

## **Escuela de Postgrado**

**ANALISIS COMPARATIVO ENTRE INSTALACION ELECTRICA  
CONVENCIONAL E INSTALACION DE ENERGIAS RENOVABLES EN EL  
PARQUE NACIONAL ISCHIGUALASTO**

**TESIS PRESENTADA  
PARA EL CUMPLIMIENTO PARCIAL DE  
LOS REQUERIMIENTOS PARA EL TÍTULO DE MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Nombre y Apellido del Tesista: Matías Irigoyen

*Título de grado o postgrado (último): Licenciado en Economía*

Nombre y Apellido del Tutor de tesis: Ing. Julio Torti

*Título y lugar de trabajo: CEO Latin American and Carribean at ERM*

Director de Carrera: Ing. Julio Torti

**Buenos Aires, 7 de Septiembre del 2015**

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera brindar un agradecimiento particular a mi tutor y director de la Maestría en Gestión Ambiental, el Ing. Julio Torti, quién me ha orientado, apoyado y corregido mi investigación científica con gran predisposición, sobrepasando mis expectativas al respecto.

En segundo lugar, agradecer al técnico electrónico, docente, compañero y amigo, Pablo Maril, quien me ha capacitado y entrenado en los últimos años para poder llevar a cabo el presente trabajo de investigación. Adicionalmente, me ha revisado y corroborado los datos técnicos en estudio desarrollado.

Por último y no menos importante, quisiera brindarle una mención a mi padre, el Dr. Alberto Irigoyen, quien me ha corregido y revisado una y otra vez la presente tesis, con el fin de lograr la estructura y organización que la misma presenta.

## INDICE

<b>1. Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Estado del arte.....</b>	<b>17</b>
<b>4. Métodos y materiales.....</b>	<b>27</b>
<b>5. Resultados y discusión.....</b>	<b>46</b>
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>121</b>

## **1. RESUMEN**

En la Introducción se describen, en primer lugar, la ubicación geográfica precisa del Parque Nacional Ischigualasto como así también la disposición que se contempla para la instalación de un nuevo centro de interpretación paleontológico.

Por otro lado, se destacan la historia de la zona geográfica y se detallan las características extraordinarias, únicas y exclusivas que ésta posee. Se describe la importancia de los restos fósiles de dinosaurios encontrados y porque la misma tiene características únicas en el mundo que atraen tanto a turistas como a investigadores de todo el mundo.

Dada la afluencia de investigadores que visitan el Parque Nacional (PN), el mismo cuenta con un centro de investigación (que comparte sede con el museo local), el cual será reemplazado por un nuevo centro de interpretación, el que contará con sistemas de investigación de última generación y contará con características constructivas especiales con el fin de brindar la posibilidad de trasladar dicho centro cuando los objetivos científicos lo justifiquen.

Adicionalmente, la propiedad deberá cumplir con normas de preservación ambientales como lo son la conservación de energía, reducción de recursos utilizados y la falta de necesidad de realizar grandes movimientos de suelos con el fin de conservar el hábitat natural.

El objetivo de ésta tesis es evaluar distintas alternativas de fuentes de provisión de energía eléctrica para dicho centro, desde fuentes tradicionales a alternativas de energías limpias y renovables (las cuales comparten la filosofía de conservación del hábitat y medio ambiente con el PN), siendo la hipótesis central que debería ser altamente recomendable la instalación de un sistema de energía renovable y especialmente solar.

En el capítulo Estado del Arte se explica la situación extraordinaria que está viviendo el planeta como consecuencia de los cambios en el sistema económico y el desarrollo de la actividad económica del ser humano desde la revolución industrial. Se menciona la influencia de la revolución industrial en las concentraciones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) en la atmósfera y el consecuente aceleramiento del calentamiento global, como resultado primordial del uso y quema de recursos fósiles (no renovables) para la generación de energía.

En contraposición a dicho uso desenfrenado de recursos fósiles y con el fin de evitar el constante y acelerado proceso de deterioro ambiental que está sufriendo el universo, se enuncian las alternativas de energías renovables de las que se dispone de tecnología en el presente, mencionándose las ventajas y desventajas de las mismas, concluyéndose que la principal virtud radica en que la energía obtenida es limpia, renovable y autónoma. Por lo tanto, se define la conveniencia de adoptar tanto como sea posible, el uso de energía para cuya generación se utilicen fuentes de origen renovable.

De las posibles fuentes de energía renovables mencionadas, se seleccionan para evaluar su uso en el centro, a las energía eólica y solar fotovoltaica por considerárselas a priori como las más indicadas en cuestiones de escalabilidad, factibilidad, movilidad y tiempos de ejecución.

Para ello, se definen la cantidad y tipo de equipos con que contará el centro como así también su consumo eléctrico individual a fin de poder determinar cual es el consumo diario, el que es estimado en 25 kWh.

En el caso de la energía eólica se hace un análisis del régimen de vientos y velocidad de los mismos existente en la región , llegándose a la conclusión que un sistema eólico no garantizaría la generación y provisión constante de energía eléctrica al centro debido a su inestabilidad, por lo que se descarta su utilización.

En contrapartida, para la evaluación de la alternativa de generación a partir del recurso solar, se evalúa la cantidad de días efectivos de sol por mes y la cantidad de horas de sol promedio diarias dependiendo de la estación del año, tomándose los menores registros anuales (periodo invernal) para garantizar el correcto dimensionamiento de los equipos necesarios.

Se determina la cantidad de paneles solares, de baterías, sistemas de conversión de tensión y de otros equipos complementarios para definir la composición del equipamiento

necesario para garantizar el aprovisionamiento requerido por el centro y se determinan las ventajas y desventajas que tendría este tipo de tipo de instalación.

Finalmente se lleva a cabo una evaluación de una alternativa utilizando energía convencional, alternativa que es descartada en tanto y cuanto además de las desventajas inherentes a este sistema, implicaría la necesidad del tendido de una línea especial de ochenta kilómetros ya que el lugar donde estará instalado el centro no cuenta con acceso a la red pública.

De la evaluación económica de las alternativas solar fotovoltaica y convencional, surge claramente la conveniencia de la alternativa solar, por su ventaja de escaso mantenimiento, a excepción del cambio periódico de baterías, con respecto a la inversión requerida por la alternativa convencional ante la necesidad del tendido anteriormente mencionado

Esta tesis expresa como concepto central la conveniencia del uso de fuentes de energía renovable como forma de paliar la situación crítica en que está inmerso el universo en la actualidad por el deterioro del medio ambiente y como camino a revertir lo antes posible y de la mejor manera posible los riesgos que se corren en la actualidad.

## 2. INTRODUCCION

El Parque Nacional provincial de Ischigualasto o popularmente conocido como el Valle de la Luna (ya que en la lengua Quechua, originaria de la zona, Ischigualasto se traduce como “sitio donde se posa la luna”), se encuentra situado en el extremo norte de la provincia de San Juan, en el Departamento Valle Fértil. Él mismo está ubicado a 273 km de la ciudad de San Juan, a 85 km. de la localidad de Huaco, y a 80 km. de San Agustín del Valle Fértil.

En la Figura 1, se puede observar la ubicación geográfica precisa del Parque Nacional Ischigualasto, el cuál se localiza prácticamente en el limite de la provincia de San Juan con la provincia de La Rioja.

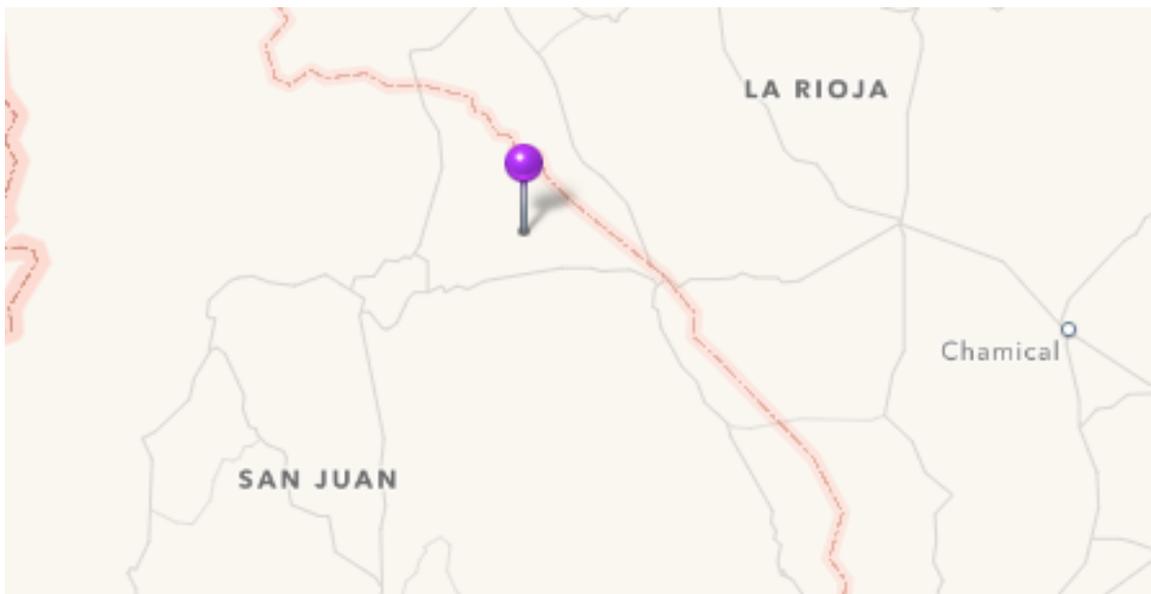


Figura 1: Ubicación geográfica del Parque Nacional. Fuente: Apple Maps

Se trata de un área protegida de más de 275.000 hectáreas, célebre a nivel científico, ya que resguarda una importante reserva paleontológica.

