

Calculo Del Sistema De Electrificación Solar Para Cubrir La Demanda De Iluminación en Un Barco Turístico en El Archipiélago De Galápagos

Pazmiño Marco ¹, Cuasapaz Aguirre Luis ²
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción,
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo
km 30.5 Vía Perimetral
Apartado 09-01-5863
Guayaquil, Ecuador

¹ mpazmino@espol.edu.ec , ² luisalfredocuasapaz@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se realiza el cálculo de la demanda de iluminación dentro de un barco de transporte turístico, cuyo marco de acción o trabajo son las Islas Galápagos, al calcular la demanda tomaremos en cuenta todos los elementos que realizan un consumo energético para efectos de iluminar el barco, los valores calculados serán evaluados para determinar y desarrollar un sistema alternativo de iluminación basado en paneles solares, estimando el número de paneles que se necesitan para suplir la demanda de iluminación, el banco de baterías y los demás elementos que comprenden un sistema de iluminación por paneles solares, utilizando los criterios de disponibilidad de los equipos, factibilidad de ubicación dentro de la nave de estos, y factores influyentes en el comportamiento de eficiencia de los paneles como son los factores climáticos de temperatura e irradiación solar. La aplicación de nuevas tecnologías para suplir a generaciones convencionales basadas en combustibles fósiles es una alternativa de mitigación de impactos ambientales muy viable, esperamos que este trabajo sea una guía para la implementación del sistema de forma operativa y quizás normativa.

Palabras Claves: Panel solar, barco turístico, Galápagos, energía alternativa.

Abstract

In this work the calculation of the demand of illumination within a tourist transport ship, whose frame of action or work is the Galápagos Islands, when calculating is made the demand we will take into account all the elements that make a power consumption for effects to illuminate the boat, the calculated values will be evaluated to determine and to develop an alternative system of illumination based on solar paddles, considering the number of panels that are needed to replace the demand of illumination, the bank of batteries and the other elements that include/understand a system of illumination by solar paddles, using the criteria of availability of the equipment, influential feasibility of location within the ship of the equipment, and factors in the behavior of efficiency of the panels as they are the climatic factors of temperature and solar irradiation. The application of new technologies to replace to conventional generations based on fossil fuels is an alternative of mitigation of environmental impacts very viable; we hoped that this work is a guide for the implementation of the system of operative and perhaps normative form.

Palabras Claves: Solar Paddles, Tourist transport ship, Galápagos Islands, alternative energy.

1. Introducción

La actividades productivas del hombre y su afán por establecer un confort en su habitad lo han llevado a establecer acciones productivas en cada uno de sus medios de acción, teniendo muchas de estas actividades relacionadas con el ecoturismo y el traslado de turistas, siendo la empresa de visitas guiadas hacia el archipiélago de Galápagos una de las más prosperas y de mayor interacción con el medio, era lógico pensar en el interés de sus propietarios en la

mejora de sistemas que estén apegados a el interés de conservación de su medio ambiente.

La empresa objeto de esta tesis es una de las más antiguas en Galápagos en desarrollar la actividad del ecoturismo como fuente de ingreso permanente, con excelentes resultados hasta el momento e ingresos aceptables para llamarlo una empresa rentable, conocedores además de los beneficios de las nuevas metodologías de generación de energía, y consientes del impacto generado por el consumo de combustible fósil, están dispuestos a ser parte de este estudio.

La utilización de la energía solar como fuente de generación de electricidad no es relativamente nueva o joven, es decir ya es una tecnología implantada y “madura”, claro está pudiendo mejorarse a través de los años en cuanto a la eficiencia de los paneles captadores de la radiación solar, en la actualidad tenemos muchísimos adelantos en cuanto a la utilización de generación de energías por medio de combustibles renovables, sean estos del tipo solar, eólico, marreo motriz o geotérmico, en nuestro país ya se han instalado un sin número de sistemas fotovoltaicos o solares, en diferentes sitios de nuestra geografía.

En el desarrollo de esta tesis constará, en primera instancia la justificación de la selección del nuevo sistema de generación de energía como beneficio al medio ambiente y la empresa, Después se realizará una explicación del marco teórico en el que se genera energía eléctrica a través de los paneles y las celdas fotovoltaicas. Posteriormente se detallará las características eléctricas de la embarcación, cobertura de necesidades en cuanto a la iluminación y se realizaran los cálculos pertinentes para satisfacer las necesidades del yate durante la operación turística realizada.

