

ALUMBRADO AUTÓNOMO PARA EXTERIOR

Mauricio Busso

Becario UNNOBA

Laboratorio de Innovación y Desarrollo en Energías Renovables (LIDER) – Escuela de tecnología -
UNNOBA – Ruta Nac. 188 km. 146,5 –
Tel: 236 4636945 - email: esctecnologia@unnoba.edu.ar

Recibido 10/08/16, aceptado 08/10/16

RESUMEN: El presente trabajo está destinado a solventar parte del problema de electrificación rural en la Argentina.

El objetivo de este artículo es dar las características que un sistema de iluminación solar totalmente autónomo de la red debe poseer para que trabaje de manera eficiente, sea confiable y de bajo costo. Se hará un análisis del recurso solar disponible y los métodos de cálculo, se desarrollarán las partes constitutivas de un sistema de iluminación autónomo viendo la función de cada parte y cómo influyen en el rendimiento general del sistema, luego se diseñará un prototipo de luminaria y por último se hará una conclusión sobre lo estudiado.

Como lugar de referencia para los cálculos se tomará la ciudad de Junín (B) ubicada en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires, zona elegida para realizar el análisis. Cabe destacar que el mismo trabajo se puede adaptar muy fácilmente a otras zonas del país cambiando solo algunos datos.

Palabras clave: energía solar, iluminación, alumbrado, autónomo.

INTRODUCCION

Debido a la falta de electrificación que poseen muchos sectores de nuestro país, sobre todo los lugares alejados a las ciudades, se pretende solucionar parte de ese problema dando una alternativa en los sistemas de iluminación. Es sabido que muchas zonas retiradas, como lo son algunas zonas rurales, no pueden contar con una red de energía eléctrica debido a los altos costos de instalación de las mismas, los cuales deben ser abonados por los mismos usuarios. Por este motivo resulta más económico contar con un sistema autónomo de la red el cual pueda suplir algunas necesidades como lo es la iluminación.

El presente trabajo se centrará en el diseño de una luminaria autónoma alimentada por energía solar diseñada para proveer de iluminación a caminos rurales. Se hará una introducción al recurso solar y la forma de calcularlo (se recomienda leer Duffie, J. & Beckman, W. Solar Engineering of Thermal Processes) como así también se hará una introducción al estudio luminotécnico (se recomienda leer Norma IRAM-AADL J 2022-2* e IRAM-AADL J 2022-4). Una vez que se sepa con qué recurso solar se cuenta y que flujo luminoso se necesita, se explicará cómo funciona una luminaria autónoma, para luego nombrar cada uno de los elementos que la componen y elegir la tecnología adecuada. La parte central del trabajo se basará en el cálculo de la luminaria para que esta tenga un rendimiento óptimo. Por último, se presentarán las conclusiones.

ESTUDIO ENERGÉTICO SOLAR

Llevar a cabo un análisis detallado del recurso solar teniendo en cuenta distintos métodos de cálculo y explicando las teorías correspondientes llevaría una extensión tal para otro artículo. Debido a esto se usará un software (Geosol V.2.0) basado en el método de Hottel, el cual puede ser reemplazado por otro si el lector lo encuentra más conveniente; en el cálculo se utiliza un albedo de 0.3 (suponiendo un entorno con pasto) y los factores de corrección están dados para verano e invierno de latitud media.

A través de los siguientes gráficos se intenta mostrar al lector la energía recibida por un panel según ángulo de inclinación y mes del año además de la energía total colectada en el año y en invierno.

