

ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICA EN PLAZAS Y PARQUES DEL PUERTO DE ILO

Andy Rolando Malpartida Correa^{1,a}, Oswaldo Fuentes^{2,b}

RESUMEN

El **objetivo** de este estudio es demostrar la factibilidad de sustitución de equipos de iluminación ornamental existentes en plazas y parques, cuya fuente de energía es la eléctrica, por equipos de iluminación fotovoltaica cuya fuente de energía es la radiación solar (renovable), garantizando el funcionamiento de estos equipos fotovoltaicos durante todos los meses del año y por consiguiente lograr un ahorro considerable a la municipalidad en el gasto que ocasiona el pago por el consumo de energía eléctrica convencional. Es así como pudo desarrollarse una muestra del estudio en el parque minero del distrito de Pacocha, instalándose 20 luminarias solares fotovoltaicas de 120W, con panel monocristalino de 130W, batería de Lithium de 86AH, luminaria led de 120W, tiempo de funcionamiento diario de 12 horas con 3 días de autonomía y con un modo de trabajo automático, obteniendo **resultados** favorables. Las respuestas recibidas muestran la factibilidad del uso de este tipo de luminarias fotovoltaicas en plazas y parques del puerto de ILO, cuyos resultados han sido comprobados en situaciones climáticas críticas (días de lluvia), situaciones de emergencia de corte de energía eléctrica dotada por el concesionario (Electrosur). Teniendo esto en cuenta, se recomienda el uso de este tipo de luminarias fotovoltaicas por sus amplios beneficios socio económicos, en la reducción del gasto público por costo de pago de energía eléctrica, beneficios de seguridad, en la reducción de riesgos de asaltos mejorando los lugares sin iluminación pública y beneficios ambientales, reducción de riesgo e impacto ambiental negativos libres de emisión de gases de efecto invernadero para un desarrollo armónico y sostenible de la Provincia de ILO.

Palabras clave: Luminarias, Luminarias solares, Iluminación fotovoltaica, Equipo fotovoltaico, Energía eléctrica.

PHOTOVOLTAIC LIGHTING IN SQUARES AND PARKS OF THE PORT OF ILO

ABSTRACT

The **objective** of this study is to demonstrate the feasibility of replacing existing ornamental lighting equipment in squares and parks, whose source of energy is electricity, by photovoltaic lighting equipment whose energy source is solar radiation (renewable), guaranteeing the correct operation. of this photovoltaic equipment during all the months of the year and therefore achieve considerable savings for the municipality in the expense caused by the payment for the consumption of conventional electrical energy. Thus, a sample of the study could be developed in the mining park of the district of Pacocha, installing 20 photovoltaic solar luminaires of 120W, with a 130W monocrystalline panel, 86AH Lithium battery, 120W LED luminaire, daily operating time of 12 hours with 3 days of autonomy and with an automatic work mode, obtaining favorable **results**. The responses received show the feasibility of using this type of photovoltaic luminaires in squares and parks in the port of ILO, whose results have been verified in critical climatic situations (rainy days), emergency situations of power outage provided by the concessionaire (Electrosur). Taking this into account, the use of this type of photovoltaic luminaires is recommended for its broad socio-economic benefits, in the reduction of public spending due to the cost of paying electricity, security benefits, in the reduction of robbery risks, improving places without public lighting and environmental benefits, risk reduction and negative environmental impact free of greenhouse gas emissions for a harmonious and sustainable development of the Province of ILO.

Keywords: Luminaires, Solar Luminaires, Photovoltaic lighting, Photovoltaic Equipment, Electric Power.

¹ Universidad José Carlos Mariátegui - Moquegua.

^a Estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

² Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad José Carlos Mariátegui – Moquegua.

^b Docente del Curso Energías Renovables.

INTRODUCCIÓN

Las Municipalidades son órganos de gobierno que tienen como función impulsar el desarrollo local, esto en especial gestionando y dotando de infraestructura física y vial que requiere la población para mejorar su calidad de vida. Los parques y plazas forman parte de la infraestructura municipal, los cuales cuentan en su totalidad con luminarias de alumbrado ornamental, cuyo funcionamiento depende de la energía eléctrica proveniente de un medidor por ende del concesionario de distribución (Electrosur). Generalmente todos los años se designa un presupuesto para el mantenimiento de áreas públicas, pero debido a que este presupuesto ha disminuido considerablemente ya no es suficiente para cubrir los gastos por el pago de consumo de energía en todas las plazas y parques de la ciudad, debido a este problema hubo el compromiso por parte de los ciudadanos colindantes con algunos parques asumir el pago por el gasto de energía que generaban el encendido de las luminarias ornamentales, este compromiso duro algunos meses, actualmente tenemos más del 70% de plazas y parques cuyas luminarias ornamentales se encuentran apagadas, inoperativas y con corte de energía, por tal razón parques y plazas oscuras, inseguras y con alto riesgo de asaltos.