El Parque Nacional (PN) ofrece un extraño paisaje, donde la escasez de vegetación y la más variada gama de colores de sus suelos, lo hacen ser un lugar predilecto para turistas, tanto nacionales como extranjeros.

La principal atracción de la zona para turistas como profesionales del país y de diversas zonas del planeta, son los restos fósiles que se encuentran preservados en impecables condiciones.

Los seres humanos dividen el tiempo en el que viven en años y días. Sin embargo, es importante destacar que el periodo transcurrido desde el momento de la formación del planeta hasta nuestros días fue dividido en “eras” y “períodos”. El triásico es el primer período de la era Mesozoica, que va desde los 250 a los 200 millones de años.

En ese entonces todos los continentes estaban unidos en un solo mega continente, conocido como Pangea. En el triásico, en el borde occidental del Pangea, se desarrollaron valles en los que se acumularon sedimentos mezclados con los restos de animales y plantas que allí vivieron.

Millones de años después, los distintos movimientos y choques de placas tectónicas expusieron esos valles que habían quedados cubiertos por miles de metros de roca más

joven; y he allí que la cuenca de Ischigualasto nos logra transmitir la historia de lo que ocurrida en la Tierra desde ese período. <sup>1</sup> [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2000]

La zona de Ischigualasto que se conoce hoy en día, como un desierto con muy pocas lluvias, fuertes vientos, altas temperaturas y días de sol prolongados, alguna vez fue un inmenso lago rodeado de frondosa vegetación, donde crecían una gran variedad de especies y prosperaba la reproducción de numerosas especies de animales. <sup>2</sup> [Welcome Argentina, 2003]

Afortunadamente, no todo ha desaparecido; las huellas de nuestros antepasados se descubren lentamente. Vestigios de vida vegetal y animal afloran desde el suelo y nos permiten conocer y estudiar el origen de la vida en este planeta.

Luego de reiterados periodos de investigación, se descubrió que la constante erosión sobre las capas arcillosas permite descubrir restos fosilizados de vertebrados y de la flora de la era mesozoica (también conocida como era secundaria), convirtiendo ésta región en uno de los yacimientos paleontológicos más importantes del mundo. <sup>3</sup> [Gobierno de San Juan, 2014]

Es el único lugar del planeta donde puede verse totalmente al descubierto y perfectamente diferenciado todo el periodo triásico en forma completa y ordenada.

Se calcula que las formaciones geológicas de este sitio tienen una antigüedad entre 180 y 250 millones de años. <sup>4</sup> [San Juan al Mundo, 2010]

Se han descubierto desde dinosaurios hasta una amplia variedad de reptiles y también árboles petrificados de forma intacta e inalterada, lo que convierte a la zona y al Parque Nacional en un atractivo turístico tanto para viajeros como también para investigadores científicos. En el lugar, se destacan dos atracciones centrales. En la visita hay dos estrellas: el Eoraptor, un dinosaurio cuyos restos fueron hallados en 1991; y el conjunto de cráneo y garra del Herrerasaurus. Ambos ejemplares pertenecen a las especies animales más antiguas del mundo, de 250 millones de años. <sup>5</sup> [Argentina Xplora, 2000]

Ischigualasto es un lugar único en el planeta que ha atraído el interés de geólogos y paleontólogos desde hace casi cien años. Más precisamente, comenzaron a arribar especialistas en la década de 1930 con el fin de realizar diversas investigaciones y análisis en las distintas áreas de estudio. <sup>6</sup> [Plan de manejo del Parque Provincial Ischigualasto Fase II, 2010]

En el año 1941 el geólogo argentino Joaquín Frenguelli, encontró el primer fósil en la zona. Se trataba de un cráneo de cinodonte que fue investigado por el paleontólogo argentino Ángel Cabrera, de la universidad de La Plata, sobre cuya labor se efectuó la primera publicación en el año 1944, siendo este, el primer trabajo de investigación relacionado con los fósiles de Ischigualasto. <sup>7</sup> [Plan de manejo del Parque Provincial Ischigualasto Fase II, 2010]

A partir de entonces, paleontólogos de diversas partes del mundo han buscado en este paraje maravilloso respuestas a los eternos misterios del origen de los dinosaurios y mamíferos modernos.

Por otro lado, en el año 1958 se realizó un convenio paralelo entre el museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia de Buenos Aires con la Universidad de Harvard de Estados Unidos de Norteamérica, con el fin de llevar a cabo, de forma conjunta, el estudio, investigación y clasificación de especies encontradas en este gran yacimiento paleontológico. Los responsables de llevar a cabo dicho acuerdo fueron los Dres. Del Corro, por el museo Argentino y Alfred Romer por la universidad de Harvard, quienes extrajeron aproximadamente unos cien ejemplares en perfecto estado, que fueron llevados a Estados Unidos para el estudio correspondiente, siendo devueltos a nuestro país solo una pequeña parte.<sup>8</sup> [Rogers, 1997]

A su vez, el Parque Nacional Ischigualasto fue declarado patrimonio natural de la humanidad el 29 de Noviembre del año 2000, por la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, por sus siglas en ingles).

Si bien el atractivo en relación a los restos fósiles de la zona es prácticamente irrepetible en el mundo, el Parque Nacional no es una atracción global exclusivamente debido a las reliquias de dinosaurios, sino que el lugar ofrece una amplia variedad de maravillas.

Desde vivir experiencias tan absolutas como el silencio y la soledad total, e incluso otra realidad.

Ischigualasto representa el comienzo del mundo tal y como lo conocemos, los continentes e incluso parte de la fauna que ha llegado hasta nuestros días y marca el inicio de la era de los dinosaurios, que habitaron la Tierra durante más de doscientos millones de años, una eternidad, si se la compara con nuestra casi efímera presencia sobre este planeta.

Actualmente, el Parque Nacional cuenta con un centro de interpretación (el cual comparte el predio con el museo local), donde se ofrece a los interesados un recorrido donde se muestran y explican en detalle los procesos por los que se atraviesa para extraer un fósil y se explican las particularidades de los mismos.

No obstante, en el presente, se plantea la construcción de un nuevo centro de interpretación de última generación, con el fin de hacer foco en la toma de muestras fósiles y el posterior análisis especializado.

Dicho centro contará con la presencia de profesionales reconocidos internacionalmente en las áreas geológica y paleontológica con el fin de lograr avances científicos en el ámbito de una extraordinaria ubicación geográfica mundial en términos de restos fósiles.<sup>9</sup> [Quintans, 2004]

Por tal razón, se debe estudiar, considerar y asegurar la provisión constante de energía eléctrica con el fin de garantizar el correcto funcionamiento tanto de los equipos científicos utilizados por los profesionales para realizar las investigaciones pertinentes, como así también de los electrodomésticos y artefactos necesarios para cubrir las necesidades básicas de quienes habiten temporal o permanentemente el centro de interpretación.

Es por ello que se contemplarán distintas fuentes de energía eléctrica, tanto convencionales y no renovables, como así también, fuentes renovables consideradas energías limpias con el fin de proveer la demanda energética necesaria para abastecer la propiedad en cuestión.

El centro de investigación a desarrollar se encuentra estipulado para ser emplazado en una zona ubicada a 1.200 metros de la geo-forma conocida como “El Submarino” (Figura 2), dentro del Parque Nacional.