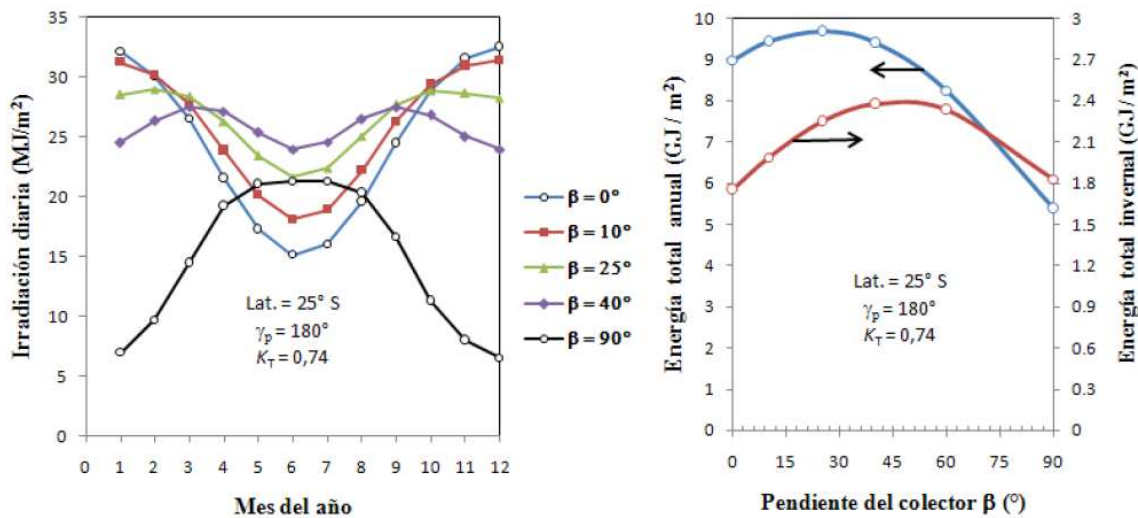


Figura 1: Irradiación diaria y energía anual/invernal

Como es de suponer la irradiación diaria es menor en invierno, cuando los rayos del sol inciden más perpendicularmente sobre la superficie de la tierra.

Del gráfico de la izquierda se desprende que según el ángulo del colector o panel obtendremos una mayor o menos radiación según el mes del año.

Del gráfico de la derecha se obtiene que con un ángulo de colección aproximadamente igual a la latitud obtendremos la mayor cantidad de energía a lo largo de todo un año (función azul); en cambio si interesa coleccionar la mayor cantidad de energía durante el invierno, sea porque se use la energía para calefacción o que la energía demandada sea mayor, como en nuestro caso donde la luminaria estará mayor cantidad de horas encendida, lo ideal será un ángulo de colección aproximadamente igual a la latitud + 15° como norma general. También de los gráficos se puede ver que una variación mínima en el ángulo de colección no provoca una diferencia sustancial en la energía colectada.

Concluyendo: para la luminaria autónoma del presente trabajo lo ideal será orientar los paneles al norte con una inclinación igual a la latitud + 15°. Dado este caso particular en que la latitud de la ciudad de Junín es de 34°35'38", se necesitará una inclinación de aproximadamente 50° respecto de la horizontal para captar la mayor energía durante el invierno.



Figura 2: Angulo de inclinación del panel

Nota: Realizando los cálculos pertinentes se puede observar que para una latitud de -34,5° como en nuestro caso, con una inclinación de 65° obtenemos aún más colección que con un ángulo de 50°; sin embargo, esta diferencia no es significativa y aparejaría una colección mucho menor en verano, por lo que será una mejor elección adoptar la regla general de $latitud + 15^\circ$.

ESTUDIO LUMINOTÉCNICO

El alumbrado público tiene como finalidad proporcionar condiciones aptas para la conducción de vehículos, la circulación de peatones o la observación del entorno. Una buena iluminación urbana aumenta la seguridad de las personas y propiedades disminuyendo los delitos en vías públicas mejorando la capacidad de reacción ante amenazas. También contribuye a la reducción de accidentes en la carretera, y a la ambientación urbana. Los usuarios de las vías para tráfico vehicular (autopistas, autovías, avenidas, calles, etc.) deben ser capaces de ver el trazado, distinguir figuras y señales de manera considerable y a tiempo.

