



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
ESPECIALIZACIÓN EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS
TÓPICOS ESPECIALES
CT-7555

**PROYECTO DE ILUMINACIÓN DEL
ESTACIONAMIENTO DE PROFESORES
ANEXO AL EDIFICIO DE ENERGÉTICA**

Realizado por:
Campo Felipe. 0584673
Quispe Edwin. 0584549

INDICE

| | |
|---|----|
| INDICE | 1 |
| GLOSARIO | 3 |
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 1.- Características Generales..... | 5 |
| 2.- Uso de la energía solar fotovoltaica..... | 7 |
| 2.1 ¿Qué es la Energía Solar Fotovoltaica? | 7 |
| 2.2 ¿Qué es un sistema fotovoltaico?..... | 9 |
| 2.3 ¿Que mantenimiento requiere un sistema fotovoltaico?..... | 10 |
| 3.- Funcionamiento de la Tecnología Fotovoltaica..... | 11 |
| 3.1 Módulos fotovoltaicos | 11 |
| 3.2 Baterías | 14 |
| 3.3 El Regulador o Controlador de Carga..... | 16 |
| 3.4 El Inversor..... | 18 |
| 3.5 Otros elementos en las aplicaciones | 18 |
| 4.- Aplicación de los Sistemas Fotovoltaicos | 20 |
| 4.1. Sistemas individuales de corriente directa (CD) para aplicaciones domésticas | 21 |
| 4.2. Sistemas individuales de corriente alterna (CA) para aplicaciones domésticas | 21 |
| 4.3. Sistemas aislados para usos productivos..... | 22 |
| 4.4. Sistemas centralizados aislados de la red..... | 23 |
| 4.5. Sistemas centralizados conectados a la red..... | 25 |
| 5.- Costos y Financiamiento | 25 |
| 6.- Aspectos Ambientales y comparación respecto a plantas diesel..... | 28 |
| 7.- Ventajas y Desventajas..... | 29 |
| 8.- Barreras..... | 30 |
| 9.- Vida útil de los principales equipos..... | 31 |
| ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE ALUMBRADO PROPUESTAS | 32 |
| 1.- Resumen | 32 |
| 2.- Antecedentes..... | 32 |
| 3.- Memoria descriptiva | 32 |
| 4.- Conveniencia de usar la solución solar propuesta..... | 33 |
| 4.1 Diseño con luminaria de sodio baja presión de 55w..... | 33 |
| 4.2 Cálculo de iluminancia de sodio baja presión de 55w..... | 41 |
| 5.- Conveniencia de usar la solución de electrificación tradicional propuesta | 41 |
| 5.1 Cálculos para electrificación estándar de las luminarias del estacionamiento: | 41 |
| ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA..... | 43 |
| CONCLUSIONES | 44 |
| BIBLIOGRAFIA | 46 |
| ANEXOS | 47 |

| | |
|--|----|
| ANEXO 1. Ejemplos de luminarias solares..... | 48 |
| ANEXO 2. Productos..... | 49 |
| ANEXO 3. Potencial de Energía Solar y Eólica en Venezuela | 50 |
| ANEXO 4. ¿De que factores depende el rendimiento de un panel fotovoltaico?..... | 51 |
| ANEXO 5. Hoja técnica del panel solar PV-MF110EC4 _{100Wp} de la empresa Mitsubishi electric..... | 52 |
| ANEXO 6. Plano eléctrico de la propuesta con energía convencional..... | 54 |
| ANEXO 7. Resultados de la propuesta con energía solar mediante el programa DIALUX. | 55 |
| 7.1) Luminaria..... | 55 |
| 7.2) Ubicación de las luminarias..... | 56 |
| 7.3) Ubicación de las áreas a iluminar | 57 |
| 7.4) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar | 58 |
| 7.5) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar en colores falsos | 58 |
| 7.6) Curvas isocandelas (E)..... | 59 |
| 7.7) Gráfico de valores de iluminancia (E)..... | 60 |
| ANEXO 8. Resultados de la propuesta con energía solar mediante el programa DIALUX. | 61 |
| 8.1) Luminaria..... | 61 |
| 8.2) Ubicación de las luminarias..... | 62 |
| 8.3) Ubicación de las áreas a iluminar | 63 |
| 8.4) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar | 64 |
| 8.5) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar en colores falsos | 64 |
| 8.6) Curvas isocandelas (E)..... | 64 |
| 8.7) Gráfico de valores de iluminancia (E)..... | 66 |
| ANEXO 9. Presupuesto de obras civiles de la propuesta con energía convencional. | 67 |
| ANEXO 10. Presupuesto de la propuesta con energía solar..... | 69 |
| ANEXO 11. Norma Venezolana COVENIN 2249-93. | 72 |
| ANEXO 12. PROPUESTA POR DIRECCIÓN DE PLANTA FISICA (USB)..... | 74 |

GLOSARIO

Balasto: dispositivo necesario para el funcionamiento de las lámparas de descarga; también denominado *reactancia*. [1]

Deslumbramiento: molestia visual causada por una iluminación agresiva en donde las fuentes de luz (bombillos) son directamente visibles. [1]

Flujo Luminoso: cantidad de luz emitida por una fuente de luz en cualquier dirección, por unidad de tiempo, expresado en *lúmenes* [lm]. [1]

Intensidad luminosa: flujo luminoso emitido dentro de un cono en una dirección determinada dividido por el ángulo sólido de dicho cono, expresado en *candela/s* [cd]. [1]

Lámpara: componente de la luminaria que produce la luz. [1]

Luminancia o *brillo fotométrico*: dicho de una fuente de luz, es la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de dicha fuente, expresado en *candela/s por metro cuadrado* [cd/m²]. [1]

Luminaria: según la definición de la CIE (Comisión Internacional de Iluminación), las luminarias son “Aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación”. [3]

Luminosidad: Es la cantidad de luz que puede llegar a entrar a través de la lente frontal de un objetivo. Con mucha luminosidad en un objetivo, se pueden realizar buenas imágenes aunque haya poca luz. La exposición también depende de la cantidad de luz que pasa a través de las lentes de nuestro objetivo durante un tiempo determinado.[2]

Iluminancia: es el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el Lux (lx) que es un lm/m². [3]

INTRODUCCIÓN

Dada la problemática planteada en cuanto a la falta de iluminación del área de estacionamiento del edificio de energética de la Universidad Simón Bolívar; se decidió evaluar la factibilidad de dos opciones para buscar una solución a esta situación.

Entre las dos opciones de búsqueda se considerará la factibilidad de implementar el uso de instalaciones eléctricas convencionales y se comparará respecto al uso de instalaciones con celdas fotovoltaicas.

El primer paso consiste en recopilar información sobre el alumbrado público existente, como por ejemplo: número, tipo y estado de luminarias y lámparas, necesidades de alumbrado (vial, residencial, seguridad, etc...), planificado y actividades de expansión en el área. Los datos aportados permitirán realizar un análisis, calcular qué nivel de ahorro se puede alcanzar entre una instalación y otra y definir el modelo económico necesario para poder realizar la inversión. Este análisis servirá para tomar las decisiones adecuadas.

La ejecución podría ser desarrollada por un especialista en alumbrado o por la empresa de servicios de la Universidad.

Será vital documentar el éxito del proyecto y demostrar la eficiencia del sistema de alumbrado público que se decida usar. En caso de que se lleve a cabo el proyecto, se deberían elaborar informes sobre la consecución de mejoras de los parámetros del alumbrado y sobre el ahorro de costos para la universidad. Es importante hacer más hincapié en las ventajas alcanzadas más que en los propios elementos de la instalación de alumbrado. En este caso, por ejemplo, en el que se podrían instalar lámparas que utilicen la energía solar. Tales equipos no necesitan interconectarse a una red y resultan idóneas para lugares apartados, como por ejemplo, paradas de autobús, aparcamientos de vehículos, muelles, parques, señales, paseos, etc. Adicionalmente será de gran interés, para incursionar al estudiantado, en la exploración del uso de energías alternativas.

En muchas regiones del país, no se cuenta con suficiente capacidad de transformación como es el caso de los valles del Tuy donde se han realizado varios proyectos habitacionales y los mismos no se han concretado, ya que la empresa CADÁFE no cuenta con dicha capacidad de transformación para satisfacer esos proyectos. Esto, sumado al pobre crecimiento en el parque energético hace que las tecnologías de energía renovable, a pequeña escala, presenten una alternativa económica y ambiental factible para comunidades remotas y para la expansión de la capacidad eléctrica instalada. Ya sea por medio de sistemas aislados o sistemas conectados a la red eléctrica; aun cuando la región cuenta con recursos para desarrollar sistemas hidráulicos; de igual manera existen las condiciones para desarrollar sistemas solares y de biomasa.

Lamentablemente, existen barreras que dificultan un mayor desarrollo de este tipo de energía, la falta de difusión del conocimiento de las tecnologías y la capacidad institucional y técnica que aún son incipientes.

MARCO TEÓRICO

1.- Características Generales.

Un proyecto de alumbrado público es más que un montón de lámparas y de luminarias. Es necesario tener en cuenta que se pretende alcanzar varios objetivos a la vez con cada nueva instalación de alumbrado público:

- Ahorro de costos.
- Alivio presupuestario a largo plazo.
- Obtención de subvenciones: para llevar a cabo un proyecto de alumbrado público es necesario el financiamiento de instituciones gubernamentales o privadas. Ya que ningún particular estará dispuesto a financiar una obra de alto costo y el cual no formara parte de sus bienes si no de un colectivo.
- Incremento de la seguridad
- Cumplir los requisitos legales: para diversas zonas, por ejemplo, esta prohibido, como ordenanzas, colocar tendidos eléctricos y solo es posible llevar a cabo distribuciones subterráneas; de allí que se deba estudiar los aspecto legales que rigen la zona para el cual se elaborará el proyecto y de allí determinar el tipo de instalación que se ejecutará.
- Mejorar su imagen
- Coordinar la instalación con otros trabajos de construcción y de cableado: en toda obra en la cual se desarrollen instalaciones, de cualquier tipo, sobre otras ya existente (es decir, no sea una obra completamente nueva); es casi seguro que existan problemas con otros servicios. De allí que se deban hacer todos los ajustes necesarios para llevar a cabo dicha instalación; un ejemplo de ello podría ser utilizar los espacios de reserva de un tablero para alimentar nuevas cargas.
- Integrar el trabajo local y de las compañías eléctricas: esto es a menos que se usen plantas eléctricas o algún otro tipo de energía alternativa. Cualquier nueva instalación eléctrica que se ejecute, debe ser conectada a la red de la compañía eléctrica que preste servicio en la zona. Inclusive de usar algún tipo de energía alternativa, según los recursos de que se dispongan y la importancia del proyecto de alumbrado, es conveniente tener conexiones a la red como respaldo y confiabilidad.

Es por esto, que se dan algunos conceptos generales como ayuda al proyecto de alumbrado que se desea realizar:

Fuentes luminosas y lámparas

Existen varias familias de lámparas que se utilizan para la iluminación, y cada una tiene sus propias características. Tradicionalmente, los principales factores que se han tenido en cuenta a la hora de determinar qué sistemas se utilizaban eran la tecnología disponible y los costos. Ahora, Utilizando fuentes luminosas más eficientes se podría reducir el número de luminarias en funcionamiento sin alterar el nivel de iluminación. Por lo general las lámparas y balastos que se utilizan para un sistema no se pueden intercambiar

con los de otro, y el reajuste no suele ser rentable económicamente en la mayoría de los casos. Para poder cambiar el tipo de fuente luminosa es necesario cambiar la luminaria completa.

- **Incandescencia**

Las lámparas incandescentes son bien conocidas en todas las casas. Proporcionan una luz puntual que puede controlarse y dirigirse fácilmente con un soporte. El 90% de la energía que consumen se convierte en calor, lo que deja sólo un 10% para producir la luz.

- **Lámparas fluorescentes**

Estas lámparas son mucho más eficientes que las incandescentes, ya que fundamentalmente se invierte la proporción de uso energético en calor y luz, es decir, el 90% de la energía que consumen se convierte en luz, lo que deja sólo un 10% para producir calor. La vida útil de la lámpara es de unas 20.000 horas. La eficiencia disminuye a menor temperatura. La tecnología actual (T-8, T-5) y los balastos electrónicos pueden sustituir a los antiguos equipos de balasto magnético (T-12) y permitir un ahorro energético del 30-40%. [xx]

- **Sodio a baja presión**

Estas lámparas tienen una vida larga (18.000 horas) y son muy eficientes. Sin embargo, su rendimiento en color da un amarillo monocromo, lo que hace que los colores de los vehículos, de la ropa y de las señales de tráfico lleguen a confundirse, y resultan válidas únicamente en casos muy contados (ciertos tipos de autopista, estacionamientos, etc.).

- **Sodio a alta presión**

Estas lámparas emiten una luz dorada y son las más eficientes para el alumbrado público. Están disponibles en una gran variedad de formas y tamaños, son aptas para muchos tipos de aparatos y tienen unas características de control óptico muy buenas.

- **Halógeno de metal**

Estas lámparas son también muy eficientes y permiten un control óptico bueno. Emiten una luz blanca y su rendimiento en color es bueno. La vida útil es de unas 10.000 horas, duración que se ha visto incrementada con la nueva tecnología "Pulse Start".

- **Vapor de mercurio**

Ésta fue la primera luz "blanca" de descarga de alta intensidad utilizada para el alumbrado de exteriores. Está comprobado que estas lámparas siguen funcionando una vez finalizada su vida útil. No tienen una buena reproducción de los colores y no resultan aptas para un alumbrado eficiente en términos energéticos.

Tabla 1. Tipos de lámpara y luminosidad.[4]

| Tipo de lámpara | Rango de potencia de la lámpara en el mercado [W] | Luminosidad [lm/m ²] | Promdio de vida útil (horas) | Eficacia luminosa [lm/W] |
|----------------------|---|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Incandescencia | 15-150 | 9-15 | 1000 | 7.5-20 |
| Tubo fluorescente | 18-58 | 43-76 | 12.500 | 18-22 |
| Vapor de mercurio | 50-400 | 30-49 | 24.000 | 40-63 |
| Sodio a alta presión | 50-400 | 67-128 | 24.000 | 70-130 |
| Sodio a baja presión | 18-180 | 69-152 | 18.000 | 100-183 |

Unidades de alumbrado

Las unidades de alumbrado disponibles lo están en una variedad de formas que dirigen la luz hacia donde es necesaria y más allá. Las unidades con lámparas de sodio a alta presión han sido las de más utilizadas para el alumbrado público durante muchos años. Estos aparatos descargan la luz hacia abajo, proporcionando más iluminación, sin deslumbrar y sin emitir luz parásita (esto es, en direcciones no deseadas). Las nuevas unidades son por lo general más eficientes en términos luminoso, lo que permite utilizar fuentes luminosas con menor potencia. La instalación de luminarias del tipo “cut-off” ha recibido en algunos casos una respuesta negativa por parte de algunos ciudadanos, dado que la ausencia de resplandor en la distancia crea la sensación de un alumbrado insuficiente.

2.- Uso de la energía solar fotovoltaica.

2.1 ¿Qué es la Energía Solar Fotovoltaica?

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica.

Esta definición de la energía solar fotovoltaica, aunque es breve, contiene aspectos importantes sobre los cuales se puede profundizar:

1. La energía solar se puede transformar de dos maneras:

La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.

La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

2. La energía solar fotovoltaica se utiliza para hacer funcionar lámparas eléctricas, para iluminación o para hacer funcionar radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

3. Es necesario disponer de un sistema formado por equipos especialmente contruidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos. Posteriormente, se explica el funcionamiento básico y las características más importantes de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras, sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones. En el caso particular de Venezuela, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar.

Según el mapa de la intensidad de radiación solar en diferentes regiones del mundo (ver figura 1), América es una región muy privilegiada con respecto al recurso solar disponible, aunque siempre es necesario evaluar el potencial solar de un sitio específico donde se planea instalar un sistema fotovoltaico.

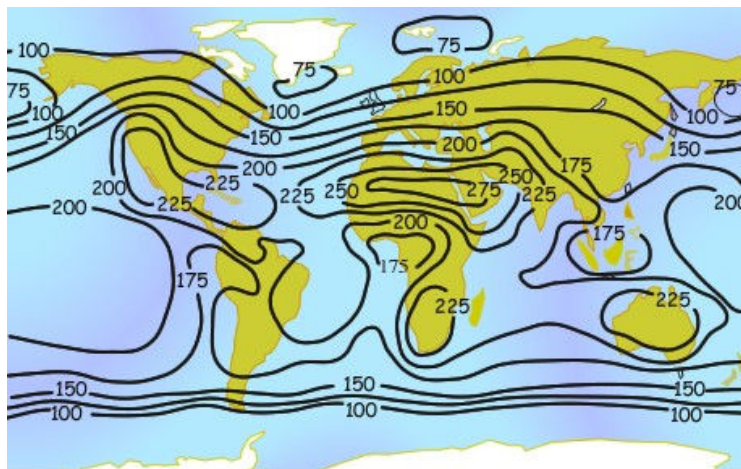


Figura 1. Mapa de la intensidad de radiación solar en diferentes regiones del mundo.

Radiación solar media recibida en superficie, expresada en W/m^2 . Oscila entre un máximo de unos $275 W/m^2$ en las regiones despejadas de nubosidad del Sahara y Arabia, hasta un mínimo de $75 W/m^2$ en las islas brumosas del Ártico. La media global es de $170 W/m^2$. [5]

La energía del sol es un recurso de uso universal; por lo tanto, no se paga por utilizar esta energía. Sin embargo, es importante recordar que para realizar la transformación de energía solar en energía eléctrica se necesita de un sistema fotovoltaico apropiado. El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de comprar, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

2.2 ¿Qué es un sistema fotovoltaico?

Un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- *Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
- *Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
- *Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada.
- *Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- i. El módulo o panel fotovoltaico.
- ii. La batería.
- iii. El regulador de carga y el inversor.
- iv. Las cargas de aplicación (el consumo).

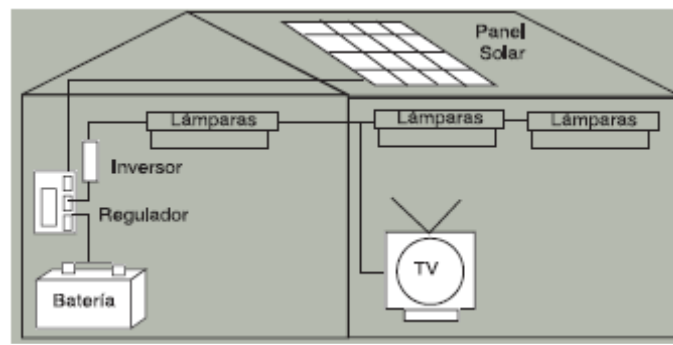


Figura 2. Esquema simple de un sistema fotovoltaico

En instalaciones fotovoltaicas pequeñas es frecuente, además de los equipos antes mencionados, el uso de fusibles para la protección del sistema. En instalaciones medianas y grandes, es necesario utilizar sistemas de protección más complejos y, adicionalmente, sistemas de medición y sistemas de control de la carga eléctrica generada.

2.3 ¿Que mantenimiento requiere un sistema fotovoltaico?

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, que se reduce a las siguientes operaciones:

- Paneles: requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector. Es conveniente hacer una inspección general 1 ó 2 veces al año: asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador están bien ajustadas y libres de corrosión. En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles; en caso de ser necesario, simplemente utilizar agua y algún detergente no abrasivo.
- Regulador: la simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas. Las operaciones que se pueden realizar son las siguientes: observación visual del estado y funcionamiento del regulador; comprobación del conexionado y cableado del equipo. La observación de los valores instantáneos del voltímetro y el amperímetro dan un índice del comportamiento de la instalación.
- Acumulador: es el elemento de la instalación que requiere una mayor atención; de su uso correcto y buen mantenimiento dependerá en gran medida su duración. Las operaciones usuales que deben realizarse son las siguientes:
 - Comprobación del nivel del electrolito (cada 6 meses aproximadamente): debe mantenerse dentro del margen comprendido entre las marcas de "Máximo" y "Mínimo". Si no existen estas marcas, el nivel correcto del electrolito es de 20 mm por encima del protector de separadores. Si se observa un nivel inferior en alguno de los elementos, se debe rellenar con agua destilada o desmineralizada. No debe rellenarse nunca con ácido sulfúrico.
 - Al realizar la operación anterior debe comprobarse también el estado de los terminales de la batería; deben limpiarse de posibles depósitos de sulfato y cubrir con vaselina neutra todas las conexiones.
 - Medida de la densidad del electrolito (si se dispone de un densímetro): con el acumulador totalmente cargado, debe ser de 1,240 +/- 0,01 a 20 grados Celsius. Las densidades deben ser similares en todos los vasos. Diferencias importantes en un elemento es señal de posible avería.

3.- Funcionamiento de la Tecnología Fotovoltaica

3.1 Módulos fotovoltaicos

La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.



Figura 3. Módulo fotovoltaico típico.

Celdas fotovoltaicas:

Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales.

Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas.

Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un vatio a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos constan de 36 celdas fotovoltaicas.

Marco de vidrio y aluminio:

Estos elementos tienen la función principal de soportar mecánicamente a las celdas fotovoltaicas y de protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie, por ejemplo: humedad y polvo. Todo el conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico EVA (acetato de vinil etileno).

El vidrio frontal es antirreflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados.



Figura 4. Conjunto de paneles fotovoltaicos típicos y su estructura metálica de soporte.

Tipos de módulos fotovoltaicos:

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

*Módulos de silicio monocristalino: son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.

*Módulos de silicio policristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.

*Módulos de silicio amorfo: tienen menor eficiencia que los 2 anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

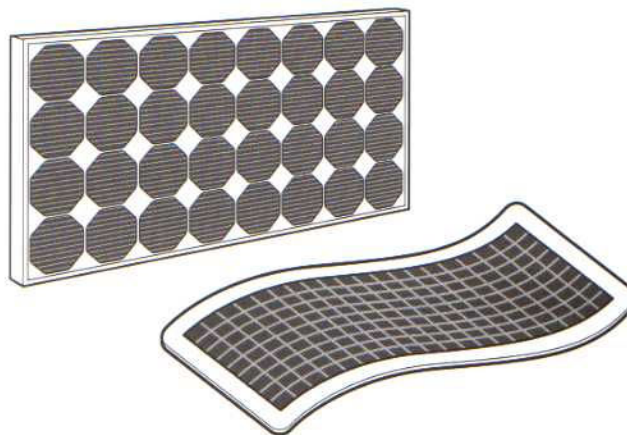


Figura 5. Módulos Fotovoltaicos.