La pregunta de investigación es si es factible el uso de luminarias fotovoltaicas en ciudades de costa, donde el índice de radiación diaria disminuye en los meses de invierno en consideración con los meses de verano y si esa radiación es suficiente para poder almacenar energía. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es demostrar la factibilidad de sustitución de equipos de iluminación ornamental existentes en plazas y parques, cuya fuente de energía es la eléctrica, por equipos de iluminación fotovoltaica cuya fuente de energía es la radiación solar (renovable). La iluminación pública con energía solar fue usada al principio principalmente en países en desarrollo, o en lugares muy remotos, en donde no hay electricidad disponible. Hoy en día la tecnología solar ha evolucionado y este tipo de proyectos solares se empiezan a ver en los

países desarrollados. La iluminación pública con energía solar puede ser instalada de manera fácil y rápida. Bien instalada y seleccionada puede ofrecer muchos años de iluminación confiable con un mínimo mantenimiento. Las luces públicas eléctricas son un gran consumidor de energía, costando millones de soles anuales a los gobiernos de las ciudades.⁽¹⁾

Se responde a través de un experimento que implica el estudio desarrollado del tipo de panel fotovoltaico, dimensionamiento de área del panel, dimensionamiento de capacidad y tipo de batería, programación del regulador/controlador fotovoltaico, tomando como datos importantes los siguientes valores: información de radiación diaria del mes menos favorable de irradiación solar, determinar el rendimiento de los paneles solares monocristalinos y policristalinos, días de autonomía (días de lluvia donde el panel no recibe radiación solar), horas diarias de funcionamiento de la luminaria. Es así como pudo desarrollarse una muestra del estudio en el parque minero del distrito de Pacocha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como muestra el estudio de la iluminación del Parque el Minero del Distrito de Pacocha, que tenía instaladas 32 luminarias ornamentales cada una de 100 Watts, distribuidas en el perímetro e interior del parque.



Figura 1. Mapa de Ubicación del proyecto.
Fuente: Autores del presente Estudio.

El objetivo es reemplazar las 32 luminarias ornamentales por luminarias solares fotovoltaicas integradas, para lo cual se consideró para el diseño una distribución óptima de las luminarias solares, la altura apropiada y la potencia requerida.

Para obtener los lúmenes mínimos necesarios por metro cuadrado para el Parque en muestra no basamos en lo reglamentado por la norma CIE (Comisión Internacional de Iluminación) para parques y plazas públicas.⁽¹⁾

Tabla 1. Detalle técnico de la Iluminancia.

Iluminancia media - lux	Relación separación / altura	Uniformidad	Aplicaciones
$2 \leq E_m < 7$	4 a 5, excepto (6)	0,15 a 0,20	Vías comerciales sin tráfico rodado. Vías residenciales poco tráfico rodado. Vías industriales (secundarias).
$7 \leq E_m < 15$	3,5 a 4	0,20 a 0,25	Vías residenciales con tráfico rodado. Vías principales, plazas y pasajes. Vías residenciales con tráfico rodado.
$15 \leq E_m < 30$	2 a 3,5	0,25 a 0,30	Grandes plazas, vías importantes. Vías comerciales de lujo. Otros.

Fuente: NORMA CIE.

Se utilizó como herramienta el Software de iluminación Dialux, para la simulación del sistema obteniéndose los siguientes resultados:

- Distribución óptima de las luminarias: 20 und. de 120 Watts. cada una.
- Altura: 6 metros.