El aporte académico que se persigue con el desarrollo de esta tesis es el de elaborar un documento que describa el “cómo hacer”, el costo, la factibilidad y los recursos utilizados de la generación de energía eléctrica por medio de paneles solares; entrando en el proceso de dar soluciones en cuanto a la mitigación de impactos generados por la actividad del hombre en el medio ambiente y mostrar un ejemplo del uso de nuevas tecnologías limpias como beneficio de sus consumidores. Mientras que el aporte para la empresa es la evaluación de la efectividad del nuevo sistema.

2. Descripción general

La embarcación del tipo catamarán, tiene una capacidad para 21 personas, y su marco de acción y operación es confinada a la parte sur del archipiélago de Galápagos, cuenta con un tren de propulsión compuesto de dos motores de marca Perkins Marino, lo que le provee una velocidad promedio de 12 nudos marinos, en cuanto a los elementos para cubrir la demanda de los diferentes aparatos para la navegación tenemos dos generadores de marca Stamford de 35 Kw cada uno.

La nave tiene un recorrido de 420 millas náuticas en promedio semanal de operación, y a lo largo de un año de ejecución su trabajo se desarrolla a lo largo de 40 semanas, el tiempo restante en un año calendario es utilizado para realizar el mantenimiento preventivo que la embarcación posee.

Las Islas Galápagos tienen un aproximado de 170,000 visitantes, turistas entre los nacionales y extranjeros, como se determinó en el año 2008^[1], el tour navegable, o la visita a bordo es la opción más solicitada entre todos los turistas.

El flujo de turistas en el Archipiélago se originó en los años 20's, siendo pocas empresas las que iniciaron o fueron pioneras de esta forma de actividad productiva, en la actualidad tenemos cerca de 86 embarcaciones, todas ellas autorizadas por el Parque Nacional Galápagos (PNG) y el Ministerio de Turismo.

3. Tecnología del panel solar

Los paneles solares como tal son conocidos desde el siglo pasado, iniciando desde el descubrimiento del efecto fotovoltaico en el año 1839 hasta la actualidad, mostrando su avance tecnológico en las eficiencias de generación de paneles, en sus primeros diseños elaborados por el científico francés Becquerel, la eficiencia de generación era de apenas el 0,1 %, teniendo en la actualidad paneles de 28% de eficiencia en su generación, este avance tecnológico, la implementación de compuestos más eficientes y las aplicaciones cada vez más comunes en el campo de la ciencia aeroespacial, y la búsqueda de tecnologías amistosas con el medio ambiente han originado que se pueda domiciliar esta tecnología, es decir llevarla al consumo diario y aplicarla en empresas, casas y demás.

El fenómeno fotovoltaico, lo podemos expresar en forma simple como la interacción del fotón con los electrones libres del silicio, germanio o compuestos de estos, al impactar el fotón con la partícula subatómica origina que esta pueda transitar por el material, originando un flujo constante de electrones lo que por consiguiente es energía eléctrica, sin embargo la presencia de fotones y electrones libres no nos garantiza un flujo de electricidad, pues si el fotón no posee la energía suficiente para hacer mover al electrón, simplemente rebotaría del material o lo atravesaría sin consecuencias, u otro escenario sería la de generación de calor.

La energía eléctrica es del tipo continua, es decir DC, por sus siglas en inglés, y el esquema gráfico lo presentamos en la figura 1, y para el cálculo e implementación de un panel o sistema de generación eléctrica solar, utilizamos las conocidas ecuaciones de

¹ Los registros de visitas son llevados desde el año 1979

electricidad, como son; la ley de Ohm [2], ecuaciones de potencia energética de un circuito, ecuaciones para circuitos de corriente alterna y ecuaciones de resolución de circuitos con resistencias en serie y paralelo.

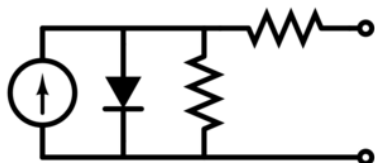


Figura 1. Esquema eléctrico de una celda fotovoltaica

3.1 Elementos de un sistema fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos poseen varios elementos que sirven como complementos de trabajo que aumentan su efectividad en su aplicación práctica, el más importante es el sistema de acumuladores o baterías pues el sistema en total funcionaría en momentos donde no existe la presencia de luz solar, y la eficiencia de nuestro sistema es puesta a prueba en esos instantes, contamos también con elementos como el regulador de carga, el inversor de energía y los elementos de transporte de esta, cables y conectores.