Rendimiento y Dimensiones:

Las células fotovoltaicas cristalinas proporcionan un voltaje en circuito abierto de 0,5 voltios aproximadamente, independientemente del tamaño que tengan. La corriente eléctrica que producen es de unos 0,25 amperios (250 miliamperios) por cada pulgada cuadrada de célula. Las células de un panel se conectan en serie hasta obtener el voltaje deseado, pero al igual que las baterías conectadas en serie, ese conexasiónado no aumenta su capacidad de generar corriente. Por ejemplo, un panel con 36 células de cinco pulgadas produciría unos 18 voltios capaces de producir una intensidad de corriente de 5 amperios, lo que significa una potencia de unos 90 vatios.

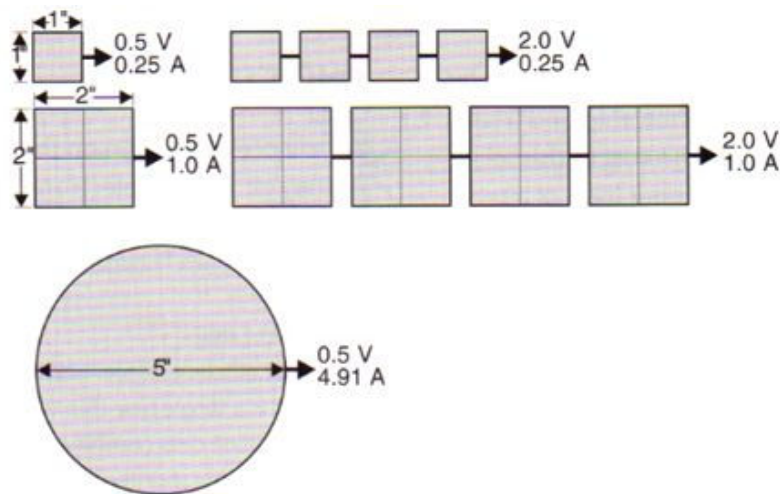


Figura 6. Rendimiento y Dimensiones de las células fotovoltaicas.

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación.

La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. **Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 vatios por metro cuadrado (W/m²) y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C.** En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W dependiendo del fabricante y de la temperatura de trabajo, el cual puede oscilar entre 70-85%.

En el mercado, **se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media, por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia, hasta 160 Wp.** En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico depende de las características propias de la instalación fotovoltaica, tales como la radiación solar existente y el consumo energético requerido.

3.2 Baterías

Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.
- Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar tanto lámparas o bombillas como de televisores o radios, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.
- Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico.

Características de las baterías

La Figura 7 muestra una batería típica para aplicaciones fotovoltaicas. En su apariencia externa este tipo de baterías no difiere mucho de las utilizadas en automóviles. Sin embargo, internamente las baterías para aplicaciones fotovoltaicas están construidas especialmente para trabajar con ciclos de carga/descarga lentos.

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas.



Figura 7. Batería para sistemas fotovoltaicos.

Aunque el costo inicial es más bajo, no es recomendable utilizar baterías de automóviles en sistemas fotovoltaicos dado que no han sido construidas para estos fines. Las consecuencias más graves del empleo de batería de automóviles son:

- a) La vida útil de este tipo de baterías se acorta considerablemente,
- b) los procesos de carga/descarga se hacen ineficientemente.

Así, el ahorro en costos que puede tener comprar baterías de automóviles (en lugar de baterías fotovoltaicas) se pierde ante la necesidad de reemplazarlas frecuentemente.

La capacidad de la batería se mide en “amperios-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria. **El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga.** Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías. También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo. Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación.

Después que las baterías hayan alcanzado su vida útil, deberán ser retiradas y llevadas a centros de reciclaje autorizados (en el caso de algunos proveedores, con la venta de la batería se responsabilizan también del retiro y reciclaje). Por ningún motivo deben desecharse en campos abiertos o basureros, pues el derrame de la solución de ácido sulfúrico que contienen ocasiona graves daños al suelo, personas y animales. Finalmente, es importante mantener alejados a los niños de las baterías para evitar cortocircuitos o accidentes.

Al igual a lo que sucede con los módulos fotovoltaicos, se recomienda la ayuda de un conocedor del tema para que sugiera el tipo de batería que más conviene a una instalación fotovoltaica particular. En términos generales, se deben adquirir baterías fotovoltaicas de calidad, que cumplan las especificaciones mínimas que se determinen para cada proyecto en particular. Estas deben ser baterías especiales para sistemas fotovoltaicos.

Mantenimiento y vida útil:

Diferentes tipos y modelos de baterías requieren diferentes medidas de mantenimiento. Algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas 'baterías libre de mantenimiento', no lo necesitan.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que es sometida. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta "muere súbitamente" debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los procesos de carga y descarga. Si se carga una batería más de lo necesario, o si se descarga más de lo debido, ésta se daña. Normalmente, procesos excesivos de carga o descarga tienen como consecuencia que la vida útil de la batería se acorte considerablemente.

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga. Este elemento es conocido como regulador o controlador de carga.

3.3 El Regulador o Controlador de Carga

El control de carga cumple dos funciones: garantiza un régimen de carga adecuado para las baterías, y evita la descarga de las mismas a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida es nulo. Su función es análoga a la del sistema de carga de batería en un automotor. Si no se usare un control el régimen de carga podría sobrecargar las baterías. Esta condición, acorta la vida útil de las mismas. Muchos fabricantes de controles de carga adicionan, en algunos modelos, funciones auxiliares dentro del

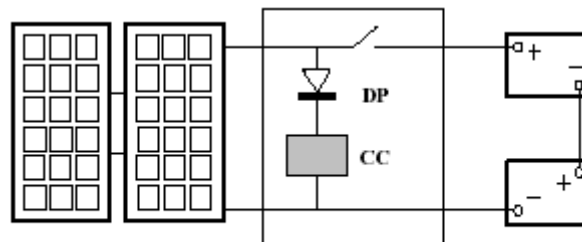
producto. La más común es la de monitoreo del proceso de carga. El fusible de baterías es incorporado al sistema como un elemento de seguridad.



Figura 8. Típico regulador de carga fotovoltaico con sus respectivos bornes de conexión para el módulo, para la batería y para las cargas.

Existen dos formas de trabajo para el Control de Carga (CdC): control en serie y control en paralelo. La Figura 9 y 10 ilustra cómo las dos versiones varían el valor de la corriente de carga.

Control serie: En esta versión, la acción de control toma lugar en serie con el circuito de carga, abriéndolo y cerrándolo intermitentemente, dependiendo del voltaje de batería. Durante la noche, el circuito de carga permanece abierto, evitando que las baterías se descarguen a través de los mismos (diodo N-P polarizado para conducir por el voltaje de batería).



DP: Diodo de Protección CC: Circuito de Control

Figura 9. Control de carga serie.

Control paralelo: La acción de control en estos modelos actúa desviando, en forma intermitente, la corriente de carga a una carga ficticia (dummy load, en inglés) la que queda conectada en paralelo con el circuito de carga. Como el circuito de carga no se abre, para evitar la descarga de las baterías, se conecta un diodo de bloqueo del lado de batería. La presencia del mismo crea pérdidas de potencia y reduce el valor máximo del voltaje de carga. Esto hace que los controles paralelos sean menos eficientes que la versión en serie, y por ello la mayoría de los controles ofrecidos a la venta son del tipo serie.

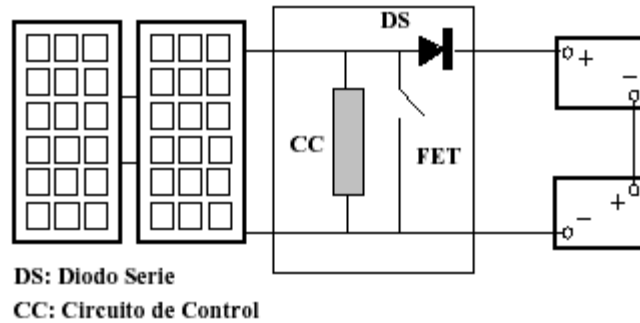


Figura 10. Control de carga paralelo.

Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

3.4 El Inversor

Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

El tipo de la energía se refiere principalmente al comportamiento temporal de los valores de voltaje y corriente con los que se suministra esa energía. Algunos aparatos eléctricos, como lámparas, radios y televisores funcionan a 12 voltios (V) de corriente directa, y por lo tanto pueden ser energizados a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12 V.

Por otra parte, hay lámparas, radios y televisores que necesitan 120 V ó 110 V de corriente alterna para funcionar. Estos aparatos eléctricos se pueden adquirir en cualquier comercio pues 120 ó 110 son los voltajes con los que opera el 95% de los electrodomésticos en Venezuela, conectados a la red pública convencional.

Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, el inversor, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V.

Existe una amplia variedad de inversores para aplicaciones domésticas y usos productivos en sitios aislados, tanto en calidad como en capacidad. Con ellos, se pueden utilizar lámparas, radios, televisores pequeños, teléfonos celulares, computadoras portátiles, y otros.

3.5 Otros elementos en las aplicaciones

Finalmente, un sistema fotovoltaico incluye las cargas o aparatos eléctricos que se van a utilizar y que consumen la corriente generada o almacenada. Los ejemplos más comunes

son lámparas, radios, televisores, teléfonos celulares para uso doméstico, refrigeradores de vacunas, equipos profesionales de radiocomunicación y; bombas y motores para usos productivos dependiendo de la capacidad del sistema fotovoltaico.

La selección de estas cargas es tan importante como la del resto de equipos fotovoltaicos; por ello, hay dos aspectos por considerar cuando se utilizan aparatos que se energizarán a través de un sistema fotovoltaico:

a) El consumo diario de energía del conjunto de aparatos eléctricos no debe sobrepasar la cantidad de energía diaria producida por el sistema fotovoltaico. Es importante recordar que la disponibilidad diaria de energía eléctrica de los sistemas fotovoltaicos es variable pues depende de la radiación solar disponible, del estado de carga de la batería y de la capacidad de los equipos fotovoltaicos instalados, especialmente de la capacidad total de los módulos fotovoltaicos. Por lo tanto, la energía disponible es limitada y hay que utilizar racionalmente los aparatos. **Es recomendable hacer uso, en la medida de lo posible, de aparatos modernos de bajo consumo energético y alta eficiencia. Por ejemplo, se descarta el uso de bombillos incandescentes, planchas eléctricas y hornos eléctricos.**

b) La necesidad de utilizar aparatos a 120 V determina la instalación o no de un inversor: Es importante tener en cuenta el tipo de energía que necesitan los aparatos eléctricos que se van a utilizar con el fin de determinar si se necesita o no un inversor. En la decisión hay que tomar en cuenta que el inversor implica un costo adicional del sistema, y que en el mercado se ofrecen varios aparatos electrodomésticos que funcionan a 12 Voltios, por ejemplo: radios de vehículos, lámparas fluorescentes, etc.



Figura 11. Convertidor de corriente directa a corriente alterna.

La suma instantánea de las potencias individuales de cada uno de los aparatos por emplear no debe ser mayor que la capacidad máxima en vatios (W) del inversor. Se recomienda utilizar inversores construidos especialmente para aplicaciones fotovoltaicas y sobredimensionar la capacidad de éstos en un 20-30% para prevenir expansiones futuras en la instalación. Por ejemplo, si se tiene un inversor de 300 W de potencia nominal es posible utilizar simultáneamente un máximo de 20 lámparas de 15 W cada una, o emplear simultáneamente un televisor de 75 W más 15 lámparas de 15 W, o cualquier combinación de aparatos cuya suma de potencias instantáneas sea igual o menor que 300 W.

La utilización de un inversor no imposibilita el uso de aparatos en corriente continua (CC). Por lo tanto, una instalación fotovoltaica que disponga de un inversor puede proveer energía tanto a cargas de CC como a cargas de corriente alterna (CA). Esto es, la conversión de energía solar a energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas produce, en forma directa CC; así, de esta sección podemos hacer una derivación para alimentar todos los equipos que funcionaran con CC y sacar una segunda derivación al cual conectaremos el inversor y de la misma alimentar todos los equipos que funcionaran en CA como puede observarse en la figura 12.

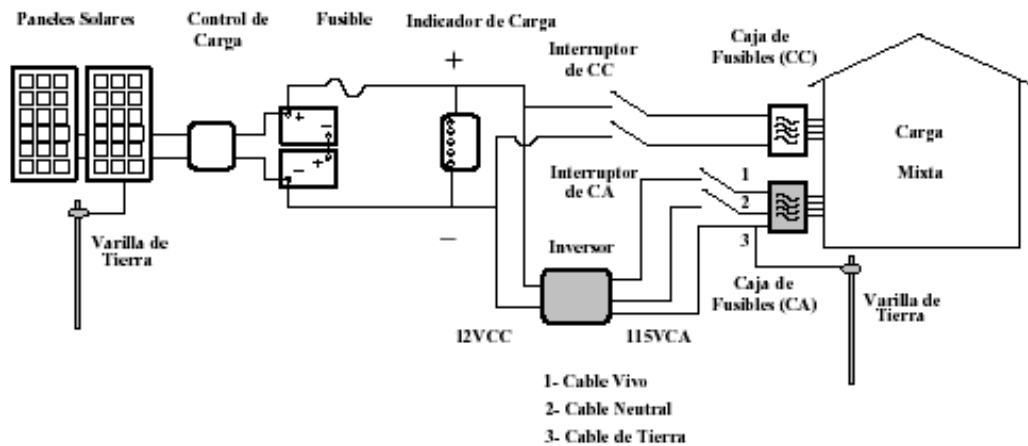


Figura 12. Diagrama de un sistema fotovoltaico mixto (CC-AC).

4.- Aplicación de los Sistemas Fotovoltaicos

En general, los sistemas fotovoltaicos pueden tener las mismas aplicaciones que cualquier sistema generador de electricidad. Sin embargo, las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitadas por la capacidad de generación y almacenamiento de los equipos instalados, especialmente de los módulos y la batería respectivamente, y por la disponibilidad del recurso solar. **Técnicamente, un sistema fotovoltaico puede producir tanta energía como se desee; sin embargo desde el punto de vista económico, siempre existen limitaciones presupuestarias en cuanto a la capacidad que se puede instalar.**

Dependiendo de su aplicación y de la cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Sistemas y/o equipos portátiles. (Juguetes, adornos, alumbrado local, lámparas, etc.)
- Sistemas individuales de Corriente Directa (CD) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas individuales de Corriente Alterna (CA) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas aislados para usos productivos
- Sistemas centralizados aislados de la red.
- Sistemas centralizados conectados a la red.

A continuación se describirá brevemente las características más importantes de estos sistemas.

4.1. Sistemas individuales de corriente directa (CD) para aplicaciones domésticas

La aplicación más frecuente y generalizada de la energía solar fotovoltaica es la electrificación rural de viviendas a través de sistemas individuales CD. Estos sistemas están compuestos, normalmente, por un panel fotovoltaico con una capacidad menor que 100 W_p, un regulador de carga electrónico a 12 V, una o dos baterías con una capacidad total menor que 150 A-h, 2 ó 3 lámparas a 12 V y un tomacorriente para la utilización de aparatos eléctricos de bajo consumo energético diseñados especialmente para trabajar a 12 V CD. Con esta configuración se puede tener un consumo de carga diaria de una potencia de $P = 150 \text{ A-h} \times 12 \text{ V} = 1.800 \text{ W-h}$.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

a) El voltaje nominal es 12 V de corriente directa:

Esto implica que solamente se pueden usar lámparas y aparatos que trabajen a 12 V. Es importante mencionar que, aunque existe una gran variedad de lámparas y electrodomésticos que trabajan a 12 V, puede ser difícil adquirir este tipo de aparatos en el comercio local, particularmente las lámparas.

Normalmente, es necesario contactar a distribuidores de equipos fotovoltaicos para comprarlas y esto representa inconvenientes en tiempos de entrega (pues se deben importar) y de costos más altos (pues son de fabricación especial).

b) El costo comparativo de este tipo de sistema es más accesible para los presupuestos familiares:

Esto debido a que se utiliza exclusivamente para satisfacer necesidades básicas de electrificación (luz, radio y TV), los equipos son de baja capacidad; debido a que el sistema trabaja a 12 V, no se necesita usar un inversor. Por estas razones, el costo inicial del sistema es comparativamente menor y muy atractivo para soluciones básicas de electrificación rural fotovoltaica.

4.2. Sistemas individuales de corriente alterna (CA) para aplicaciones domésticas

Los sistemas individuales CA se pueden considerar como una ampliación de los equipos y capacidades de un sistema individual CD. La diferencia fundamental que existe entre ambos sistemas es que el primero dispone de un inversor electrónico para transformar la tensión de 12 V de corriente directa a 120 V de corriente alterna. En cuanto al resto de componentes, ambos sistemas son idénticos.

Los aparatos o cargas que con mayor frecuencia se utilizan con sistemas CA son lámparas fluorescentes de alta eficiencia y bajo consumo, equipos de audio (radios, grabadoras y equipos de alta fidelidad), teléfonos celulares, equipos de vídeo (televisores y videograbadoras), computadoras y bombas de agua.

Los sistemas fotovoltaicos CA tienen mayor capacidad de producción de energía (paneles fotovoltaicos de mayor capacidad) y mayor capacidad de almacenamiento (batería de mayor capacidad) que los sistemas fotovoltaicos CD. La experiencia dice que para necesidades de electrificación mínimas – por ejemplo 2 lámparas, 1 radio y 1 TV (blanco y negro -B/N-) un sistema fotovoltaico CD es la solución económica y técnicamente más adecuada y accesible; sin embargo, si las necesidades de electrificación comprenden el uso de más de 2 lámparas, radio-caseteras de mediana potencia, televisores a color, bombas de agua u otro tipo de electrodoméstico, entonces, sería mejor instalar un sistema fotovoltaico CA.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

- El sistema puede proveer energía tanto a 120 V de corriente alterna como a 12 V de corriente directa:

La consecuencia más importante de esto es que se pueden utilizar lámparas y electrodomésticos a 120 V, los cuales son más comunes, más baratos y más fáciles de adquirir que los aparatos a 12 V; o, se puede utilizar directa y simultáneamente aparatos que naturalmente ya funcionan a 12 V, por ejemplo radios para automóviles, televisores B/N portátiles, etc.

Esta flexibilidad en el uso de aparatos CA y CD es una de las cualidades más importantes de los sistemas individuales CA.

- El costo del sistema es relativamente más alto:

Es lógico que al agregar un componente más (el inversor) al sistema básico CD, los costos iniciales se incrementan. Sin embargo, es importante considerar que el costo de las lámparas y de todos los equipos que funcionan a 120 V es considerablemente menor que el de las lámparas y los equipos que funcionan a 12 V. Por otra parte, actualmente es más fácil adquirir o reemplazar equipos de 120 V en el comercio local que reemplazar equipo de 12 V.

Por lo tanto, si bien existe un incremento de costos por el uso del inversor, también existe un ahorro de tiempo y dinero.

4.3. Sistemas aislados para usos productivos

Además de la aplicación de electrificación de las viviendas rurales, se puede aplicar la energía solar fotovoltaica para usos productivos y comerciales, sobre todo en la agricultura. Ejemplos de este uso son:

- Bombeo de agua para irrigación y cercas eléctricas para ganadería: Este permite aumentar la productividad del área cultivable y diversificar el cultivo.
- Refrigeración de alimentos: Incrementa la calidad del producto y permite mayores márgenes de tiempo entre cosecha y entrega en el mercado.
- Comunicación: Facilita la venta en mercados alejados y el acceso a información de precios en el mercado.
- Iluminación: Permite el procesamiento de cultivos y productos en horas de la noche y en áreas cubiertas.

La capacidad y configuración de un sistema para usos productivos depende de la aplicación. Por ejemplo, los sistemas de bombeo de agua generalmente no requieren de baterías, mientras que aplicaciones que exigen una disponibilidad de energía continua, como la refrigeración, sí la necesitan.

4.4. Sistemas centralizados aislados de la red

Los sistemas fotovoltaicos son una opción válida para la electrificación rural cuando:

- **No existe la posibilidad técnica o económica de llevar la red eléctrica convencional hasta cada una de las viviendas.**
- Las familias demandan cantidades moderadas de energía.

Si las viviendas por electrificar se encuentran ubicadas en forma dispersa, los sistemas fotovoltaicos individuales son la mejor alternativa, sino la única, debido a su autonomía y modularidad. Sin embargo, si las casas por electrificar se encuentran ubicadas relativamente próximas entre sí, la opción más apropiada puede ser un sistema fotovoltaico centralizado debido a que la concentración de equipos y energía ofrece ventajas desde los puntos de vista técnico y económico.

Los suplidores de equipos pueden dar orientación en decidir cuál tipo de sistema es el más apropiado.

Un sistema centralizado es un sistema fotovoltaico capaz de satisfacer la demanda energética de una comunidad con electricidad que se produce, almacena y transforma en un sistema fotovoltaico central y que luego se distribuye, a través de líneas eléctricas, hasta cada una de las viviendas.

Los sistemas centralizados tienen la misma estructura que un sistema fotovoltaico individual con suministro CA. La diferencia fundamental radica en que los sistemas centralizados son capaces de proveer energía en cantidades y en calidades muy superiores que la energía producida por un sistema fotovoltaico individual. Sin embargo, la

característica fundamental de estos sistemas es la concentración de equipos y la distribución de electricidad.

Las cargas que se utilizan son lámparas fluorescentes de alta eficiencia, equipos de audio (radios, equipos de sonido de alta fidelidad), equipos de video (televisores de color, salas comunales de cine), equipos de computación, equipos de bombeo de agua potable, congeladores para fábricas de hielo, **lámparas para iluminación pública** y otros.