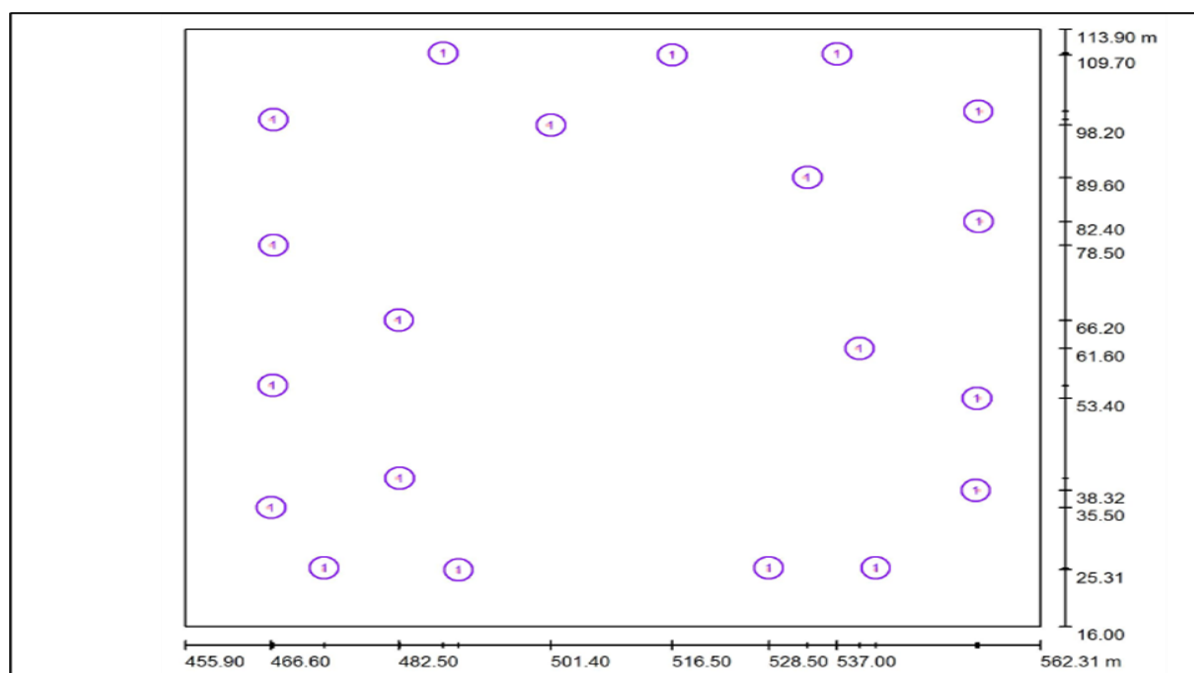


Figura 2. Simulación de distribución del sistema de Iluminacion con Dialux.

Fuente: Autores.

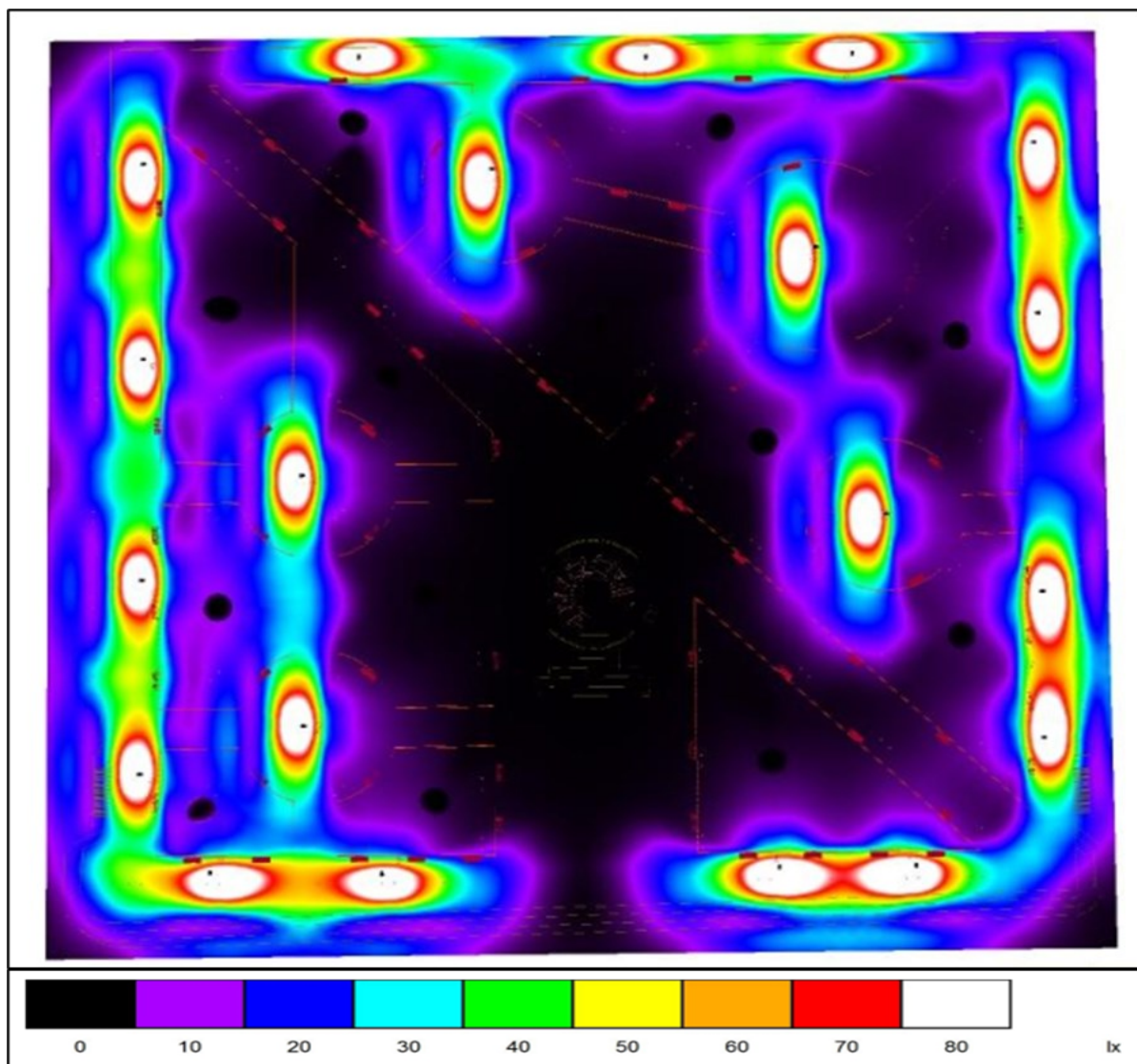


Figura 3. Espectro de Luminancia.⁽¹⁾

Para la determinación de las horas de funcionamiento de la luminaria solar por día, se consideró 12 horas el funcionamiento automático programado por horas, es decir, desde que el controlador detecta que no está recibiendo energía (la batería deja de cargar), enciende automáticamente la luminaria a una potencia del 40% de su capacidad por una hora, después las 4 horas siguientes aumenta su potencia al 100%, las siguientes 3 horas al 40% y las siguientes 4 horas al 20%. Esto con la finalidad de ahorrar y asegurar los 3 días de autonomía de la batería.

