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.
Colectora 2	III	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos. -Tienen 1 o 2 calzadas principales pero no tienen calzadas auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.
Local Comercial	III	Permite el acceso al comercio local	-Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30 km/h. -Se permite estacionamiento. -No se permite vehículos de transporte público. - Flujo peatonal importante.
Local Residencial 1	IV	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado reducido. -Vías con calzadas asfaltadas pero sin veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Local Residencial 2	V	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas sin asfaltar. -Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Vías peatonales	V	Permite el acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal	- Tráfico exclusivamente peatonal.

La identificación de los tipos de calzada se realizará de acuerdo al siguiente cuadro:

Tipo de superficie	Tipo de calzada
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura
Superficies de tierra	Clara

**Niveles de luminancia , iluminancia  
e índice de control de deslumbramiento**

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco ( cd/m2)	Iluminancia media (lux)		Indice de control de deslumbramiento ( G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	≥ 6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 - 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 - 6
IV		2 – 5	5 – 10	4 - 5
V		1 – 3	2 – 6	4 - 5

En caso de vías exclusivamente peatonales, deberá considerarse un nivel de iluminancia media equivalente al tipo de alumbrado V.

A.4. Grados de Protección, según la internacional IEC 60529 (Comisión electrotécnica internacional).

1ª Cifra	Protección de impurezas	2ª Cifra	Protección del agua
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protección contra la penetración de elementos de >50 mm. de diámetro.	1	Protección contra el goteo vertical del agua.
2	Protección contra la penetración de elementos de >12,5 mm. de diámetro.	2	Protección contra el goteo inclinado del agua, máximo 15º.
3	Protección contra la penetración de elementos de >2,5 mm. de diámetro.	3	Protección contra el agua proyectada de cualquier dirección, agua rociada, máximo 60º.
4	Protección contra la penetración de elementos de >1 mm. de diámetro.	4	Protección contra salpicaduras de agua en cualquier dirección.
5	La penetración de polvo no se impide por completo pero la cantidad que logra penetrar permite el correcto funcionamiento.	5	Protección contra chorros de agua.
6	Estando al polvo	6	Protección contra fuertes chorros de agua.
		7	Protección contra la inmersión eventual.
		8	Protección contra la inmersión prolongada.

A.5. Catálogo Philips – Luminaria para alumbrado Público: GREENVISION



XCEED BRP371



Catálogo Luminarias de Exterior

**PHILIPS**



## Clasificación de calzada y determinación de sus características luminotécnicas.

Las calles se clasifican según lo indicado en la tabla 1 y la iluminación debe cumplir con lo indicado en las tablas 2 ó 3, según corresponda.

Tabla 1.- clasificación de calzada.

Tabla 2.- características del alumbrado por el método de las luminancias.  
Se aplica a lo casos en que el conductor debe mirar entre 60 y 160 m hacia adelante.

Tabla 3.- características del alumbrado por el método de las iluminancias.

Tabla 1 . - **Clasificación de calzadas.**

Clase	Carácter del tránsito	Descripción	Ejemplos
A*	Muy rápido V > 100 km/h	Calzadas de manos separadas, dos o más carriles por mano, libre de cruces a nivel, control de accesos y salidas.	Autopistas.
B*	Rápido V hasta 100 km/h	Calzadas para tránsito rápido, importante, sin separadores de tránsito.	Tramos de rutas nacionales o provinciales.
C*	Semi - rápido V hasta 60 km/h	Calzadas de una o dos direcciones de desplazamiento, con carriles de estacionamiento o sin ellos, intensa presencia de peatones y obstáculos.	Arterias comerciales, centros de compras.
D*	Lento V hasta 40 km/h	Calzadas con desplazamiento lento y trabado, con carriles de estacionamiento o sin ellos, intensa presencia de peatones y obstáculos.	Avenidas secundarias, calles colectoras de tránsito.
E**	Moderado V hasta 50 km/h	Acumulan y conducen el tránsito desde un barrio hacia vías de tránsito de orden superior, clases A, B, C, D.	Avenidas secundarias, calles colectoras de tránsito.
F**	Lento V hasta 40 km/h	Calles residenciales de una o dos manos, con tránsito exclusivamente local. Presencia de peatones y obstáculos.	Calles residenciales.

Tabla 2.- **Características del alumbrado por el método de luminancia.**

Clase	Luminancia Media inicial cd/m <sup>2</sup>	Uniformidades		T1 %	G
		U0 L <sub>min</sub> /L <sub>máx</sub>	U1 L <sub>min</sub> /L <sub>máx</sub>		
A	2.8	0.4	0.7	10	6
B1	2.1	0.4	0.6	20	5
B2	1.4	0.4	0.6	15	6

B1: Ruta con entornos iluminados / B2: Ruta con entornos no iluminados / U1: Valores propios de cada carril.

T1: Valor máximo admisible del incremento de umbral de percepción / G: Valores mínimos de deslumbramiento psicológico.

Tabla 3.- **Características del alumbrado por el método de iluminancia.**

Clase	Luminancia Nivel inicial Lux	Uniformidades		Grado mínimo de apantallamiento
		G1 E <sub>min</sub> /E <sub>med</sub>	G2 E <sub>min</sub> /E <sub>med</sub>	
C	42	1/2	1/4	Apantallado.
D	28	1/3	1/6	Semi apantallado.
E	17	1/4	1/8	Semi apantallado.
F	10	1/4	1/8	No apantallado.

## Iluminación Vial con LEDs

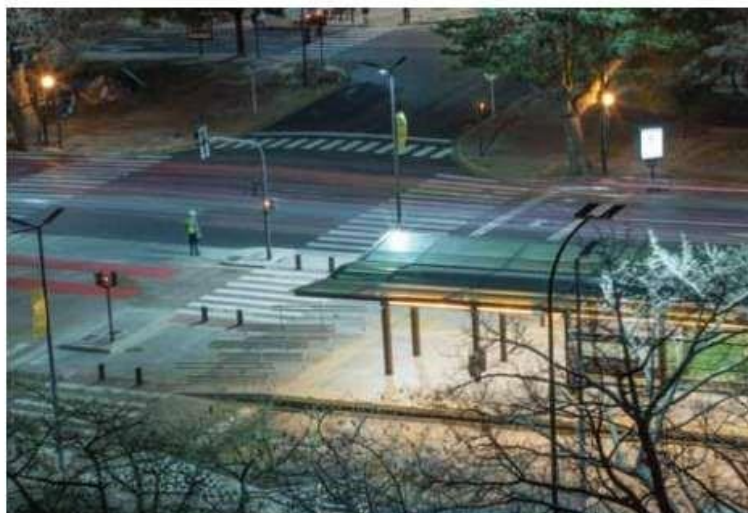


### GREENVISION - XCEED con tecnología LEDGINE



La necesidad de contar con soluciones sustentables a incrementado el desarrollo de luminarias con tecnología LED para iluminación vial. GREENVISION XCEED es una simple, económica y confiable alternativa; es un sistema que entrega un gran ahorro energético superior al 50% en relación a lámparas de sodio con un alto confort visual. Apta para uso en plazas, parques, calles, avenidas, autopistas. El diseño de su housing (inyección de aluminio) incorpora aletas disipadoras térmicas que aseguran su fiabilidad a lo largo del tiempo.

Disponible en tres tamaños de housing, con diferentes opciones de potencias y ópticas. Apta para montaje a brazo de columna pescante de diámetro 48mm/60mm. El diseño de las ópticas admiten grandes distanciamientos entre columnas con alta uniformidad. Altura recomendada de montaje entre 8 y 12mts.