Las características más sobresalientes de este tipo de sistemas son:

a) Mejor calidad en el suministro de energía eléctrica:

Los sistemas centralizados proveen energía de gran calidad gracias a la utilización de inversores de mayor calidad. Por lo tanto, los usuarios pueden utilizar en sus hogares aparatos eléctricos o electrónicos que requieran un suministro de energía estable y seguro.

b) Mayor robustez del sistema:

Los equipos utilizados en los sistemas centralizados son construidos especialmente para resistir incrementos breves, pero intensos, de demanda de energía eléctrica. Además, la utilización de cargas altamente inductivas (por ejemplo, motores) no representa ningún problema. También, estos sistemas poseen protecciones contra descargas atmosféricas, contra abuso de la capacidad de los sistemas, alarmas contra sobrecarga, protecciones contra cortocircuitos, etc.

c) Menor costo de la energía:

La cualidad más importante de los sistemas fotovoltaicos centralizados, e interesante desde el punto de vista económico, es que permiten obtener energía a un costo más bajo que el de aquella que se obtiene con sistemas individuales. La disminución de los costos de producción de energía depende de la cantidad de viviendas y de cuán dispersas se encuentren éstas. Cuanto mayor sea el número de viviendas y menor la distancia entre ellas, menor será el costo de la energía.

d) Menor impacto ambiental:

Otra ventaja de los sistemas centralizados es su bajo impacto ambiental. No existe la posibilidad de la contaminación producida por el abandono de baterías usadas con poca capacidad dado que la energía se acumula en un banco central de baterías de larga vida útil.

e) Distribución centralizada:

La desventaja más importante de los sistemas centralizados es la distribución equitativa de la energía entre la comunidad. La distribución centralizada requiere de la instalación

de medidores de energía en cada vivienda. Esto normalmente no se hace debido al considerable incremento de costos que implica. Por lo tanto, siempre existirían problemas ocasionados por algunos usuarios que abusan de la disponibilidad de energía del sistema y de la falta de información que permita cobrar a cada familia, según su consumo energético.

4.5. Sistemas centralizados conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son una alternativa prometedora en el futuro de las energías renovables. En estos sistemas, la energía obtenida no se almacena sino que se provee directamente a la red eléctrica comercial. Esto implica por una parte que el banco de baterías ya no es necesario y, por otra, que se necesita de un equipo especial para adaptar la energía producida por los paneles a la energía de la red. Este tipo de sistemas provee energía eléctrica a núcleos urbanos que ya cuentan con una red de distribución de energía. **Las aplicaciones inmediatas son la venta de energía eléctrica o la reducción de la facturación mensual.** Esta es una posibilidad muy interesante para inversiones privadas en el sector de energía limpia.

El uso de esta tecnología es reciente, pero existen experiencias interesantes en España y Alemania que permiten suponer un desarrollo rápido de estos sistemas. Parece ser que la tecnología ha alcanzado un nivel de madurez aceptable; sin embargo, aún falta por hacer en cuanto a la legislación que permita la venta de energía fotovoltaica de pequeños usuarios privados a empresas distribuidoras de energía convencional.

5.- Costos y Financiamiento

Costos

La inversión necesaria para adquirir un sistema fotovoltaico depende de varios factores, por ejemplo: los precios internacionales del mercado fotovoltaico, la disponibilidad local de distribuidores e instaladores de equipos fotovoltaicos, la ubicación y demanda energética de los usuarios. Las características particulares de todos los equipos necesarios para satisfacer la demanda energética (en calidad, cantidad y capacidad), la distancia y la facilidad de acceso entre el lugar de venta de los equipos y el lugar donde se instalará el sistema (en cantidad de kilómetros por recorrer en vehículo todo terreno, en vehículo normal, en bestia o caminando), y los márgenes de ganancia de vendedores e instaladores de equipos (generalmente entre el 10- 30%), son factores que determinan en gran medida la cantidad de dinero que el usuario final invertirá para electrificar.

En el costo total de un sistema fotovoltaico individual, el panel representa un 30%, el resto son aproximadamente 15 % a la batería, un 15 % al inversor, un 15 % al transporte y un 15 % a la mano de obra; tal y como se muestra gráficamente en la Figura 13. Sin embargo, la experiencia dice que para viviendas rurales muy alejadas y con vías de acceso deficientes, el costo de transporte suele ascender del 15 al 30% del costo inicial.

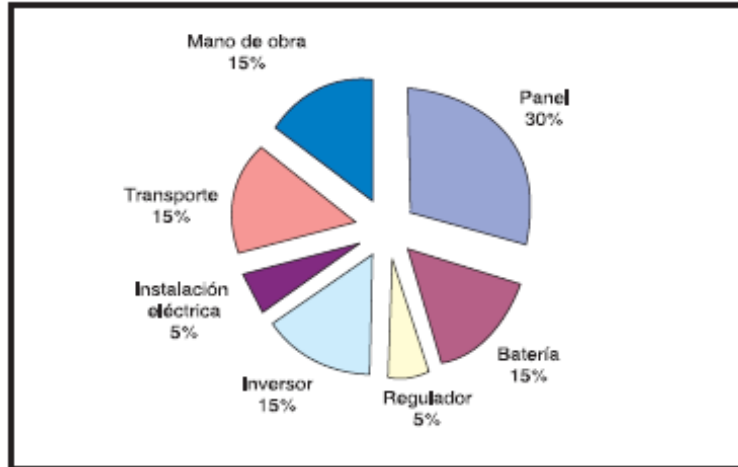


Figura 13. Distribución de costos de componentes de un sistema individual.

Los costos totales de un sistema fotovoltaico pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Costos de inversión
- Costos de mantenimiento
- Costos de reemplazo

Los **costos de inversión** son aquellos en los que se debe incurrir inicialmente para la compra, transporte e instalación de los equipos fotovoltaicos. Estos costos pueden representar un 70-75 % del costo del sistema a lo largo de toda su vida útil. La vida útil de un sistema fotovoltaico completo, correctamente instalado y con componentes de buena calidad, se estima entre 15 y 20 años. La vida útil del sistema está determinada por el tiempo que tarda el módulo fotovoltaico en perder el 10% de su capacidad de producción de potencia. Nótese que en este período, se deberá reemplazar la batería 3-4 veces, según las condiciones de trabajo.

Los **costos de mantenimiento** y operación son aquellos en los que se debe incurrir durante toda la vida útil de los equipos para conservar en buenas condiciones el sistema fotovoltaico. Normalmente, el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos no es más que la limpieza adecuada de los equipos, especialmente de los paneles fotovoltaicos, y el reemplazo oportuno del agua de las baterías; por lo tanto, los costos de mantenimiento son muy bajos y representan un 3-5 % del costo total del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Los **costos de reemplazo** son aquellos en los que se debe incurrir cuando las baterías llegan al fin de su vida útil. Generalmente, esto sucede después de 3-5 años de uso, pero depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que es sometida la batería. Estos costos representan 20 - 27 % de los costos totales del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Estos costos totales se muestran en la Figura 14.

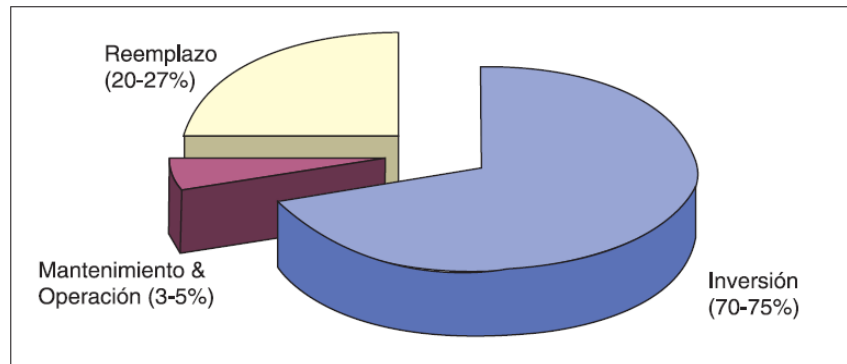


Figura 14. Distribución de costos de un sistema fotovoltaico.

A continuación se presenta información técnica relativa a los sistemas fotovoltaicos más utilizados.

Tabla 2. Sistemas fotovoltaicos mas utilizados.

| Tipo de sistema | Capacidad | Usos Típicos |
|------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Individual CD | 50-100 W | *Iluminación Interna |
| | | *Radio |
| | | *Televisor |
| Individual CA | 75-500 W | *Iluminación Interna y Externa. |
| | | *Equipo de Sonido. |
| | | *Equipo de Video. |
| | | *Bombas de Agua. |
| Centralizados Aislados | 0,3 -10 kW | * Telefonos celulares. |
| | | *Iluminación Interna y Externa. |
| | | *Equipo de Sonido. |
| | | *Equipo de Video. |
| | | *Bombas de Agua. |
| Centralizados Aislados a Red | 10 kW - 1 MW | * Maquinas y Herramientas |
| | | *Equipos de refrigeración |
| | | *Venta de Energía a la Red Comercial. |

Alquiler de equipo

Otro esquema para superar la barrera del alto costo inicial es que el usuario pague una cuota mensual por el consumo de electricidad a la empresa que instala el sistema y en cuyo caso el usuario no es el dueño del equipo sino la empresa que brinda el servicio. Esto significa que en vez de suministrar equipo, se suministra el servicio de energía eléctrica. Ya hay varias experiencias con este sistema de pagos en América Central, por ejemplo en Honduras, Guatemala y Costa Rica.

La decisión de desarrollar un negocio para suministrar servicios en vez de equipo, depende principalmente de las características del mercado, como por ejemplo preferencias de los clientes, capacidad de pago y capacidad de operar o administrar los equipos. También depende de factores como el marco legal del país y los intereses del desarrollador.

Hay que considerar que la venta del servicio eléctrico implica un mayor nivel de involucramiento, interrelación y seguimiento con los clientes; una mayor capacidad técnica y gerencial y compromiso financiero de parte de la empresa promotora. Por otro lado un mayor número de viviendas y comunidades pueden estar interesadas en un sistema como éstos. El esquema es muy aplicable para aquellas zonas que en años futuros contarán con conexión a la red eléctrica.

Para la empresa que brinda el servicio; esta modalidad requiere un capital inicial para la compra de equipos, donde las ganancias no son inmediatas, pero el riesgo de mora en el alquiler es menor que en el esquema de crédito, ya que un alquiler no pagado puede compensarse mediante la transferencia del equipo a otro cliente.

6.- Aspectos Ambientales y comparación respecto a plantas diesel.

En muchos casos, se tiene que decidir entre una planta eléctrica diesel o un sistema fotovoltaico para electrificar. Si se comparan ambas alternativas, es posible obtener un panorama ilustrativo de los efectos positivos y negativos de cada una de ellas, tanto desde el punto de vista económico, como desde el punto de vista ambiental.

El costo inicial de una planta eléctrica de combustible es menor que el de un sistema fotovoltaico de la misma capacidad. El tiempo de instalación de una planta eléctrica de combustible es menor que el de un sistema fotovoltaico, aunque para las dos alternativas el tiempo es corto y las dificultades de transporte son básicamente las mismas. Además, a nivel local generalmente existen varios distribuidores de plantas eléctricas de combustible.

El abastecimiento periódico de combustible para una planta eléctrica ubicada en un lugar remoto es un problema grande. Las dificultades para transportar el combustible son permanentes. El almacenamiento de combustible, cuando existe, se hace en condiciones peligrosas para la seguridad de las personas y bienes materiales. Los sistemas fotovoltaicos, en cambio, no requieren de ningún suministro de combustible. Los costos, riesgos y peligros relacionados con el uso de combustibles fósiles desaparecen.

Las plantas eléctricas producen ruido cuando operan. Inicialmente esta contaminación sonora suele ser tolerada por el entusiasmo de disponer de energía eléctrica; sin embargo, pronto ésta se hace intolerable, especialmente para las personas de la tercera edad, enfermos y maestros de escuela. Los sistemas fotovoltaicos no producen ningún sonido molesto cuando operan, estos no poseen partes ni movimientos mecánicos, por lo que no ocasionan ningún tipo de contaminación sonora.

Las plantas eléctricas producen humo cuando operan. Si la planta no ha recibido el mantenimiento adecuado, la cantidad de humo producido es considerable y dañina para las personas próximas a ésta. Los sistemas fotovoltaicos no producen humo; sin embargo, durante el proceso de carga las baterías liberan al ambiente hidrógeno en cantidades moderadas. La producción de hidrógeno no es un problema si las baterías se encuentran en una habitación ventilada; en caso contrario, se puede producir una explosión debido a la concentración alta de este gas.

El derrame de la solución de ácido sulfúrico de las baterías representa un peligro para la piel de las personas y para el suelo. En la mayoría de los casos, esta contaminación se produce cuando se abandonan, irresponsablemente a la intemperie, baterías que han cumplido su vida útil. Esta práctica es bastante frecuente en el área rural debido a la falta de programas de educación ambiental y a la falta de recursos para el retiro ecológicamente controlado de las baterías inservibles.

Se puede decir que los sistemas fotovoltaicos poseen impactos ambientales menores que las plantas eléctricas a base de combustibles fósiles. Ellos son una solución amigable con la naturaleza. Sin embargo, el mal uso y manejo de esta tecnología sí puede tener efectos dañinos al medio ambiente. Se sugieren algunas recomendaciones que se deben atender para evitar esto:

- Los sistemas fotovoltaicos deben ser instalados correctamente para evitar su fallo prematuro, de lo contrario ocasionará el abandono de los equipos y su posible deterioro. No tiene sentido invertir en equipo de alta tecnología si éste no será utilizado durante muchos años.
- Debe existir un programa eficaz de retiro y reciclaje de baterías: las baterías fotovoltaicas abandonadas a la intemperie, después de cumplir su vida útil, ocasionarán contaminación; por lo que es necesario elaborar un programa para el desecho de las mismas.
- Las baterías deben estar instaladas en una habitación especialmente destinada a este propósito: sistemas fotovoltaicos con baterías instaladas en habitaciones utilizadas por personas podrían ocasionar riesgos a la salud y a la seguridad de las personas si no están instaladas en forma segura.

7.- Ventajas y Desventajas

Los sistemas fotovoltaicos han demostrado su capacidad para proveer energía eléctrica a sitios aislados de la red convencional. Sin embargo, la tecnología fotovoltaica no es siempre la solución más adecuada a todos los problemas de electrificación. Dependiendo del caso en particular, la extensión de la red convencional, el empleo de aerogeneradores, el uso de pequeñas centrales hidroeléctricas o cualquier otro tipo de suministro de energía pueden ser alternativas válidas a nivel mundial. Como regla general, antes de comprar cualquier equipo se debe evaluar detenidamente si éste es la mejor opción o no a un caso particular. Incluso, aún cuando ya se haya decidido utilizar la opción fotovoltaica, el tipo de

sistemas que se instalará (CD, CA o Centralizado) es una decisión muy importante que se debe considerar a partir de las necesidades energéticas actuales y futuras y de la disponibilidad económica.

A continuación se mencionarán las ventajas y desventajas que los sistemas fotovoltaicos presentan en la región.

Ventajas:

- El área de América Central y del Sur dispone de abundante radiación solar.
- La tecnología fotovoltaica permite soluciones modulares y autónomas.
- La operación de los sistemas fotovoltaicos es amigable con el medio ambiente.
- Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años).
- El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos.
- Los sistemas fotovoltaicos han experimentado una reducción de precios que los hace más accesibles para las poblaciones rurales y se espera que sigan bajando.
- La tecnología de equipos y sistemas fotovoltaicos ha alcanzado un grado de madurez que posibilita su utilización para resolver confiablemente los problemas energéticos de nuestros países.
- En el país ya existen distribuidores de equipos fotovoltaicos que ofrecen sus productos y la instalación de los mismos.
- La instalación de los sistemas fotovoltaicos individuales es simple, rápida y sólo requiere de herramientas y equipos de medición básicos.
- Existen organismos internacionales y regionales que promueven el uso sostenible de las energías renovables.

Desventajas:

- La inversión inicial es alta con respecto de la capacidad de pago.
- La cantidad de energía producida es limitada y alcanza solamente para las necesidades básicas de electricidad.
- La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

8.- Barreras

A pesar de las buenas características y oportunidades, existen varias barreras que impiden la mayor aplicación de sistemas fotovoltaicos. A continuación se mencionan las más importantes:

- Falta de coordinación regional y local de esfuerzos: En todos los países subdesarrollados surgen iniciativas y proyectos cuyo éxito podría garantizarse si se conocieran las experiencias y los resultados de iniciativas y proyectos similares ya desarrollados por otras regiones. En buena medida, en todos los países se afronta el mismo tipo de problemas y se formulan el mismo tipo de proyectos; sin embargo, casi siempre, se comienza desde el principio, pues la información ya existente no se analiza ni comparte con el resto de colegas interesados en el tema.

- Falta de programas de financiamiento para la realización de proyectos de electrificación fotovoltaica de gran cobertura: Muchos de los proyectos que se realizan se originan de iniciativas privadas o de donaciones extranjeras y, generalmente, no tienen un impacto significativo debido a que tienen una cobertura energética muy reducida. En los sistemas financieros convencionales, existen los créditos para adquirir una casa, un automóvil, electrodomésticos, vacaciones, etc. y son relativamente fáciles de obtener; sin embargo, el crédito para la adquisición de un sistema fotovoltaico no está disponible para la mayoría de los usuarios que realmente necesitan de esa ayuda para resolver sus problemas de electrificación. En cuanto al ámbito familiar, está claro que la inversión inicial que requiere la instalación de un sistema fotovoltaico no la puede pagar la mayoría de las familias; sin embargo, si existe en ellas capacidad de pago a créditos a largo plazo con tasas normales de interés. En el fondo, no se trata de un problema de falta de capacidad de pago, sino de una ausencia de programas adecuados de financiamiento a largo plazo destinado a un grupo de usuarios de bajo ingreso.
- Falta personal capacitado: la cantidad de personas con la capacidad de diseñar e instalar sistemas fotovoltaicos es todavía limitado en la región, y especialmente en las zonas rurales.
- Falta de competencia sana entre proveedores de equipos y tendencia a vender e instalar equipos de mala calidad: El deseo de reducir los precios y de vender más, ha llevado a algunas empresas privadas (suplidoras) tanto a vender equipos de baja calidad como a utilizar mano de obra no calificada para la instalación. Este tipo de prácticas pone en peligro la implementación exitosa de esta tecnología y crea falsas expectativas con respecto de la confiabilidad y duración de los sistemas fotovoltaicos.

9.- Vida útil de los principales equipos

Tabla 3. Vida útil de las baterías

| <i>Hay diferentes acumuladores o baterías estacionarias con diferentes placas y electrolitos:</i> | <i>Años de vida útil promedio de los acumuladores que depende del modelo y marca:</i> |
|---|---|
| bajo mantenimiento abierto con orificios. | 5 a 6 años. |
| libre mantenimiento con válvula. | 4 a 5 años |
| libre mantenimiento con gel. | 10 a 30 años |
| otros tipos especiales. | |

Vida útil de los paneles solares:

Hay diferentes paneles solares con diferentes materiales de células y calidades. La vida útil de las mejores marcas es entre 25 y 30 años. Se debe revisar las especificaciones de cada marca y modelo.

ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE ALUMBRADO PROPUESTAS

1.- Resumen

Este proyecto nace de la necesidad de iluminar el área del estacionamiento de energética de la U.S.B. y establecer que alternativa sería mejor entre el uso de paneles solares y el uso de energía convencional.

2.- Antecedentes

Como un anteproyecto y para tener una visión general del sistema fotovoltaico se visito junto a los profesores Aminta Villegas y Miguel Ereú las instalaciones fotovoltaicas en la Av. Bolívar donde se pudo apreciar que solo la luminarias de paso peatonal funcionan con paneles solares mientras que las luminarias de la calzada para el flujo automotor funcionan mediante electrificación tradicional. Además se pudo medir cualitativamente que estas luminarias de tipo fluorescente compacto aportan 8 luxes al paso peatonal. Esta información fue suministrada por el profesor Miguel Ereú quien participo en el proyecto de dicha avenida.

3.- Memoria descriptiva

OBJETIVO DEL PROYECTO

La necesidad que se tiene es la iluminación de un estacionamiento de dimensiones 64,11m de ancho y 83,48m de largo como puede observarse en la figura 15, el cual actualmente no posee iluminación alguna directa.

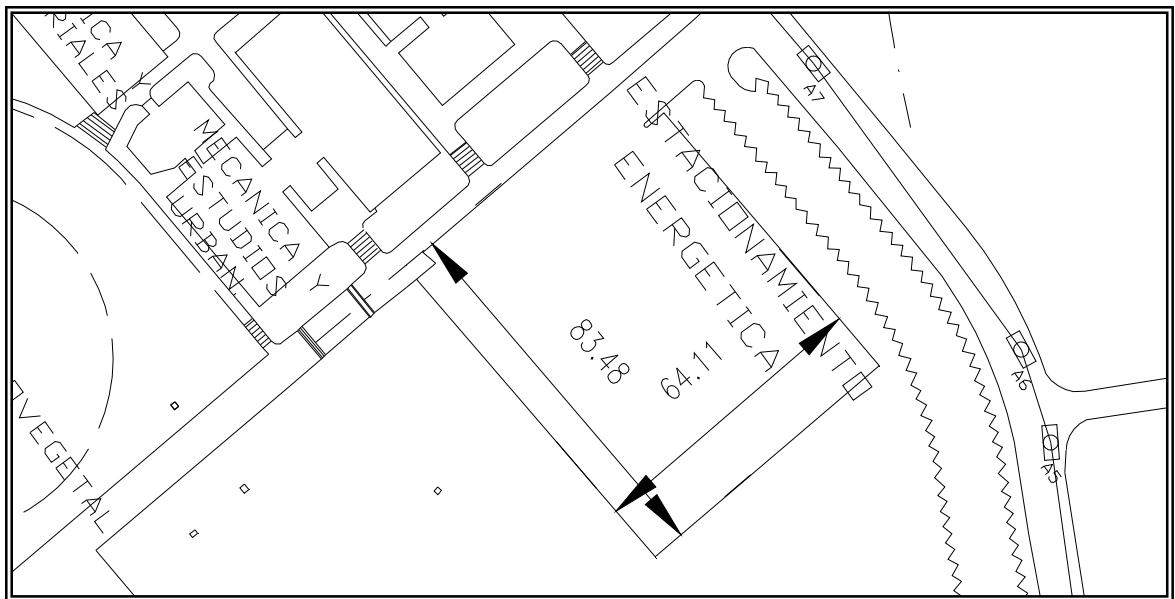


Figura 15. Área del estacionamiento de energética

4.- Conveniencia de usar la solución solar propuesta

Se van a realizar los cálculos paso a paso para que se pueden apreciar los aspectos que se toman en cuenta en el diseño y de esta manera pueda revisarse o cambiarse si se requiere la misma instalación con otra luminaria.