Para determinar la capacidad de la batería se tomó en cuenta la potencia de la luminaria que es

120W (potencia adquirida según software de simulación), su consumo en Amperios que es 6 A, así como el tiempo de trabajo al 100%, al 40% y al 20%. Obteniendo un consumo diario de 35Ah. Considerándose los días de autonomía se decidió la instalación de una batería de Lithium de 86Ah.

Para determinar la Potencia del panel de la luminaria solar, se requería la información de la irradiación diaria del mes menos favorable. Se consideró primeramente la información del “Atlas de energía solar del Perú”, es un documento que consolida los datos históricos y también recientes sobre la irradiación solar en nuestro país. También se obtuvo la información del Atlas Solar Mundial.

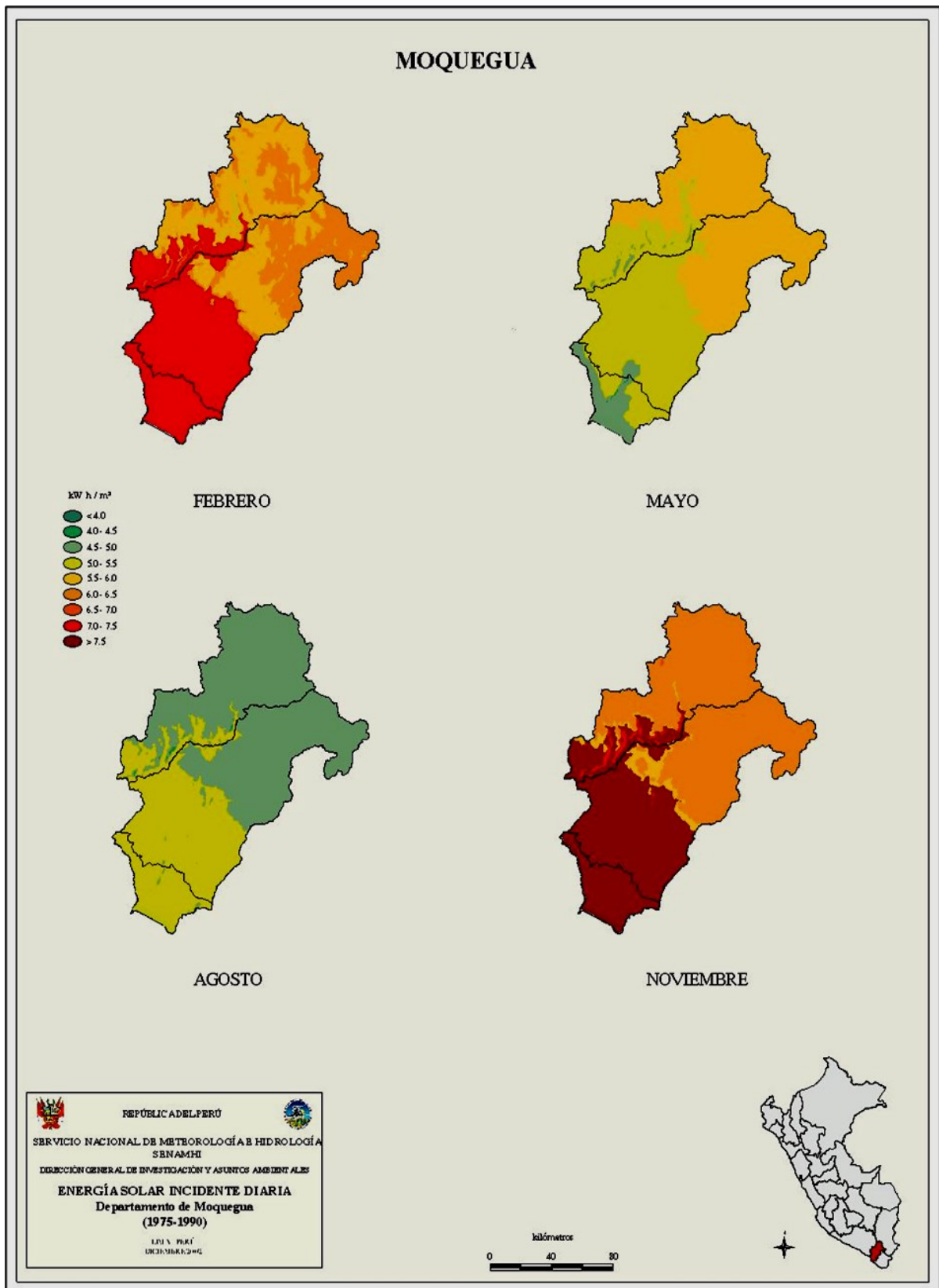


Figura 4. Energía solar incidente diaria en el Departamento de Moquegua (1975-1990).
Fuente: SENAMHI.⁽³⁾