Figura 2: Geo-forma “El Submarino”. Fuente: Propia

El concepto de ejecución del Centro de interpretación paleontológico “Dr. William Sill”, será del tipo de arquitectura efímera, es decir, de presencia no permanente en el sitio en donde se la emplaza. Ésta particular característica de construcción seca permite el desarmado y traslado la estructura del centro de investigación a otro lugar de implantación, cuando los objetivos científicos y de difusión hayan concluido, o las circunstancias así lo justifiquen.

Adicionalmente, otra gran ventaja por la cual se contempla el concepto de arquitectura efímera, es que no requiere de grandes movimientos de suelos, por lo que se

conserva el hábitat natural, reduciendo también la cantidad de energía, recursos y tiempo necesarios para la construcción de la estructura.

Se contempla que el personal científico interviniente en los hallazgos, trabaje con la mayor comodidad posible, como también que permita a los visitantes del Parque Nacional la observación de los trabajos que allí se desarrollan.

Para la construcción y ejecución del centro de interpretación se deben tomar como premisas fundamentales la preservación del medio ambiente y la auto sustentabilidad, atendiendo a lograr la menor perturbación en la zona de emplazamiento.

La implantación deberá preservar las vistas no contaminadas de los hitos que conforman el patrimonio existente dentro del Parque Nacional.

La alteración y modificación considerable del suelo existente, se encuentran totalmente reglamentadas y controladas, como así también, se encuentra prohibida la ejecución de obras húmedas en la zona.

### **3. ESTADO DEL ARTE**

El Cambio Climático es un cambio significativo y duradero de los patrones locales o globales del clima. Las causas pueden ser tanto naturales, como por ejemplo, variaciones en la energía que se recibe del sol, erupciones volcánicas, circulación oceánica, procesos biológicos y otros, o bien puede ser causada por influencia antrópica (por las actividades humanas), como por ejemplo, a través de la emisión de CO<sub>2</sub> y otros gases que atrapan calor en la atmósfera, o alteración del uso de grandes extensiones de suelos que causan, finalmente, un calentamiento global.<sup>10</sup> [Naciones Unidas, 1992]

El cambio climático es la mayor amenaza medioambiental a la que se enfrenta nuestro planeta. Desde la revolución industrial hasta hoy, la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), que se usan para producir energía, libera gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera, aumentando la temperatura de la Tierra y provocando una distorsión en el sistema climático global.<sup>11</sup> [Greenpeace Argentina, 2011]

En la Figura 3, se aprecian las tendencias de las variaciones de temperaturas de los últimos 400.000 años.<sup>12</sup> [Cambio Climático Global Web, 2013]. Sí bien se pueden observar ciclos de ascensos y descensos de la temperatura, previos a la revolución industrial, en ningún momento se había notado una concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, mayor a las 300 partes por millón (PPM).



Figura 3: Concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Fuente: Cambio Climático Global Web

Sin embargo, tal como se observa en la Figura 3, en los últimos 60 años, se ha superado ampliamente dicha concentración, alcanzado valores (mayores a las 400 PPM de CO<sub>2</sub>) sin precedencia en la historia del hombre.

Las actividades económicas que ha desarrollado el ser humano en los últimos 150 años (transporte, industria, deforestación, agricultura, ganadería, minería, etc.) han liberado cantidades enormes de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, aumentando la temperatura de La Tierra y provocando una distorsión en el sistema climático global.<sup>13</sup>  
[Duarte, 2006]

A continuación, en la Figura 4, se observa la variación de concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, desde el mes de julio de 2003 hasta el mismo mes del año 2007. Se puede determinar a simple vista, el aumento de dióxido de carbono en tan poco tiempo.

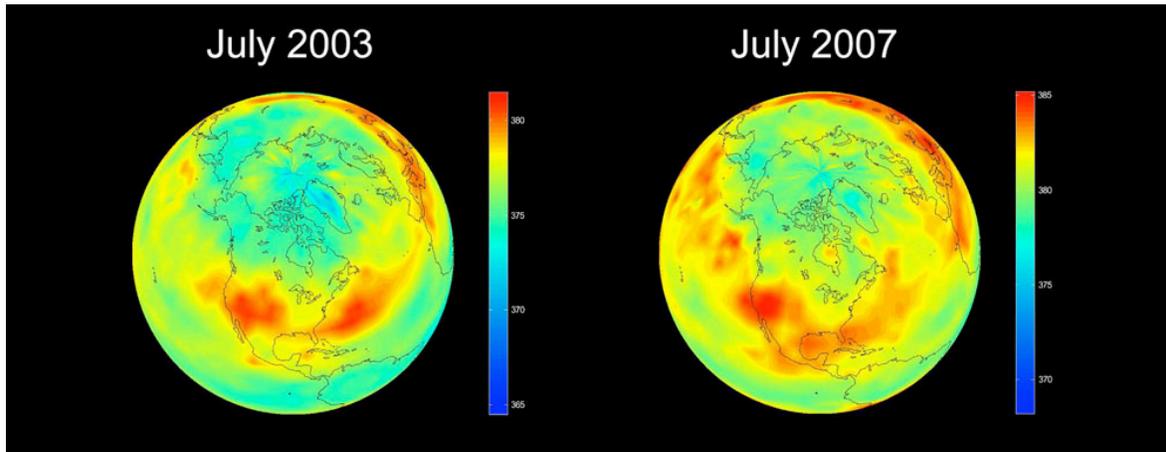


Figura 4: Concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Fuente: NASA (National Aeronautics and Space Administration)

“Las consecuencias del cambio climático son evidentes en el Ártico. En enero de 2015, la extensión de hielo ártico fue la tercera más baja en ese mes desde 1979”.<sup>14</sup>  
[National Snow & Ice Data Center, 2015]

La causa principal es el cambio climático generado por la combustión de combustibles fósiles, lo que a su vez agrava el problema en una espiral de retroalimentación: el deshielo posibilita acceder a petróleo que generará un mayor cambio climático. Al haber una disminución de la cobertura del hielo, la capacidad de reflejar la radiación solar (albedo) es menor, lo que produce un mayor calentamiento de la superficie terrestre, que a su vez provoca más deshielo.<sup>15</sup> [Greenpeace, 2015]

En tanto, con el calentamiento acelerado de Groenlandia, el agua dulce de todo un continente, se mezcla con el agua salada de los océanos. De esta forma, el agua dulce

acumulada actualmente en los glaciares de la zona, se malgasta completamente ya que la misma no es consumida.

En la siguiente Figura 5, se puede observar el considerable y lamentable retroceso de los glaciares de Groenlandia desde el año 1985 hasta el año 2005. Es decir, como se modificó el reservorio en tan solo 20 años.



Figura 5: Retroceso glaciar de Groenlandia. Fuente: NASA (National Aeronautics and Space Administration)

“Como si esto fuera poco, Groenlandia retiene en sus hielos el 20% de la reservas de aguas dulces de todo el planeta; si dichos glaciares se derritieran, el nivel de los mares aumentaría en más de 7 metros”.<sup>16</sup> [Arthus-Bertrand, 2009]

Sin embargo, en Groenlandia no existen ninguna de las actividades responsables de la situación. El imponente glaciar es víctima de las emisiones de gas de efecto invernadero que se producen en otros lugares de la Tierra. El ecosistema funciona como un sistema

íntegro. No conoce las fronteras. Es por ello que cualquier acción, tiene repercusión en toda la Tierra. La atmósfera de nuestro planeta es una sola y es indivisible.

Por otro lado, en el ámbito local, en la Figura 6 observa el notorio retroceso del glaciar ubicado en el Lago O'Higgins, situado en el límite de la Patagonia Argentina y Chile.