Los criterios de calidad que se aplican en la iluminación de vías para el tráfico rodado son:

- luminancia media
- uniformidad de luminancia
- limitación de deslumbramiento
- iluminación de los alrededores (factor de borde)
- guiado óptico y orientación visual

De todos los criterios de calidad aplicables, este trabajo se va a centrar en la iluminancia media, la cual es directamente proporcional a la potencia lumínica de la luminaria instalada, el resto de los criterios de calidad corresponden a la distribución de luminarias, diseño de las mismas y otras consideraciones que no son objeto de este artículo, pero se recomienda al lector dar un repaso sobre el tema, como así revisar la norma IRAM_AADL J 2022-4.

El nivel de Iluminancia media de la superficie de la carretera y sus alrededores determina en gran manera el estado de adaptación de los ojos de los usuarios, por este motivo la luminancia media tiene mucha importancia en la capacidad visual y en el confort de los usuarios, o sea, en general, de la seguridad vial. El nivel de luminancia en la superficie de la calzada influye sobre la sensibilidad de los contrastes al ojo del observador y sobre el contraste de los obstáculos en la carretera con respecto a su fondo; esto tiene por consiguiente una influencia directa sobre el rendimiento visual de los conductores.

Existen diferentes clases de calzadas las cuales se corresponden directamente a un nivel de iluminancia mínimo que debe ser respetado. Se recomienda revisar la norma IRAM-AADL J 2022-2*. Debido a que el objetivo de este artículo es el desarrollo de una luminaria para caminos rurales se adoptará la clase F de calzada, según norma IRAM, a la cual le corresponde un nivel inicial de iluminancia promedio de 10 lux.

Potencia de la luminaria

A partir del nivel mínimo de iluminación requerido en una superficie se puede obtener el flujo luminoso mínimo necesario que debe proveer la luminaria a instalar.

Por definición se tiene que:

$$1\text{Lux} \Rightarrow 1\text{lumen/m}^2$$

Suponiendo que la luminaria deba proveer iluminación a una superficie de 6x30mts (aproximadamente 3 luminarias por cuadra). Se necesitará una luminaria con la siguiente potencia:

$$6\text{m} \times 30\text{m} = 180\text{m}^2$$

$$10\text{Lux} \cdot 180\text{m}^2 = 1800\text{lm} \longrightarrow \text{Potencia lumínica mínima a proveer por la luminaria}$$

Suponiendo que la luminaria utilice leds de 1w (nos adelantamos unos párrafos) cuyo rendimiento aproximado es de 85lm:

$$1800\text{lm} / (85\text{lm/w}) = 21.18\text{w}$$

Si la fuente de la luminaria tiene una eficiencia del 95%:

Se tendrá una luminaria que consume 22.24w

Suponiendo algunas pérdidas propias del artefacto y teniendo en cuenta que ese sería el nivel mínimo de iluminación permitido, se estipula que una luminaria de led 25w va a servir para el presente proyecto. Dado que este tema tampoco es objeto principal de este artículo no se ahondará en mayores detalles y se convendrá en la idea que una luminaria de led que consume dicha potencia va a tener un flujo luminoso acorde a estos requerimientos. Cabe aclarar que los métodos de cálculo han sido muy simplificados y quizás parezcan un poco rudimentarios, no obstante, de aquí en más, va a servir trabajar con potencia consumida por la luminaria y no con flujo luminoso entregado.

FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO DE ILUMINACIÓN AUTÓNOMO

En este apartado se describirá el funcionamiento de una luminaria autónoma y se nombrarán las partes constitutivas de la misma. Para entender cómo funciona el equipo de iluminación se dará una breve descripción de su funcionamiento y cuáles son los elementos básicos que la componen.

Los elementos básicos de una luminaria autónoma solar son: una luminaria, un panel solar, una batería, un regulador de carga y una fotocélula. Los mismos se relacionan de la siguiente forma:

- El panel o los paneles solares captan la energía proveniente del sol y la transforman en energía eléctrica (estos se pueden conectar en serie o en paralelo, logrando así obtener mayor voltaje o mayor corriente según se configuren).
- La energía producida por los paneles pasa a través de un regulador de corriente/tensión para luego cargar las baterías.
- Las baterías almacenan la energía proveniente de los paneles durante el día.
- Cuando llega la noche, la falta de luz enciende un interruptor (fotocélula) automáticamente.
- Con el interruptor permitiendo el libre paso de la corriente, la energía acumulada en las baterías llega hacia la luminaria para producir luz.