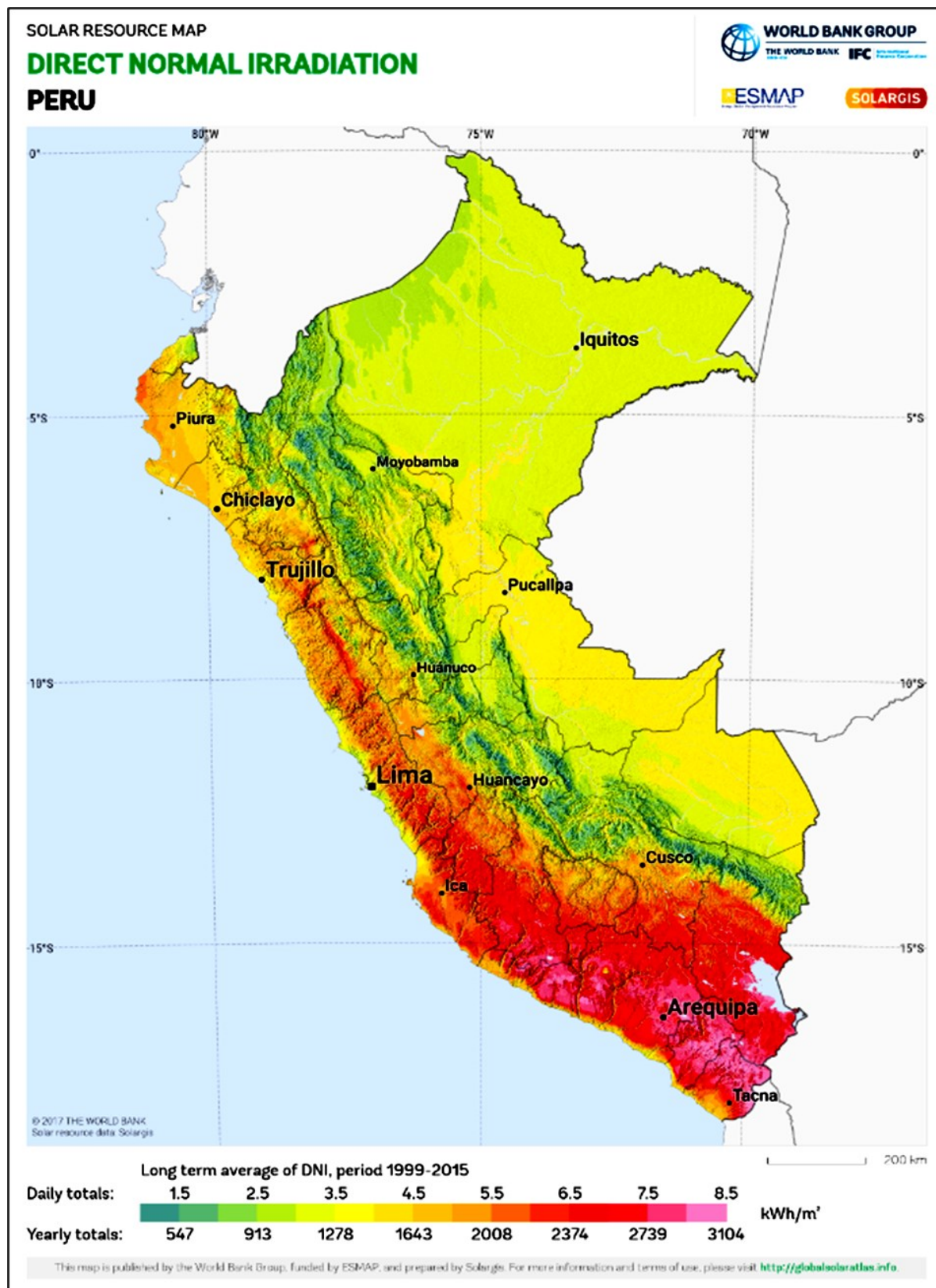


Figura 5. Irradiación normal directa, período 1999 - 2015.
 Fuente: World Bank Group 2017.⁽⁴⁾

Así, como la información obtenida por el sistema de Meteorología Satelital de la NASA. Es la base para diseñar adecuadamente sistemas fotovoltaicos de acuerdo con la ubicación geográfica de la localidad donde deban ser instalados.⁽⁵⁾