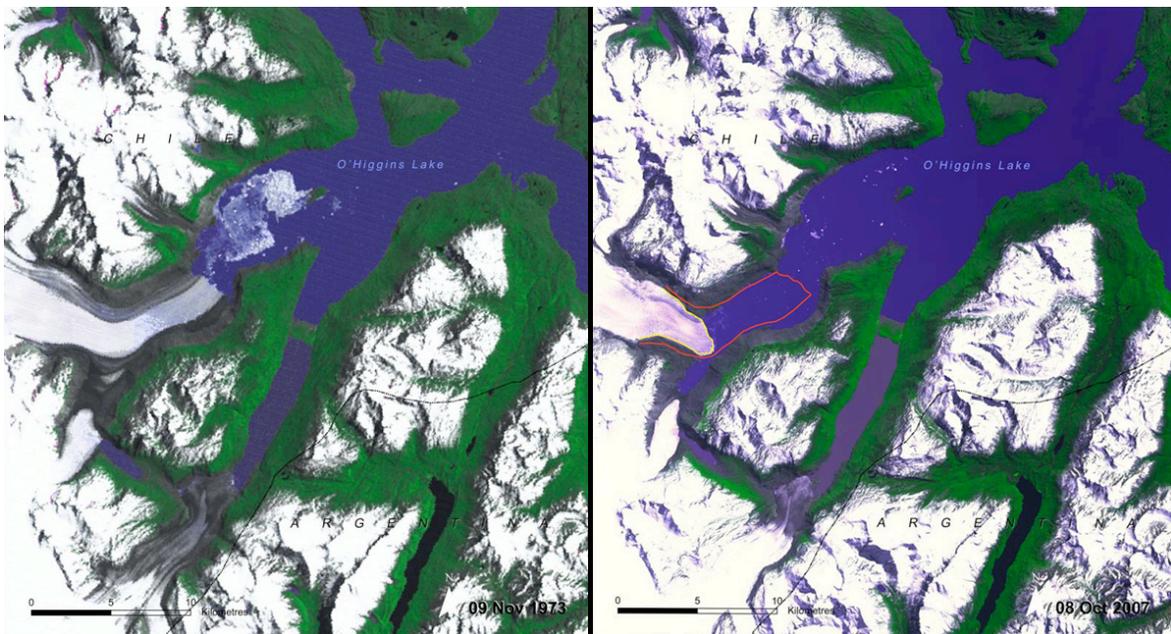


Figura 6: Retroceso glaciar Lago O'Higgins. Fuente: NASA (National Aeronautics and Space Administration)

El impacto ambiental generado por parte de la combustión de combustibles fósiles es una de las principales razones por la cual, se han intentado desarrollar en las últimas décadas, fuentes alternativas para la generación de energía.

“Existen tres motivaciones fundamentales por las cuales se plantean diversas discusiones acerca de la matriz energética. En primer lugar los combustibles fósiles son un recurso finito. Parece posible que la era del gas y petróleo baratos se termine a lo largo de nuestras vidas. Es por ello, que se buscan alternativas energéticas. En efecto, dado que los combustibles fósiles son recursos preciados, necesarios para la producción de plásticos y otros artículos creativos, a lo mejor, se deberían conservar para mejores usos que simplemente quemarlos. En segundo lugar, se desea alcanzar la seguridad energética. Aún si la importación de combustibles fósiles es viable, es deseable no depender de ella, ya que puede conllevar a la vulnerabilidad de nuestras economías. Por último, es muy probable que el uso y abuso de combustibles fósiles tenga un efecto directo en el aumento de la temperatura del planeta. El calentamiento global se debe a una gran cantidad de actividades humanas, pero el mayor contribuyente es el aumento de la emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), producido por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En tanto, la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono provienen de la quema de combustibles fósiles; y la principal razón por lo que se queman combustibles fósiles es para la obtención de energía”.

<sup>17</sup> [MacKay, 2009]

La matriz energética de Argentina para el 2009, último año del que se dispone información, demuestra que la gran mayoría de la energía que consumió el país en ese año, fue de origen no renovable (90,9 %), y que las principales fuentes fueron petróleo y gas natural. Lamentablemente, son precisamente fuentes que en Argentina han comenzado a decrecer y los descubrimientos que se han anunciado últimamente corresponden a yacimientos en los que hay que efectuar inversiones importantes con el fin de hacerlos

operativos, y cuya magnitud, y sobre todo lo que se supone podría ser extraído de ellos, no hará posible modificar significativamente la situación energética argentina.<sup>18</sup> [Cárdenas, 2011]

Tal dependencia representa un gran desafío para los próximos años ya que se debería hacer frente a un cambio de fuentes energéticas debido al pronunciado declive de las reservas actuales y a la necesidad de reducir, durante las próximas décadas, las emisiones de GEI.

Hasta ahora, las expectativas y las iniciativas señaladas por el Gobierno Nacional para salir de esta encrucijada han estado principalmente enfocadas hacia el desarrollo de combustibles fósiles convencionales y no convencionales.<sup>19</sup> [Villalonga, 2013]

Esta alternativa no es sencilla ni producirá resultados en el corto plazo. El aumento de la producción local de hidrocarburos (especialmente de los recursos no convencionales) requiere de enormes inversiones e implica un desafío tecnológico y ambiental que el sector debe superar.

Adicionalmente, en caso de que se logre la extracción de combustibles fósiles, ya sean convencionales o no convencionales, en el corto y mediano plazo y que se afronte la inversión económica que ello implica, se continuarían quemando las preciadas reservas con el fin de generar energía y se aumentaría el impacto ambiental sobre el planeta.

Por otra parte, además de las energías convencionales (petróleo, carbón y gas natural), existen otro tipo de energías más seguras y menos contaminantes, denominadas energías renovables. Las mismas son fuentes de energía que provee la naturaleza, que se renuevan constantemente y no generan un impacto ambiental tan considerado como lo son las fuentes tradicionales.

“Aún en las condiciones actuales, las energías renovables en la Argentina son competitivas frente a los altos costos de generar energía con combustibles fósiles importados o la importación de energía eléctrica desde Brasil o Paraguay. La comparación de los costos de generación en base a combustibles importados muestra la conveniencia de generar en base a energías renovables, ahorrando divisas en importación de combustibles fósiles e invirtiendo en fuentes renovables, limpias y las cuales, adicionalmente, generan inversiones y empleo local”.<sup>20</sup> [Villalonga, 2013]

Por tal razón, se considera oportuno evaluar la posibilidad de diversificar las alternativas de fuentes de energía con el fin de lograr el autoabastecimiento energético del país dando un fuerte impulso a las energías renovables y disminuyendo el impacto ambiental en el territorio Argentino y el mundo.

Entre las ventajas principales de las energías renovables, se destacan:<sup>21</sup> [Torti, 2013]

- Son prácticamente inagotables
- Producen energías limpias
- La huella de carbono es significativamente menor al de las energías convencionales
- Una vez realizada la inversión inicial, los costos de operación son muy bajos o nulos
- Son energías autónomas
- No existen considerables pérdidas energéticas por transporte
- Prácticamente no generan residuos a lo largo de su vida útil
- Requieren gastos de mantenimiento relativamente bajos

Entre las desventajas, se distinguen las siguientes:

- Producen impactos visuales
- La energía producida no es constante
- La inversión inicial es considerable

Surge de esta exposición que las energías renovables poseen una gran cantidad de beneficios significativos en relación a las desventajas planteadas.

Entre las distintas energías renovables desarrolladas en los últimos tiempos a nivel mundial, se destacan las siguientes:

- Eólica (primaria, renovable y alternativa)
- Solar (primaria, renovable y alternativa)
- Mareomotriz (primaria, renovable y alternativa)
- Hidráulica (primaria, renovable y tradicional)
- Biomasa (primaria, renovable y alternativa)
- Geotérmica (primaria, renovable y alternativa)
- Nuclear (primaria, renovable y alternativa)

#### **4 METODOS Y MATERIALES**

Si bien la República Argentina cuenta con condiciones y recursos extraordinarios en términos de energías alternativas como lo son la energía solar, eólica, mareomotriz, hidráulica y geotérmica, nos concentraremos en aquellas escalables a los requerimientos energéticos por parte del centro de investigación ubicado en el Parque Nacional. Es decir, aquellas que cuentan con una factibilidad de instalación “doméstica”, portátil y se justifican económicamente.

Por motivos de viabilidad, envergadura, logística, recursos, inversión necesaria y tiempos de instalación, se descartan los siguientes tipos de energía en la zona:

- Mareomotriz
- Hidráulica
- Geotérmica
- Nuclear
- Biomasa

En consecuencia, se analizará la factibilidad de las alternativas energéticas:

- Eólica
- Solar

## 4.1 ENERGIA EOLICA

El recurso eólico no es necesariamente predecible, sin embargo, existen herramientas que brindan datos estadísticos lo suficientemente precisos, con estudios de muchos años, que nos permiten determinar los vientos promedios de la zona y, por ende, el aerogenerador a utilizar.

En la Figura 7 se observa que en la Argentina, en comparación con el resto del planeta, la disponibilidad de vientos es extremadamente adecuado para la explotación del recurso eólico.