A continuación, se presenta un esquema de cómo se relacionan cada una de las partes:

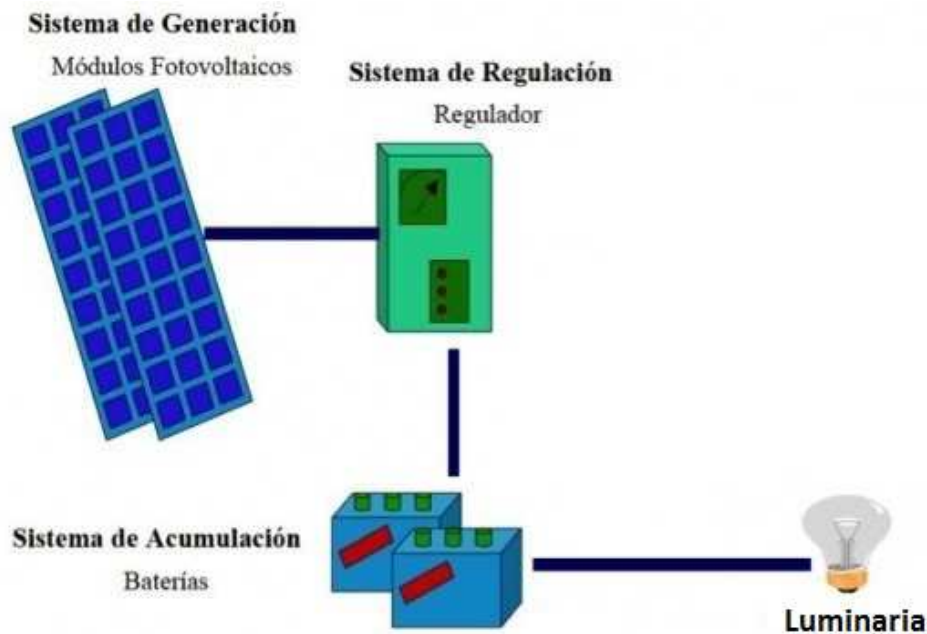


Figura 3: Esquema de una luminaria autónoma

PARTES DEL EQUIPO

En los siguientes párrafos, se detallarán las diferentes partes que componen el equipo de iluminación autónomo; dando una breve descripción y justificando su elección.

Luminaria

Se utilizarán lámparas de led por ser una tecnología relativamente nueva, con rápido desarrollo, muy buena eficiencia (aprox. 95 lm/W), porque trabajan a baja tensión y poseen una vida útil muy prolongada (hasta 50.000 hs). Se utilizarán leds del tipo high power además de lentes para guiar correctamente la luz y aumentar el rendimiento.

Batería

Se utilizarán baterías de gel del tipo VRLA por tener la posibilidad de colocarlas en cualquier posición, lo que nos facilitará su ubicación; por su resistencia a bajas temperaturas, por no verse afectadas a descargas profundas y por su gran cantidad de ciclos carga/descarga.

Las baterías tipo AGM (también del tipo VRLA) son otra opción a tener en cuenta por lo que no se las descarta totalmente.

Paneles fotovoltaicos

Se utilizarán paneles fabricados con silicio por ser los que tienen mejor relación precio-eficiencia. Estos a su vez estos se pueden dividir en: poli cristalinos o mono cristalinos, teniendo diferentes ventajas y desventajas cada uno, las cuales en la práctica no son de mayor importancia dado que los dos poseen rendimientos similares. Quedará a elección del lector cual panel de silicio utilizar.

Regulador de carga

Dentro de los reguladores modernos se encuentran dos tipos:

Regulador de cargas PWM: es un regulador de carga de carga sencillo que actúa como un interruptor entre los módulos fotovoltaicos y la batería. Conectados a un regulador de carga PWM, los módulos fotovoltaicos están forzados a trabajar a la tensión de la batería, lo que resulta en pérdidas de

rendimiento respecto al punto de máxima potencia (MPP) de los módulos. En cuanto se llega a la fase de absorción de la batería, el regulador de carga empieza a cortar parte de la posible producción de los módulos, modificando la anchura de los pulsos, para que no se sobrecargue la batería. Las ventajas de este tipo de regulador de carga de carga son la sencillez, reducido peso y el precio. La desventaja principal es la pérdida de rendimiento con respecto a regulador de carga MPPT.