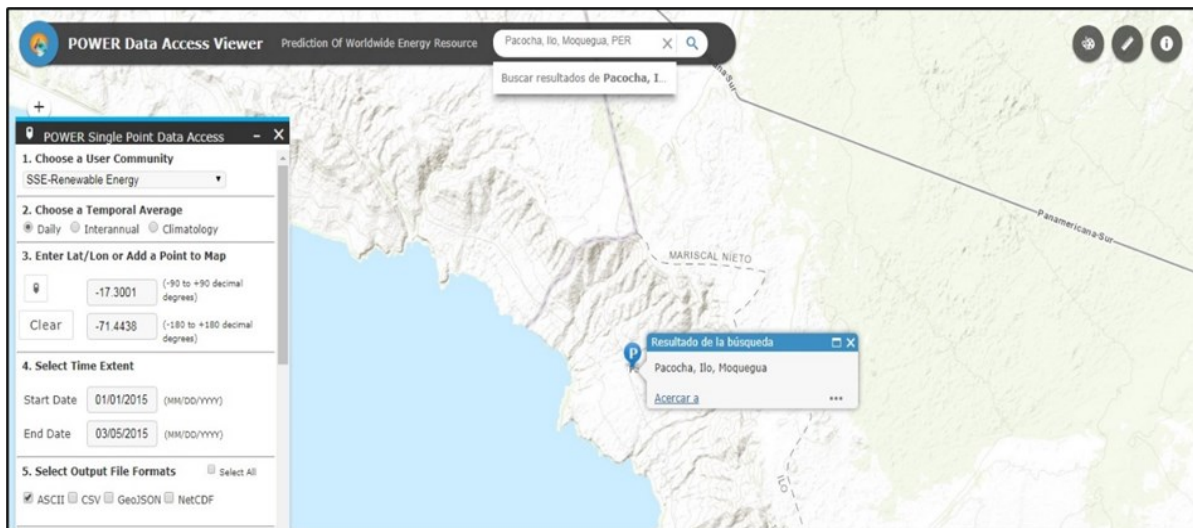


Figura 6. Ubicación de la zona de estudio.
Fuente: Análisis Power Data Acces Viewer.⁽⁵⁾

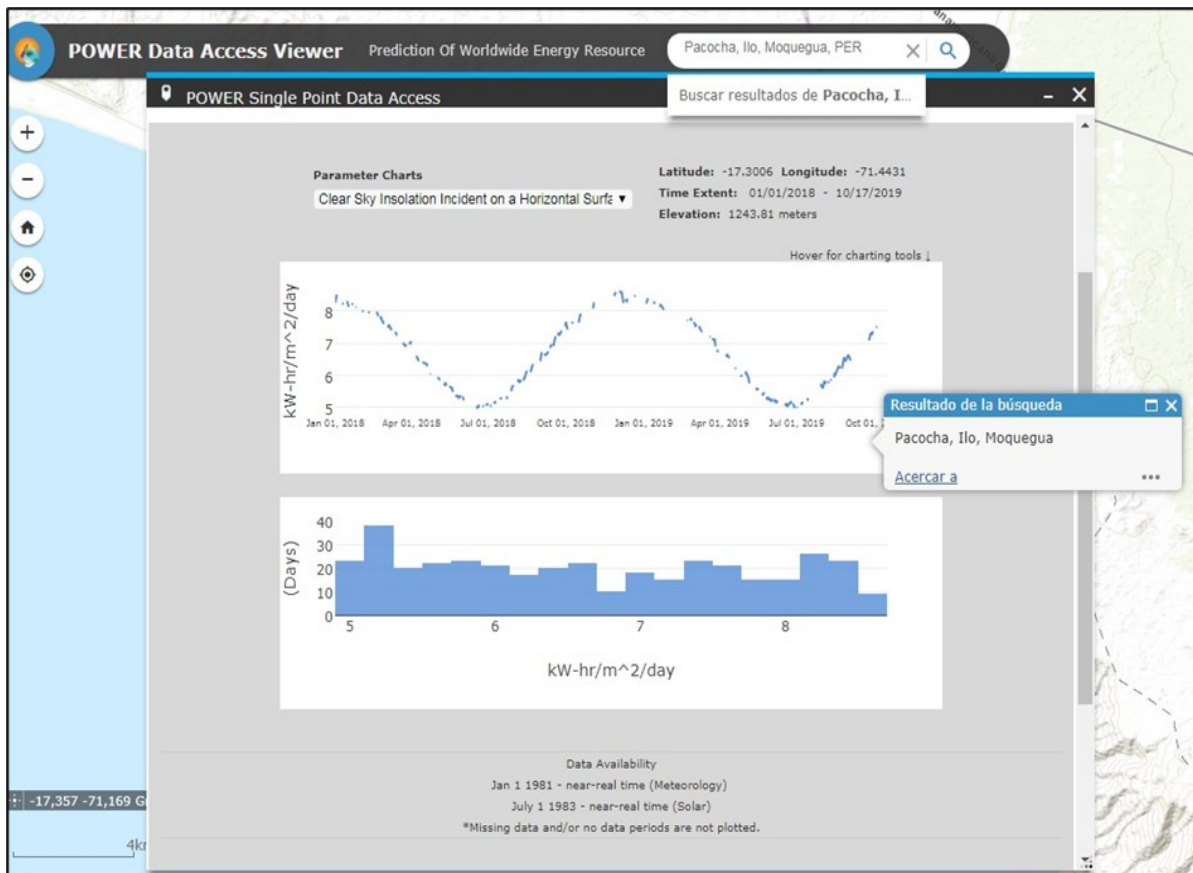


Figura 7. Reporte mensual y semanal del tiempo en la zona de estudio.
Fuente: Análisis Power Data Acces Viewer.⁽⁵⁾

Obteniéndose que, en el mes menos favorable en el Distrito de Pacocha, el índice de irradiación solar es de 5 Kw-h/m².