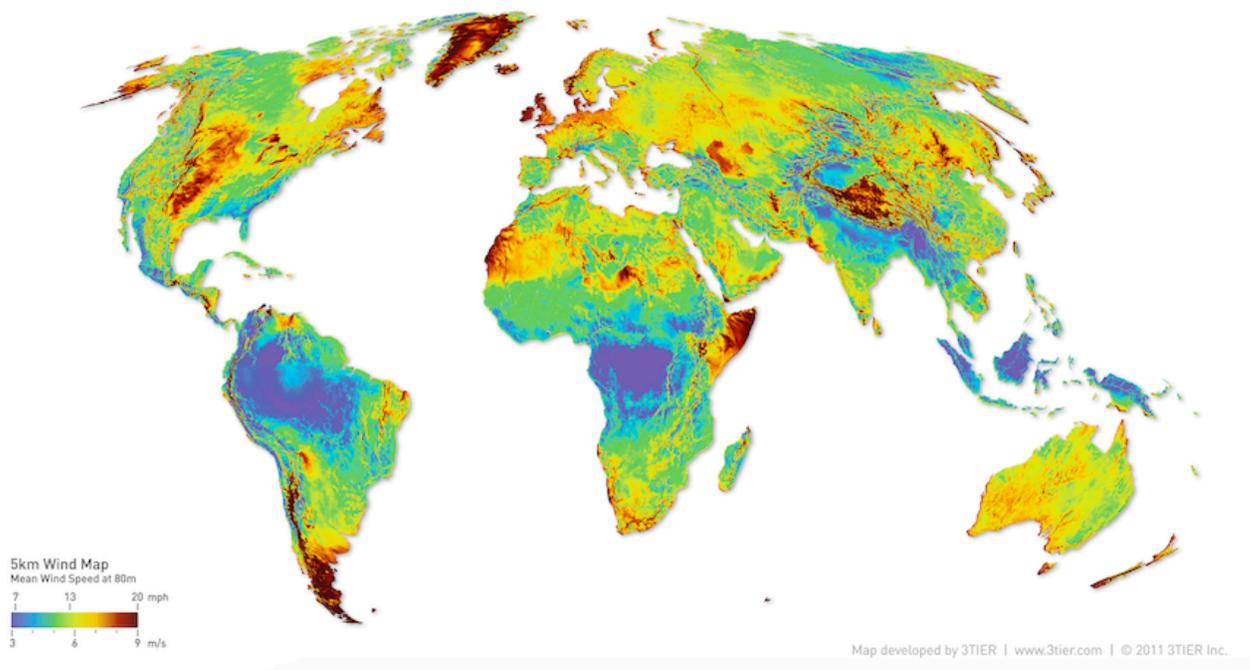


Figura 7: Mapa de vientos promedios. Fuente: 3TIER Vaisala

De la Figura 7, se puede notar a simple vista, tomando en cuenta la escala de colores y lo que ello implica (el color marrón representa vientos superiores a los 8 m/s, equivalentes a 30 km/h), que tanto en el Oeste como el Sur Argentino, se encuentran los vientos más fuertes sobre la superficie continental.

La cantidad de energía eléctrica producida a partir del recurso eólico, depende directamente de los diversos factores. En primer lugar se debe considerar la potencia del aerogenerador. Es muy simple. A mayor potencia, mayor energía producida.

En segundo lugar, se debe contemplar la altura a la cual se instala el aerogenerador y su torre correspondiente. A mayor altura de torre, mayores vientos y por ende, mayor energía generada.

Por ultimo, se debe contemplar las construcciones aledañas o bien la vegetación circundante, los cuales afectan la generación eléctrica debido a la variabilidad que se puede generar en los vientos.<sup>22</sup> [Lecuona Neumann, 2002]

Los aerogeneradores comienzan a generar energía eléctrica a partir de vientos superiores a los 5 m/s (18 km/h aproximadamente) y alcanzan su potencia nominal alrededor de los 50 km/h, dependiendo del sistema utilizado.<sup>23</sup> [Secretaría de Energía, 2008]

En la siguiente Figura 8, se detalla el esquema básico de funcionamiento de un sistema eólico doméstico.



Figura 8: Funcionamiento básico de un sistema eólico. Fuente: Elaboración propia

La cantidad de energía aprovechable del viento:

- Es proporcional a la velocidad del viento al cuadrado
- Directamente proporcional al área barrida por las paletas (proporcional al cuadrado de la longitud de las paletas)

Un sistema de energía eólica cuenta con las siguientes ventajas:

- Es inagotable
- Genera desarrollo económico local
- Tiene un impacto ambiental relativamente bajo en relación a la energía producida
- Estabilidad del costo de la energía

- Vida útil considerable (mayor 20 años)
- En el caso de un aerogenerador in-situ, no existen pérdidas energéticas por transporte
- Rápida instalación del sistema

Entre las desventajas del sistema, se destacan: <sup>24</sup> [Universidad de Alcalá, 2012]

- La energía producida no es constante
- Pueden generar impactos visuales
- Pueden generar vibraciones
- Pueden generar daños a aves

## 4.2 ENERGIA SOLAR

El sol es la fuente de la energía primaria de nuestro planeta. En su núcleo se producen poderosas fusiones nucleares, que tienen como resultado la liberación de energía. Dicha energía viaja en forma de radiación electromecánica hasta llegar a la Tierra.

En la Figura 9 se observa la radiación solar que genera el sol. Sin embargo, no toda la radiación logra alcanzar el planeta Tierra. El área en amarillo es absorbido por la atmósfera, mientras que la radiación que efectivamente alcanza nuestro planeta es aquella delimitada en el área color rojo.

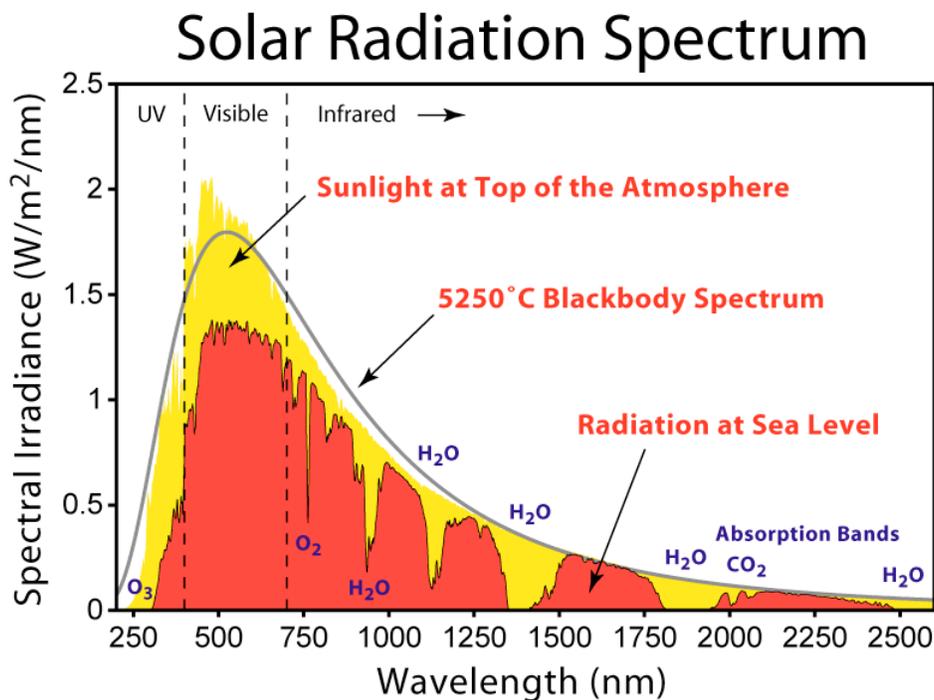


Figura 9: Espectro de radiación solar. Fuente: Lancaster University

El aprovechamiento de esta energía puede realizarse en forma directa (calor) o de manera indirecta mediante la conversión de parte de este espectro en energía eléctrica.

La Tierra gira alrededor del sol en una órbita elíptica, en un movimiento conocido como “traslación”. Mientras realiza este movimiento, nuestro planeta, gira también sobre su eje en otro movimiento muy importante conocido como “rotación”.

Dicha geometría se puede observar en la Figura 10, donde se demuestra que el sol respeta una trayectoria de manera ininterrumpida, y se puede predecir con exactitud su ubicación geográfica en cualquier momento del día o del año.