Debido a que lo que se quiere alimentar es luminarias de un alumbrado público entonces el régimen de utilización será nocturno y el uso de la carga será diaria. Se estudiará como carga la luminaria de sodio baja presión de 55w.

4.1 Diseño con luminaria de sodio baja presión de 55w

4.11) Carga eléctrica: luminaria de sodio baja presión de 55w. Uso diario: 11 horas. Por lo tanto la energía requerida por la carga es $55w \times 11 h = 605 \text{ Wh/día}$.

4.12) Datos geográficos y meteorológicos de la zona

Los terrenos de la sede de Sartenejas se encuentran al sur de la ciudad de Caracas, en el Municipio Baruta del Distrito Sucre del Estado Miranda. Las coordenadas pueden apreciarse en la imagen sacada del programa Google Earth las cuales son: latitud $10^{\circ} 24' 42.30'' \text{ N}$, longitud $66^{\circ} 52' 50.65'' \text{ O}$, elevación 1190 m.

El resumen climatológico para esta zona en el período 1983-1993 arrojó los siguientes resultados según datos de la NASA [6]:

- Temperatura en $^{\circ}\text{C}$: media 28.4, máxima media 28.7, mínima media 28.1, máxima absoluta 30.2, mínima absoluta 27.5.
- Presión media kPA: 101
- Vientos (velocidad media m/s): 6.02
- Radiación media MJm-2: 22.7 (6.31 Kwh / m-2)

Tabla 4. Radiación promedio (kWh/m2/día) [6]

| Lat 10.412 Lon 66.88 | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGOS | SEP | OCT | NOV | DIC | PROMEDIO |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| promedio en 10 años | 5,76 | 6,60 | 7,21 | 7,37 | 6,62 | 5,62 | 6,25 | 6,55 | 6,40 | 6,26 | 5,75 | 5,36 | 6,31 |

Tabla 5. Tabla de temperatura promedio ($^{\circ}\text{C}$) [6]

| Lat 10.412 Lon 66.88 | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGOS | SEP | OCT | NOV | DIC | promedio |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Minimo | 27,5 | 27,5 | 28,0 | 28,9 | 29,5 | 28,4 | 27,9 | 27,6 | 27,7 | 28,1 | 28,3 | 27,7 | 28,1 |
| Maximo | 27,7 | 28,0 | 28,9 | 29,8 | 30,2 | 29,5 | 28,5 | 27,9 | 28,1 | 28,4 | 28,5 | 28,3 | 28,7 |

Tabla 6. Días equivalentes sin radiación solar (° C) [6]

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lat 10.412 | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGOS | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Lon 66.88 | | | | | | | | | | | | |
| En un Mes | 4,09 | 1,90 | 1,54 | 1,13 | 3,23 | 5,17 | 2,08 | 1,84 | 2,90 | 2,87 | 1,93 | 1,38 |

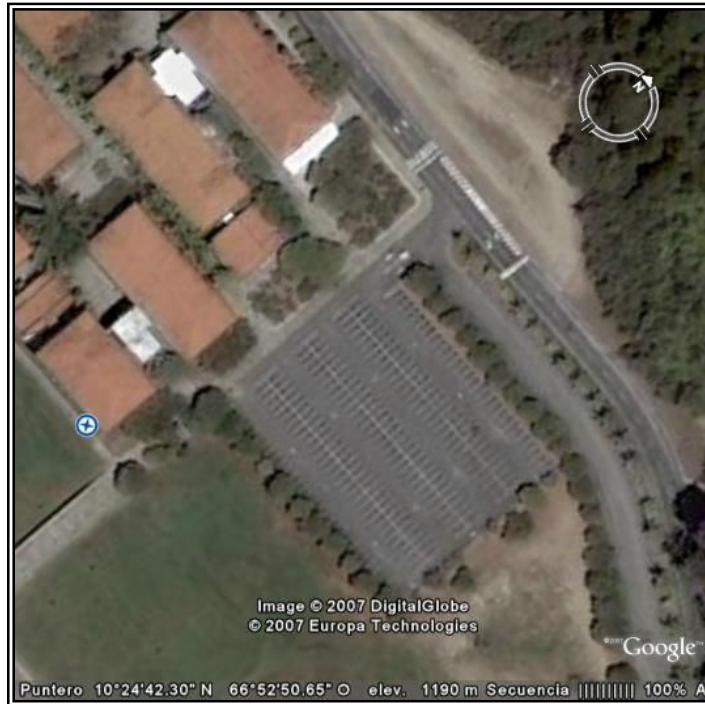


Figura 16. Vista aérea del estacionamiento de energética de la USB.

Del resumen climatológico de la tabla 4 se tiene una Radiación media MJ.m²: 22.7 (6.31 Kwh/m²). Por lo tanto las horas a máxima potencia pico (1000 w/m²) resulta de la división de la radiación media 6.31 Kwh/m² entre 1000 w/m², dando aproximadamente 6,31h para que se cargue el panel solar a máxima potencia.

4.13) Ubicación orientación e inclinación

Ubicación: Para este caso será colocado en la parte superior del poste de la luminaria.

Orientación: En el Hemisferio Norte, el panel deberá orientarse hacia el sur y en el Hemisferio Sur, hacia el norte. Por lo tanto, como el lugar a instalar se encuentra en el hemisferio norte el panel deberá ser orientado hacia el sur.

Angulo de Inclinación: Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno.

Una tabla con ángulos de inclinación recomendados se muestra a continuación:

Tabla 7. Ángulos de inclinación para sistemas fijos [7]

| Latitud del lugar (en grados) | Angulo de inclinación fijo |
|-------------------------------|----------------------------|
| 0° a 15° | 15° |
| 15° a 25° | La misma latitud |
| 25° a 30° | Latitud más 5 ° |
| 30° a 35° | Latitud más 10 ° |
| 35° a 40° | Latitud más 15 ° |
| 40° o más | Latitud más 20 ° |

Por lo tanto dado a que la latitud en Sartenejas-Miranda es 10° 24' 42.30" N, el ángulo de inclinación para el panel será 15° como puede deducirse de la tabla 4. Ligeras desviaciones de unos 5 grados con respecto del ángulo de inclinación óptimo tienen sólo un efecto menor en la producción de energía. Las diferencias a causa de las condiciones climáticas son más importantes en la producción de energía.

4.14) Cálculo y pérdidas en el inversor

Para escoger la potencia del inversor solo basta que el inversor maneje una potencia mayor a la requerida tomando en cuenta las pérdidas que este genera y así poder manejar la potencia que se quiere. Dado que la carga a manejar es 605 Wh/día como se pudo apreciar en el punto 3.11, el mercado fuerza a elegir una unidad inversora mayor o igual a 1,1 Kw .

Para el cálculo de las pérdidas se asumirá el uso de un inversor Trace Modelo DR1512, el cual proporciona una forma de onda casi sinusoidal de salida y puede manejar 1.500W en forma continua, a 25°C. Para unos cálculos mas exactos hay que tomar en cuenta las curvas de eficiencia del fabricante, sin embargo la mayoría de las curvas de varios fabricantes son parecidas en el nivel de potencia del inversor, la eficiencia disminuye si la potencia del inversor es baja, se estimará para los cálculos la eficiencia entre 85%-90% (15%-10% de pérdidas). Se asumirá el peor caso de 15% de pérdida para una carga diaria de $C_d = 605 \text{ Wh/día}$, lo cual representaría en potencia de pérdidas $P_d = C_d * 15\% = 90,75 \text{ Wh/día}$. Por lo tanto el requerimiento total será la suma de estos $R_t = C_d + P_d = 695,75 \text{ Wh/d}$. [11]

4.15) Estimación de las pérdidas

Deben considerarse las pérdidas de energía en el sistema debido a cableado, control de carga y baterías para saber la potencia a generar por los paneles. Se considerarán solo las dos primeras para este paso del diseño, más adelante se tratara las pérdidas por las baterías. Debido a que las distancias del panel al resto de los equipos que conforman la luminaria son muy cortas (3-4m) se asumirá que las pérdidas en el cableado y el control de carga representan un 2% como máximo del total a generarse (eficiencia: 98%).

4.16) Eficiencia del sistema

Las pérdidas debidas al uso de baterías de Pb-ácido dependen de la temperatura del electrolito. Se asume que las baterías usarán una caja con aislamiento térmica. Esta protección ambiental permite asumir una temperatura cercana a los 25°C para el electrolito, debido a que cuando se usan baterías de este tipo es importante mantener la temperatura del electrolito cercana a los 25°C, ya que a esta temperatura se alcanza el balance óptimo entre la eficiencia y la vida útil de este componente.

La capacidad de acumulación será del 100% y la eficiencia del proceso de carga del 90%. La eficiencia total del sistema estará dada por el producto de la eficiencia de las pérdidas generales 98% ($E_p=0,98$) y la eficiencia del proceso de carga 90% ($E_c=0,9$), lo cual da una eficiencia total de $E_t = E_p \cdot E_c = 0,98 \times 0,9 = 0,882$. Por lo tanto la energía (E_g) que deberá generarse resulta de la división del requerimiento total (R_t del punto 3.14) entre la eficiencia total del sistema (E_t). **Esto es igual a $E_g = R_t / E_t = 695,75 \text{ Wh/d} / 0,882 = 788,832 \text{ Wh/d}$.**

4.17) Selección del panel solar

Se elegirá un panel con alta potencia de salida para reducir el número de paneles a utilizar por carga.

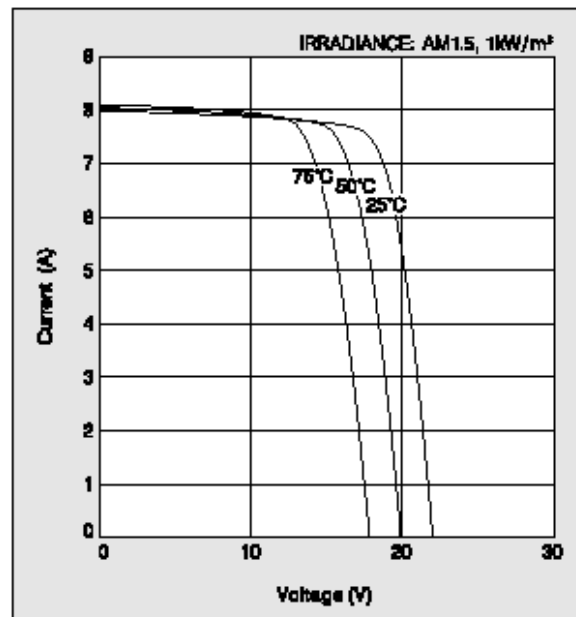


Figura 17. Curva I-V en función de la temperatura.

Debido a las características intrínsecas de los materiales semiconductores que conforman el panel tal como se muestra en la figura 17, todas las curvas tienen una zona donde el valor de la corriente permanece prácticamente constante para valores crecientes del voltaje de salida, hasta que alcanzan una zona de transición. A partir de esta zona, pequeños aumentos en el voltaje de salida ocasionan bruscas disminuciones en el valor de la corriente de salida.

Tanto la corriente de cortocircuito como el voltaje a circuito abierto, se ven afectados por la temperatura de trabajo, pero el tipo de variación, así como su magnitud porcentual, son distintos para estos dos parámetros. Si se toma como referencia los valores a 25°C, la corriente de cortocircuito aumenta moderadamente (+ 1,6% a 50°C; + 3,3% a 75°C), mientras que el voltaje a circuito abierto disminuye sensiblemente (- 9,5% a 50°C; - 16,7% a 75°C).

Es por ello que los fabricantes tratan de ofrecer un voltaje de circuito abierto elevado a 25°C, de manera que el incremento en la temperatura de trabajo no impida el proceso de carga de las baterías. Cuando la temperatura de trabajo es menor que 25°C, el voltaje de circuito abierto crece, y la corriente de cortocircuito disminuye.

De esta manera se elige un panel con un alto voltaje a circuito abierto, de manera de tener suficiente voltaje de carga para el banco de baterías durante los días calurosos del verano. Por esta razón se escogerá el panel de la empresa **Mitsubishi Electric PV-MF110EC4110Wp**. Si esta solución resultare inadecuada, podrá considerarse paneles con mayor potencia de salida. Las especificaciones eléctricas de este panel son [8]:

Potencia pico de Salida: 110W mínimo.

Voltaje a Circuito Abierto: 21,2V a 25°C

Factor de deterioro de la Potencia de Salida: -0.478% /°C

Se calculará la temperatura máxima de trabajo del panel para determinar el valor de la potencia de salida de este. La temperatura de trabajo que alcanza un panel fotovoltaico esta dada por la expresión:

$$T_t = T_a + k R$$

Donde: T_t = temperatura de trabajo del panel,

T_a = máxima temperatura ambiente,

R = radiación solar en mW/cm²

k es un coeficiente que varía entre 0,2 y 0,4 °C.cm²/ mW, dependiendo de la velocidad promedio del viento.

Cuando la velocidad del viento es muy baja, o inexistente, el enfriamiento del panel es pobre o nulo, y k toma valores cercanos o iguales al máximo (0,4). Si la velocidad promedio del viento produce un enfriamiento efectivo del panel, el valor de k será el mínimo (0,2). El valor de R varía entre 80 y 100mW/cm². Para locaciones con alto valor de insolación diaria se usa el valor máximo. Si existen nubes pasajeras que reducen el valor de irradiación, el valor de R se reduce a 80mW/cm². El producto kR representa el incremento de temperatura que sufre el panel sobre la máxima temperatura ambiente.

Para el cálculo de la potencia de salida de un panel solar trabajando a una temperatura mayor que los 25°C, se asumirán las siguientes condiciones: La insolación es abundante, de manera que R toma el valor máximo de radiación solar: 100 mW/cm²; máxima temperatura ambiente: 30,2 °C; baja velocidad promedio del viento: $k = 0,3$. Reemplazando estos valores en la expresión (1) se tiene:

$$T_t = 30,2 + (0,3 \times 100) = 30,2 + 30 = 60,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Una vez conocido este valor, se determina el incremento en la temperatura ΔT de trabajo respecto a la de prueba ($T_p = 25^\circ\text{C}$). En este caso el valor resulta $\Delta T = T_t - T_p = 60,2 \text{ }^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 35,2^\circ\text{C}$. La expresión (2) da el valor de la potencia de salida de un panel trabajando a una temperatura T_t .

$$P_t = P_p - (P_p \times \delta \times \Delta T) \text{ (2)}$$

Donde: P_t = potencia de salida a la temperatura de trabajo (T_t);

P_p = potencia pico del panel (a 25°C);

δ = coeficiente de degradación ($0,6\%/^\circ\text{C}$)

ΔT = incremento de temperatura por sobre los 25°C .

Entonces para el panel de $P_p=110\text{W}$, se tiene:

$$P_t = 110 - (110 \times 0.00478 \times 35,2) = 110 - 18,5 = 91,5 \text{ W}$$

Por lo tanto la potencia real que se podrá generar con un nivel promedio de radiación (véase tabla 4) $P_r = 91,5 \text{ W} \times 6,31\text{h} = 577,36 \text{ Wh/d}$ y si se considera el mes más desfavorable (véase tabla 4 para diciembre) se tendría $P_r = 91,5 \text{ W} \times 5,36 \text{ h} = 490,44 \text{ Wh/d}$, entonces:

$$N^\circ \text{ de paneles} = \text{potencia a generar}(P_g) / P_r = 788,832 \text{ Wh/d} / 490,44 \text{ Wh/d} = 1,61$$

Por lo tanto se necesitarán 2 paneles solares de 110 W para cubrir la demanda diaria. Con los dos paneles se generará 980,88 Wh/d con un exceso de generación de 192,048 Wh/d (19,58%) en el peor de los casos, es decir, este sería el mínimo nivel de exceso pudiéndose producir más energía en otros meses diferentes a diciembre que es el más desfavorable. Se verá más adelante que el nivel de exceso de energía es muy útil para el sistema.

4.18) Banco de reserva

Para calcular el banco de reserva hay que entender el régimen de uso del mismo durante los períodos que preceden y suceden a los días sin sol. Como puede observarse en la tabla 6 se tiene que el período más desfavorable es para el mes de Junio donde se tienen 5,17 días consecutivos sin sol. En el gráfico de la Figura 18 se muestran las variaciones que sufre la reserva durante esos períodos.

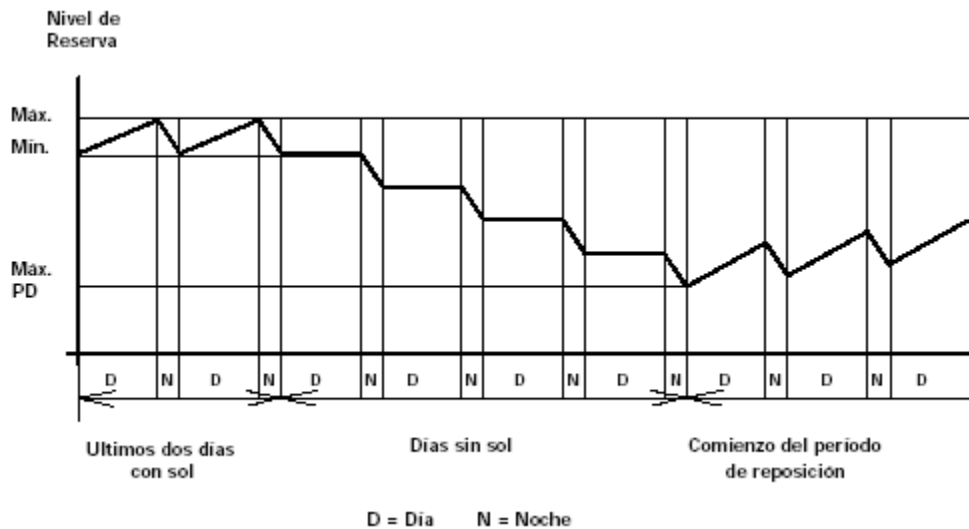


Figura 18. Variación de la reserva de un banco de baterías

Se ve que mientras se cuenta con días soleados las baterías se recargan a su nivel máximo. La energía consumida durante la noche es restituida por los paneles al día siguiente. Al comenzar el período sin sol, que se considera de insolación nula, estas comienzan a descargarse durante cinco días (para el caso en estudio). Esto significa que el mínimo nivel de reserva de las baterías estará dado por el consumo energético durante los cinco días sin sol más uno (6), ya que la descarga durante la noche anterior al primer día sin sol debe ser considerado.

El banco de reserva (Pres) deberá acumular $Pres = 6 \times Pg = 6 \times 788,832 \text{ Wh/d} = 4732,99 \text{ Wh}$.

Para abaratar costos, se debería permitir que las baterías se descarguen un máximo del 80% ($F_s = 0,8$) durante las cinco noches de utilización de la reserva, debido a que si se descargan más del 80% entonces pierden su vida útil rápidamente. Esta asunción significa que la reserva mínima (Pres.min) del banco de baterías deberá ser de $Pres.min = Pres / F_s = 4732,99 / 0,8 = 5916,23 \text{ Wh}$.

Selección de la batería (confiabilidad 100%)

Conociéndose el valor en Wh de la reserva, el siguiente paso es la selección más económica para las baterías. Para esto se asume que éstas permanecerán dentro de una caja completamente aislada. Esta asunción sólo puede ser satisfecha con el uso de baterías de Pb-ácido del tipo hermético, ya que la caja aislada no tendrá ventilación alguna. Esta solución permite su instalación sin peligro de accidentes.

Una batería de 110Ah a 12v de salida, equivale a 1.320 Wh. Por lo tanto si se elije un factor de confiabilidad del 100% para 6 noches (100% de confiabilidad) consecutivas de descarga con estas baterías, el banco de reserva requerirá cinco baterías para poder satisfacer los 5.916,23 Wh de reserva mínima. Con cinco baterías se excede la reserva mínima de almacenaje en 683,77 Wh.

Selección de la batería (confiabilidad 46,67%)

Si se asume nuevamente que las baterías se descarguen un máximo del 80% (profundidad de descarga Pd), y además se reduce el banco de reserva a dos baterías, se tiene 2.112Wh (P2baterías) disponibles para cubrir en un porcentaje los 5.916,23 Wh requeridos. Este nivel de reserva cubre las necesidades durante 2,8 noches consecutivas (46,67% de confiabilidad). Este porcentaje de confiabilidad no resulta tan crítico debido a que el diseño se hizo en las peores condiciones y además los dos paneles tienen una captación mayor a la requerida (por diseño se requieren 1,61 paneles).

Tiempo de recarga: ahora se verá cuanto tiempo tomará al banco de reserva alcanzar el 100% de su capacidad.

Dado que con 2 paneles se puede obtener 980,88 Wh/d y para satisfacer la carga se necesita solo 788,832 Wh/d, entonces tenemos un exceso de generación (Exc.gen) de 192,048 Wh/d (19,58%), lo cual representa los Wh de reserva que se irán cargando diariamente hasta reponer la carga usada durante los días sin sol. Por lo tanto, se necesitarán $N^{\circ} \text{ días} = (\text{P2baterías}) / \text{Exc.gen} = 2.112\text{Wh} / 192,048 = 11$ días consecutivos de sol para reponer el banco de reserva usado (2.112Wh).

Por otro lado si los días sin sol son, en realidad, días nublados o parcialmente nublados, el nivel de insolación no será nulo, resultando en un menor valor para profundidad de descarga Pd lo que acorta el período de recuperación de las baterías. En la práctica puede que el período sin sol no se presente en forma continua, ofreciendo algunos días soleados. Todo lo dicho anteriormente aumenta la probabilidad de que la descarga máxima no exceda el 80%, debido a que la cantidad de días de recuperación depende del consumo durante los días nublados y el exceso de generación.

4.19) Control de carga

El control de carga permite que las baterías no se descarguen más del 80% cortando el suministro de energía hacia la carga y de esta manera lograr una mayor vida útil de aquellas. En el peor de los casos la luminaria no trabajaran las 11 horas establecidas en los cálculos y esto es aceptable debido a que el área a iluminar es un estacionamiento y no un área crítica.