Es decir que en el mes menos favorable el total de HSP(Horas Solar Pico)⁽⁵⁾ es de 5, por lo tanto, si necesito 35Ah por día de carga mínima, según mi programación de funcionamiento de la luminaria solar, entonces tendría que escoger un panel de 130 Watts de 18 voltios, para obtener 36 Ah por día y así cubrir mi demanda (35Ah por día), según lo siguiente:

$$130w \times 5HSP = 650 \text{ Wh-día}$$

$$650 \text{ Wh-día} / 18v = 36 \text{ Ah}$$

Para la determinación del tipo de panel que deberían tener las luminarias solares fotovoltaicas se investigó de que las células de silicio cristalizado se clasifican en función del grado de pureza y cristalización del silicio. En general las de tipo Monocristalino están conformadas por capas de silicio purificado y cristalino dando en el producto final una apariencia de color azul o negro uniforme; por otro lado las células de silicio Policristalino al fabricarse con silicio de baja pureza no se cristalizan de manera uniforme presentando tonalidades discontinuas entre el azul y el negro, además estas últimas presentan una eficiencia menor a las del tipo monocristalino en el orden del 14% en contraste con 17% y hasta 22% . por tanto, el tipo de panel de las luminarias deberán ser Monocristalino por su mayor eficiencia.⁽²⁾

RESULTADOS

En base a lo considerado en los cálculos anteriores, se dispuso la adquisición de la luminaria solar fotovoltaica integrada que cumpla con las siguientes condiciones:

Prescripciones de las normas siguientes:

- IEC EN 60598 (Características mecánicas y eléctricas de Luminarias.)
- IEC EN 62262 (Calificaciones de los grados de protección IK)

Las luminarias se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre el nivel del mar : hasta 1000 m
- Humedad relativa :entre 90 y 100%
- Temperatura ambiente :10°C y 40°C
- Velocidad máxima del viento :90 km/h
- Contaminación ambiental :media

Las luminarias tendrán las siguientes características técnicas:

- Grado de hermeticidad del bloque óptico :IP 65
- Resistencia a los impactos :IK 08
- Flujo luminoso nominal :12000 lm
- Consumo energético :120 W

Materiales

- Cuerpo :Perfiles de Al
- Protector :Vidrio
- Color :Aluminio anodizado

Dimensiones

- Ancho :50 cm
- Altura :5 cm
- Longitud :128 cm

Las luminarias solares fotovoltaicas deberá garantizar técnicamente una vida útil mayor o igual a 20 años con respecto al panel solar, 100000 horas para el caso de la luminaria led y de 10 años para la batería de litio, en las condiciones de operación indicadas. Tiempo para el cual la luminaria mantendrá sus cualidades fotométricas, así como las mínimas condiciones mecánicas y eléctricas para un funcionamiento adecuado y seguro.



Figura 8. Luminaria Solar.

Las piezas de una luminaria solar integrada son:

Panel solar

Panel solar Monocristalino de alta calidad y no se puede dañar fácilmente, el tiempo de servicio puede ser más de 25 años.

Controlador

La eficacia de la conversión del regulador puede ser el 95% (la eficacia de la conversión es el 93%

con la corriente eléctrica máxima, y la eficacia es corriente eléctrica mínima.) El tiempo del servicio del regulador es alrededor 10 años.

Batería de litio

La batería de litio fosfato de hierro se utiliza, que es respetuoso del medio ambiente y la luz. La batería se coloca dentro de la luminaria, que es a prueba de robo, y con tratamiento de aislamiento térmico. El tiempo de servicio de la batería es de más de 10 años.

Tabla 2. Detalles técnicos de una Luminaria Solar Integrada de 120W.

Luminaria Solar Integrada (Todo en uno) de 120W.		
Panel Solar	Potencia Máxima	18-22v 130W
	Vida Útil	25 años
	Fabricación	Importada
Bateria	Tipo	Lithium LiFe-PO4 de alta calidad (12.8V/86AH)
	Vida Útil	10 años
Lampara LED	Potencia Máxima	120w
	LED chip	Bridgelux de USA con alto brillo
	Lumens	12,000 lm para 6500k
	Vida Útil	100,000 hrs
Controlador	Controlador	18-40V
	Protección	Contra corto circuito
Angulo de visión		120 grados
Foto Célula		Si
Sensor de Movimiento PIR		Si
Tiempo de carga	Día	7-8 hrs en verano, 12-14 hrs en invierno
Tiempo de Descarga	Modo Alta iluminación	11-12hrs
	Modo Ahorrativo	Mayor a 36hrs
Modo de trabajo		Encendido una hora 40%, 4 horas 100%, 3 horas 40% y 4 horas al 20%
Temperatura de trabajo	Rango	~20-60°C
Almacenamiento	Rango	0-50°C
Altura de instalación	Rango	6-7m
Certificados		CE/ROHS/IP65

Fuente: Elaborado por los autores según especificaciones técnicas.



Figura 9. Reemplazo de luminarias ornamentales por luminarias solares fotovoltaicas integradas.
Fuente: Elaborado por los autores según especificaciones técnicas.