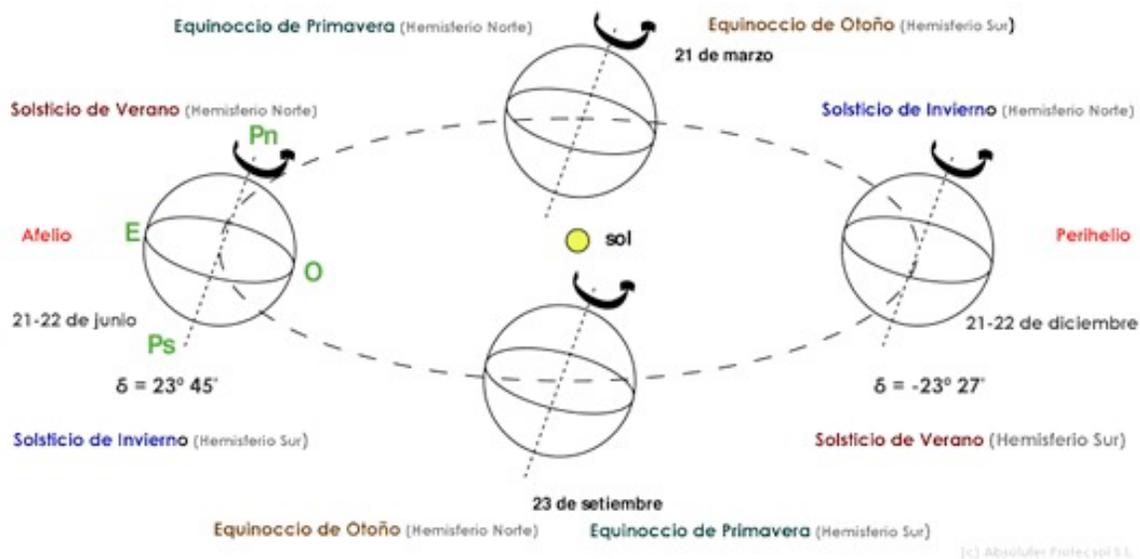


Figura 10: Traslación y rotación del sol. Fuente: Universidad de Zaragoza: Posición y movimiento del sol

Esta trayectoria que realiza el sol puede predecirse fácilmente sabiendo la ubicación en la que estamos en el planeta (mediante paralelos y meridianos) y la fecha del año en la que nos encontramos.

Por ello conocemos (para el hemisferio Sur), que en el solsticio de verano (21 de diciembre) el sol saldrá en el Sureste y se pondrá en el Suroeste describiendo un gran arco, siendo este el día mas largo del año; en los equinoccios (21 de marzo y 21 de septiembre) el sol saldrá muy cercano a la dirección Este y se pondrá en el Oeste. En este momento particular, los días y las noches tendrán exactamente la misma duración; mientras que en el solsticio de invierno (21 de junio) el sol saldrá en el Noreste y se pondrá en el Noroeste, describiendo un arco menor, siendo este el día mas corto del año y el de menor energía recibida del sol. <sup>25</sup> [Martinez Torregrosa, 2012]

Sin embargo, lo que no se puede controlar es la nubosidad presente. La cual afecta directamente las horas efectivas de sol y por ende la generación eléctrica por parte de los sistemas solares fotovoltaicos.

Se puede apreciar en la siguiente Figura 11, el mapa con los valores de radiación solar promedio en el planeta. Es particularmente importante la radiación solar recibida en el noroeste argentino, factor que es determinante y también extremadamente atractivo para la utilización del recurso.

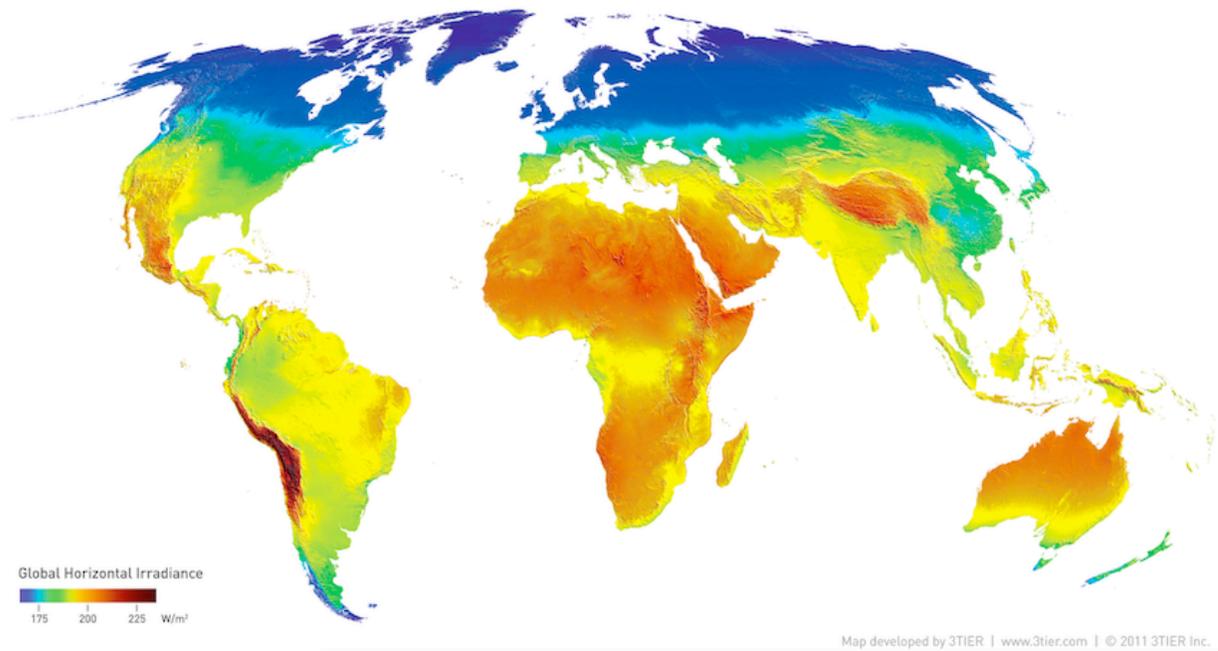


Figura 11: Radiación solar promedio del planeta. Fuente: 3TIER Vaisala

Como en todo sistema de generación eléctrica, el sistema debe ser alimentado mediante un recurso. En el caso particular de un sistema de generación eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos (los paneles solares son los encargados de transformar la energía solar en electricidad), el sistema se abastece mediante un recurso prácticamente inagotable, como es el sol.

Mientras tanto, si se desea dimensionar un sistema de energía solar para una propiedad, se debe considerar el uso que se le va a brindar a la misma. Específicamente, si ésta requiere energía eléctrica de forma anual o estacional. Esto se debe contemplar ya que la radiación solar y las horas efectivas de sol varían considerablemente a lo largo del año.



Es decir, que se deben realizar los cálculos correspondientes tomando al invierno, más precisamente el mes de Junio en el hemisferio sur, ya que es el periodo de menor radiación solar promedio.

En tanto, en la Figura 13, se aprecia que el panel solar fotovoltaico (FV) es el encargado de captar los fotones transmitidos en la luz solar para transformarlos en corriente continua de electrones, es decir electricidad. Tal como se comentó anteriormente, la energía generada por parte de los paneles solares va a depender directamente del periodo del año en el que nos encontremos, ya que la radiación solar es considerablemente más elevada en los meses de verano que en los de invierno.

Independientemente de la cantidad de energía generada, la misma es almacenada, mediante un regulador de carga, en baterías con el fin de poder contar con electricidad en días u horas de consumo sin generación (horario nocturno y/o días de baja radiación). Sin embargo, la energía generada es corriente continua, por lo que se requiere instalar un inversor con el fin de convertirla en corriente alterna monofásica (220v) o trifásica (380v).



Figura 13: Funcionamiento básico de un sistema FV. Fuente: Elaboración propia

La cantidad de energía que genera un dispositivo solar fotovoltaico, está determinada por: <sup>26</sup> [Perpiñan Lamigueiro, 2012]

- Tipo y área del material
- Intensidad de la luz solar
- Longitud de onda de la luz solar

La utilización de energía solar fotovoltaica se ha desarrollado con gran rigurosidad en los últimos años. Esto se basa no sólo a los beneficios y ventajas comprobadas del sistema, sino también, a los avances tecnológicos, los aumentos de eficiencia de los paneles solares y los menores costos económicos. <sup>27</sup> [Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century, 2014]

Tal como se puede apreciar en la Figura 14, la potencia solar instalada mundialmente ha aumentado exponencialmente en los últimos 5 años. <sup>28</sup> [Green Tech Media, 2013]. Así mismo, se espera que la potencia solar fotovoltaica continúe aumentando de manera notoria en los próximos años.