Para áreas críticas que necesiten una iluminación continua se podría aumentar el número de baterías, lo cual sería la opción más económica, o aumentar la capacidad de los paneles solares.

Las especificaciones del panel dan un valor pico de corriente de 6,43A.

El control de carga deberá manejar 5A como mínimo. Para disminuir las pérdidas se usará un control de carga del tipo serie (véase figura 9). Para prolongar la vida útil del componente se usará un modelo que maneja hasta 8A. Como se ha asumido un buen control ambiental para las baterías, este control no tendrá entrada para sensor de temperatura, pudiendo ser montado fuera de la caja.

4.2 Cálculo de iluminancia de sodio baja presión de 55w

Después de diseñar los componentes solares del alumbrado público con la luminaria en estudio, se procede a verificar corriendo el programa dialux que el nivel de iluminancia cumpla con la norma covenin 2249-93 (*véase anexo 10*), donde especifica en la página 35 de dicha norma que para estacionamientos de actividad baja el nivel requerido es de 5 luxes.

Como puede observarse en la gráficas y sobretodo en la de colores falsos y en la de valores de iluminancia (*véase anexo 7*), se logra cumplir con la norma COVENIN para iluminar las escaleras que dan hacia el estacionamiento y una parte principal donde se estacionan los carros a altas horas de la noche, en la cual se tiene una iluminancia superior a 5 luxes que era lo requerido. (*ver anexo 10*)

5.- Conveniencia de usar la solución de electrificación tradicional propuesta

Para que el proyecto se pueda comparar con la alternativa mediante el uso de paneles solares, las luminarias se colocarán en la misma posición pero utilizando una luminaria de 250w de sodio alta presión.

5.1 Cálculos para electrificación estándar de las luminarias del estacionamiento:

Consideraciones:

*Cada luminaria a colocar será de 250 Watts.

* Todas las luminarias serán alimentadas por el circuito trifásico derivado del existente de la EDC para el sistema de alumbrado público de la USB, donde se alternarán las fases para cada carga bifásica a fin de balancearla.

*Por lo antes dicho, el voltaje de alimentación será entonces de 208 Volts.

Cálculo por Ampacidad:

Así, para 9 luminarias en el área de estacionamiento repartidas tal y como se reflejan en el anexo 6, entonces:

$$9 \text{ lum} * 250 \text{ W} = 9 * 250 = 2250 \text{ Watt.}$$

Dado:

$$s = \sqrt{3} * v * I$$

Entonces,

$$I = \frac{s}{\sqrt{3} * v} = \frac{2250}{\sqrt{3} * 208} = 6.24 \text{ AMP}$$

Dejando al conductor 50 % de reserva por ser aterrado, se tiene:

$$6.24 \text{ Amp.} \times 50 \% = 3.12 \text{ Amp (50 \%)} + 6.24 \text{ Amp (I carga)} = 9.36 \text{ Amp.}$$

Así, por ampacidad y por ser instalaciones subterráneas en bancada seleccionamos el cable TTU # 12.

Seleccionemos el cable por caída de tensión.

$$\Delta V1 = \frac{kVA * m}{FCT}, \text{ donde FCT es el factor de caída de tensión del conductor para un voltaje dado.}$$

En este caso para un voltaje de 208 Volts, en factor de caída de tensión es de 80.

Por criterio de diseño usado por la empresa ARTURO-ARENAS&ASOCIADOS, los circuitos ramales y de iluminación no deben pasar del 1% en caída de tensión se tiene que:

Al probar en varios puntos del circuito mostrado en el anexo 6 se pudo obtener que usando cable 12 la caída de tensión supera el 1 %.

Usando entonces el factor de caída de tensión para el cable 10, el cual es 124, obtenemos, en los mismos puntos probados anteriormente, una caída de tensión menor al 1%.

De allí que se selecciona **el cable TTU # 10, para el cableado del alumbrado del estacionamiento en cuestión**. Garantizando así, la calidad y buen funcionamiento en las instalaciones.

El diámetro de tubería por donde pueden pasar 4 cables TTU # 10 mas la tierra es de 1" y por experiencia y criterio de proyecto siempre se deja 1 tubo de reserva en caso de modificaciones futuras. Ello ya que los trabajos de bancadas y tanquillas que implican un gran porcentaje en el costo de la instalación no pueden ser modificados con tanta facilidad en caso de que se considere un aumento futuro en la carga.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Hacer el proyecto con iluminación tradicional nos da un costo de 73.309.191,43 bs. (véase *anexo 8*), lo cual consistiría en 9 luminarias de Sodio Alta Presión de 250w con un poste metálico hexagonal de 10m con un brazo sencillo tipo látigo.

Por otro lado el costo de hacerlo con paneles fotovoltaicos nos da un costo total de 214.256.745,72 bs. (véase *anexo 9*), lo cual incluye 9 postes con su luminaria de 55w sodio baja presión, panel solar de 110w, batería y demás accesorios. Con el uso de este tipo de energía alternativa se tendría un ahorro en los Kwh que se pagarían a la empresa eléctrica.

El costo del Kwh esta en 134,63 bs para una carga de 2,25 Kwh (9 luminarias a un consumo de 250 W c/u) a un régimen de 11 horas diarias, 30 días al mes y por 20 años, que es aproximadamente la vida útil optima de la propuesta solar para efectos de comparación, da un total de:

$$\text{Costo total (bs)} = 134,63\text{bs} \times 9 \times 0,250\text{w} \times 11\text{h} \times 365\text{días} \times 20 \text{ años} = 24.324.275,25 \text{ bs}$$

Lo cual representa el costo en consumo eléctrico durante 20 años. Por lo tanto el costo real de la propuesta con energía convencional será

$$\text{Costo real (bs)} = 73.309.191,43 \text{ bs} + 24.324.275,25 \text{ bs} = 97.633.466,68 \text{ bs}$$

Como puede apreciarse el costo de alimentar con paneles solares supera en 116.623.279,04 millones de bolívares al costo de alimentar con energía convencional; de allí que si solo se toma en cuenta los costos asociados a la instalación y uso de energía, entonces la propuesta de iluminación con energía convencional es la mejor alternativa.

CONCLUSIONES

En función del objetivo buscado con este proyecto, el cual era comparar la factibilidad de usar alimentación con energía solar y energía convencional, se puede concluir que a pesar que nuestra región cuenta con las condiciones climáticas propicias para el desarrollo de energía solar, para el caso donde los sistemas estén próximos a la red eléctrica, no es factible este tipo de alimentación. Hasta tanto nuestra región no se enfoque en el desarrollo de los equipos para esta tecnología, los costos asociados marcarán la gran diferencia que nos alejará de que la implementación de tales sistemas sea competitiva respecto al uso de energía convencional.

Por otro lado cuando la carga a alimentar se encuentra considerablemente lejano es posible que la implementación solar sea factible en ese tipo de regiones.

Los sistemas fotovoltaicos son recomendables para iluminación y para artefactos de bajo consumo. Estos pueden ser utilizados en sistemas que requieran una mayor potencia pero se ven limitados por el tiempo de uso o por el costo del sistema fotovoltaico que se haya implementado.

Siempre se podrá consumir como máximo, la energía que se acumula diariamente, más la disponible en baterías (autonomía). El cálculo del banco de baterías es importante. La energía que se obtiene está en relación directa a la superficie de los paneles que se utilizan. Más superficie de paneles más energía a obtener.

La energía solar puede competir con un Grupo Electrónico de baja potencia debido a que el Sistema fotovoltaico es autónomo, no necesita combustibles, lubricantes ni repuestos y su mantenimiento es bajo.

Por otro lado podemos nombrar unos aspectos a favor de la propuesta solar que más allá del costo aporta beneficios y por supuesto ventajas sobre la iluminación tradicional como ya se dijo antes y que se resumen a continuación:

- No se necesita romper calles, ni se necesita mantenimiento de rutina.
- No paga servicio de energía eléctrica.
- Fácil instalación.
- Cada unidad es totalmente independiente.
- Ahorra el costo de cablear desde una tanquilla.
- Reducción en el mantenimiento de rutina.
- Fácil reubicación de ser requerido.
- Estimularía la conciencia social en el uso racional de la energía lo que conlleva a una mayor salud ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.
- Satisface las necesidades energéticas, sin tener que utilizar recursos naturales agotables.
- Espacios abiertos con estética y ecológica.
- El sistema de generación eléctrica propuesto como simbología del cuidado ambiental y cambio de paradigma de la utilización de energía convencional.

- La energía solar es gratis y renovable, no genera emisiones y es silenciosa.
- Es una de las pocas tecnologías renovables que pueden ser integradas al paisaje urbano.
- “1000 Kw/h obtenidos del sol ahorrarán a la atmósfera unos 60 kg. de CO₂”

BIBLIOGRAFIA

- [1] Consulta en línea. Enlace:
<http://fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualglosario.html>
- [2] Consulta en línea. Enlace: <http://www.fotonostra.com/fotografia/objetivo.htm>
- [3] Ereú Miguel. “Alumbrado público criterios diseño y recomendaciones. Edición Primera. Caracas 2004.
- [4] Consulta en línea. Enlace: <http://www.obralux.com/1simbolos.asp>
- [5] Consulta en línea. Enlace: <http://homepage.mac.com/uriarte/maprad.html>
- [6] Consulta en línea. Enlace:
<http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?na+s01+s02+s07+s09#s01>
- [7] Pereda Soto, Isidro Elvis. “Celdas fotovoltaicas en generación distribuida”. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial Mención Electricidad. Santiago de Chile, 2005
- [8] Consulta en línea. Enlace:
<http://global.mitsubishielectric.com/bu/solar/products/pdf/PV-MF110EC4.pdf>
- [9] Consulta en línea. Enlace: <http://www.censolar.es/>
- [10] Consulta en línea. Enlace:
<http://solstice.crest.org/renewables/re-kiosk/solar/pv/index.shtml>.
- [11] Consulta en línea. Enlace: <http://www.solartronic.com>
- [12] Consulta en línea. Enlace: <http://www.solaraccess.com>.
- [13] Consulta en línea. Enlace: <http://www.solarenergy.org/>.
- [14] Consulta en línea. Enlace: <http://www.ises.org/>. International Solar Energy Society.
- [15] Consulta en línea. Enlace:
<http://energy.sourceguides.com/businesses/byP/solar/solar.shtml>.
- [16] Consulta en línea. Enlace: <http://www.energyhouse.com>.
- [17] Consulta en línea. Enlace: <http://witss.gdl.iteso.mx/solar>.

ANEXOS

ANEXO 1. Ejemplos de luminarias solares



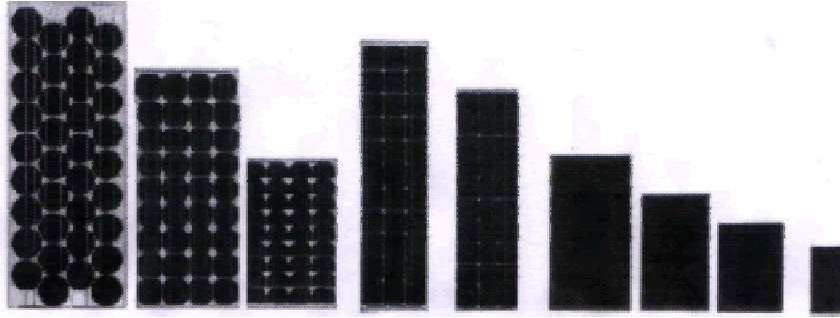
Gráfico 1. Luminaria ubicada en la camineria de Playa Verde (Vargas-Venezuela)



Gráfico 2. Luminaria ubicada en la Av. Bolívar (Caracas-Venezuela)

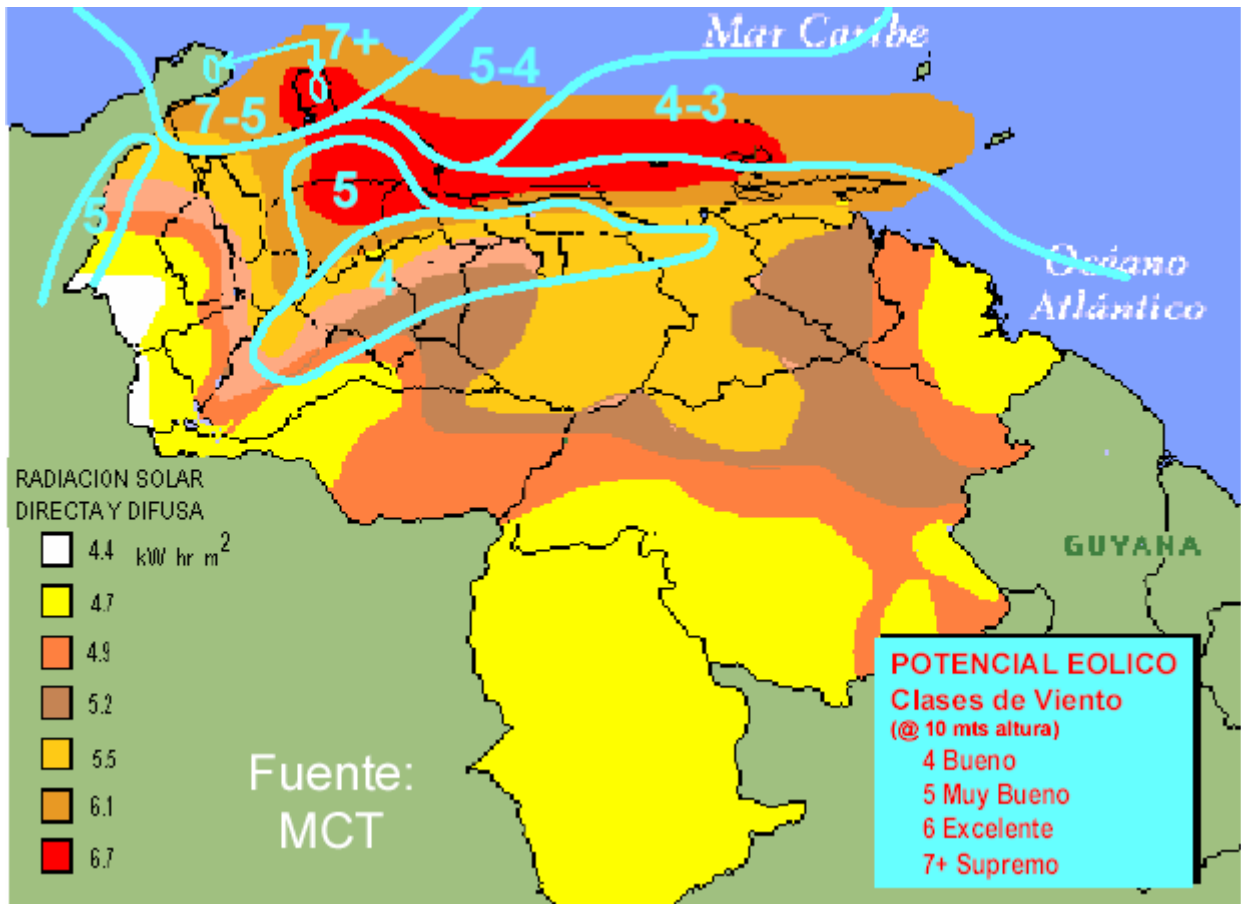
ANEXO 2. Productos

ENERGÍA NATURAL Sistemas Alternativos, para sus aplicaciones, debido a la eficiencia, confiabilidad, durabilidad y garantía, utiliza Paneles y Sistemas Fotovoltaicos



| modelo | kc120 | kc80 | kc60 | ks53 | ks47 | ks36/32 | ks20/16 | ks12-10 | ks7/5 |
|---|-------|------|------|------|------|---------|---------|---------|--------|
| Potencia w | 120 | 80 | 60 | 53 | 47 | 36/32 | 20/16 | 12-Oct | 07-May |
| Alto mm | 1425 | 976 | 751 | 1432 | 1280 | 990 | 635/520 | 413 | 413 |
| Ancho mm | 625 | 625 | 625 | 344 | 344 | 344 | 352 | 352 | 352 |
| Espesor mm | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 22 | 22 | 22 |
| Peso Kg | 11,9 | 8,8 | 6 | 6,4 | 5,6 | 4,7/4,4 | 2,8/2,5 | 1,9 | 1,85 |
| tensión nominal de los paneles: 16,9 volts Potencia del panel / 16,9 v. = amperes hora | | | | | | | | | |

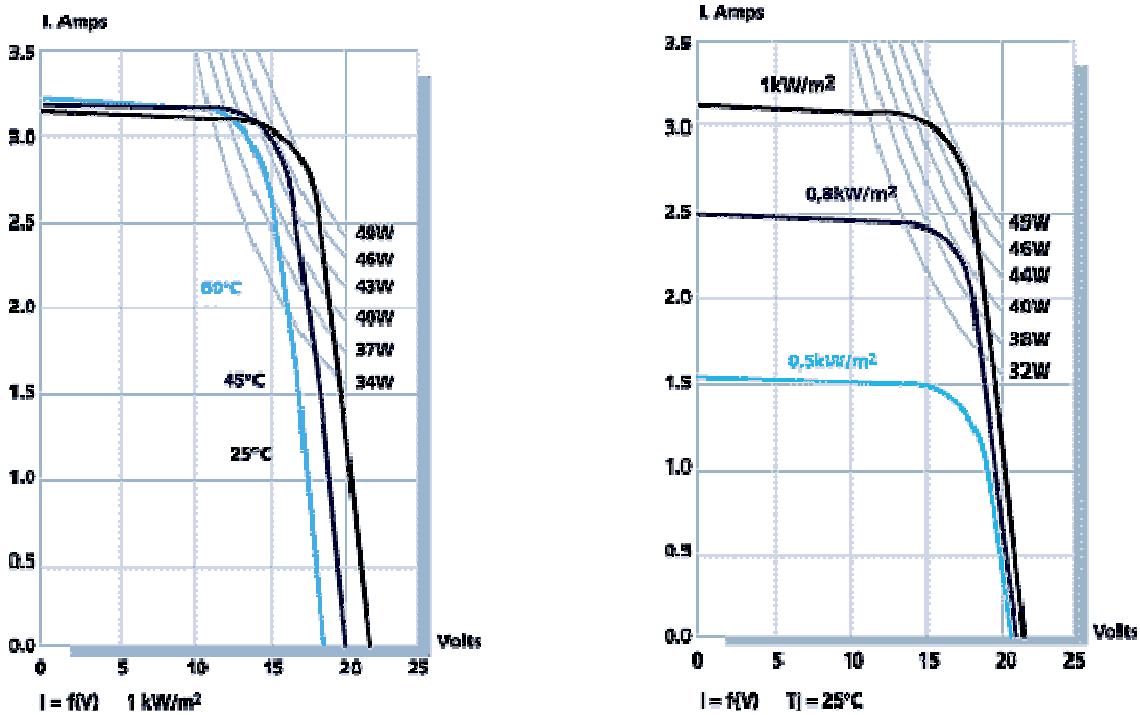
ANEXO 3. Potencial de Energía Solar y Eólica en Venezuela



Fuente. Ministerio de ciencia y tecnología (MCT)

ANEXO 4. ¿De que factores depende el rendimiento de un panel fotovoltaico?

Fundamentalmente de la intensidad de la radiación luminosa y de la temperatura de las células solares.

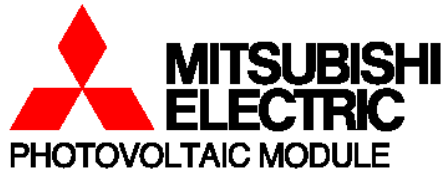


Variación de intensidad y tensión con la radiación y la temperatura según potencia nominal

La intensidad de corriente que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo el voltaje aproximadamente constante. En este sentido tiene mucha importancia la colocación de los paneles (su orientación e inclinación respecto a la horizontal), ya que los valores de la radiación varían a lo largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte.

El aumento de temperatura en las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo una disminución mucho mayor, en proporción, de la tensión. El efecto global es que la potencia del panel disminuye al aumentar la temperatura de trabajo del mismo. Una radiación de 1.000 W/m^2 es capaz de calentar un panel unos 30 grados por encima de la temperatura del aire circundante, lo que reduce la tensión en $2 \text{ mV}/(\text{célula} \cdot \text{grado}) \cdot 36 \text{ células} \cdot 30 \text{ grados} = 2,16 \text{ Voltios}$ y por tanto la potencia en un 15%. Por ello es importante colocar los paneles en un lugar en el que estén bien aireados.

ANEXO 5. Hoja técnica del panel solar PV-MF110EC4_{100Wp} de la empresa Mitsubishi electric.



Changes for the Better

MITSUBISHI ELECTRIC PHOTOVOLTAIC MODULE
PV-MF110EC4_{110Wp}

Lead contents 0 g! A new form of photovoltaic power generation, even friendlier to the environment.

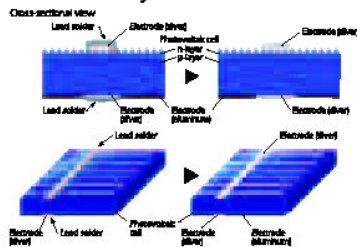
Previously, the total amount of lead used in the photovoltaic modules required providing power to a single residence (using a 3 kw system) was around 864 g. The new lead-free solder modules use no lead whatsoever.

*Lead volume used in soldered parts

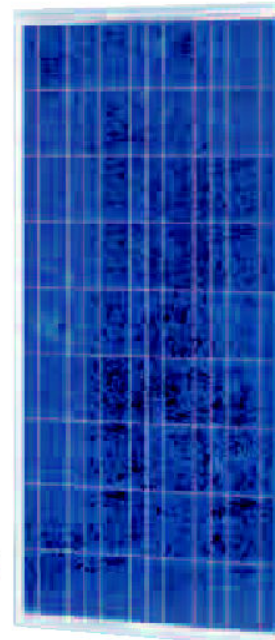


No solder coating required for cells-for higher PV module conversion efficiency.