El regulador de voltaje impediría una sobrecarga de energía en nuestros acumuladores, el que se seleccionó después de un análisis dentro de los variados tipos que existen en el mercado; los del tipo en serie y paralelo.

El inversor es un elemento que me asegura la entrega de corriente alterna o AC, pues recordemos que el sistema solar me entrega corriente directa (DC), y muchos de los elementos de consumo de energía funcionan bajo este régimen.

4. Cálculos y análisis

La embarcación fue revisada y los elementos de iluminación cuantificados y clasificados también por su forma de consumo y horas de trabajo, de esta forma generamos la tabla 1 donde mostramos el consumo energético de los elementos de iluminación, este

consumo energético fue ponderado y se lo tomará como un promedio de consumo de una nave de transporte marítimo para el turismo, a fin de estimar de forma general un consumo de las embarcaciones que cumplen dicha actividad productiva en el Archipiélago de Galápagos, pues los itinerarios varían de nave a nave pero los promedios de recorridos por la embarcaciones son muy parecidos así como las semanas anuales de trabajo y los periodos de consumo y mantenimiento.

Tabla 1. Elementos de consumo energético

Tipo	Cantidad	Promedio [h]	Vatios [w]	Energía [wh/día]
incandescentes	50	4	40	8000
	3	5	40	600
	3	4	40	480
	7	2	40	560
	5	1	40	200
	4	1	40	160
	6	6	40	1440
	4	1	40	160
	8	2	40	640
total	90			12240
fluorescentes	2	5	20	100
	2	4	20	80
	1	2	20	40
	1	1	20	20
	1	1	20	20
	2	6	20	120
	1	1	20	20
	2	2	20	40
	total	12		240

Establecida la demanda de energía iniciamos el proceso de cálculo para cubrir dicha energía, el proceso toma en cuenta desde la eficiencia de los implementos y su tipo hasta el estimar los niveles de radiación en la zona de las Islas Galápagos, esos datos de niveles de heliofanía los presentamos en la tabla 2 [3], el nivel de heliofanía es la exposición solar que se

² La ley de Ohm sirve para corriente AC como DC, solo varían las resistencias dependiendo del tipo de corriente.

³ Los registros solo se presentan solo desde el año 2004, para una mejor estimación deberíamos tener datos de por lo menos de los últimos 50 años.

tiene en una zona en particular y se expresa en horas día.

Tabla 2. Niveles de Heliofania

mes	años					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
enero	234,3	231,2	181	201	195,3	199,9
febrero	223,2	175,1	171,5	177,6	185,3	180,5
marzo	237,2	241,7	234,1	226,3	230,8	229,5
abril	263,3	225,3	265,1	225,9	240,3	246,3
mayo	239,6	266,6	253,3	250,3	248,4	266,1
junio	193,3	188,3	178	182	179,5	188,1
julio	123,1	158,3	183	145	149,3	165,2
agosto	167,1	143,9	183,2	158,3	165,3	188,3
septiembre	163,5	112,4	196,2	159	163,5	168,6
octubre	150	138,3	163,4	169,5	157,3	159,9
noviembre	183	176,3	177,5	180,2	179,4	184,4
diciembre	175,7	178,3	226,8	220,5	196,4	199,5
total	2353,3	2235,7	2413,1	2295,6	2290,8	2376,3
	196,1					
Prom mes	1	186,31	201,09	191,30	190,90	198,03
Prom día	6,54	6,21	6,70	6,38	6,36	6,60

En los resultados mostrados tenemos que el promedio de radiación solar durante un periodo determinado de meses varia con respecto a un segundo periodo durante 1 año, teniendo que entre los meses de julio y enero la exposición solar diaria promedio alcanza solo las 3.4 horas/día, y para el otro periodo existen valores que sobrepasan las 8 horas/día de exposición solar diarias, en conjunto podríamos tener promedios diarios de 6.5 horas según los datos registrados, sin embargo calcular para ese valor sería un error, pues la eficiencia del sistema caería vertiginosamente para días con exposición menores a ese promedio.