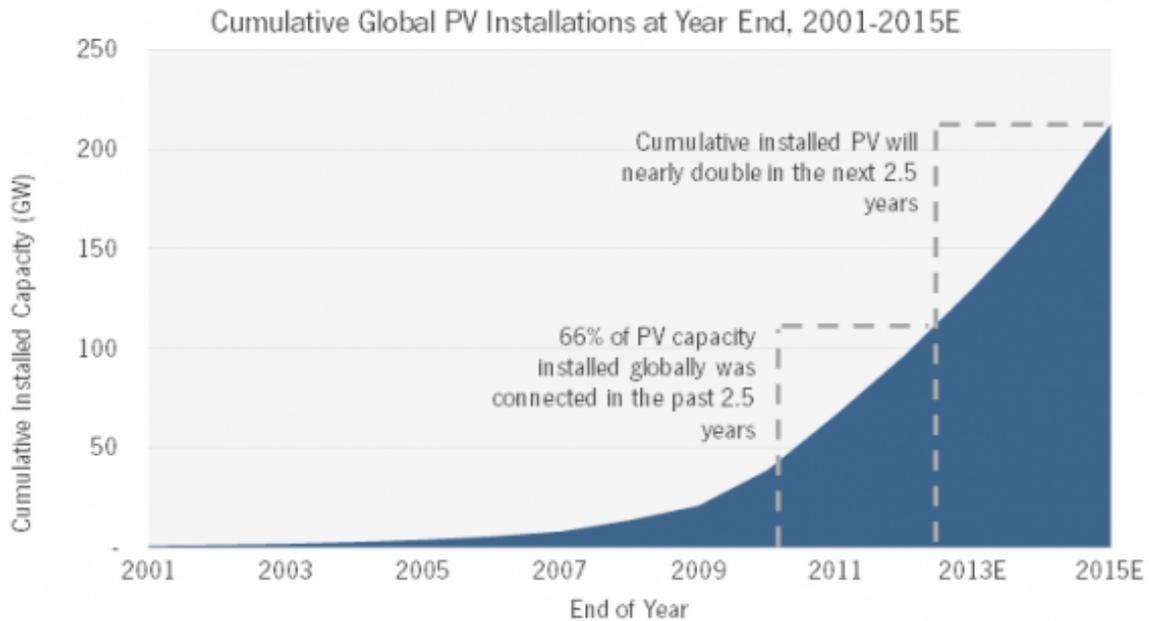


Figura 14: Potencia instalada energía solar. Fuente: Green Tech Media

Entre las ventajas más importantes del sistema fotovoltaico, se destacan:

- Generación energética limpia
- Recurso renovable
- Larga vida útil (mayor a los 30 años)
- No genera ruidos considerables
- Bajo mantenimiento
- No se encuentra sujeto a las variaciones de precios en la electricidad
- Eliminación de efectos negativos sobre el ambiente a causa del tendido eléctrico
- Evitar mantenimiento de las líneas eléctricas
- Diseño modular
- Resistente a condiciones climáticas extremas

Entre las desventajas, se distinguen las siguientes: <sup>29</sup> [Balaguer Carmona, 2006]

- La energía producida no es constante
- Inversión inicial considerable
- Puede requerir una superficie territorial considerable
- Disposición final de las celdas utilizadas

### 4.3 COMBUSTIBLES FOSILES

“La generación de energía eléctrica mediante la quema de combustibles fósiles es la principal fuente de generación de electricidad en la República Argentina. Más del 90% de la matriz energética del país, proviene de la quema de recursos no renovables como lo son el gas, carbón y el petróleo”.<sup>30</sup> [Cárdenas, 2011]

En tanto, tal como se puede contemplar en la Figura 15, la energía consumida por la sociedad, en su mayoría proveniente fuentes altamente contaminantes, tiene como destinatario una infinidad de sectores.

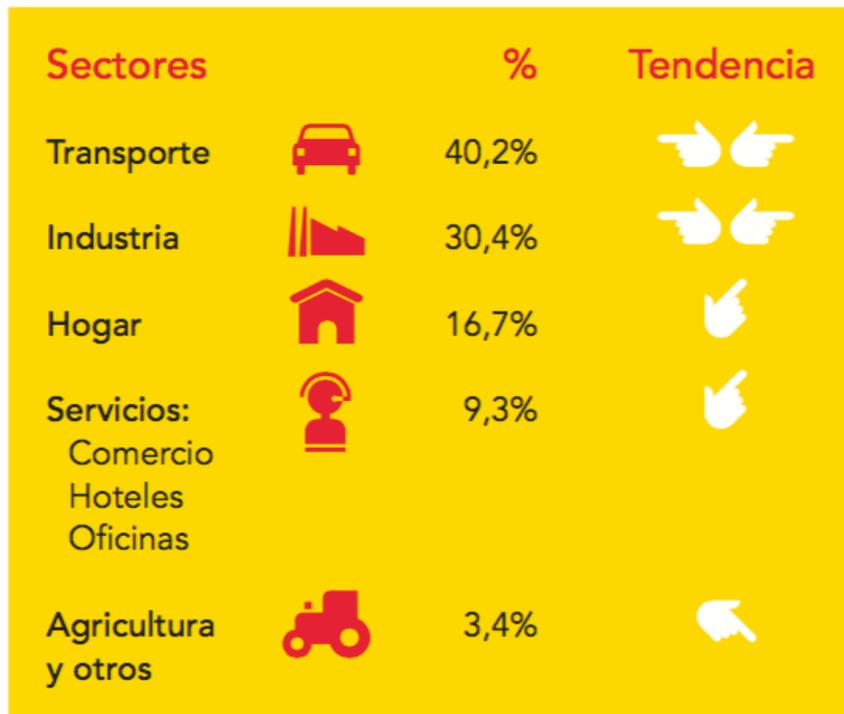


Figura: 15: Usos de combustibles fósiles. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Los combustibles fósiles tienen posibilidad de generar tanto energía eléctrica, como así también impulsar vehículos de uso particular, público e impulsar industrias productivas (automóviles, colectivos, ferrocarriles, maquinarias agropecuarias, etc.); adicionalmente, pueden utilizarse como fuente de calefacción.

En tanto, el uso y abuso de este tipo de combustibles debido a la disponibilidad de los mismos, el valor de mercado y el poco incentivo hacia la utilización de fuentes alternativas y renovables, ha tenido como consecuencia la considerable reducción de las reservas de los mismos.<sup>31</sup> [Borras, Carmona, Estrany, Oliver, 2007]

Las datos de estimaciones de reservas de los tres combustibles fósiles son muy fluctuantes ya que dependen de una cantidad de variables tales como el consumo, el precio, la aparición de nuevos yacimientos y las tecnologías de extracción.

Sin embargo, se estiman la siguientes reservas:<sup>32</sup> [Lorenzo, 2006]:

- Carbón: 160 años
- Gas natural: 60 años
- Petróleo: 60 años

#### **4.4 USO RACIONAL DE ENERGIA Y EFICIENCIA ENERGETICA**

Luego de analizar las posibles fuentes de generación eléctrica, pero previo a abordar el sistema de generación más eficiente, confiable y respetuoso con las filosofías del parque Nacional, es importante introducir el concepto de el uso racional de energía (URE). El mismo, consiste en la conservación de la energía a través de un aprovechamiento, transformación, transporte y consumo eficiente, teniendo en cuenta la disponibilidad de las fuentes y si estas son o no son renovables.

El uso racional de la energía es una forma de preservar los recursos naturales, ahorrar recursos económicos y proteger el medio ambiente.

Por su parte, la eficiencia energética posee un rol protagónico en el desarrollo de un modelo energético que procure integrar significativamente las fuentes renovables o no renovables y aspire a una mayor equidad energética.

Un concepto fundamental en el URE, es el uso inteligente de la energía. Este concepto implica minimizar el uso de energía eléctrica, sin sacrificar prestaciones. De esta manera, se logra un desarrollo energético, ambiental y económico sostenible en el tiempo.

<sup>33</sup> [Universidad Nacional de Colombia, 2007]

Por tal razón, en el presente proyecto, se recomiendan artefactos eficientes energéticamente, los cuales implican un consumo energético considerablemente menor en

comparación a electrodomésticos antiguos y/o de mayor consumo. De esta manera, se reduce significativamente la potencia a instalar y por ende, el monto inicial de la inversión.

En función de la información vertida en la Figura 16, se sugiere utilizar equipos eficientes energéticamente, Clase A en lo posible.