Regulador de cargas MPPT: es un regulador de carga que lleva incorporado un seguidor del punto de máxima potencia (Maximum Power Point Tracking = MPPT) y un convertidor CC-CC (transformador de corriente continua de más alta tensión a corriente continua de más baja tensión - para la carga de la batería). El MPPT se encarga de trabajar en la salida de los módulos fotovoltaicos a la tensión que más conviene (para sacar la máxima potencia o para limitar la potencia en fases de "absorción" y "flotación").

Para un panel que contenga más módulos fotovoltaicos en serie y por lo tanto una mayor tensión en su salida¹, va a ser preferible el uso de un regulador MPPT. Por otro lado para un panel cuya tensión de salida sea similar a la de carga de la batería, la potencia que vamos a poder aprovechar de los paneles va a ser similar tanto con un regulador PWM como con uno MPPT. Debido a que los costos de los reguladores MPPT son mayores a los PWM, la elección de los mismos dependerá del tipo de panel fotovoltaico con que se cuente.

Fotocélula

Se elegirá cualquier dispositivo existente en el mercado que cumpla con los requerimientos básicos de tensión y corriente ya que no es un componente que pueda afectar el rendimiento o funcionamiento de la luminaria.

CALCULOS DEL PROTOTIPO

Antes de comenzar con los cálculos se debe contar con dos datos básicos: cuantas horas por día tendrá que estar encendida la luminaria y que radiación disponible tendremos sobre los paneles fotovoltaicos.

Como es de suponer, el diseño de la luminaria se hará para el peor de los casos, o sea se harán los cálculos para la fecha del año en que la luminaria se encuentre más exigida. Las peores condiciones coinciden alrededor del 21 de junio, época del año en que la radiación solar es menor y las horas de noche son mayores que las horas con sol. Cabe aclarar que el 21 de Junio se produce el equinoccio de invierno para el hemisferio Sur. Con esta configuración durante el verano los paneles recibirán una radiación solar similar a la recibida en invierno (ver figura 1), además la luminaria funcionará durante menos horas por lo que no será necesario realizar una comprobación de cálculos para estos meses.

Duración de la noche

La duración de la noche para el día más corto del año se calculará haciendo la cuenta: 24hs – duración del día. Para la duración del día se realizarán los siguientes cálculos:

-Convertir el día 21 de junio a la forma *n*-ésimo día del año, para lo cual la siguiente tabla es de gran utilidad:

¹ Según las características constructivas de los paneles fotovoltaicos existen con mayor o menor cantidad de módulos en serie, lo cual modifica directamente la tensión de salida de los mismos.

Mes	n del íesimo Día del Mes
Enero	i
Febrero	31 + i
Marzo	59 + i
Abril	90 + i
Mayo	120 + i
Junio	151 + i
Julio	181 + i
Agosto	212 + i
Setiembre	243 + i
Octubre	273 + i
Noviembre	304 + i
Diciembre	334 + i

Tabla 1: cálculo del n-ésimo día del año

21 de junio → n=172

-Calcular la declinación d para el día $n=172$

$$d = 23,45 \cdot \text{sen} (360 \cdot (284+n)/365)$$

21 de junio → $d=23.45$

-Calcular el ángulo de puesta del sol W_s

$$\text{Cos } W_s = - \tan d \cdot \tan \phi$$

$$\text{latitud } \phi = 34^{\circ}35'38''\text{S}$$

$$W_s = 72.59$$

-Dividiendo el ángulo de puesta del sol por 15 y multiplicando por 2 se obtiene la duración del día

$$(W_s / 15) \cdot 2 = 9.68\text{hs}$$

$$\text{Duración de la noche} = 24\text{hs} - 9.68\text{hs} = 14.32\text{hs}$$

Radiación solar invernal

De los cálculos detallados en el punto anterior se obtiene:

$$\text{Radiación incidente en un plano a } 50^{\circ} \text{ para el día 21 de junio} = 18\text{MJ/m}^2 = 5\text{Kwh/m}^2$$

Una vez obtenida la radiación solar incidente en el lugar donde se va a instalar el equipo, la duración de la noche más larga del año y la potencia de la luminaria, se puede proceder a calcular los componentes del equipo completo. Cabe recordar que se dimensiona el equipo para el peor caso que se dará aproximadamente en el mes de junio.