**Denominación:**  
BRP371/BRP372/BRP373

**Fuente:**  
Integral LED-module / LEDGINE

**Potencia:**  
55W a 305W (según versión)

**Flujo Lumínico:**  
4800Lm a 28200Lm (según versión)

**Eficacia Lumínica:**  
90Lm/W

**Driver:**  
Incorporado en la luminaria  
220-240V AC / 50-60 Hz  
Admite dimerizado (1-10V)

**Temperatura Color / Reproducción Cromática:**  
4000°K / CRI >75

**Ópticas:**  
Road-medium (DM2E),  
Road-wide (DW2)  
Road-narrow (DN)

**Grado de Estanqueidad:**  
IP66

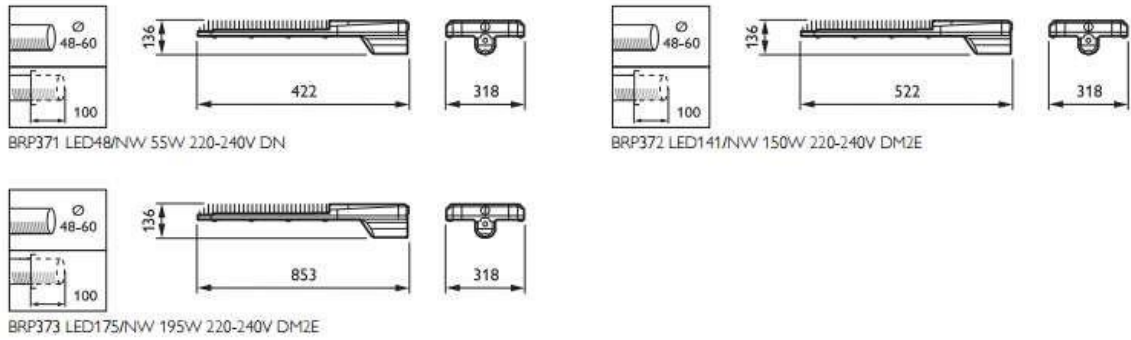
**Vida útil:**  
50.000hrs

**Dimensiones:**  
318mm (ancho)  
853mm (longitud BRP373)  
522mm (longitud BRP372)  
422mm (longitud BRP371)



## GreenVision BRP371/372/373

### Dimensional drawing



### Product details



### General information

Order code	Product family code	Lamp family code	Light source color	Mech. impact protection code	Optic type	Optical cover/lens type
911401668801	BRP371	LED48	NW	K0B	DN	FG
911401669901	BRP371	LED79	NW	K0B	DM2E	FG
911401669001	BRP372	LED141	NW	K0B	DM2E	FG
911401670101	BRP372	LED111	NW	K0B	DM2E	FG
911401670201	BRP372	LED126	NW	K0B	DM2E	FG
911401669101	BRP373	LED175	NW	K0B	DM2E	FG
911401669201	BRP373	LED190	NW	K0B	DM2E	FG
911401669301	BRP373	LED206	NW	K0B	DW2	FG
911401669401	BRP373	LED221	NW	K0B	DM2E	FG
911401669501	BRP373	LED236	NW	K0B	DM2E	FG
911401669601	BRP373	LED251	NW	K0B	DM2E	FG
911401669701	BRP373	LED267	NW	K0B	DM2E	FG
911401669801	BRP373	LED282	NW	K0B	DM2E	FG

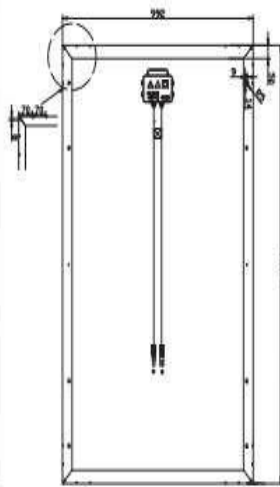
A.6. Catálogo PROVIENTO SAC, panel fotovoltaico monocristalino SM660





Specification | Photovoltaic Module

## SIMAX 156 Solarmodule (SM660-230W-240W-250W)



### Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon 156x156(mm)
No. of Cells	60 ( 6 x 10 )
Dimensions	1640 x 992 x 40 / 50 (mm)
Weight	19.1 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

### Output

Cable Type	Ø = 4 mm <sup>2</sup>
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB003 MC4

### Temperature Coefficients

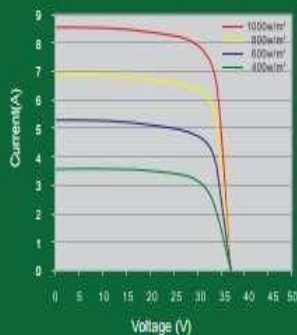
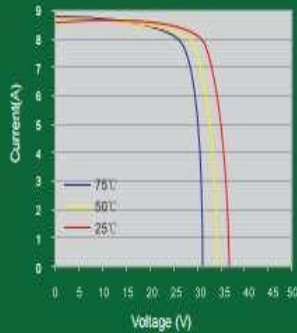
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of (P <sub>max</sub> )	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of (V <sub>oc</sub> )	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of (I <sub>sc</sub> )	0.036% / °C



**Photon**

Parameters	SM660-230	SM660-240	SM660-250
Peak power [Wp] $P_{mpp}$	230W	240W	250W
Power Tolerance	0~+3%	0~+3%	0~+3%
Module Efficiency (%)	14.8%	15.1%	15.3%
Open circuit voltage [V] $V_{oc}$	36.8	37.4	38.1
Maximum Power Voltage [V] ( $V_{mpp}$ )	29.7	30.2	30.7
Maximum Power Current [A] ( $I_{mpp}$ )	7.69	7.94	8.15
Short circuit Current [A] ( $I_{sc}$ )	8.30	8.58	8.80

STC: Irradiance : 1000 W/m<sup>2</sup>; Spectrum AM 1,5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s



- Provide the best solutions for photovoltaic power generation and technical support
- Provide Cost-effective products
- Provide 12 Years Quality Warranty
- Power out  $\geq 90\%$  in 10 years
- Power out  $\geq 80\%$  in 25 years

Simax Green New Energy (Europa) GmbH  
Mergenthaler Allee 23 / 25  
65760 Eschborn / Germany  
Tel.: +49 6196 9739 525  
Fax: +49 6196 5929 684  
info@simaxsolar.com  
www.simaxsolar.de

Simax (Suzhou) Green New Energy Co.,Ltd  
Address: No. 567 Suzhou Road, Taicang city,  
Jiangsu province, China  
P.C.: 215400  
Tel: +86 512 5337 8555  
Fax: +86 512 5337 8556  
info@simaxsolar.com  
www.simaxsolar.com

Simax (Australia) Green New Energy Pty Ltd  
578 Frankston Gardens Drive,  
Carrum Downs, VIC 3210  
Tel: +61 03 9708 2400  
Fax: +61 03 9708 2482  
info@simaxsolar.com  
www.simaxsolar.com.au

A.7. Catalogo AUTOSOLAR, batería estacionaria GEL VRLA BAE 12V 431Ah

## Batería Estacionaria BAE 12V 431Ah

Ref.: 1751012



Batería estacionaria BAE 431Ah 12V, utilizada en aplicaciones solares y sistemas híbridos. Las baterías estacionarias BAE están caracterizadas por una alta capacidad cíclica además de tener un comportamiento de recarga excelente.