En la figura 3 mostramos los valores en los meses de menor exposición solar, esto es entre julio y enero, obteniendo que el valor promedio de exposición es de 3,54 horas/día, lo que nos da un valor mucho más conservador para efectuar nuestros cálculos y de esta forma no comprometer la eficiencia del sistema

calculado, en la figura 1 mostramos las variaciones de los meses de menor exposición y la curva de tendencia.

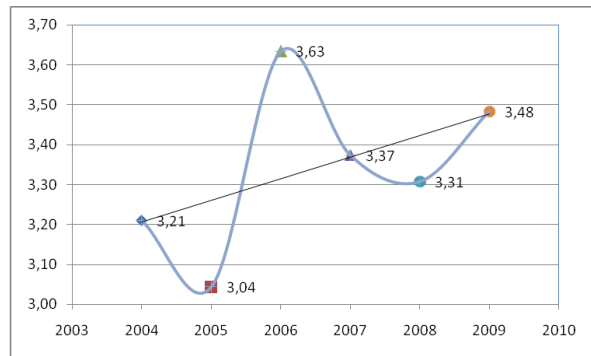


Figura 2. Promedio de radiación solar entre julio y enero.

La demanda de energía teórica calculada tal como lo expresa la tabla 1 es de 12.34 Kw/día, para los elementos incandescentes que tiene una potencia de trabajo de 40 vatios cada uno de los elementos (X), y los elementos fluorescentes de iluminación tienen un consumo de energía de 0.4 Kw/día y cada uno de ellos tienen una potencia de 20 vatios, para el primer grupo de consumo de energía realizamos los cálculos y las correcciones por eficiencia de equipos, introduciendo la ecuación [4] siguiente:

$$E = \frac{E_t}{R}$$

Donde la energía real E es igual a la energía de consumo calculado de forma teórica (E_t) y R es el coeficiente de eficiencia calculado de la siguiente expresión:

$$R = \left(-k_b - k_c - k_v \right) \times \left(1 - \frac{k_a \times N_t}{P_d} \right) \quad (1)$$

$$R = 1 - \frac{\left(-c_2 - c_3 - c_4 \right) \times c_1 \times D}{P_d - c_2 - c_3 - c_4} \quad (2)$$

Las ecuaciones (1) y (2), son recomendadas por autores y diseñadores de paneles solares en Europa, sin embargo, ambas poseen variables inherentes a la eficiencia de los equipos que intervienen en un sistema de generación eléctrica por energía solar, y estos valores son otorgados por los constructores o lo que se conoce como datos de placa, solamente los términos del efecto Joule, días de autonomía y la profundidad de descarga para la batería, son consideraciones de quien realiza el cálculo o ejecutor del sistema, a continuación enlistamos las variables con su significado.

⁴ Las ecuaciones son tomadas de recomendaciones y textos hallados por el autor del informe, los desarrollos matemáticos de las expresiones no se presentan en ninguno de los textos de referencia.

- $k_b : c_1$: Coeficiente por pérdidas del rendimiento de la batería:
- 0,05 en sistemas sin descargas intensas
- 0,1 en sistemas con descargas profundas
- $k_c : c_3$: Coeficiente de pérdidas en el convertidor
- 0,05 para convertidor senoidal
- 0,1 en condiciones de trabajo lejanas al óptimo
- $k_v : c_4$: Coeficiente de pérdidas varias
- 0,05 Agrupa pérdidas de la red, efecto Joule, etc.
- $k_a : c_2$: coeficiente de auto descarga diario:
- 0,002 para baterías de baja auto descarga Ni – Cd
- 0,005 Para baterías estacionarias Pb – ácido
- 0,012 para baterías de auto descarga (arranque motores)
- N:D: Número de autonomía del sistema: 2 será suficiente para nuestro caso
- $p_d : P_d$: Profundidad de descarga diaria de la batería:

- Esta profundidad no excederá el 80%, que es la capacidad nominal de una batería o acumulador

Realizado el cálculo con ambas ecuaciones tomamos el factor de corrección $R=0.857$, notando, que los dos valores calculados varían solo en centésimas.

De esta forma para el grupo de elementos incandescentes el valor de consumo real es de 14,4 Kwh/día y para los elementos de consumo fluorescentes el factor $R=0.069$, nos da un valor real de consumo de 652 Wh/día.