Se reemplazaron las luminarias ornamentales existentes por luminarias solares fotovoltaicas integradas. No obstante, las luminarias con paneles fotovoltaicos tienen las siguientes consideraciones para no reducir el rendimiento de la instalación:

- Limpieza sistemática de la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental. La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplee detergente).
- Podar sistemáticamente los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico.
- Cambiar las baterías cuando éstas hayan cumplido su tiempo de vida útil.^(6,7)

DISCUSIÓN

La conversión a iluminación pública con energía solar fotovoltaica es factible y costo benéfico, sin

mencionar que al ser una energía limpia ayuda al medio ambiente. Al pensar en instalar este tipo de iluminación hay que pensar muy bien cual de todas las luminarias solares en el mercado es la mejor a tus necesidades específicas. Se han sabido casos en donde la gente queda muy desilusionada de la efectividad de la iluminación, y a la hora de hacer un estudio sobre el caso se descubre que la elección de las luminarias no fue la correcta.

Con respecto al presupuesto invertido para las 20 luminarias solares integradas es de S/. 50,000 y el tiempo de recuperación de la inversión es de 4,3 años, considerando el proyecto factible para su ejecución.^(7,8)

También existe la posibilidad de implementar sistemas solares fotovoltaicos para viviendas en la provincia de Ilo, lo cual significaría una inversión recuperable a largo plazo. Esta posibilidad está latente y es factible la implementación en un sistema híbrido que trabaje con energía convencional y energía renovable.

Tabla 3. Luminarias Ornamentales.

Luminarias Ornamentales	Potencia (W)	P.T. (W)	Horas Diarias	Potencia Diaria (Kwh)	Precio Kw-H (S/.)	Gasto Mensual	Gasto Anual
32,00	100,00	3,200,00	12,00	38,40	0,84	967,68	11,612,16

Fuente: Autores.

Tabla 4. Costo de Luminarias.

Costo Luminaria	Cantidad Luminarias	Total, Gasto	Retorno inversión (Años)
2,500.00	20,00	50,000,00	4,31

Fuente: Autores.

CONCLUSIONES

- Se demostró la factibilidad de sustitución de equipos de iluminación ornamental existentes en plazas y parques, cuya fuente de energía es la eléctrica, por equipos de iluminación fotovoltaica cuya fuente de energía es la radiación solar (renovable).
- Mejoramiento y consistencia del sistema de iluminación en Parques, Plazas, avenidas y calles del ornato público, mejorando los sistemas de seguridad reduciendo los lugares sin iluminación pública.
- En tanto que los paneles solares se perfilan como la solución a la electrificación de plazas, parques

- y avenidas, que puede almacenarse en baterías para usarse en las horas nocturnas.
- El presente Estudio, recomienda que después de haber realizado la instalación de los Equipos de Iluminación Fotovoltaica, se necesitará de mantenimientos posteriores para que pueda seguir prolongando su vida útil de los equipos.
 - Fácil de instalar en prácticamente cualquier lugar.
 - Costos mínimos de mantenimiento y operación.
 - Impacto positivo en el medio ambiente.
 - No se requiere de cableado especial.
 - No se afecta cuando hay apagones.
 - La Iluminación a Base de Energía Fotovoltaica en el Puerto de Ilo promueve la aplicación sostenible de energía fotovoltaica como una alternativa limpia, libre de la emisión de gases de efecto invernadero e Impulsa el uso de la energía solar como fuente energética.
 - La sustitución de los equipos de iluminación ornamental, cuya fuente de energía es eléctrica, por equipos de iluminación fotovoltaica cuya fuente de energía es la radiación solar, logra un ahorro considerable en el gasto publico municipal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CENTRAL BUREAU - CIE. International Commission on Illumination. [Online]. Available from: <http://cie.co.at/>.
2. HG Ingeniería. Módulos solares fotovoltaicos ¿Monocristalino o Policristalino?, HG Ingeniería y construcciones S.A.S. 2018 Octubre 16..
3. IDESEP. [Infraestructura de Datos Espaciales del Senamhi.]. Perú; 2017. Available from: <https://idesep.senamhi.gob.pe/portalidesepe/>
4. SolarGis. Global Solar Atlas. [Online].; 2017. Available from: <https://globalsolaratlas.info/>.
5. Page Curator: POWER Project Team. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. [Online]. Available from: <https://power.larc.nasa.gov/>.
6. CEMAER. [video ¿Cuanta Energía Genera un Panel Solar?]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=X9AxvS13KIQ>.
7. Shenzhen Hehejin Industrial Co. LTD. PowMr. [Online]. Available from: <https://www.ysolartech.com/>.
8. Grupo SolarMex. SOLARMEX, Te conectamos con el sol. [Online]. Available from: <http://gruposolarmex.com/10-productos-y-servicios/20-todo-en-uno-all-in-one>.



Correspondencia: Andy Rolando Malpartida Correa.

Dirección: Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad José Carlos Mariátegui, Ilo - Perú.

Correo electrónico: andymalpartidacorrea@gmail.com