Descripción

**Ficha Técnica**

Comentarios

Preguntas

Voltaje de la Batería 12V

Amperios-Hora de la Batería 431Ah

Capacidad medida de la Batería C100

Amperaje de la Batería Entre 300Ah – 600Ah

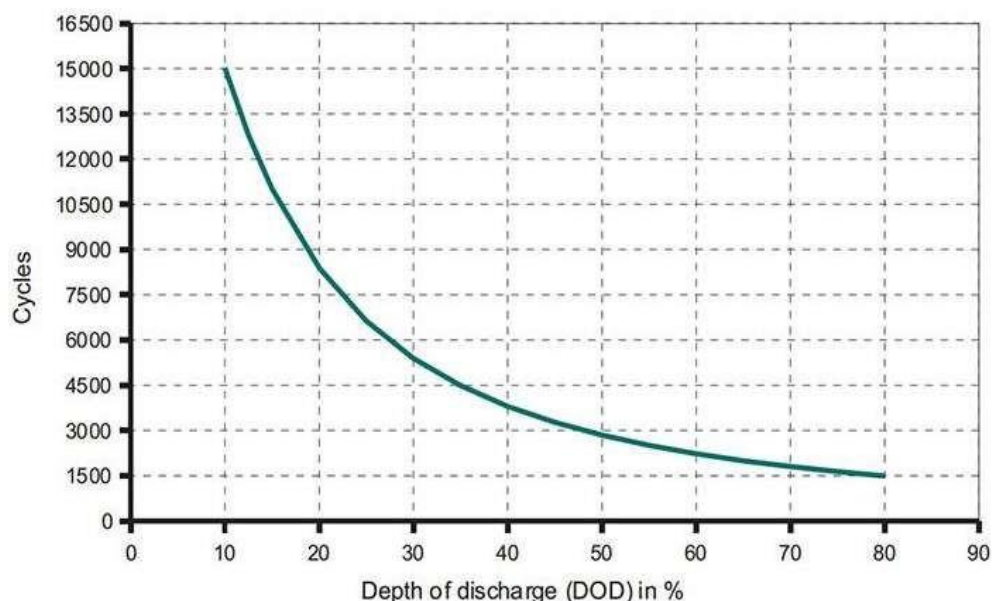
Medidas de la Batería 105 x 208 x 420 (alto x ancho x alto). Medida por vaso estacionario.

Peso de la Batería 26kg por vaso estacionario

Garantía de la Batería 2 años

Las baterías estacionarias BAE 431Ah 12V se utilizan en aplicaciones de energía renovable, tales como la generación de energía fotovoltaica. Se utilizan en aplicaciones híbridas, así como en los sistemas fotovoltaicos independientes. Las baterías estacionarias BAE 431Ah 12V se caracterizan por una alta capacidad cíclica excepcional y un comportamiento de recarga excelente.

Aquí os mostramos los ciclos de vida de las baterías estacionarias BAE: ("Cycles" = N° de ciclos de vida / "Depth of discharge (DOD) in %" = Profundidad de la descarga )



Las baterías estacionarias BAE 431Ah 12V reflejan una calidad excepcional a través de:

- Largo ciclo de vida de aplicaciones cíclicas diarias aprobado acc. IEC 61427
- Diseño completamente aislado de la batería para asegurar la protección táctil
- Excelente capacidad de descarga total
- Deslizable patentado BAE "Panzerpole" para una fiabilidad perfecta
- Un diseño de conexión entre celdas externa para todas las baterías de bloques solares
- Fácil acceso para las mediciones a través del anillo de servicio y el tornillo poste asegurado
- Soluciones personalizadas de productos disponibles



## A.8. Catálogo MORNINGSTAR –Controlador Prostar PS





El controlador solar **ProStar** de Morningstar es el líder mundial en controladores solares de mediano rango, ya sea para aplicaciones profesionales como para el consumidor en general. Esta segunda generación de controladores ProStar ofrece:

- Adiciona nuevas prestaciones y protecciones usando tecnología altamente avanzada
- Proporciona mayor vida útil a la batería y mejora el rendimiento del sistema
- Define nuevos estándares de confiabilidad y genera diagnósticos automáticos

#### **Prestaciones Estándar:**

- Versiones disponibles: 15 o 30 amperios  
12 / 24 o 48 volts  
positivo o negativo a tierra
- Vida útil de 15 años (estimado)
- Carga de baterías mediante PWM (sin derivación)
- Selección del tipo de batería: gel, sellada o con líquido
- Controles y medidas muy precisas
- Puente para eliminar el ruido de telecomunicaciones
- Paralelo para hasta 300 amp
- Compensación de temperatura

- Tropicalización: revestimiento de protección, fijadores de acero inoxidable y disipador de calor de aluminio anodizado
- No es necesario conmutación ni medición en la pierna aterrada
- Componentes de estado sólido, 100%
- Caídas de tensión muy pequeñas
- Desconexión por baja tensión (LVD — Low Voltage Disconnect) con compensación de corriente
- Indicación de status y fallas de batería a través de LED
- Capaz de soportar sobrecargas hasta del 25%
- Terminales remotos con sensores de tensión de batería

#### **Protecciones Electrónicas**

- Cortocircuito — paneles solares y carga
- Sobrecarga — paneles solares y carga
- Polaridad invertida
- Corriente invertida por la noche
- Desconexión por alta tensión
- Desconexión por alta temperatura
- Protección contra relámpagos y sobre tensión o transitorios
- Cargas protegidas contra picos de tensión
- Restablecimiento automático de todas las protecciones

### Prestaciones Opcionales del ProStar:

- Medidor digital
  - Visor de tensión y voltaje de alta precisión
  - Bajo consumo propio (1 mA)
  - Incluye botón de desconexión manual
  - Muestra 5 funciones de protección y de condiciones de desconexión
  - El auto-diagnóstico (auto-test) provee una prueba completa del ProStar:
    - Muestra 9 diferentes parámetros de estado del controlador, incluyendo la temperatura
    - Muestra las fallas detectadas
- Positivo a Tierra
- Sensor remoto de temperatura

### Carga de la batería optimizada:

El ProStar tiene 4 etapas de carga de batería, para proporcionar una mayor capacidad y tiempo de vida útil a la batería.

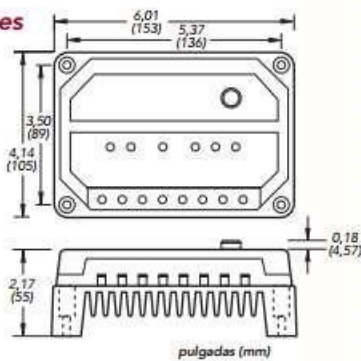


### Especificaciones

#### Mecánicas:

Peso:  
0,34 kg

Calibre del cable:  
6 AWG  
(16 mm<sup>2</sup>)



### Versiones del ProStar:

	PS-15	PS-30	PS15M-48V
Corriente nominal del panel solar	15A	30A	15A
Corriente nominal de carga	15A	30A	15A
Tensión del sistema	12/24V	12/24V	48V
Opciones:			
Medidor digital	si	si	estándar
Tierra positiva	no	si	si
Sensor remoto de temperatura	si	si	si

### Puntos de Ajuste de La Batería\*

	Gel	Sellada	Con líquido
Tensión de regulación	14,0	14,15	14,4
Flotante	13,7	13,7	13,7
Ecuilización	n/a	14,35	14,9/15,1
Deconexión de la carga	11,4	11,4	11,4
Reconexión de la carga	12,6	12,6	12,6

Observación: los valores están especificados para 12V.

Use 2X para 24V e 4X para 48V.

### Especificaciones Eléctricas:

	12V	24V	48V
Compensación de temperatura (mV/°C)*	-30mV	-60mV	-120mV
Precisión	40mV	60mV	80mV
Minima temperatura de operación	8V	8V	15V
Autoconsumo	22mA	25mA	28mA
Coefficiente de corriente LVD**	-20mV	-40mV	-80mV
Algoritmo de carga	PWM, tensión constante		
Temperatura de operación	-40°C a +60°C		
Visor digital:			
Temperatura de funcionamiento	-30°C a +85°C		
Precisión de la tensión	0,5%		
Precisión de corriente	2,0%		
Autoconsumo	1 mA		

\* Referencia 25°C

\*\* por ampere de carga

**GARANTÍA:** Cinco años de garantía. Contáctese con Morningstar o con un distribuidor autorizado para obtener los términos completos de la garantía.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:



1098 Washington Crossing Road  
Washington Crossing, PA 18977 USA  
Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458  
E-mail: info@morningstarcorp.com  
Website: www.morningstarcorp.com

PRINTED IN USA 2115-R1-701





# Gama de inversores BCR 150+3000 (12/24)

La gama de inversores BCR, de onda senoidal pura, están especialmente diseñados para satisfacer las necesidades en aplicaciones especiales, donde es necesario adaptar diferentes parámetros de los inversores. Está compuesta por 8 modelos que cubren potencias desde 150 a 3000 W.