Los paneles solares elegidos para este trabajo son los que tienen una potencia nominal de generación de 110 vatios y con el promedio de irradiación solar en el área tenemos:

$$W_{panel} = 110 \text{ w} \times 3,5 \text{ h} \rightarrow$$

$$W_{panel} = 385 \frac{\text{Wh}}{\text{d}}$$

Calculamos el número de paneles para los equipos de iluminación, los del tipo incandescentes y los del tipo fluorescente, utilizando la siguiente ecuación

$$Paneles = \frac{E}{E_{panel}} = \text{Wh/día}$$

Teniendo respectivamente;

$$\begin{aligned} \text{Paneles incandescentes} &= 37 \\ \text{Paneles fluorescentes} &= 1,69 \square \square 2 \end{aligned}$$

Tenemos entonces un total de elementos hasta el momento de 39 paneles del tipo 110/12 , el cálculo del sistema de apoyo, o banco de baterías, que en su mayoría es vital para el trabajo eficiente del sistema de energía solar, lo calculamos hallando el amperaje que el sistema debe soportar, es decir un sistema de acumuladores o baterías capaz de proporcionar un volumen cuantificado de amperios hora, debido a la importancia del sistema de almacenamiento, otorgamos un análisis más profundo en cuanto al tipo, capacidades y desempeño de una batería o acumulador.

BATERÍAS

Las baterías o acumuladores tienen por objeto almacenar energía eléctrica, transformando esa energía en energía química almacenada y luego entregándola como diferencia de potencial en sus bornes o terminales según la demanda, existen una variedad de elementos que otorgan a la batería una

clasificación o un estado, dependiendo de su forma de trabajo, desempeño o su configuración interna.

En este trabajo mostramos a las baterías en la siguiente clasificación; eficiencia energética vs. Peso, capacidad de trabajo, configuración interna, capacidad de trabajo, tipo de aleación de baterías y tipos de electrolitos.

La eficiencia energética vs. peso es la expresión de la energía que puede otorgar expresado en Kw/h, confrontado con su peso total en bruto expresado en Kg.

La capacidad de trabajo de un acumulador se determina por su trabajo de entrega de energía, y se expresa en ciclos de trabajo, siendo los periodos de carga y descarga, llamados así por su alimentación y entrega de energía a la demanda del sistema, un ciclo de trabajo.

El periodo de carga de una batería, es la alimentación total hasta el valor nominal o de placa de la batería, en nuestro particular caso, es alimentada por los generadores solares.

El periodo de descarga, es la entrega de energía de la batería al sistema de consumo, este periodo contrastado con la forma de entrega de esa energía es conocido como la profundidad de descarga, por convención la descarga de energía nunca es mayor al 80% del total de la energía nominal del acumulador, bajo estas consideraciones las baterías en nuestro medio son conocidas como baterías de arranque, tracción o intermedias.

Las baterías de arranque son particularmente utilizadas para automotores, pues son capaces de entregar elevadas intensidades en intervalos cortos, esto sin embargo, les otorga poca capacidad de resistencia al ciclado continuo lo que las convierte en baterías de bajo costo.

Las baterías de tracción son la esquina opuesta de las baterías de arranque, son utilizadas en carros eléctricos, su elevado soporte a ciclos continuos de carga y descarga y entrega de energía al máximo de su capacidad, o deep cycle, las convierte en baterías de costoso mantenimiento.

Las baterías medias son elementos que soportan el ciclado continuo y descargas esporádicas profundas, son comúnmente utilizadas para alumbrados de emergencia o de tipo emergente, su costo y mantenimiento son medios comparados con las dos iniciales.

La clasificación para las baterías por su aleación define ventajas y desventajas, dentro de estos tipos tenemos las de aleaciones más comunes en el mercado

de plomo – calcio, plomo – antimonio, y las de elementos puros.

Los electrolitos utilizados donde las placas de las baterías se sumergen son de variados tipos, en este apartado describimos brevemente las baterías con electrolitos líquidos, sólidos y gelificados.

Los electrolitos líquidos, son los comunes en las baterías automotrices, donde el propietario puede realizar el mantenimiento y son de fácil acceso por su configuración.

Las baterías con electrolitos sólidos son del tipo sellado, no requieren mantenimiento, pero su desempeño es pobre frente a descargas profundas.

Finalmente tenemos el electrolito gelificado o simplemente de tipo gel, no requiere mantenimiento pero su desempeño es bajo frente a elevadas temperaturas y ciclos continuos de trabajo.