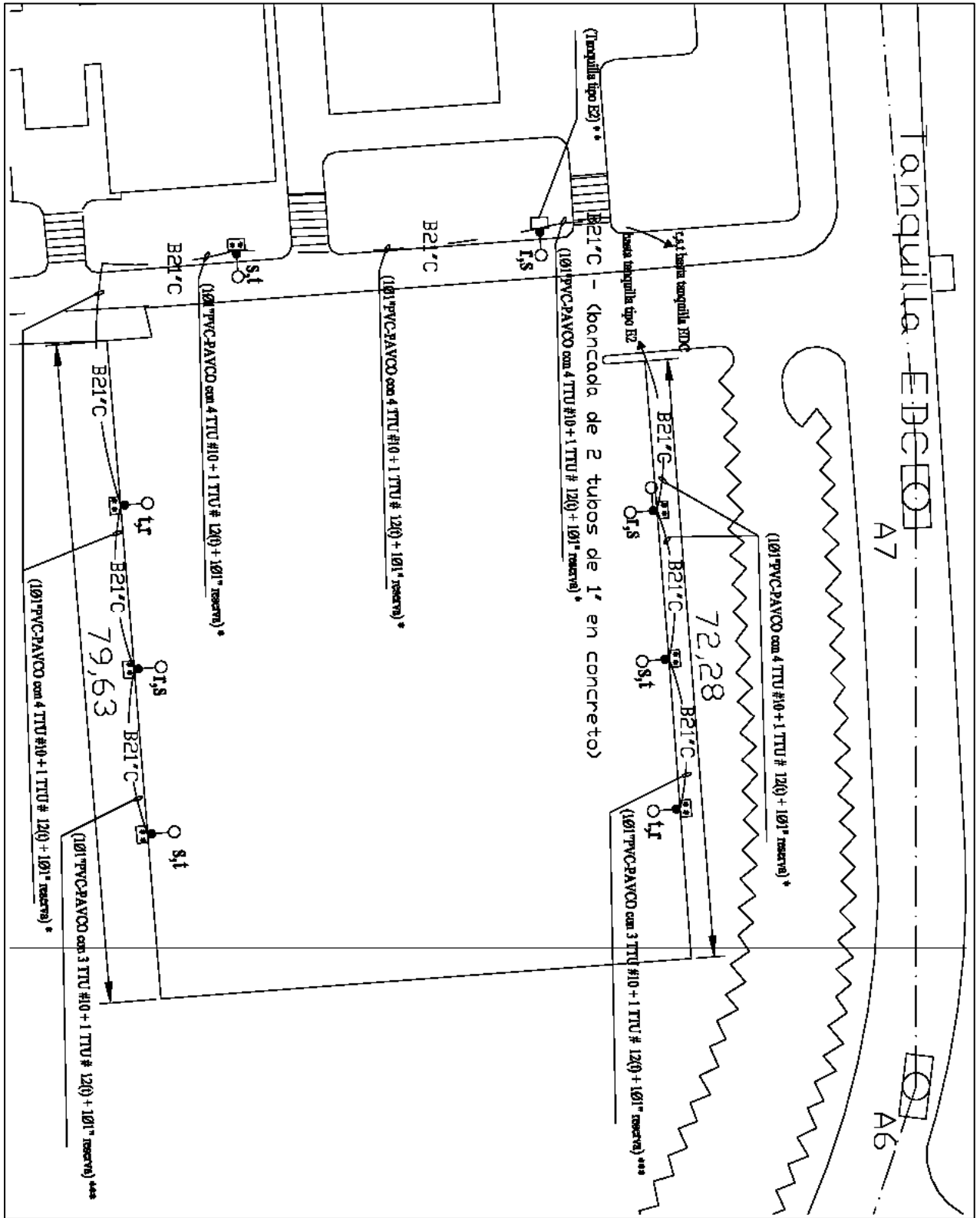
Using newly developed silver electrodes that offer superior weatherproofing, we've perfected a technology for producing photovoltaic cells that do not require solder coatings. We've even achieved higher PV module conversion efficiency, taking advantage of the new product's ability to more uniformly reflect the sun's rays.



- Designed for both commercial and domestic applications suitable for both grid-connected and stand-alone systems, the module offers both high performance and reliability.
- The polycrystalline photovoltaic module is manufactured to the strict engineering guidelines, ensuring all modules meet the requirements of International quality standards. UL 1703/IEC 61215/TÜV Safety Class II
- High power output is achieved using 150mm square polycrystalline silicon cells, thereby achieving greater output due to the high coverage area of the individual cells. Each cell string is protected by sheets of ethylene vinyl acetate (EVA) and laminated between a weatherproof backing film and a highly transmissive, highly impact-resistant, tempered glass and light can be effectively converted to electricity by using an anti-reflection coating.
- The clear anodized aluminum alloy frames are robust and corrosion resistant.
- Bypass diode minimizes power decrease caused by shade.
- Frame holes make installation flexible.



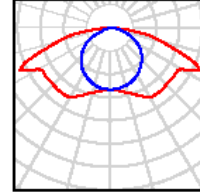
ANEXO 6. Plano eléctrico de la propuesta con energía convencional.



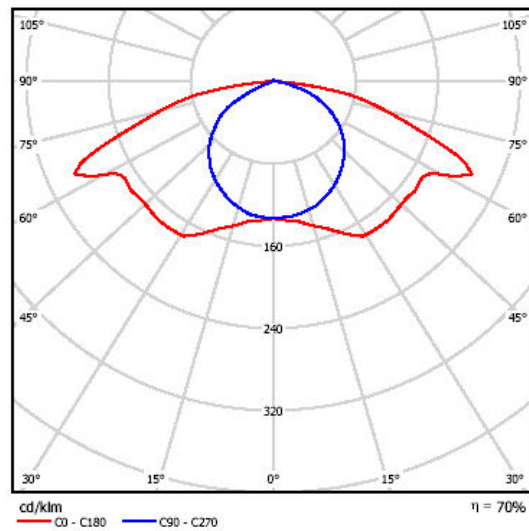
ANEXO 7. Resultados de la propuesta con energía solar mediante el programa DIALUX.

7.1) Luminaria

9 Pieza Philips Residium FGS224 1xSOX55W
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 7800 lm
Potencia de las luminarias: 65.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 32 63 91 99 70
Armamento: 1 x SOX55W (Factor de corrección 1.000).



Emisión de luz 1:

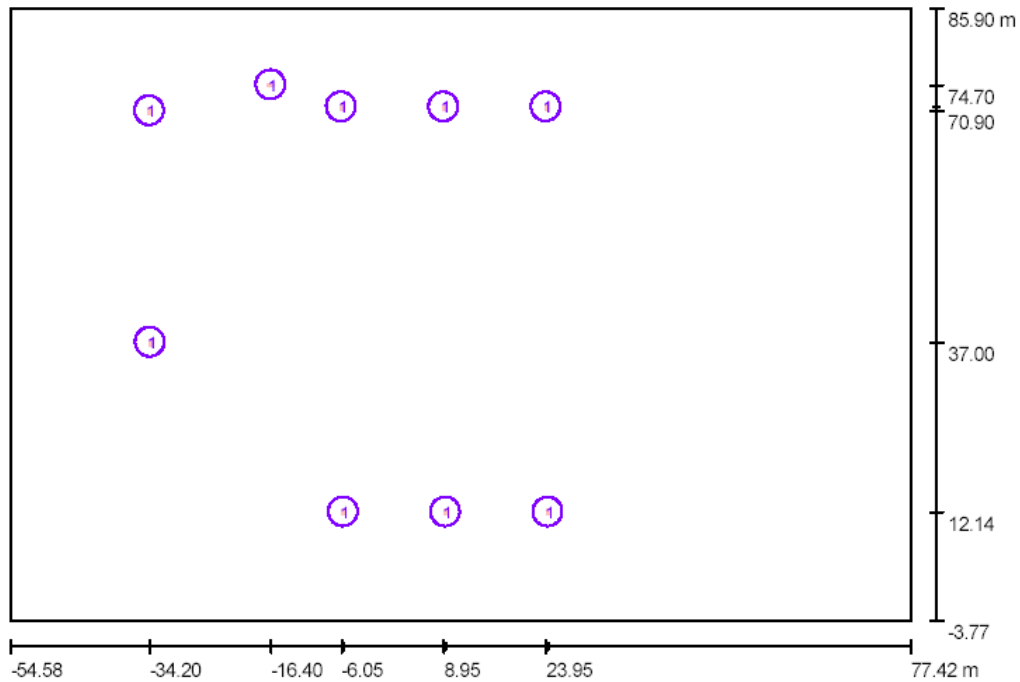


Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 32 63 91 99 70

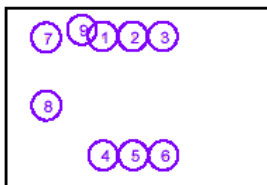
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

La tabla UGR se refiere al deslumbramiento.

7.2) Ubicación de las luminarias

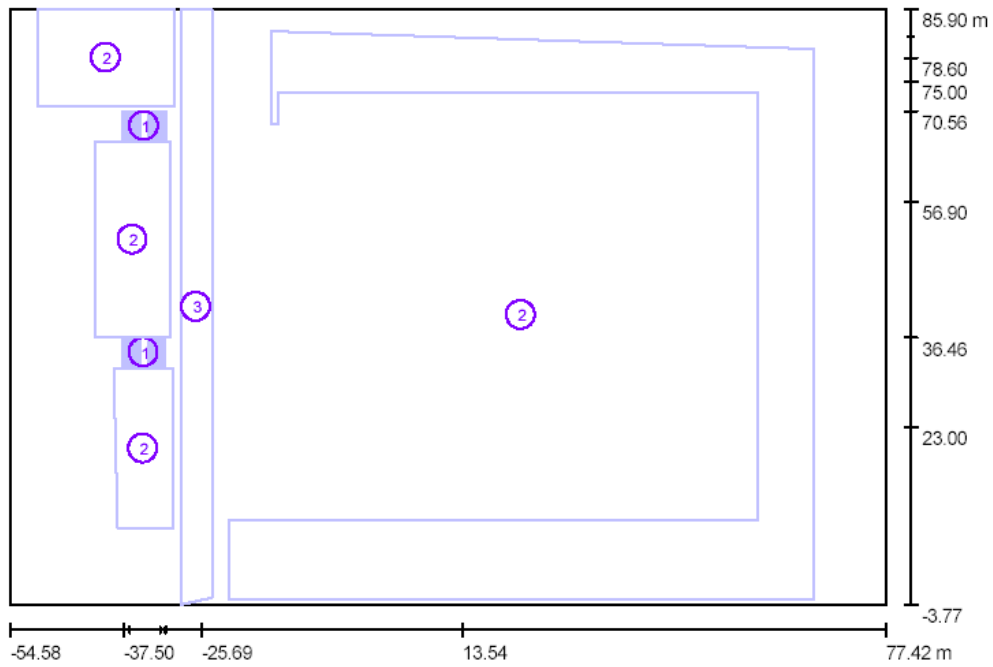


Escala 1 : 944



| N° | Posición [m] | | | Rotación [°] | | |
|----|--------------|--------|--------|--------------|-----|-------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 1 | -6.050 | 71.463 | 9.000 | -15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 8.950 | 71.463 | 9.000 | -15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 23.950 | 71.463 | 9.000 | -15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | -5.750 | 12.137 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 9.250 | 12.137 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 24.250 | 12.137 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | -34.200 | 70.900 | 10.000 | -15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | -34.100 | 37.000 | 10.000 | -15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | -16.400 | 74.700 | 9.000 | -15.0 | 0.0 | -90.0 |

7.3) Ubicación de las áreas a iluminar

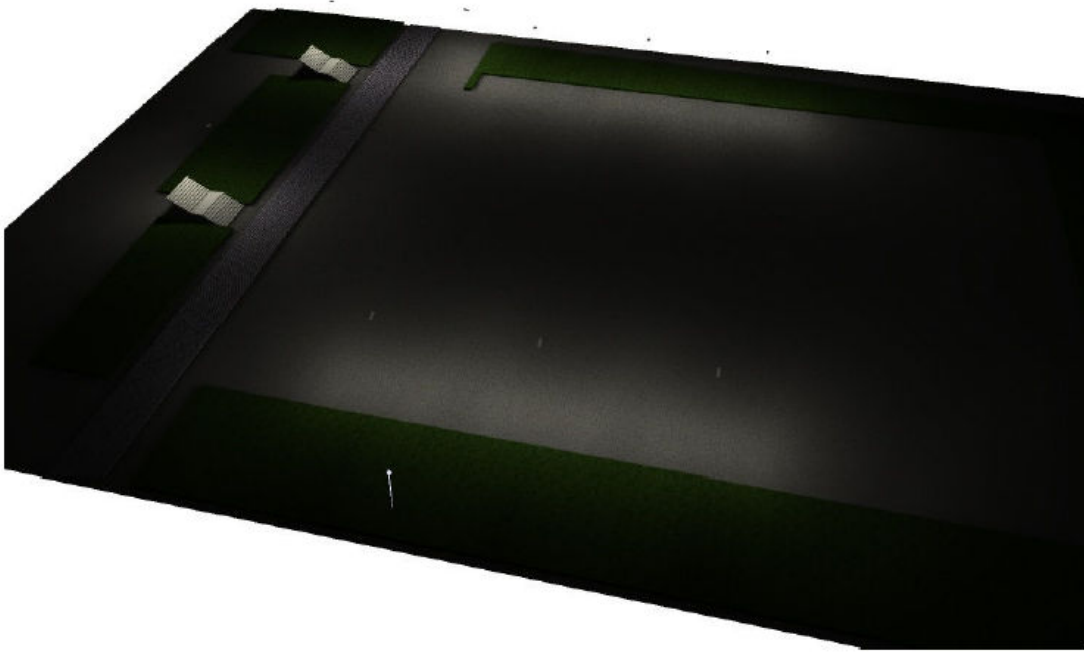


Escala 1 : 944

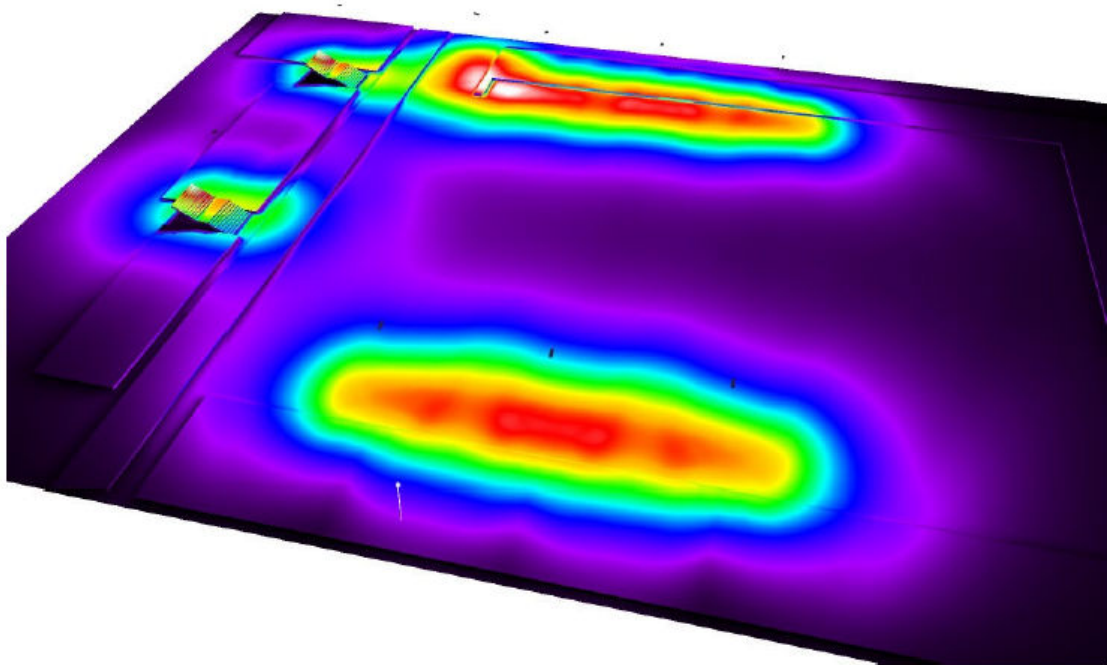
Muebles-Lista de piezas

| N° | Pieza | Designación |
|----|-------|-------------------------------|
| 1 | 2 | escalera de dos tramos, recta |
| 2 | 4 | acera (area verde) |
| 3 | 1 | acera |

7.4) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar



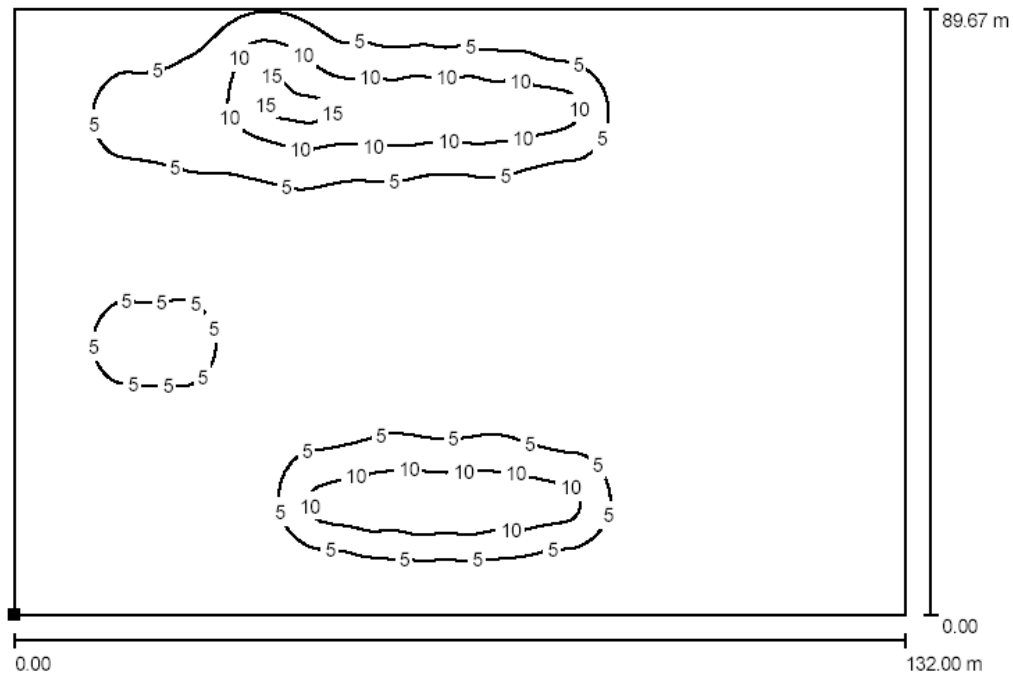
7.5) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar en colores falsos



0 2 4 6 8 10 12 14 16

lx

7.6 Curvas isocónicas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 944

Situación de la superficie en la
escena exterior:
Punto marcado:
(-54.582 m, -3.769 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
2.96

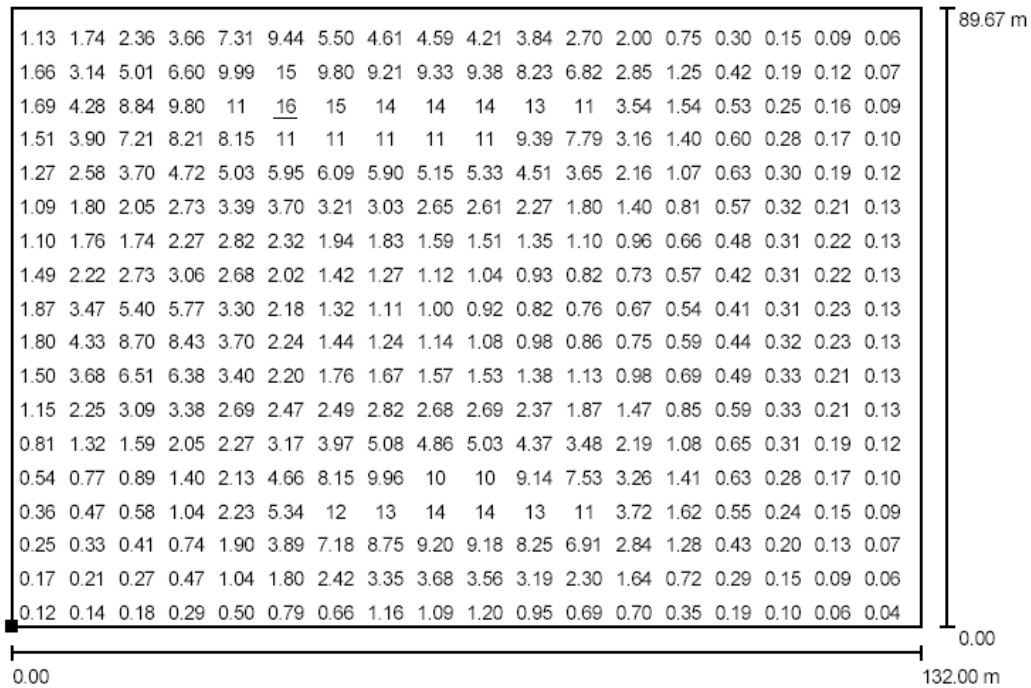
E_{min} [lx]
0.04

E_{max} [lx]
16

E_{min} / E_m
0.01

E_{min} / E_{max}
0.00

7.7) Gráfico de valores de iluminancia (E)

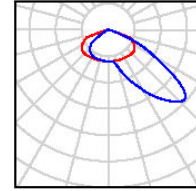


Valores en Lux, Escala 1 : 944

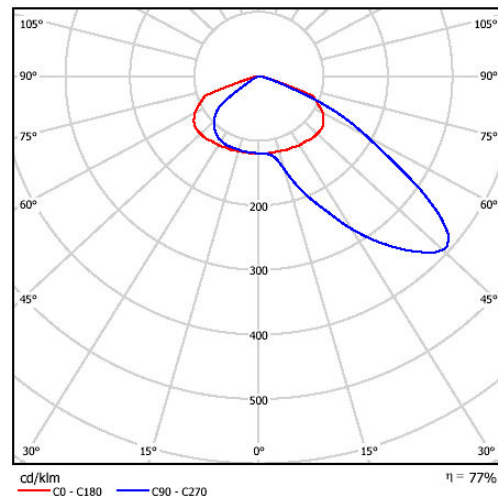
ANEXO 8. Resultados de la propuesta con energía convencional mediante el programa DIALUX.

8.1) Luminaria

9 Pieces Philips TrafficVision SGS306 1xSON-TPP250W
CON TP FG P15
Article No.:
Luminaire Luminous Flux: 33200 lm
Luminaire Wattage: 276.0 W
Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 33 76 98 100 76
Fitting: 1 x SON-TPP250W (Correction Factor 1.000).