## Características principales

- Sofisticada detección automática de carga.
- Interrupción de suministro en caso de batería baja integrado.
- No afecta a otros equipamientos tales como TV, radio, etc.

- No presenta problemas cuando es usado con horno microondas.
- Extremadamente eficiente.
- Filtros estándar para sectores de CA y CC.
- Puede ser usado en cualquier lugar incluyendo Parques Nacionales.
- Carcasa de aluminio para ambientes hostiles.
- Puerto para controlador remoto integrado.
- Compacto.
- Diseño de sistema simplificado.
- Fácil de montar.
- Mínimo coste de instalación.

MODELOS	BCR-150-12 BCR-150-24	BCR-300-12 BCR-300-24	BCR-600-12 BCR-600-24	BCR-1500-12	BCR-3000-24
Potencia de salida continua	150 W	300 W	600 W	1500 W	3000 W
Potencia de salida pico	250 W	450 W	900 W	2000 W	4000 W
Voltaje de salida CA	100 ~ 120 V $\pm 2\%$ Ajustable / 200 ~ 240 V $\pm 2\%$ Ajustable				
Regulación de voltaje de salida	-4 ~ +4 %		-1,5 ~ +1,5 % Todos los modelos		
Frecuencia de salida	50 Hz $\pm 0,5\%$ / 60 Hz $\pm 0,5\%$				
Forma de onda de salida	Onda Sinusoidal Pura THD (distorsión armónica total) <4 %		Onda Sinusoidal Pura THD (distorsión armónica total) <2 %		
Eficiencia (carga completa)	88 %	89 %	88 %	87 %	
Consumo de potencia sin carga	< 5 W		< 4 W (en modo de ahorro de energía)		
Rango de voltaje de entrada	12 VCC (10 ~ 16 VCC) / 24 VCC (20 ~ 32 VCC)				
Tiempo de recuperación modo ahorro	N/D		1 segundo		
LEDs de indicación de estado	RUN, TRIP, LED todo en uno		Potencia ON/OFF, RUN/STAND BY, Desc. por batería Alta/Baja, Desc. por sobrecalentamiento, Desc. por sobrecarga.		
Características de protección	Voltaje de entrada muy alto/muy bajo, sobrecalentamiento y polaridad de entrada invertida (Fusible). Sobrecarga, cortocircuito, desconexión, reinicios.				
Controlador remoto (opcional)	N/D		Potencia de salida ON/OFF, RUN, TRIP LED todo en uno		
Rango de temp. de operación	-20 ~ +50 °C				
Rango de temp. de almacenamiento	-30 ~ +70 °C				
Dimensiones (LargoxAnchoxAlto) mm	250x136x85	290x136x85	325x285x120	355x285x185	24V: 355x315x245 12V: 410x315x245
Peso (kg)	2,50	5	7	19	30



A.10. Tablas y resumen del Código Nacional de Electricidad

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Material	Densidad a 20°C gr/cm <sup>3</sup>	Resistividad a 20°C Ω.mm <sup>2</sup> /m	Conductividad % IACS	Coefficiente térmico de resistencia a 20°C por °C	Modulo de elasticidad Kg/mm <sup>2</sup>	Esfuerzo mínimo de rotura Kg/mm <sup>2</sup>	Coefficiente de dilatación lineal a 20°C por °C
Cobre blando	8.89	0.01724	100	0.00393	10.000	25	1.7 x 10 <sup>-5</sup>
Cobre semiduro	8.89	0.01783	96.66	0.00384	11.500	35	1.7 x 10 <sup>-5</sup>
Cobre duro	8.89	0.01790	96.16	0.00382	12.650	42	1.7 x 10 <sup>-5</sup>
Alineación de aluminio	2.7	0.0328	52.5	0.00360	5.700	28	2.3 x 10 <sup>-5</sup>

## COMPARACIÓN ENTRE LOS CALIBRES AMERICANOS Y EUROPEOS DE CABLES Y CONDUCTORES

CALIBRE AMERICANO		CALIBRE METRICO (europeo)
AWG - MCM	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
30 AWG	0.0509	0.05
28	0.0810	0.10
26	0.1288	
24	0.2047	0.25
22	0.3255	0.50
20	0.5176	0.75
18	0.8231	1.00
16	1.3090	1.50
14	2.081	2.5
12	3.309	4.0
10	5.261	6.0
8	8.366	10.0
6	13.30	16
4	21.15	25
2	33.63	35
1	42.41	50
1/0	53.48	70
2/0	67.43	70
3/0	85.03	95
4/0	107.20	120
250 MCM	126.7	150
300	151	185
350	177	185
400	202	240
500	253	300
600	303	400
700	354	400
750	380	400
800	407	500
900	455	500

## **Postes**

**Cimentación.** Los bloques de cimentación deben ser comprobados con las fuerzas calculadas de las hipótesis de cálculo de los postes, de acuerdo con las prescripciones expuestas de 2.2.1.2 e). Para el cálculo se consideran los pesos propios de las cargas permanentes especificadas en 2.2.2.1 así como también el peso propio del bloque de cimentación.

Para los postes empotrados en roca o en mampostería no se aplican las prescripciones de 2.2.1.2 e), sino que se debe cumplir que el empotramiento sea el necesario para soportar los esfuerzos con factores de seguridad mínimos al vuelco de 1.5 en hipótesis normales y de 1.25 en hipótesis anormales.

En casos de postes directamente empotrados en terreno normal la profundidad de empotramiento en metros, si es que no se poseen datos del mismo, será la siguiente:

Postes de concreto, metálicos de madera:  $H/10 + 0.60$   
donde H = altura total del poste en m

## **Cálculo Mecánico**

### **Acciones a considerar en el cálculo**

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea se efectuará bajo las cargas especificadas a continuación:

- a) Cargas permanentes debidas al peso de los distintos elementos como conductores aisladores, postes y accesorios.
- b) Viento. La acción del viento actuando perpendicularmente sobre la superficie batida de conductores y postes, de acuerdo con la siguiente expresión.

$$P = K \cdot V^2$$

Donde:

P = Presión del viento en  $\text{kg/m}^2$

K = Coeficiente igual a 0.0042 para superficies cilíndricas y 0.007 para superficies planas.

V = Velocidad del viento en  $\text{km/h}$  de acuerdo a los valores establecidos en la fig. 2-1.

- c) Desequilibrio de tiros. Donde exista cambio de sección de los conductores, se deberá considerar el desequilibrio ocasionado por la diferencia de los tiros máximos de éstos.



Hipótesis de cálculo. Todos los postes se dimensionarán de acuerdo a las hipótesis de cálculo mostradas en la Tabla 2-XVI, según el tipo de poste.

factores de seguridad. Los factores de seguridad de los postes se aplicarán considerando la primera y segunda hipótesis de cálculo como hipótesis normales y la tercera y cuarta como hipótesis anormales.

En este sentido todas las fuerzas aplicadas se reducirán por momentos a una equivalente aplicada a 10cm. de la punta del poste para postes metálicos normales y de concreto, y 30 cm. para postes de madera, afectándose con los factores que se indican a continuación.