Dimensionado de la batería

Datos: Potencia luminaria: 25w
 Duración noche más larga: 14,32hs

-Cada día se necesitará una cantidad de energía equivalente a:

$$14,32\text{hs} \cdot 25\text{w} = 358\text{wh}$$

Suponiendo 3 días de lluvia, donde los paneles no pueden realizar carga alguna sobre la batería, esta tendrá que proveer a la luminaria la energía suficiente para que encienda durante la noche. Se elegirá un caso de 3 días sin radiación solar, suceso muy atípico, ya que en días nublados siempre hay radiación que llega hacia a la tierra, por lo que la aproximación realizada se puede asemejar a 4 o hasta 5 días de lluvia (ver tabla 2). Para valores mayores la luminaria quedaría fuera de servicio, pero se incurriría en gastos excesivos si se desea sobre dimensionarla; aunque de ser necesario sería solo cambiar un par de números en los cálculos.

$$\text{Energía para 3 noches} + \text{energía noche anterior a la lluvia} = \text{Energía para 4 noches} \quad (1)$$

$$\text{Energía para 4 noches} \Rightarrow 358\text{wh} \cdot 4 = 1432\text{wh} = \text{Energía que debe proveer la batería} \quad (2)$$

Como las baterías miden su capacidad de carga en amper-hora, se supone contar con una batería de 12v, cuya capacidad de carga será:

$$1432\text{wh} / 12\text{v} = 120\text{Ah}$$

Con esto ya queda dimensionada la batería. Vale aclarar que una batería con mayor capacidad de carga no afectará en absoluto el funcionamiento del equipo, por el contrario, lo beneficiará; no así pasará con el costo del mismo, el cual se verá incrementado. Otro tema a tener en cuenta es que se podrá disponer de más de una batería colocando las mismas en serie o en paralelo, según sea conveniente y/o necesario.

Nota: los fabricantes de baterías recomiendan que las mismas no se descarguen al 100%, sino siempre dejarlas con un 30% de carga mínima, para que estas tengan una vida útil prolongada. Dado que esta situación podría suceder una o dos veces al año (siendo una cantidad ínfima de sucesos), no se tendrá en cuenta esta sugerencia.

La siguiente tabla muestra los valores de radiación solar sobre una superficie horizontal en la ciudad de Lujan - Bs As (a 200km de la ciudad de Junín) durante los meses de junio de 2015 y 2016. En la misma se puede apreciar que la radiación nunca tiene un valor nulo.