Luminous emittance 1:

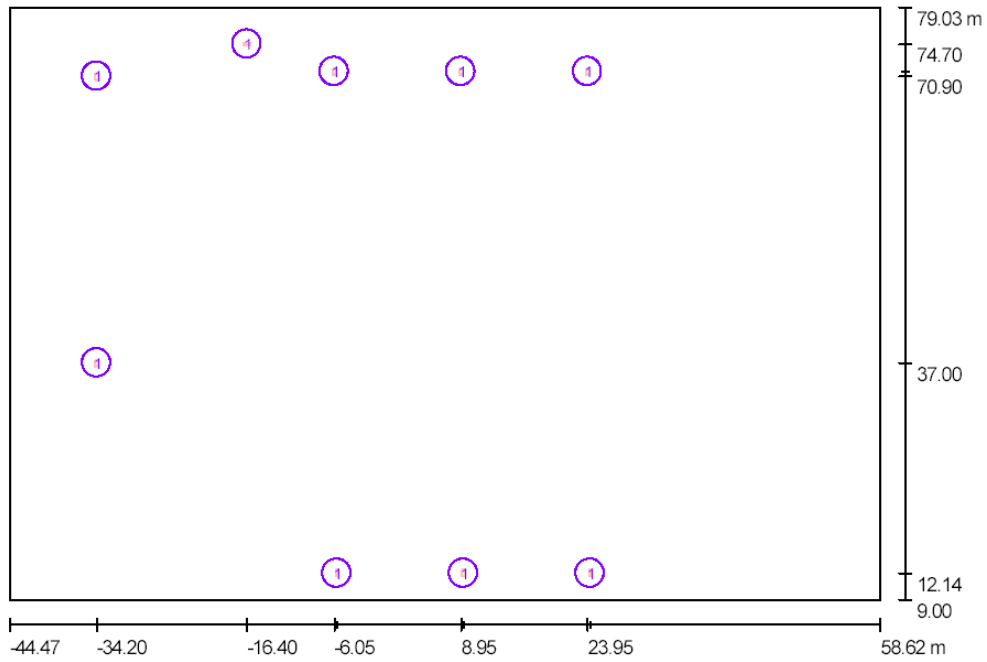


Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 33 76 98 100 76

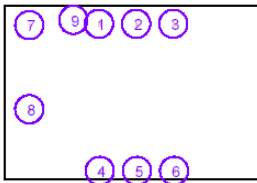
Due to missing symmetry properties, no UGR table can be displayed for this luminaire.

La tabla UGR se refiere al deslumbramiento.

8.2) Ubicación de las luminarias

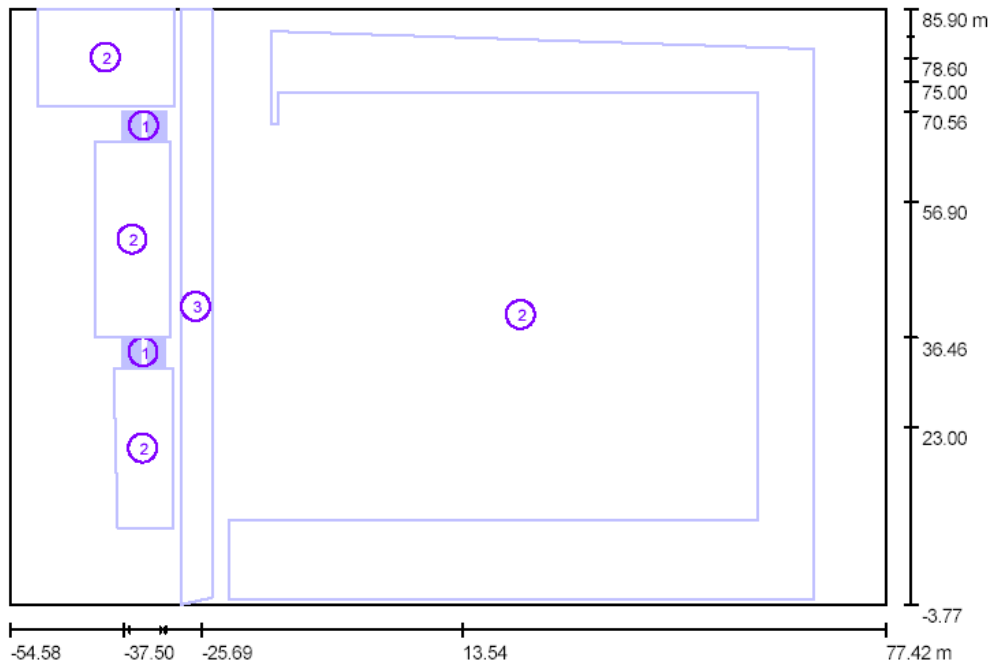


Scale 1 : 738



| No. | Position [m] | | | Rotation [°] | | |
|-----|--------------|--------|--------|--------------|-----|-------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 1 | -6.050 | 71.463 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 180.0 |
| 2 | 8.950 | 71.463 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 180.0 |
| 3 | 23.950 | 71.463 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 180.0 |
| 4 | -5.750 | 12.137 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 9.250 | 12.137 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 24.250 | 12.137 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | -34.200 | 70.900 | 10.000 | 15.0 | 0.0 | 180.0 |
| 8 | -34.200 | 37.000 | 10.000 | 15.0 | 0.0 | 180.0 |
| 9 | -16.400 | 74.700 | 9.000 | 15.0 | 0.0 | 90.0 |

8.3) Ubicación de las áreas a iluminar

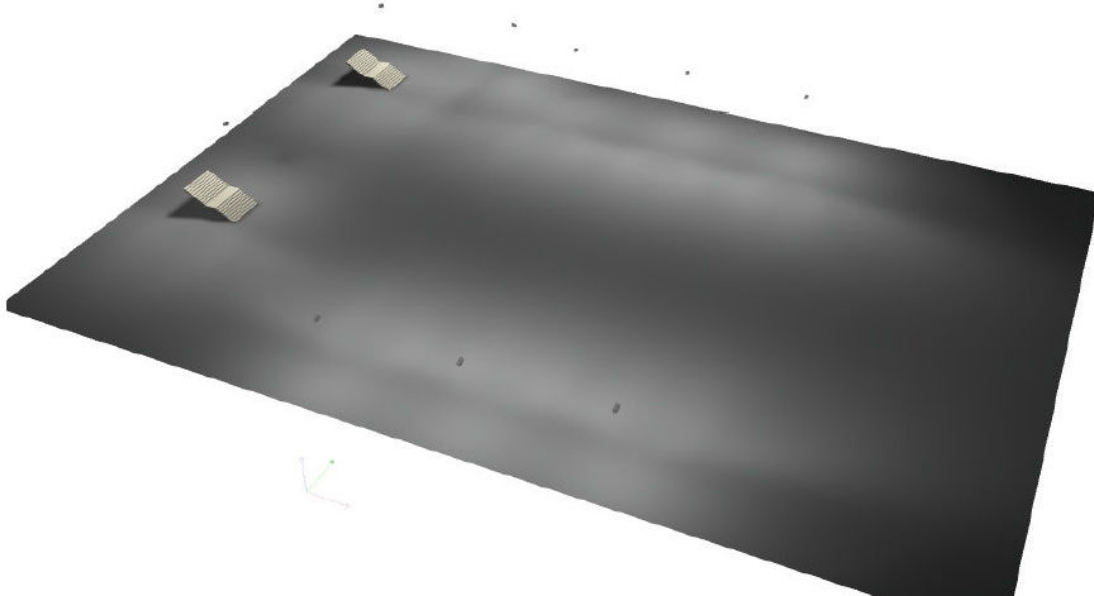


Escala 1 : 944

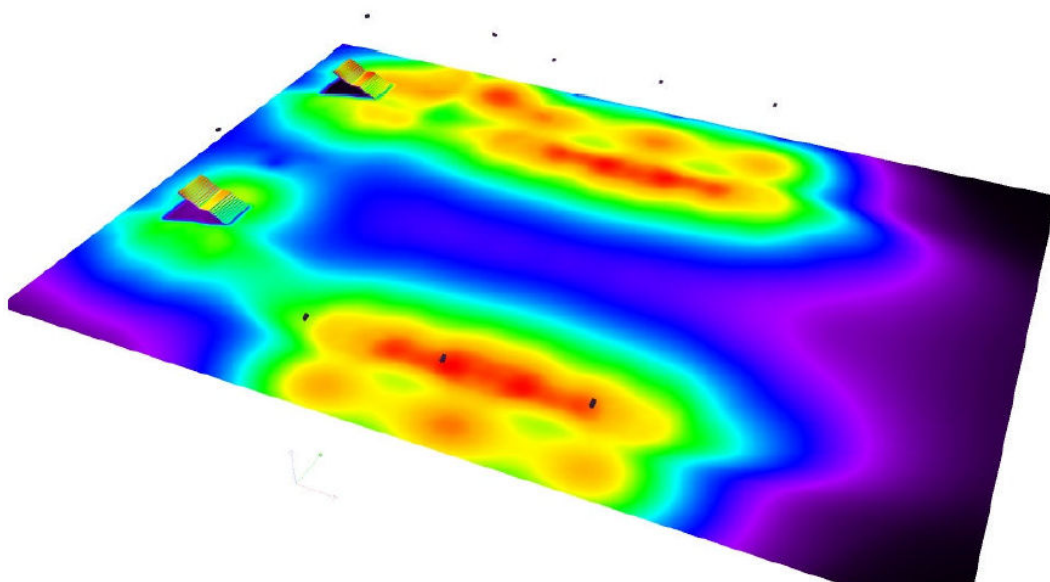
Muebles-Lista de piezas

| N° | Pieza | Designación |
|----|-------|-------------------------------|
| 1 | 2 | escalera de dos tramos, recta |
| 2 | 4 | acera (area verde) |
| 3 | 1 | acera |

8.4) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar



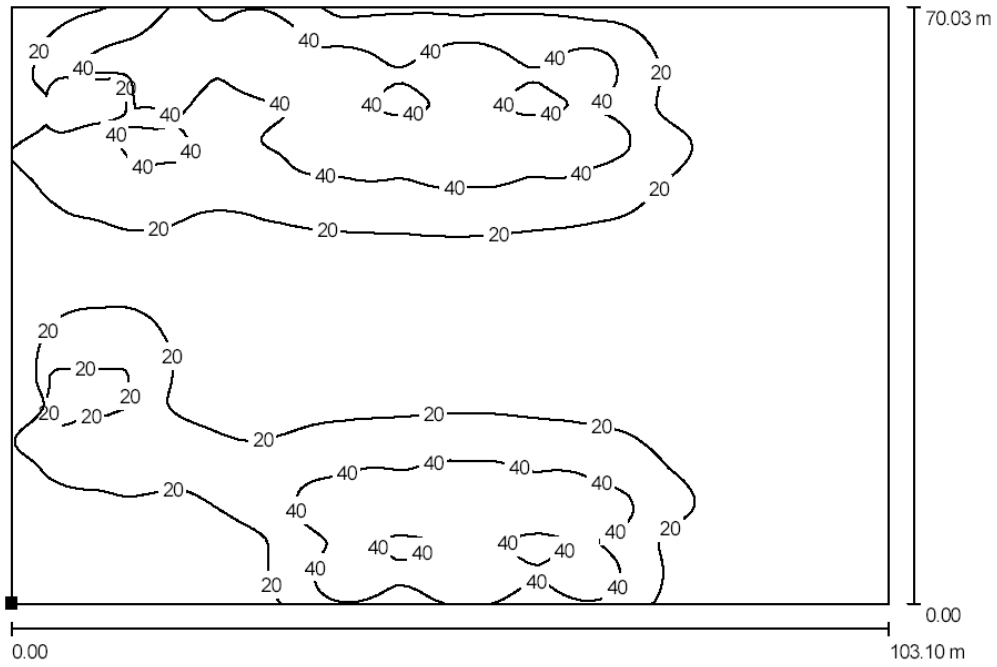
8.5) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar en colores falsos



0 5 10 20 30 40 50 60 70

lx

8.6 Curvas isoclasas (E)



Values in Lux, Scale 1 : 738

Position of surface in external scene:
Marked point:
(-44.473 m, 9.000 m, 0.000 m)



Grid: 128 x 128 Points

E_{av} [lx]
21

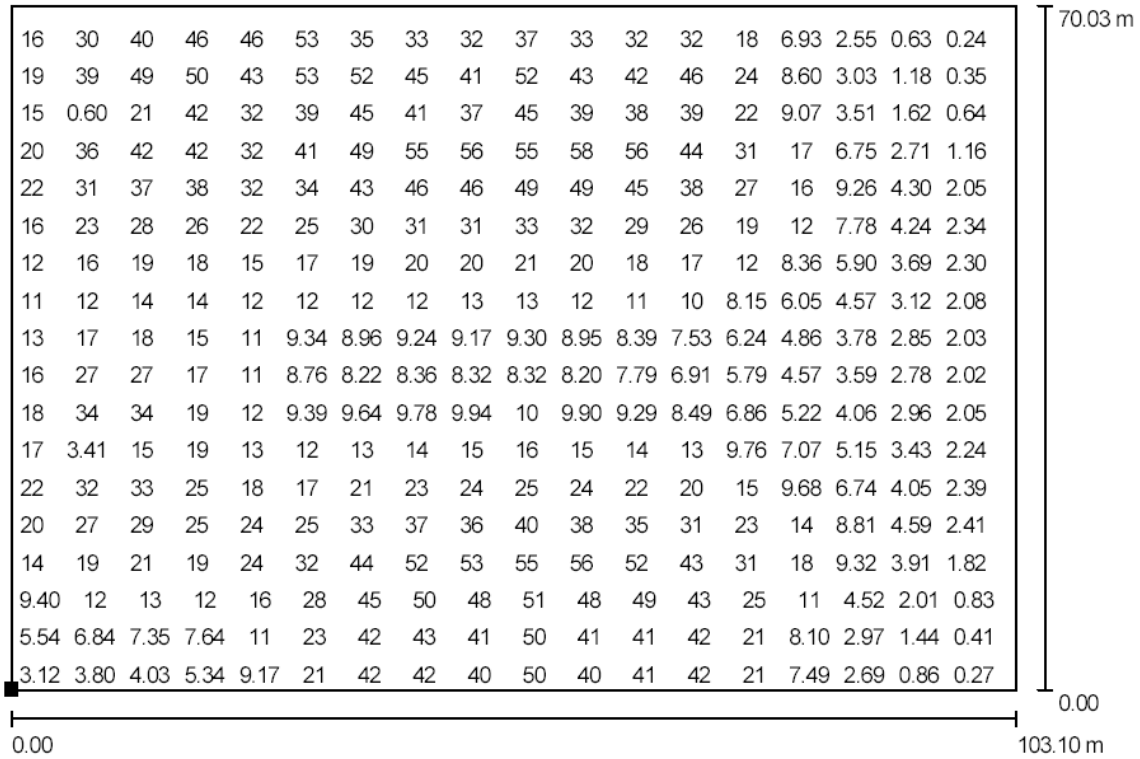
E_{min} [lx]
0.15

E_{max} [lx]
60

u_0
0.01

E_{min} / E_{max}
0.00

8.7) Gráfico de valores de iluminancia (E)



ANEXO 9. Presupuesto de obras civiles de la propuesta con energía convencional.

Se utilizo la base de datos del colegio de ingenieros para las partidas y el precio de insumos con fecha de julio-2007.

OBRA: PROYECTO DE ILUMINACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO DE PROFESORES ANEXO AL EDIFICIO DE ENERGÉTICA
UBICACIÓN: SARTENEJAS-MIRANDA

PRESUPUESTO

A.P.U JULIO 2007

| Nº | CODIGO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.U | TOTAL |
|----|---------------|--|--------|----------|--------------|--------------|
| 1 | E.133.520.000 | DEMOLICION DE PAVIMENTOS COMBINADOS DE CONCRETO Y ASFALTO CON EQUIPO LIVIANO (COMPRESOR) . | M3 | 10,10 | 173.834,67 | 1.755.730,17 |
| 2 | E.133.120.000 | DEMOLICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO CON EQUIPO LIVIANO (COMPRESOR) | M3 | 1,80 | 248.335,24 | 447.003,43 |
| 3 | R.211.520.210 | DEMOLICION A MANO DE CERAMICA EN PISO. INCLUYE MOVILIZACION INTERNA DENTRO DEL AREA DE TRABAJO. EXCLUYE DEMOLICION DE MORTERO BASE | M2 | 2,00 | 34.516,13 | 69.032,26 |
| 4 | R.133.320.000 | DEMOLICION DE BROCALES DE CONCRETO CON EQUIPO LIVIANO (COMPRESOR) . | M3 | 0,33 | 403.596,97 | 133.187,00 |
| 5 | M.311.110.150 | EXCAVACION EN TIERRA A MANO PARA ASIENTO DE FUNDACIONES, ZANJAS, ETC. HASTA PROFUNDIDADES COMPRENDIDAS ENTRE 0 Y 1,50m | M3 | 57,05 | 103.133,24 | 5.883.751,34 |
| 6 | E.351.200.250 | SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACION DE MALLA SOLDADA DE ACERO PARA INFRAESTRUCTURA | KGF | 40,28 | 5.992,13 | 241.363,00 |
| 7 | E.319.100.000 | CONSTRUCCION DE BASE DE PIEDRA PICADA CORRESPONDIENTE A OBRAS PREPARATIVAS. | M3 | 6,14 | 199.258,09 | 1.223.444,67 |
| 8 | E.351.110.210 | SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO RAT=2.100 kg/cm2, UTILIZANDO CABILLA DE DIAMETRO IGUAL O INFERIOR A 3/8" EN INFRAESTRUCTURA | KGF | 30,90 | 6.117,53 | 189.031,68 |
| 9 | E.324.000.120 | CONCRETO DE Fc 200 kgf/cm2 A LOS 28 DIAS, ACABADO CORRIENTE, PARA LA CONSTRUCCION DE PEDESTALES. | M3 | 1,15 | 627.370,34 | 721.475,89 |
| 10 | E.341.010.112 | ENCOFRADO DE MADERA TIPO RECTO, ACABADO CORRIENTE EN PEDESTALES. | M2 | 0,14 | 81.148,18 | 11.360,75 |
| 11 | E.414.154.050 | CONSTRUCCION DE REVESTIMIENTO DE PISOS CON CANTO RODADO, ACABADO NATURAL. INCLUYE MORTERO BASE | M2 | 9,00 | 130.725,83 | 1.176.532,47 |
| 12 | E.414.164.050 | CONSTRUCCION DE REVESTIMIENTO DE PISOS CON BALDOSAS DE ARCILLA, ACABADO NATURAL. INCLUYE MORTERO BASE | M2 | 2,00 | 99.742,16 | 199.484,32 |
| 13 | M.802.305.015 | CONCRETO PARA LA CONSTRUCCION DE TANQUILLAS, FC 150 k/cm2 CORRESPONDIENTE A OBRAS DE SERVICIO. | M3 | 3,73 | 1.008.473,76 | 3.761.607,12 |
| 14 | M.802.111.210 | SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO Fy 4200 kgf/cm2, UTILIZANDO CABILLA IGUAL O MENOR DEL No. 3 PARA EL CONCRETO ARMADO CORRESPONDIENTE A OBRAS DE SERVICIO (RAT 2100, D <=3/8") | KGF | 169,34 | 6.750,92 | 1.143.200,79 |
| 15 | M.511.111.025 | INSTALACION ELECTRICA DE TUBERIA PLASTICA RIGIDA LIVIANA, PVC, EMBUTIDA. DIAMETRO 1" (25mm) | M | 500,00 | 13.894,90 | 6.947.450,00 |
| 16 | M.521.224.030 | INSTALACION ELECTRICA DE CABLE DE COBRE, TRENZADO, REVESTIDO, TTU, CALIBRE 10 AWG (2.95mm) . | M | 750,00 | 6.842,90 | 5.132.175,00 |
| 17 | E.801.200.000 | CONSTRUCCION DE BASES Y SUB-BASES DE PIEDRA PICADA. | M3 | 16,16 | 190.890,60 | 3.084.792,10 |

OBRA: PROYECTO DE ILUMINACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO DE PROFESORES ANEXO AL EDIFICIO DE ENERGÉTICA
UBICACIÓN: SARTENEJAS-MIRANDA

PRESUPUESTO

A.P.U JULIO 2007

| Nº | CODIGO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | P.U | TOTAL |
|----|---------------|---|--------|----------|--------------|---------------|
| 18 | U.331.100.000 | CARGA A MANO DE MATERIAL PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES DE FUNDACIONES Y ZANJAS. | M3 | 91,07 | 30.603,20 | 2.787.033,42 |
| 19 | E.136.010.000 | CARGA A MANO DE MATERIAL PROVENIENTE DE LAS DEMOLICIONES O PREPARACION DEL SITIO | M3 | 20,25 | 30.603,20 | 619.714,80 |
| 20 | E.317.S/C | COMPACTACION DE RELLENOS A MANO CON MATERIAL DE EXCAVACION | M3 | 5,85 | 110.554,70 | 646.745,00 |
| 21 | M.802.303.015 | CONCRETO DE Fc 150 kgf/cm2 A LOS 28 DIAS, ACABADO CORRIENTE, PARA LA CONSTRUCCION DE BROCALES, CORRESPONDIENTE A OBRAS DE SERVICIO. | M3 | 0,33 | 844.418,56 | 278.658,12 |
| 22 | M.328.000.120 | CONCRETO DE Fc 200 kgf/cm2 A LOS 28 DIAS, ACABADO CORRIENTE, PARA LA CONSTRUCCION DE BASE DE PAVIMENTO. | M3 | 11,90 | 591.479,25 | 7.038.603,08 |
| 23 | C.220.401.105 | DEMARCACION DE BROCALES CON PINTURA DE TRAFICO. | M | 320,00 | 9.251,39 | 2.960.444,80 |
| 24 | R.910.132.150 | ACARREO DE ESCOMBROS CON USO DE CARRETILLAS, DESDE EL PIE DE OBRA HASTA SITIO DEFINITIVO DE CARGA A DISTANCIAS ENTRE 10 Y 50m CON PENDIENTES DE 0-15% INCLUSIVE. INCLUYE CARGA Y DESCARGA | M3*M | 1.548,75 | 2.192,74 | 3.396.006,08 |
| 25 | E.903.142.011 | TRANSPORTE URBANO EN CAMIONES, DE TIERRA, AGREGADOS Y ESCOMBROS MEDIDO EN ESTADO SUELTO, A DISTANCIAS MAYORES A 10km Y HASTA 11km INCLUSIVE | M3*KM | 123,90 | 2.261,63 | 280.215,96 |
| 26 | C.220.401.104 | DEMARCACION DE PASOS PEATONALES Y LINEAS DE PARE CON PINTURA DE TRAFICO. | M2 | 9,60 | 26.586,93 | 255.234,53 |
| 27 | C.220.400.106 | DEMARCACION DE FLECHADOS CON PINTURA DE TRAFICO. INCLUYE MICROESFERAS DE VIDRIO. | M2 | 2,04 | 43.552,94 | 88.848,00 |
| 28 | U.612.500.500 | SUMINISTRO Y COLOCACION DE POSTE METALICO HEXAGONAL DE 10m PARA ALUMBRADO PUBLICO, INCLUYE BRAZO SENCILLO TIPO LATIGO, LONGITUD: 2,44m INCLUYE EL TRANSPORTE. | PZA | 9,00 | 1.341.758,11 | 12.075.822,99 |
| 29 | U.681.105.S/C | SUMINISTRO Y COLOCACION DE LUMINARIA CON PANTALLA TIPO M-400 PARA ALUMBRADO PUBLICO, INCLUYE BOMBILLO DE 250 W. LUZ SODIO ALTA PRESIÓN PARA 220 VOLT. INCLUYE EL TRANSPORTE. | PZA | 9,00 | 523.132,24 | 4.708.190,16 |

SUB-TOTAL 67.256.138,93
 9% I.V.A 6.053.052,50
TOTAL 73.309.191,43

ANEXO 10. Presupuesto de la propuesta con energía solar.