- i) Postes metálicos. Los factores de seguridad mínimos referidos al límite de fluencia del material serán de 1.5 y 1.1 para las hipótesis normales y anormales respectivamente de las fuerzas de tracción o compresión, cortadura y pandeo
- ii) Postes de concreto armado. El factor de seguridad mínimo a la rotura de los postes será igual a 2 para las hipótesis normales y 1.5 para las anormales.
- iii) Postes de madera. El factor de seguridad mínimo referido a la carga de rotura será de 3 para las hipótesis normales y 2 para las anormales.

## A.11. Catálogo de Interruptores Termomagnético SICA



Desarrollados para cumplir con los estándares más exigentes, los interruptores automáticos Sica son los de mayor imposición en el mercado. Esto no solo se debe a que los mismos poseen sellos de conformidad IRAM, y certificación en todo el mercado latinoamericano; o que están contruidos con materiales y componentes de primera calidad; Se debe a que los mismos garantizan el respaldo que el instalador necesita a la hora de hacer el trabajo. Cuentan con la experiencia de Sica, que ya en 1968 fabricaba en Argentina sus primeros interruptores termomagnéticos. Desde entonces, Sica continúa mejorando los procesos de fabricación y controles de calidad para brindar

al instalador herramientas confiables para proteger y maniobrar sus instalaciones. La línea cuenta con la más amplia gama de productos, cubriendo todas las necesidades de la instalación, contando con interruptores automáticos termomagnéticos y por corriente diferencial, interruptores manuales, tableros integrados, programadores, señalizadores y descargadores. Sin lugar a dudas, mayor calidad y respaldo para sus instalaciones.





SicaLimit de 1 y 63 A



SicaLimit de 80 y 100 A



SuperLimit

Interruptores Automáticos Termomagnéticos

**Limit 3kA**

Intensidad (A)	Curva	Unipolar	Bipolar	Tripolar	Tetrapolar
1	C	782101	782201	782301	———
2	C	782102	782202	782302	———
3	C	782103	782203	782303	———
5	C	782105	782205	782305	782405
10	C	782110	782210	782310	782410
15	C	782115	782215	782315	782415
16	C	782116	782216	782316	782416
20	C	782120	782220	782320	782420
25	C	782125	782225	782325	782425
32	C	782132	782232	782332	782432
40	C	782140	782240	782340	782440
50	C	782150	782250	782350	782450
63	C	782163	782263	782363	782463
80	D	782180	782280	782380	782480
100	D	782100	782200	782300	782400

Interruptores Automáticos Termomagnéticos

**Super Limit 6kA**

Intensidad (A)	Curva	Unipolar	Bipolar	Tripolar	Tetrapolar
2	C	762102	762202	762302	762402
4	C	762104	762204	762304	762404
6	C	762106	762206	762306	762406
10	C	762110	762210	762310	762410
16	C	762116	762216	762316	762416
20	C	762120	762220	762320	762420
25	C	762125	762225	762325	762425
32	C	762132	762232	762332	762432
40	C	762140	762240	762340	762440
50	C	762150	762250	762350	762450
63	C	762163	762263	762363	762463

**Descripción**

Los interruptores termomagnéticos SICA son el resultado del desarrollo tecnológico, en el que INDUSTRIAS SICA S.A.I.C. se empeña desde el año 1985.

En un volumen compacto se ha desarrollado un interruptor automático fuertemente limitador que reduce sensiblemente la energía que deja pasar cuando interviene en el cortocircuito.

La línea SICALIMIT es indicada cuando la corriente presunta de cortocircuito alcanza valores de 3kA ( curva C ) con corrientes nominales de 1 a 63A y 10kA ( curva D ) para corrientes nominales de 80A y 100A.

La línea SUPERLIMIT es indicada cuando la corriente presunta de cortocircuito alcanza valores de 6kA ( curva C ) para corrientes nominales de 5 a 63A.

Los interruptores termomagnéticos SICA son construidos en material termoplástico autoextinguente, resistente al ensayo de punta incandescente de 960°C. La palanca de maniobra está protegida contra maniobras accidentales e involuntarias y puede bloquearse en la posición ABIERTO o CERRADO. Los interruptores multipolares se obtienen por la unión de interruptores unipolares vinculados mecánicamente por la unión de las palancas de maniobra y supervisados por un dispositivo de desenganche instantáneo que, en caso de un cortocircuito en un polo, abre todo el interruptor simultáneamente.

**Características Técnicas**

Los interruptores termomagnéticos SICALIMIT se construyen con características de disparo termomagnética "C" y "D", según los clasifica la norma IEC 60898 y poder de interrupción de 3kA y 10 kA respectivamente. Los interruptores termomagnéticos abren instantáneamente (magnéticamente) entre 5 y 10 veces la corriente nominal para los tipo "C" y entre 10 y 20 veces la corriente nominal cuando son tipo "D", permitiendo proteger de esta manera a la mayoría de los equipos con una corriente de conexión importante. Los morcetes terminales, protegidos contra contactos directos, poseen tornillos con cabeza a ranura y guía. El destornillador es guiado por una guía para evitar que se salga de la ranura, lográndose una excelente cupla de apriete. El conductor es aprisionado en un estribo que evita el corte de los alambres individualmente, llenando el espacio libre de alambres del conductor, obteniéndose de esta manera un insuperable contacto eléctrico.

**Protección de los conductores contra sobrecargas**

La protección de los conductores (aislados en PVC) contra las sobrecargas se obtiene de la siguiente manera:

$$I_B \leq I_n \leq I_c \quad (1)$$

donde:

$I_B$  es la corriente de proyecto (corriente de empleo para la cual el circuito fue diseñado)

$I_n$  es la corriente nominal del interruptor

$I_c$  es la corriente nominal del conductor

y también

$$I_c \leq 1,45 \cdot I_n \quad (2)$$

donde:

$I_c = 1,45 \cdot I_n$  es la corriente que hace abrir al interruptor en menos de 1 hora, cuando  $I_n$  es  $\leq 63A$ , o en menos de 2 horas si  $I_n > 63A$ . Se debe cumplir con 1 y 2 para asegurar que el conductor estará protegido contra sobrecargas de corta y larga duración.

**Protección de los Conductores contra Cortocircuitos**

Para dispositivos de protección con tiempo de apertura inferior a 0,1s; la protección de los conductores está asegurada si se cumple:

$$k^2 S^2 \geq I^2 t$$

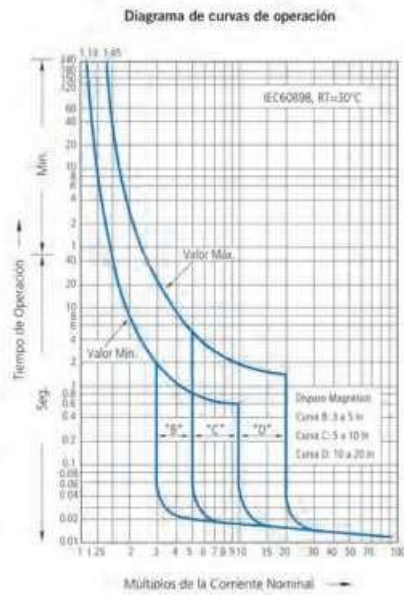
$I^2 t$ : Máxima energía específica psante aguas abajo del dispositivo de protección.

Este dato está garantizado por INDUSTRIAS SICA y está a disposición del proyectista o instalador.

S: Sección nominal de los conductores, en milímetros cuadrados.

K: Factor que tiene en cuenta resistividad, coeficientes de temperatura del aislante y capacidad térmica.