Junio de 2015	rad(Mj/m ²)	rad(kWh/m ²)	Junio de 2016	rad(Mj/m ²)	rad(kWh/m ²)
01/06/2015	9.78	2.72	01/06/2016	10.24	2.85
02/06/2015	10.03	2.79	02/06/2016	4.66	1.30
03/06/2015	10.30	2.86	03/06/2016	9.91	2.75
04/06/2015	10.96	3.04	04/06/2016	2.63	0.73
05/06/2015	2.33	0.65	05/06/2016	9.81	2.73
06/06/2015	3.42	0.95	06/06/2016	10.84	3.01
07/06/2015	9.75	2.71	07/06/2016	11.72	3.26
08/06/2015	11.03	3.06	08/06/2016	11.99	3.33
09/06/2015	2.79	0.77	09/06/2016	5.67	1.58
10/06/2015	4.47	1.24	10/06/2016	11.33	3.15
11/06/2015	11.77	3.27	11/06/2016	11.80	3.28
12/06/2015	11.82	3.28	12/06/2016	11.62	3.23
13/06/2015	6.23	1.73	13/06/2016	5.82	1.62
14/06/2015	11.44	3.18	14/06/2016	8.69	2.42
15/06/2015	11.31	3.14	15/06/2016	10.02	2.78
16/06/2015	10.91	3.03	16/06/2016	10.17	2.83
17/06/2015	10.56	2.93	17/06/2016	11.08	3.08
18/06/2015	11.58	3.22	18/06/2016	9.99	2.77
19/06/2015	10.45	2.90	19/06/2016	7.98	2.22
20/06/2015	10.88	3.02	20/06/2016	8.29	2.30
21/06/2015	11.06	3.07	21/06/2016	11.22	3.12
22/06/2015	7.19	2.00	22/06/2016	10.92	3.03
23/06/2015	11.82	3.28	23/06/2016	9.57	2.66
24/06/2015	11.28	3.13	24/06/2016	6.25	1.74
25/06/2015	4.64	1.29	25/06/2016	3.27	0.91
26/06/2015	7.87	2.19	26/06/2016	3.68	1.02
27/06/2015	1.34	0.37	27/06/2016	1.31	0.37
28/06/2015	1.68	0.47	28/06/2016	2.37	0.66
29/06/2015	4.37	1.21	29/06/2016	10.19	2.83
30/06/2015	11.04	3.07	30/06/2016	2.94	0.82

Tabla 2: Radiación solar sobre una superficie horizontal en la ciudad de Lujan (Bs As)

Dimensionado de los paneles

Se supone una recarga completa de la batería (estando esta descargada) en 3 días.

$$1432\text{wh} + 716\text{wh} = 2148\text{wh} \longrightarrow \text{Energía que los paneles deben proveer a la batería en 3 días.}$$

↓
Consumido entre medio
de los tres días

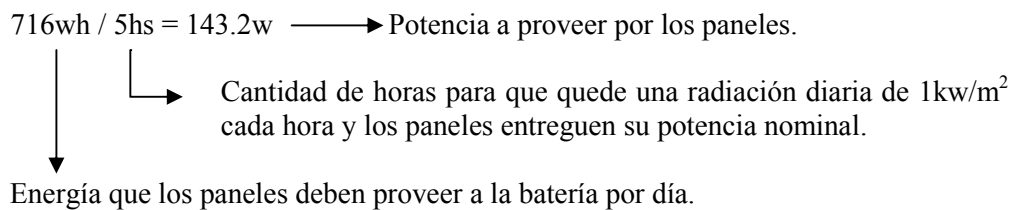
$$2148\text{wh} / 3 = 716\text{wh} \longrightarrow \text{Energía que los paneles deben proveer a la batería por día.}$$

A la hora de elegir un panel fotovoltaico, es normal que figure una leyenda similar a la siguiente: “los valores están dados para las condiciones de insolación de $1\text{kw}/\text{m}^2$ ”. ¿Qué quiere decir esta frase? Vayamos al presente trabajo:

Se cuenta con una radiación solar diaria incidente sobre el panel de: $5\text{Kwh}/\text{m}^2$.

Se puede suponer para simplificar los cálculos que existen solo 5hs de radiación diaria con un valor de $1\text{kw}/\text{m}^2$ cada hora, por lo que con un panel de 40W de potencia nominal (valor elegido al azar) se obtendrá una energía diaria de $5\text{hs} \cdot 40\text{w} = 200\text{wh}$. El mismo resultado se hubiese obtenido si se hubiera supuesto más horas de radiación, ya que la energía generada por los paneles es proporcional a la recibida desde el sol.

Resolviendo al revés obtenemos:



De la formula anterior se obtiene que con un panel de 150w (valor comercial más cercano a 143.2) o con 2 paneles de 75w conectados en paralelo, o alguna otra configuración que se le pueda ocurrir al lector con más paneles, se estaría alimentando correctamente la presente luminaria autónoma.