De esta forma las baterías o acumuladores son clasificadas, quedando solamente dos términos inherentes a las baterías por expresar, estos son el rendimiento energético y el rendimiento faradaico, el primero es la relación entre la energía extraída en vatios hora (Wh) de la batería y la energía total requerida para restablecer el estado inicial de carga, es siempre menor que el rendimiento faradaico, sus valores fluctúan entre el 65% - 70%, y los rendimientos son datos otorgados por el fabricante pues dependen de la historia de vida de la batería, en tanto que el rendimiento Faradaico es la relación entre la carga extraída en amperios hora (Ah) de la batería y la carga total requerida para restablecer el estado inicial de carga, un valor aceptable es el de 0.8 u 80%.

Conociendo las características de los acumuladores y retomando los cálculos del sistema total, utilizamos una formula conocida para establecer la intensidad del sistema, en función de los elementos a quienes les entregamos la energía para su funcionamiento.

Tenemos;

$$P = E \times I$$

Con esta ecuación calcularemos la intensidad del sistema para cada caso, tendiendo que la potencia total del sistema para los dos tipos de elementos calculados sería de 1244 amph, según la siguiente expresión.

$$I = \frac{P_1}{E} = \frac{15052}{12} = 1254 \text{ amph}$$

El total de amperios horas es la demanda que las baterías deben suplir, con el total de los amperios que el banco de baterías debe entregar y tomando en

cuenta también un día de autonomía para todo el sistema [5], calculamos el total de las baterías.

$$Baterias = \frac{I_{total}}{capacidad} = \frac{15052 \text{ amph}}{900 \text{ amph}} = 16$$

La capacidad de la batería la entrega cada fabricante, para lograr tener consistencia con los constructores de los paneles solares, seleccionamos la marca ISOFOTON, modelo 2.AT.900 de 900 amph a C 100, con un resultado de 16 baterías, debido al día adicional de autonomía que deseamos, colocaremos 32 baterías de este tipo.

REGULADORES DE VOLTAJE

Un regulador de voltaje evita que cargas por encima de los valores de placa de las baterías lleguen a estas, de esta forma, la vida útil de los acumuladores se pueden alargar y cumplir satisfactoriamente la demanda de energía.

El cálculo del total de reguladores lo iniciamos con la ecuación que nos permite cuantificar la corriente máxima de trabajo, tenemos:

$$I_{max} = C_{cortocircuito} \times N_{paneles}$$

La corriente de cortocircuito es otorgada por los valores de placa de los generadores de electricidad, y en este caso tenemos:

$$I_{max} = 6,54 \times 37 = 241,8 \text{ amp}$$

El valor de 241,8 amp, es la carga total que el sistema debe soportar, en el mercado los reguladores de carga trabajan por debajo de esos valores, y pudiéndolos colocar en serie podemos seleccionar 8 de estos reguladores de 30 amp de capacidad cada uno.

INVERSORES DE ENERGÍA

El inversor de energía cambia a la corriente directa en corriente alterna, obteniendo corriente alterna de 50 o 60 Hertzios (Hz), los inversores de energía en general presentan un consumo de energía, pues utilizan parte de la energía de ingreso para realizar el trabajo de “cambio de energía”, y ese consumo de energía se traduce en la eficiencia de este equipo, teniendo valores promedios, dependiendo del diseño y fabricante, en el rango del 85%, ahora una cantidad calculada inicial fue de 240 vatios para los elementos fluorescentes que trabajan con corriente alterna, en el mercado existen una variedad de inversores,

seleccionamos entre ellos un inversor APS con capacidad de 300 vatios y una eficiencia del 92%, valores otorgados por el fabricante, es de suma importancia notar que al sobredimensionar un inversor podríamos tener pérdidas importantes por eficiencia y uso de este.

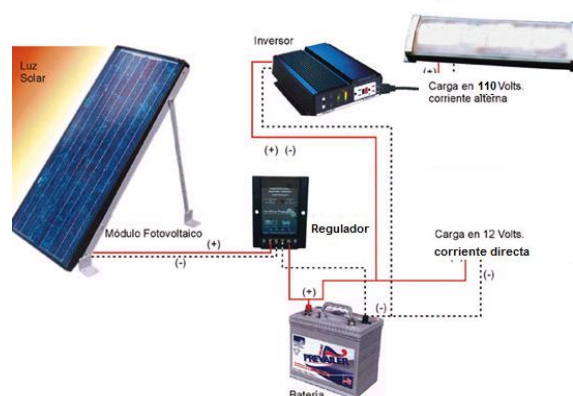
6. Resultados

Con los cálculos realizados en el título anterior podemos enlistar la cantidad de elementos y sus modelos dependiendo de la oferta en el mercado.