**Curva de Operación**



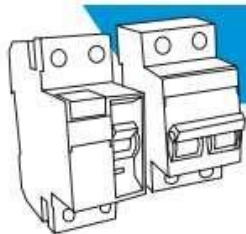
**Instalación**

Los interruptores termomagnéticos SICA pueden instalarse y montarse sobre el perfil DIN en las cajas de la línea PRESTIGE, o en cualquier otra caja que ofrezca el perfil DIN como método de montaje. La fijación sobre el perfil es a presión, ofreciendo un seguro método de montaje y anclaje del interruptor al perfil DIN. Para el desmontaje debe usarse un destornillador para destrabar el o los seguros de anclaje.

Norma de aplicación		Sicalimit 1 a 63 A	80 y 100 A	5 a 63 A
Curva de disparo		IEC 60898	IEC60947	IEC60898
Capacidad de Ruptura		C	D	C
		$I_{cn} = 3000 A$	$I_{cu} = 10000 A$	$I_{cn} = 6000 A$
		$I_{cs} = 100\% I_{cn}$		$I_{cs} = 100\% I_{cn}$
Rango de intensidad	$I_n$	1 a 63 A	80 y 100 A	5 a 63 A
Número de polos		1 - 2 - 3 - 4	1 - 2 - 3 - 4	1 - 2 - 3 - 4
Tensión nominal de operación	$U_e$	240 / 415 V	240 / 415 V	240 / 415 V
Tensión de aislación mínima	$U_i$	500 V	500 V	500 V
Frecuencia		50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Corriente convencional de no-disparo	$I_t$	1,13 x $I_n$	1,05 $I_n$	1,13 x $I_n$
Corriente convencional de disparo	$I_{nt}$	1,45 x $I_n$	1,3 $I_n$	1,45 x $I_n$
Potencia disipada				
$I_n < 10 A_{\sim}$	$I_n \leq 10 A$	3 W	-	3 W
$10 < I_n < 15 A_{\sim}$	$10 < I_n \leq 15 A$	3,5 W	-	3,5 W
$16 < I_n < 25 A_{\sim}$	$16 < I_n \leq 25 A$	4,5 W	-	4,5 W
$25 < I_n < 32 A_{\sim}$	$25 < I_n \leq 32 A$	6 W	-	6 W
$32 < I_n < 40 A_{\sim}$	$32 < I_n \leq 40 A$	7,5 W	-	7,5 W
$40 < I_n < 50 A_{\sim}$	$40 < I_n \leq 50 A$	9 W	-	9 W
$50 < I_n < 63 A_{\sim}$	$50 < I_n \leq 63 A$	13 W	-	13 W
$I_n = 80 A$	$I_n = 80 A$	-	15 W	-
$I_n = 100 A$	$I_n = 100 A$	-	15 W	-
Tensión de impulso	$U_{imp}$	5000 V	6000 V	6000 V
Resistencia de aislación mínima		2 / 5 Mohm	2,75 Mohm	2 / 5 Mohm
Rigidez dieléctrica		2500 V	2500 V	2500 V
Endurancia mecánica		20000 op	20000 op	20000 op
Endurancia eléctrica*		4000 op	4000 op	4000 op
Incombustibilidad		960 °C	960 °C	960 °C
Grado de protección		IP20	IP20	IP20
Posición de instalación		vertical	vertical	vertical
Temperatura de calibración		30 °C	30 °C	30 °C
Rango de trabajo		-5 °C a 40 °C	-5 °C a 40 °C	-5 °C a 40 °C
Altitud máxima		2000 m	2000 m	2000 m
Bornes de conexión		25 mm <sup>2</sup>	50 mm <sup>2</sup>	25 mm <sup>2</sup>
Momento de apriete mínimo		2 Nm	3,5 Nm	2 Nm
Peso máximo por polo		100 gr	180 gr	118 gr
Montaje		Riel DIN 35mm	Riel DIN 35mm	Riel DIN 35mm

\* mínimas garantizadas por ensayo

## A.12. Catálogo de Interruptores Diferenciales SICA



### Ficha Técnica

#### INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DIFERENCIALES



##### Descripción

La protección diferencial de los interruptores diferenciales SICA es independiente de la tensión de alimentación y posee seguridad intrínseca, es decir que ante la aparición de una fuga a tierra está asegurado su correcto funcionamiento debido a que la energía que produce el disparo es proporcionada por la propia corriente de fuga.

Están constituidos por:

- Un transformador toroidal, a través del cual pasan todos los conductores activos (una fase y neutro si el diferencial es bipolar y tres fases y neutro si es tetrapolar).
- Un relé de medida y disparo.
- Un interruptor que abre el circuito controlado.

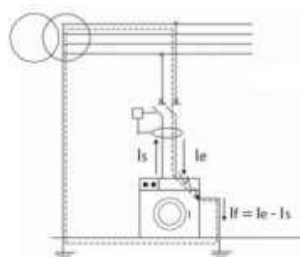


Figura 1

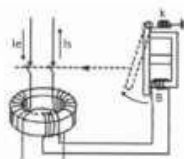


Figura 2

El principio de funcionamiento se basa en la ley de inducción electromagnética (Faraday-Lenz) que origina la creación de una fuerza electromotriz inducida debido a la variación del flujo magnético concatenado por una bobina. ( $E = - N \frac{d\Phi}{dt}$ ).

Los conductores activos que pasan a través del toroide constituyen el arrollamiento primario del transformador.

Cuando existe una falla de aislamiento o un contacto accidental en uno de los conductores activos, se establece una corriente de falla que circula a través del conductor de protección cerrando el lazo de falla a través de la tierra. (Esquema de tierra TT, Figura 1).

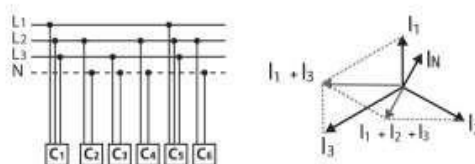
En este caso, la corriente que entra en el transformador toroidal  $I_e$  es distinta de la que sale  $I_s$  ya que parte de la corriente  $I_e$  deriva a tierra a través del conductor de protección (PE) constituyendo la corriente de falla  $I_f = I_e - I_s$ .

El desequilibrio de corrientes dentro del transformador toroidal es lo que origina el desequilibrio de los flujos magnéticos induciendo una fuerza electromotriz (Fem) en el arrollamiento secundario que cierra a través de un electroimán (ver figura 2), proporcionando un camino para la circulación de la corriente residual  $I_r$  originada por la Fem.

Cuando la corriente  $I_r$  está dentro de la zona de operación diferencial, la parte móvil del electroimán, que originalmente se mantenía unida debido a la fuerza de atracción que ejerce el imán permanente, abre el circuito magnético y acciona el mecanismo de apertura del interruptor diferencial.

Cuando el interruptor diferencial es tetrapolar el funcionamiento es análogo.

Si el sistema es trifásico con neutro, la suma vectorial de las intensidades de corriente de las tres fases es igual y opuesta a la intensidad de corriente que circula por el neutro, por lo que la suma vectorial total es igual a cero. (figura 3) También en este caso, el interruptor diferencial analiza la suma vectorial de las cuatro corrientes, e interviene cuando por una fuga esta suma difiere de cero y su valor entra dentro de la zona de operación del interruptor diferencial.

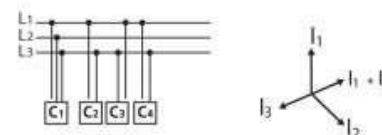


$C_1... C_6$  = Cargas monofásicas y trifásicas

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_N = 0$$

Figura 3

Los interruptores diferenciales tetrapolares también pueden utilizarse en redes trifásicas sin neutro. Conectado en el circuito trifásico, el interruptor diferencial interviene en caso de fuga a tierra, independientemente de la distribución de cargas en cada una de las fases. Esto es así, porque en los sistemas trifásicos sin neutro, la suma vectorial de las tres corrientes de las tres fases es siempre igual a cero, incluso cuando las tres fases estén desequilibradas (figura 4). El interruptor diferencial analiza la suma vectorial de las tres corrientes e interviene cuando por una fuga, esta suma es distinta de cero y su valor entra en la zona de la operación diferencial.