R.I.F.: J-30115831-8

Energía para el siglo XXI

Caracas, 28 de Febrero de 2007

**PRESUPUESTO
20070301-SR**

Señores:

PROYECTO ESTACIONAMIENTO U.C.B

Atención: **ING. FELIPE CAMPO**

Obra: "SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN CON ENERGIA SOLAR PARA VIALIDAD (UNIDAD AUTONOMA DE 8.000 LUMENES)

| Partida | Descripción | Unidad | Cantidad | P.U. | Total Bs. |
|------------------------------|--|--------|----------|---------------|----------------------|
| 01 | E-S/C Suministro, Transporte e instalación de Poste Metálico con base, de 8,23 Mts de altura para luminaria, Pintura anticorrosivo y esmalte de Aluminio | Un | 01 | 1.900.921,22 | 1.900.921,22 |
| 02 | E-S/C Suministro, transporte e instalación de Luminaria y soporte. Incluye modulo fotovoltaico MP-110. 12v 110 Watts. Sistema de Control de Baterías Solar Caja Nema 3 Cableado , Accesorios y pruebas | Un | 01 | 19.546.200,48 | 19.546.200,48 |
| SUB TOTAL Bs. | | | | | 21.447.121,70 |
| I.V.A 11% Bs. | | | | | 2.359.183,38 |
| TOTAL PRESUPUESTO Bs. | | | | | 23.806.305,08 |

BASSAM MAKHOUL
Director-Gerente

SOLARTEC
Representaciones CA

SOLARTEC REPRESENTACIONES, C.A.

R.I.F.: J-30115831-8

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

E - S/C

Partida : 01

Unidad: Un

Cantidad: 01

Rendimiento: 02 un/día

| | |
|---|---|
| 0 | Suministro e Instalación de Sistema de Alumbrado Publico con Energia Solar en |
| 0 | |
| Ubicación: | |
| Descripción: Suministro, Transporte e instalación de Poste Metalico para vialidad de 8 23 Mts. | |

Materiales.

| Descripción | Unidad | Cantidad | Costo | Costo Total |
|------------------------------------|--------|----------|------------|---------------------|
| Poste Metalico de 8,23 Mts | Un | 1 | 552.472,00 | 552.472,00 |
| Estructura de suspensión y montaje | SG | 1 | 293.250 | 293.250,00 |
| Tornilleria, flejes, etc | SG | 1 | 104.792 | 104.792,00 |
| Cuñas de fijación | Un | 4 | 6.280 | 25.120,00 |
| Pintura anti-corrosiva | Gal | 0,25 | 98.325 | 24.581,25 |
| Pintura de Aluminio Industrial | Gal | 0,25 | 129.345 | 32.336,25 |
| TOTAL MATERIALES. | | | | 1.032.551,50 |
| COSTO UNIT. MATERIALES. | | | | 1.032.551,50 |

Equipos.

| Descripción | Cantidad | Costo | Alq.Deprec | Costo Diario |
|---------------------------|----------|---------------|------------|-------------------|
| Camion Cesta (2 op) | 1 | Alq. | 1 | 450.000,00 |
| Eq. Herramientas menores | SG | 862.500,00 | 0,00810 | 6.986,25 |
| Camioneta Pick-up | 0,3 | 45.000.000,00 | 0,0035 | 47.250,00 |
| TOTAL EQUIPO. | | | | 504.236,25 |
| COSTO UNIT. EQUIPO | | | | 252.117,63 |

Mano de Obra.

| Descripción | Cantidad | Salario | Bonos | Total Diario |
|-----------------------------------|----------|---------|-------|---------------------|
| Chofer de Camioneta Cesta | 1 | 29.874 | 8400 | 38.274,00 |
| Obrero de 1ra | 4 | 24.550 | 8400 | 106.600,00 |
| SUB-TOTAL | | | | 144.874,00 |
| 201% PRESTACIONES SOCIALES | | | | 291.196,73 |
| TOTAL BONOS | | | | 0,00 |
| TOTAL MANO DE OBRA | | | | 436.070,73 |
| COSTO UNIT.MANO DE OBRA | | | | 218.035,39 |
| SUB TOTAL A. | | | | 1.502.704,51 |
| 15% ADMINISTRACIÓN-OTROS. | | | | 225.405,68 |
| SUB TOTAL B | | | | 1.728.110,20 |
| 10%UTILIDAD | | | | 172.811,02 |
| PRECIO UNITARIO | | | | 1.900.921,22 |

TOTAL PARTIDA Bs.

1.900.921,22

SOLARTEC REPRESENTACIONES, C.A.

R.I.F.: J-30115831-8

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**E - S/C****Partida : 02****Unidad: Un****Cantidad: 01****Rendimiento: 03 un/día**

| | |
|--|---|
| 0 | Suministro e Instalación de Sistema de Alumbrado Publico con Energia Solar en |
| 0 | |
| Ubicación: | |
| Descripción: Suministro , transporte e instalación de Luminaria y soporte. Incluye modulo fotovoltaico MP-110. 12 v 110 watt. Sistema de Control Bateria Solar Caja Nema 3 Cableado, accesorios y Pruebas | |

Materiales.

| Descripción | Unidad | Cantidad | Costo | Costo Total |
|---|--------|----------|-----------|----------------------|
| Módulo fotovoltaico MP-110 | Un | 2 | 3.723.000 | 7.446.000,00 |
| Sistema de control de carga | Un | 1 | 1.160.000 | 1.160.000,00 |
| Bateria solar-100AH libre mantenimiento | Un | 2 | 815.000 | 1.630.000,00 |
| Luminaria Vapor de Sodio 55 Watts | Un | 1 | 2.628.044 | 2.628.044,00 |
| Estructura de suspensión y montaje | SG | 1 | 770.000 | 770.000,00 |
| Tornillería en general | SG | 1 | 144.900 | 144.900,00 |
| Caja Pre-Cableado para Regulador Bat. | Un | 1 | 1.471.000 | 1.471.000,00 |
| TOTAL MATERIALES. | | | | 15.249.944,00 |
| COSTO UNIT. MATERIALES. | | | | 15.249.944,00 |

Equipos.

| Descripción | Cantidad | Costo | Alq.Deprec | Costo Diario |
|--------------------------------|----------|------------|------------|------------------|
| Equipo de Montaje fotovoltaico | SG | 2.121.750 | 0,0072 | 15.276,60 |
| Camioneta Pick-up | 0,3 | 45.000.000 | 0,00350 | 47.250,00 |
| Andamio tubular- cuerpo | 4 | 220.800 | 0,0035 | 3.091,20 |
| Eq. Herramientas menores | SG | 862.500 | 0,0081 | 6.986,25 |
| Equipo de Prueba de Campo | SG | 1.186.800 | 0,0081 | 9.613,08 |
| TOTAL EQUIPO. | | | | 82.217,13 |
| COSTO UNIT. EQUIPO | | | | 27.405,38 |

Mano de Obra.

| Descripción | Cantidad | Salario | Bonos | Total Diario |
|-----------------------------------|----------|---------|-------|----------------------|
| Instalador fotovoltaico | 1 | 43.890 | 8400 | 52.290,00 |
| Electricista de 1ra | 1 | 32.969 | 8400 | 41.369,00 |
| Chofer de 3ra | 1 | 27.442 | 8400 | 35.842,00 |
| Obrero | 1 | 24.550 | 8400 | 32.950,00 |
| SUB-TOTAL | | | | 162.451,00 |
| 201% PRESTACIONES SOCIALES | | | | 326.526,51 |
| TOTAL BONOS | | | | 33.600,00 |
| TOTAL MANO DE OBRA | | | | 522.577,51 |
| COSTO UNIT.MANO DE OBRA | | | | 174.192,50 |
| SUB TOTAL A. | | | | 15.451.541,88 |
| 15% ADMINISTRACIÓN-OTROS. | | | | 2.317.731,28 |
| SUB TOTAL B | | | | 17.769.273,17 |
| 10%UTILIDAD | | | | 1.776.927,31 |
| PRECIO UNITARIO | | | | 19.546.200,48 |
| TOTAL PARTIDA Bs. | | | | 19.546.200,48 |

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
2249-93**

C. I. T.
CENTRO DE INFORMACION
 **TECNOCONSULT**
CARACAS

**ILUMINANCIAS EN TAREAS Y
AREAS DE TRABAJO**



**TABLA 1D Areas y Actividades Exteriores en la
Industria**

| AREA O ACTIVIDAD | ILUMINANCIA (LUX) | | | TIPO DE ILUMINANCIA |
|--|-------------------|--------------|---|------------------------|
| | A | B | C | |
| Entradas escaleras y plataformas | | 50 50 (2) | | |
| ESTACIONAMIENTOS | | | | |
| Actividad baja | | 5 | | |
| Actividad Media | | 11 | | |
| Actividad Alta | | 22 | | |
| ESTACIONES DE SERVICIO (A NIVEL DE PISO) | | | | |
| Alrededores oscuros | | | | |
| Accesos | | 15 | | |
| Vías de circulación | | 15 | | |
| Islas de surtidores | | 200 | | |
| Fachadas (Excepto de vidrios) | | 100 | | |
| Area de servicios | | 30 | | |
| Reflectores de realce | | 20 | | |
| Alrededores iluminados | | | | |
| Accesos | | 30 | | |
| Vías de circulación | | 50 | | |
| Isla de surtidores | | 300 | | |
| Fachadas del edificio | | | | |
| (Excepto vidrios) | | 300 | | |
| Area de servicios | | 70 | | |
| Reflectores de realce | | 50 | | |
| EXTERIOR DE EDIFICIOS | | | | |
| Entradas | | | | |
| Activas (peatones, vehículos y mixtas) | | 50 | | |
| Inactivas (normalmente cerradas, uso poco frecuente) | | 10 | | |
| Lugares o estructuras vitales | | 50 | | |
| Alrededores | | 10 | | |

ANEXO 12. PROPUESTA POR DIRECCIÓN DE PLANTA FÍSICA (USB).

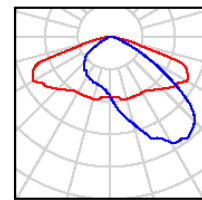
A petición de la Ing. Crosbyhyn López adscrita al programa de proyectos de la dirección de planta física de la Universidad Simón Bolívar se hizo un estudio adicional para iluminar el estacionamiento con energía convencional.

Resultados de la propuesta mediante el programa DIALUX.

12.1) Luminaria

Escena exterior 1 / Lista de piezas de las luminarias

7 Pieza Philips TrafficVision SGS306 TP FG P15 1xSON-TPP400W
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 56500 lm
Potencia de las luminarias: 430.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 38 78 98 100 78
Armamento: 1 x SON-TPP400W (Factor de corrección 1.000).

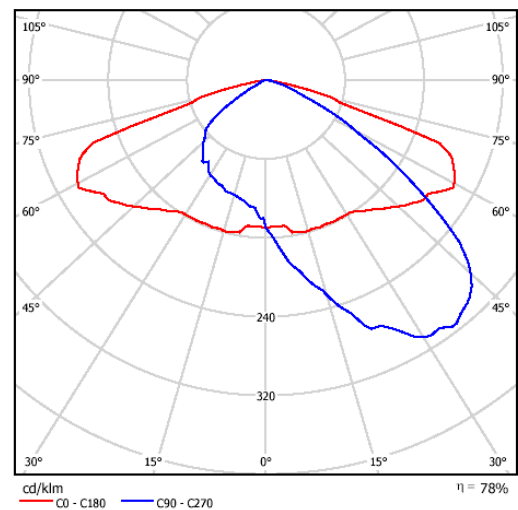


Philips TrafficVision SGS306 TP FG P15 1xSON-TPP400W / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 38 78 98 100 78

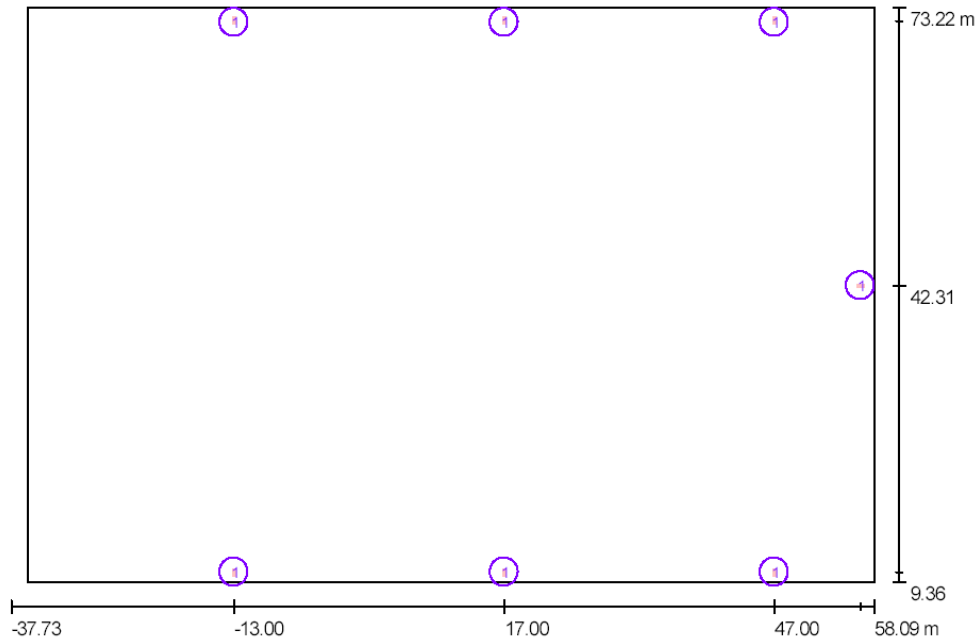
Emisión de luz 1:



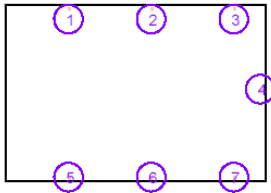
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

La tabla UGR se refiere al deslumbramiento.

12.2) Ubicación de las luminarias



Escala 1 : 686



| N° | Posición [m] | | | Rotación [°] | | |
|----|--------------|--------|--------|--------------|-----|-------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 1 | -13.000 | 71.762 | 10.000 | -5.0 | 0.0 | 180.0 |
| 2 | 17.000 | 71.762 | 10.000 | -5.0 | 0.0 | 180.0 |
| 3 | 47.000 | 71.762 | 10.000 | -5.0 | 0.0 | 180.0 |
| 4 | 56.561 | 42.306 | 10.000 | -5.0 | 0.0 | 90.0 |
| 5 | -13.000 | 10.446 | 10.000 | 5.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 17.000 | 10.446 | 10.000 | 5.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 47.000 | 10.446 | 10.000 | 5.0 | 0.0 | 0.0 |

12.3) Ubicación de las áreas a iluminar

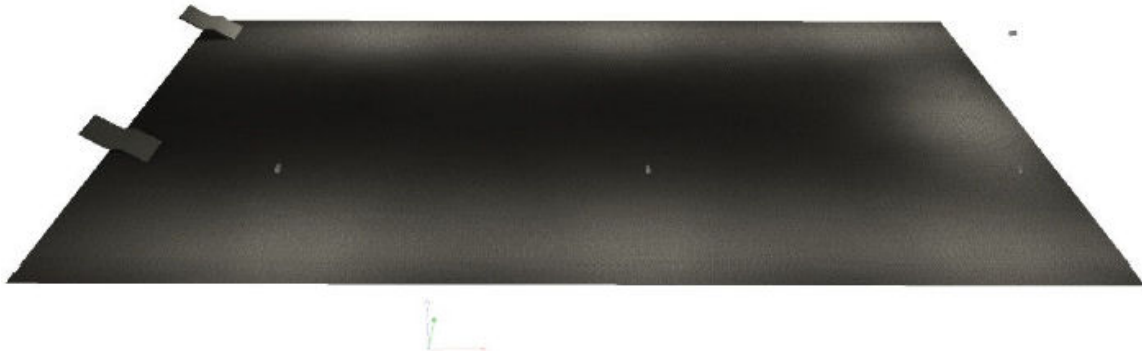


Escala 1 : 686

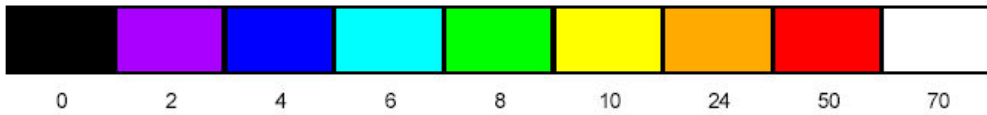
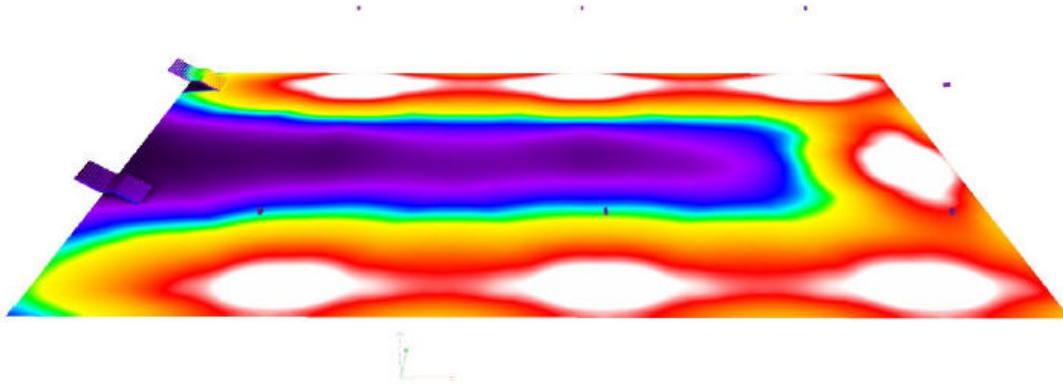
Muebles-Lista de piezas

| N° | Pieza | Designación |
|----|-------|-------------------------------|
| 1 | 2 | escalera de dos tramos, recta |

12.4) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar

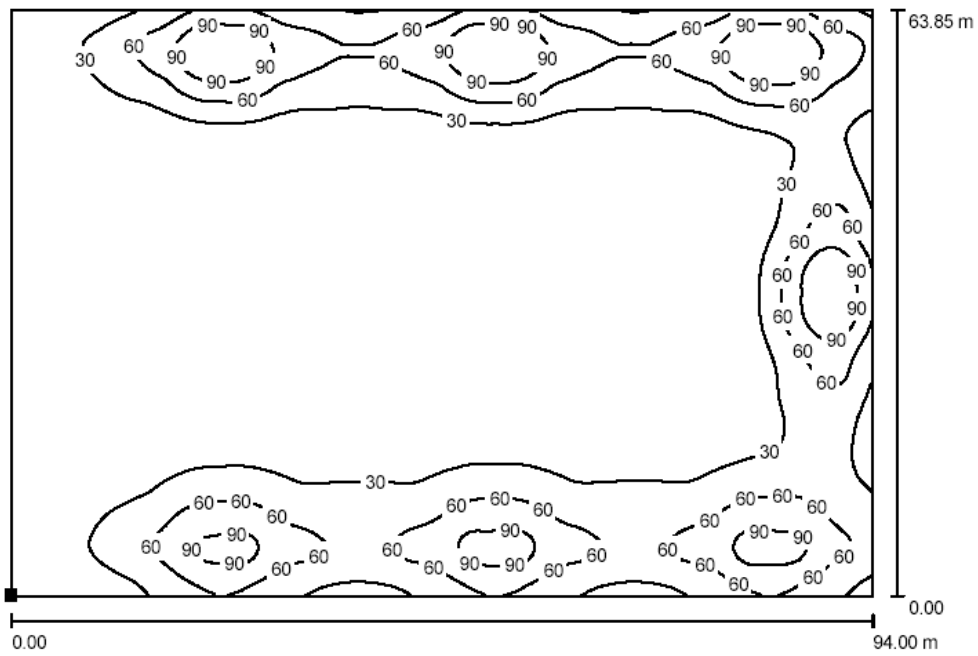


12.5) Vista en 3D del estacionamiento a iluminar en colores falsos



lx

12.6 Curvas isocónicas (E)



Values in Lux, Scale 1 : 673

Position of surface in external scene:

Marked point:

(-35.908 m, 9.362 m, 0.000 m)



Grid: 128 x 128 Points

E_{av} [lx]
29

E_{min} [lx]
0.06

E_{max} [lx]
119

u_0
0.00

E_{min} / E_{max}
0.00

12.7) Gráfico de valores de iluminancia (E)