EQUIPOS DEL SISTEMA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Panel solar	37
2	Inversor	1
3	regulador	8
4	Batería	32

El sistema es mixto, pues otorga tanto corriente alterna como corriente continua, pues el inversor de corriente está conectado a los elementos del tipo fluorescente y otorga corriente alterna de 120 voltios, el sistema tendrá la configuración como lo explica la siguiente figura.



Los 37 paneles o generadores solares serán ubicados en la parte más alta de la embarcación, donde solo tendrán la interferencia por sombra de una sección de antenas, interferencia muy baja, y debido a tener espacio físico suficiente sobre el techo, todos los paneles están dispuestos en este sector.

La disposición eléctrica de los paneles será en paralelo, la grafica siguiente nos indica esta disposición.

⁵ Tomaremos un día de independencia o autonomía del sistema sin recibir recargas, nos da un total de 2 como factor de cálculo.

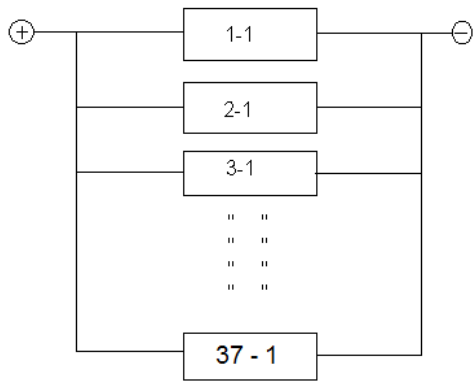


Figura 2. Disposición eléctrica de los paneles solares

Los reguladores de voltaje, ubicados entre los generadores y las baterías, serán ubicados en serie, y la ubicación del inversor de energía será entre la batería y los equipos de consumo del tipo fluorescente.

7. Conclusiones

El resultado de los cálculos y su análisis nos otorgan una serie de conclusiones para establecer la factibilidad de la ejecución del proyecto, tenemos:

Es factible la premisa de cubrir la demanda de iluminación de este tipo de embarcaciones con paneles solares, pues todo el sistema puede ser dispuesto dentro de la nave.

El costo de implantar este sistema de iluminación llega a un total de 48,170 USD, y es un valor aproximado del 17 % de las ganancias declaradas de una embarcación de este tipo.

Debido al sistema de pre oferta que manejan estos armadores turísticos, la posible oferta en el mercado de un crucero cuyo desempeño sea más amistoso al medio, pudiera reflejarse en la preferencia de clientes.

Debido a que la demanda del resto de elementos de trabajo dentro de la nave es elevado, la cobertura de esta demanda es poco probable, la disponibilidad física de los elementos se vuelve incomoda, lo que llevaría al rediseño estructural y arquitectónico de la nave para concebirla 100% solar en sus elementos de consumo, sin contar el eje motriz de la nave.

Es imprescindible el reemplazo de los focos incandescentes, pues el consumo de energía es elevado, por sistemas de iluminación más conservadores como fluorescentes o los de tipo LED.

7. Referencias

- [1] Parque nacional Galápagos última publicación en www.parquenacionalgalapagos.gob.ec
- [2] Un libro de electricidad y calculo de fotovoltaicos para es.
- [3] INAMHI, “Anuario Meteorologico 2004” Quito , 2006, pp. 87-88,144-147,171-172.

- INAMHI, “Anuario Meteorologico 2005” Quito , 2006, pp. 89-90,145-147,175-176.
- INAMHI, “Anuario Meteorologico 2006” Quito , 2006, pp. 19,80.
- [4] J.C.Plá, M.J.L. Tamasi, C.G.Bolzi, G.L.Venier, J.C.Durán, *Short circuit current vs. Cell thickness in solar cells under rear illumination: a direct evaluation of diffusion length*.Solid State Electronics **44/4**, 719 (2000).
- [5] Workman, J., “Racing to Market: An Ethnography of New Product Development in the Computer Industry,” Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management, 1991.