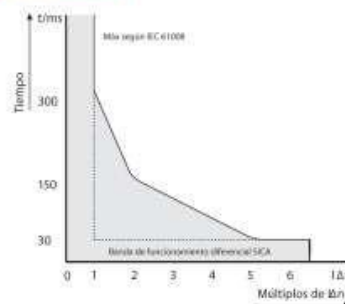
$C_1... C_4$  = Cargas monofásicas y trifásicas

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Figura 4

Los interruptores diferenciales puros "sin protección adicional incorporada" deben estar acompañados de la protección contra sobre cargas y cortocircuito. Los interruptores diferenciales junto con la protección contra sobre cargas y cortocircuito constituyen una unidad completa para la protección de las instalaciones contra sobrecargas, cortocircuitos y tensiones de contacto.

##### Curva de Intervención





## Características Técnicas

		Bipolar	Tetrapolar
Clase		AC	AC
Corriente nominal	$I_n$	16 - 25 - 40 - 63A	40 - 63A
Tensión nominal	$U_n$	240 V-	240 / 415 V-
Corriente diferencial nominal	$I_{\Delta n}$	10 - 30 mA	30 mA - 300 mA
Frecuencia		50/60 Hz	50/60 Hz
Capacidad nominal de ruptura y de conexión	$I_m$	500-630A	500-630 A
Capacidad diferencial de ruptura y de conexión	$I_{\Delta m}$	500-630 A	500-630 A
Corriente nominal condicional de cortocircuito	$I_{nc}$	3000 A	3000 A
Dispositivo de protección contra cortocircuito	SCPD	Fus 63 A gG	Fus 63 A gG
Tensión de aislación mínima	UI	500 V	500 V
Resistencia de aislación mínima		2/5 Mohm	2/5 Mohm
Rigidez dieléctrica		2500 V	2500V
Incombustibilidad		960°C	960°C
Tamaño DIN		2 módulos	4 módulos
Rango de funcionamiento		-5 a 40°C	-5 a 40°C
Altitud máxima		2000 m	2000 m
Grado de protección		IP20	IP20
Bornes de conexión		25 <sup>2</sup> mm vertical	25 <sup>2</sup> mm vertical
Posición de instalación		vertical	vertical
Momento de apriete mínimo		2,5 Nm	2,5 Nm
Endurencia mecánica		10000 op	10000 op
Endurencia eléctrica a $I_n$ *		2000 op	2000 op
Peso máximo		240 gr	410 gr
Montaje		Riel DIN 35 mm	Riel DIN 35 mm

\* mínimas garantizadas por ensayo

## Intalación y Conexionado

Los bornes de conexión de entrada son 1,3,5 y N y los de salida son 2,4,6 y N, están grabados en la cubierta frontal del dispositivo. Cuando se instale un interruptor tetrapolar en una red trifásica sin neutro se debe efectuar un puente en los bornes de entrada, entre el borne 3 y N o entre el borne 1 y N a los efectos de garantizar el funcionamiento del dispositivo de prueba. Ver figura 6.

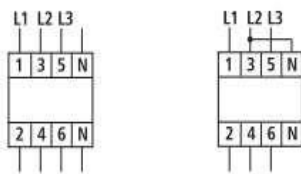


Figura 6

## Botón de Prueba

Todos los interruptores diferenciales SICA cuentan con un dispositivo o botón de prueba mediante el cual es posible verificar el correcto funcionamiento de la protección diferencial. Mediante dicho dispositivo, debe testearse mensualmente el funcionamiento del interruptor diferencial.

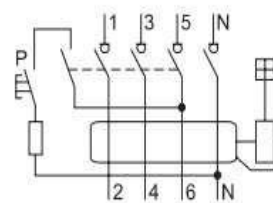


Figura 5



## Máxima protección en aplicaciones de energía solar

### Los nuevos fusibles PV de Cooper Bussmann® ofrecen gran protección a sistemas fotovoltaicos de hasta 1,000 V<sub>CD</sub>

La necesidad de energías alternativas ha dado lugar a otra innovación en Cooper Bussmann®, líder en protección de circuitos. El desarrollo de avanzados sistemas de fotoceldas solares ha acelerado la demanda de fusibles de alto desempeño. Las condiciones de cortocircuito relacionadas con las fotoceldas solares no permiten niveles de corriente suficientes para interrumpir un fusible tradicional, de manera que se aislen eficazmente las cadenas fotovoltaicas (PV) con falla. La nueva línea de fusibles PV de Cooper Bussmann® ofrece un rango completo de protección, que los fusibles tradicionales no pueden proporcionar.

#### Protección contra fallas de bajo nivel

- Los fusibles PV son fusibles de rango completo y pueden proteger al sistema contra fallas tan bajas como 1.3 veces la capacidad nominal ( $I_n$ ) del fusible a 1,000 V<sub>CD</sub>. Están diseñados específicamente para celdas de película delgada y fotoceldas de silicio cristalino de 4", 5" y 6".

#### Mayor resistencia a condiciones climáticas

- Los fusibles PV se prueban bajo condiciones climáticas extremas, lo que les permite soportar las condiciones climáticas asociadas con la operación de sistemas de fotoceldas solares y el medio ambiente.

#### Capacidad de hasta 1,000 V<sub>CD</sub>

- Los fusibles PV están diseñados para un voltaje de operación máximo de 1,000 V<sub>DC</sub>, con base en sistemas típicos de fotoceldas solares con L/R de 1 ms o menor.

#### Dimensiones aceptadas mundialmente:

10 mm x 38 mm

- Los fusibles PV, en todas sus clasificaciones de corriente, están disponibles con casquillo estándar, montaje con tornillo o montaje de Circuito Impreso.



## Especificaciones

### Clasificaciones

Voltaje:	1,000 V <sub>DC</sub>
Amperaje:	1-15 A
Capacidad de interrupción:	33 kA CD
Interrupción mínima:	1.3 veces la I <sub>n</sub>
Coordinación de fusibles PV:	con celdas de película delgada y celdas de silicio cristalino de 4", 5" y 6"
Constante de Tiempo (L/R):	Menor a 1 ms



Los fusibles PV están diseñados específicamente para trabajar en sistemas de fotoceldas solares formados por celdas de 4", 5" y 6".

### Especificaciones técnicas

Número de parte	Capacidad Nominal (Amperes)	Integrales de energía (A <sup>2</sup> s/I <sup>2</sup> t)		Pérdida de energía (watts)	
		Prearqueo	Total a 1,000 V <sub>DC</sub>	0.8 I <sub>n</sub>	I <sub>n</sub>
PV-1A10F	1 A	0.15	0.4	0.2	1.5
PV-2A10F	2 A	1.2	3.4	0.2	1.0
PV-3A10F	3 A	4	11	0.3	1.3
PV-4A10F	4 A	9.5	26	0.4	1.3
PV-5A10F	5 A	19	50	0.4	1.6
PV-6A10F	6 A	30	90	0.4	1.8
PV-8A10F	8 A	3	32	1.2	2.1
PV-10A10F	10 A	7	70	1.2	2.3
PV-12A10F	12 A	12	120	1.5	2.7
PV-15A10F	15 A	22	220	1.7	2.9

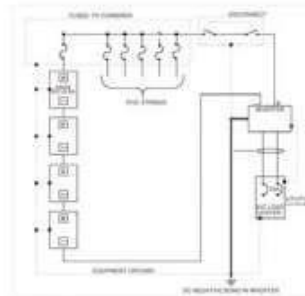


Diagrama típico del cableado de fotoceldas solares

### Bases y Bloques Portafusibles\*

#### Cooper Bussmann® recomendados

Número de catálogo	Tipo	Amps. máx.	Polos
BM6031PQ	Base portafusible**	30	1
BM6032PQ	Base portafusible**	30	2
BM6033PQ	Base portafusible**	30	3
CHM1	Portafusible seguro para los dedos***	30	1
CHM2	Portafusible seguro para los dedos***	30	2
CHM3	Portafusible seguro para los dedos***	30	3

\* Certificado para 1,000 V<sub>DC</sub>.