Dimensionado del regulador de carga

Para la elección del regulador solo debemos importar que la corriente que soporte sea mayor a la que circulará por sus circuitos y a su vez no sobre dimensionarlo innecesariamente para que este no haga perder eficiencia al conjunto.

$$150\text{w} / 14\text{v} = 10,71\text{ A}$$

Tensión de carga de la batería

Del cálculo anterior se puede deducir que con un regulador que soporte aproximadamente 12amper se haría una elección correcta.

PERDIDAS DEL SISTEMA

Son varios los parámetros que quedan por analizar para que el cálculo teórico diste lo menos posible de los valores reales. El rendimiento total de la instalación o PR (performance ratio) es el producto varios factores, los cuales determinan las pérdidas totales del sistema; detallándolos llevarían un texto de las dimensiones del presente artículo. Pese a esto se los nombrará por si es de interés del lector indagar más sobre el tema.

Las pérdidas del sistema de iluminación se pueden producir por: envejecimiento de los leds, polvo o suciedad en la luminaria, rendimiento del panel, temperatura en los paneles, polvo o suciedad en los paneles, por cableado, por el inversor y por seguimiento del PMP.

Dado a la complejidad del tema se estimará el rendimiento total PR entre un 85% y un 90% lo que llevará a ajustar los cálculos anteriores si fuese necesario. Cabe destacar que no siempre se encuentran en el mercado los componentes con las dimensiones calculadas por lo que sí a la hora de realizar el prototipo, la luminaria fue sobre dimensionada no valdrá la pena tener en cuenta estas pérdidas.

CONCLUSIONES

El presente texto ha abordado la construcción de una luminaria autónoma enfocándose en los cálculos a realizar para que el lector pueda construir una luminaria que trabaje de forma eficiente con una cantidad de paneles y baterías adecuados; detallando además el resto de los componentes utilizados. Refiriéndose al ejemplo de cálculo, para una luminaria de 25w instalada en la ciudad de Junín (B) se necesitará un panel de 150 W, un regulador de 12 amper y una batería de 120aH; además la misma soportará 3 días consecutivos de lluvia sin radiación solar.

Quedan para la imaginación o habilidad del lector la construcción de los soportes para los paneles y la caja porta baterías. Se recuerda que esta última debe soportar el vandalismo tan frecuente en casi todas partes, por lo que se recomienda ubicarla a una altura significativa o enterrada debajo del piso.

Como el correcto funcionamiento del equipo va a depender de la calidad de los componentes empleados, se aconseja al lector adquirir componentes de marcas reconocidas, siempre y cuando no se incurra en gastos excesivos. Como última recomendación se recuerda que el mantenimiento periódico de los elementos del sistema alargará la vida útil de la luminaria.

REFERENCIAS

- Diaz Hernandez P. (2010). Alumbrado público basado en LED: Estudio y aplicaciones.
Grossi Gallegos H. y Riguini R. Atlas de Energía Solar de la República Argentina
Manzoni C. (2016). Energías renovables: tema pendiente en un país en emergencia.
Agencia Estatal de Meteorología de España. (2015). Radiación solar
Lapi J. C. (2014) - Secretos de la Energía Solar Fotovoltaica, térmica y eólica
Moragues J. (2011). Uso racional y eficiente de la energía MINCYT.
Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima CAMMESA (2016)
Duffie, J. & Beckman, W. (2006). Solar Engineering of Thermal Processes, Third Edition, John Wiley & Sons, USA.
Iqbal, M. (1983). An Introduction to Solar Radiation, Academic Press
Norma IRAM_AADL J 2022-4
Norma IRAM-AADL J 2022-2*

SUMMARY: This paper attempts to solve part of the rural electrification problem in Argentina.

The aim of this paper is to show the characteristics that a lighting solar energy system network fully autonomous must have to work not only efficiently but also being reliable and with low cost. An analysis of the available solar resource and methods of calculation will be made. Besides that, there will be an explanation about the constituent parts of an autonomous system of lighting. At this point both the function of each part and how they influence on the performance of the system can be seen. Lastly there it will be designed a prototype of a luminaire and also a conclusion about the text that has been studied will be made.

Keywords: solar energy, lighting, lighting, autonomous