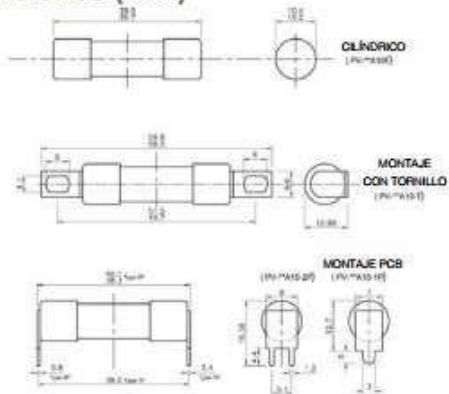
\*\* Consultar Hoja de datos de producto 1104 para información más detallada.

\*\*\* Consultar Hoja de datos de producto 2143 para información más detallada.



Base portafusibles BM6033PQ y portafusible CHM1

### Dimensiones (mm)



Los fusibles PV con casquillo se montan fácilmente en bases portafusibles convencionales BM6031.

©2009 Cooper Bussmann  
St. Louis, MO 63178  
636-394-2877  
www.cooperbussmann.com

Pedir con el # 3142 0509 10M

Impreso en USA

**COOPER** Bussmann



## MATERIALES Y EQUIPOS DE REDES SECUNDARIAS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL”

### INDECOPI NTP 339.027 POSTES DE HORMIGON (CONCRETO) ARMADO PARA LÍNEAS AÉREAS

#### CONDICIONES AMBIENTALES

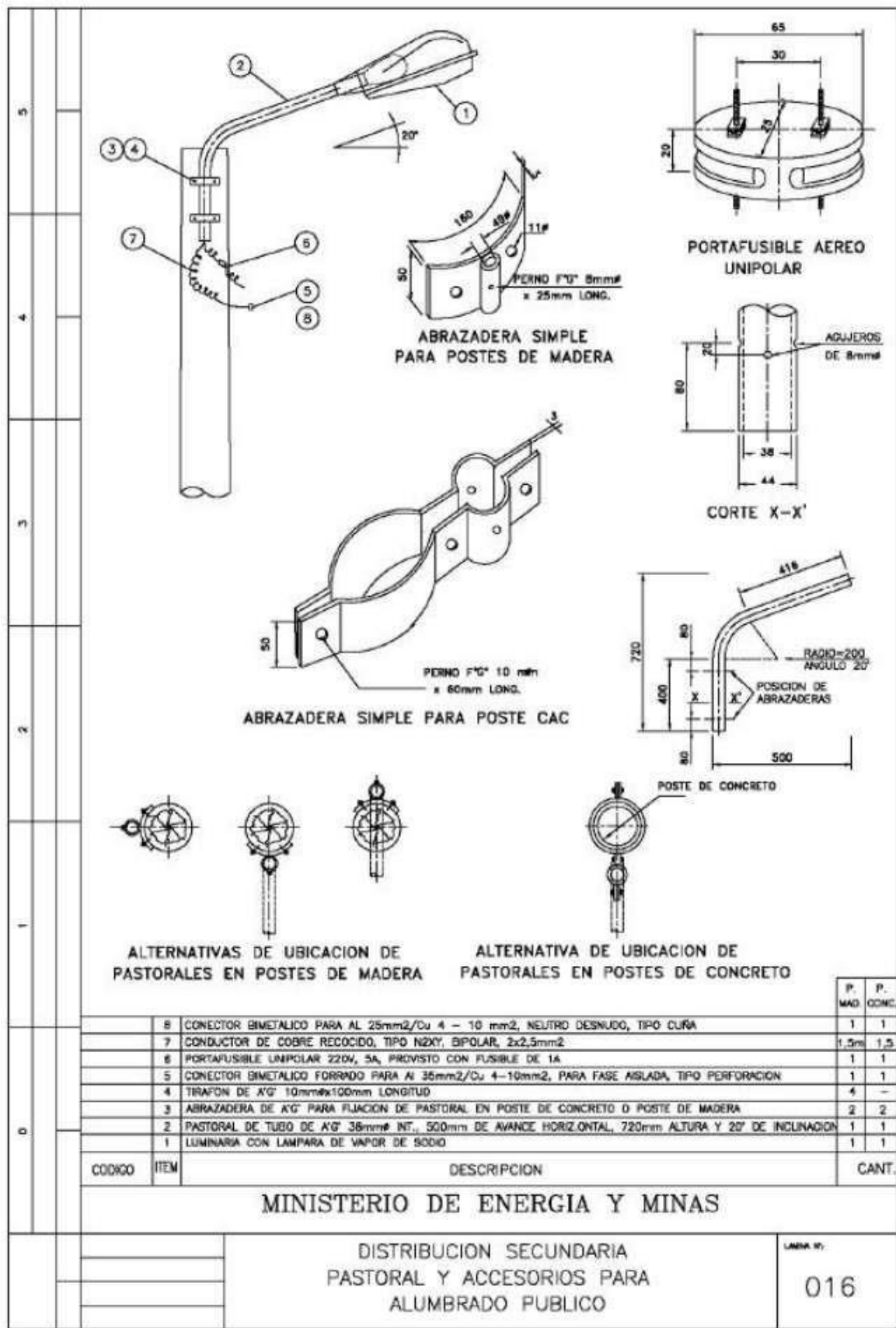
Los postes y pastorales de concreto se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales :

- Altitud sobre el nivel del mar : entre 0 y 4500 m
- Humedad relativa : 50 a 100 %
- Temperatura ambiente : -10 °C a 30 °C
- Contaminación ambiental : moderada

**TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS  
POSTES DE CONCRETO**

No.	CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
1.0	FABRICANTE			
2.0	TIPO		CENTRIFUGADO	
3.0	NORMA DE FABRICACION		INDECOPI NTP339.027	
4.0	LONGITUD DEL POSTE	m	8	8
5.0	DIAMETRO EN LA CIMA	mm		
6.0	DIAMETRO EN LA BASE	mm		
7.0	CARGA DE TRABAJO A 0,15 m DE LA CIMA	daN	200	300
8.0	COEFICIENTE DE SEGURIDAD		2	2
9.0	MASA POR UNIDAD	kg		





A.15. Esfuerzo admisible según el tipo de terrenos:

Naturaleza	Esfuerzo admisible KPa
Roca dura solida	2400
Pizarra o roca mediana	960
Roca blanda	480
Arcilla dura o grava compacta	380
Arcilla blanda o arena suelta	100

A.16. Características según el tipo de suelo

Características físicas típicas de diversos suelos			
TIPO DE SUELO	$\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (grados)	c (T/m <sup>2</sup> )
Bloques y bolos sueltos	1.70	35-40°	-
Grava	1.70	37.5°	-
Grava arenosa	1.90	35°	-
Arena compacta	1.90	32.5-35°	-
Arena semicompacta	1.80	30-32.5°	-
Arena suelta	1.70	27.5-30°	-
Limo firme	2.00	27.5°	1-5
Limo	1.90	25°	1-5
Limo blando	1.80	22.5°	1-2.5
Marga arenosa rígida	2.20	30°	20-70
Arcilla arenosa firme	1.90	25°	10-20
Arcilla media	1.80	20°	5-10
Arcilla blanda	1.70	17.5	2-5
Fango blando arcilloso	1.40	15°	1-2
Suelos orgánicos (turba)	1.10	10-15°	-