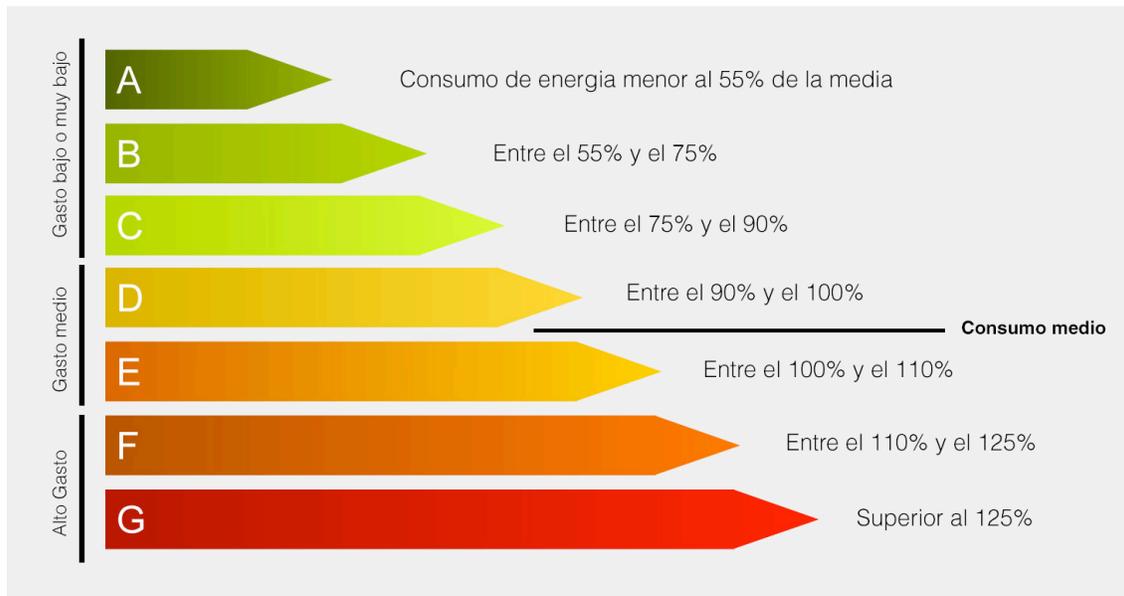


Figura 16: Beneficios de artefactos eficientes energéticamente. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Se puede observar a simple vista, como la elección de los electrodomésticos, luminarias, equipos de refrigeración, etc. con tecnología energética Clase A, reduce considerablemente la potencia instalada, como así también el consumo energético (alcanzando reducción de consumos superiores al 50%).

Teniendo en consideración los requisitos energéticos del centro de investigación, la eficiencia energética y el uso racional de energía eléctrica, se señalan en la tabla 1 los

artefactos recomendados con sus respectivas potencias, horas de uso diario y días de uso semanales como los más eficientes:

Tabla 1: Listado de artefactos eléctricos. Fuente: Elaboración propia.

Artefacto	Potencia (W)	Cant.	Subtotal pot.	T. uso (hs)	Uso (días)	Semana	Consumo diario (W/h)	% de Consumo	SUBTOTAL (E) [Wh/día]
Heladera Clase A	130	2	260.00	8:00	7	7	2,080	8.41%	24731.18
Freezer Clase A	130	2	260.00	8:00	7	7	2,080	8.41%	
TV LED Clase A	80	3	240.00	8:00	7	7	1,920	7.76%	
Laptop	80	5	400.00	8:00	7	7	3,200	12.94%	Potencia Simultánea (DPMS) [W]
Router	15	1	15.00	23:59	7	7	360	1.45%	
A/A	1000	3	3000.00	4:00	5	7	8,571	34.66%	6115.00
Bomba de agua	750	2	1500.00	2:00	7	7	3,000	12.13%	
Iluminación LED	10	40	400.00	8:00	7	7	3,200	12.94%	Potencia Simultánea (DPMS) [A]
Radio	20	2	40.00	8:00	7	7	320	1.29%	

Surge de ésta exposición que, teniendo en cuenta la totalidad de los artefactos a instalar en el centro de investigación, el consumo eléctrico diario sería, aproximadamente, de unos 25.000 Wh diarios, lo que es equivalente a 25 kWh.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **5.1 POSIBLE INSTALACION EOLICA**

La energía eólica es factible dada la magnitud del proyecto, envergadura, inversión inicial necesaria y debido a que no requiere considerables movimientos de suelos.

Sin embargo, antes de avanzar con los cálculos correspondientes de cantidad y potencia necesaria de aerogeneradores, se deben evaluar distintos escenarios con el fin de determinar la viabilidad de instalación. Entre ellos, se destacan:

- Velocidad media del viento
- Distribución de frecuencias en las diferentes direcciones
- Variaciones del viento respecto a la altura
- Estadísticas de ráfagas
- Velocidad máxima
- Distribución del viento durante el día y estaciones

La rosa de vientos que se puede apreciar a continuación en la Figura 17, describe la orientación y la tendencia de procedencia de vientos en la zona del Parque Nacional Ischigualasto.

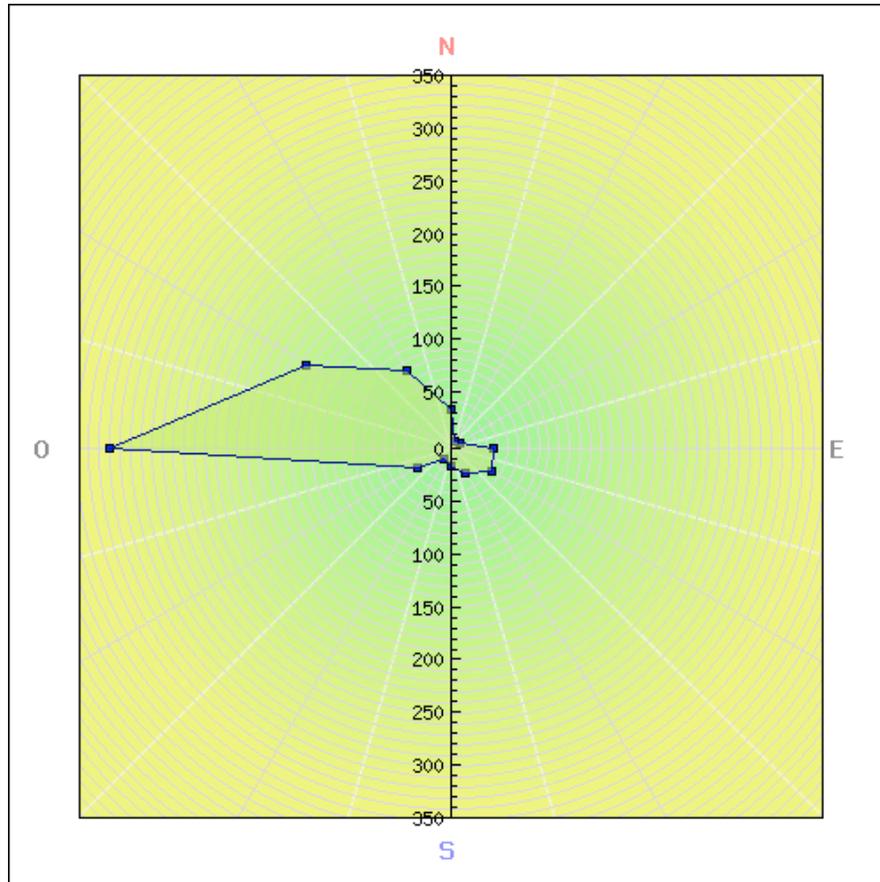


Figura 17: Rosa de vientos. Fuente: Sistema de Información Geográfica, Mapa Eólico Nacional (SIG Eólico)

Surge de esta exposición que los vientos predominantes en la zona tienen procedencia Oeste y Noroeste. Mientras que un porcentaje menor de los vientos tienen origen en el Este.

Existen distintas tecnologías y potencias de aerogeneradores. Los mismos se clasifican en aerogeneradores de gran potencia y sistemas eólicos de baja potencia. Los primeros, se utilizan únicamente asociados a sistemas sincrónicos. Es decir, se trata de sistemas conectados a la red pública, los cuales tienen el objetivo de inyectar energía

eléctrica a la red pública, reduciendo la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles.

En tanto, los aerogeneradores de baja potencia o también denominados “domésticos”, son asociados a baterías y se utilizan principalmente con el fin de abastecer propiedades de bajo consumo, como lo pueden ser viviendas, escuelas, pequeñas industrias, oficinas, entre otros. <sup>34</sup> [Dodero y García Fernández, 2012]

Se puede apreciar en la Figura 18, la curva de potencia de uno de los modelos de aerogeneradores de baja potencia. En este caso particular se analizan sistemas eólicos de generación de escala doméstica, específicamente de 4.5 kW de potencia.

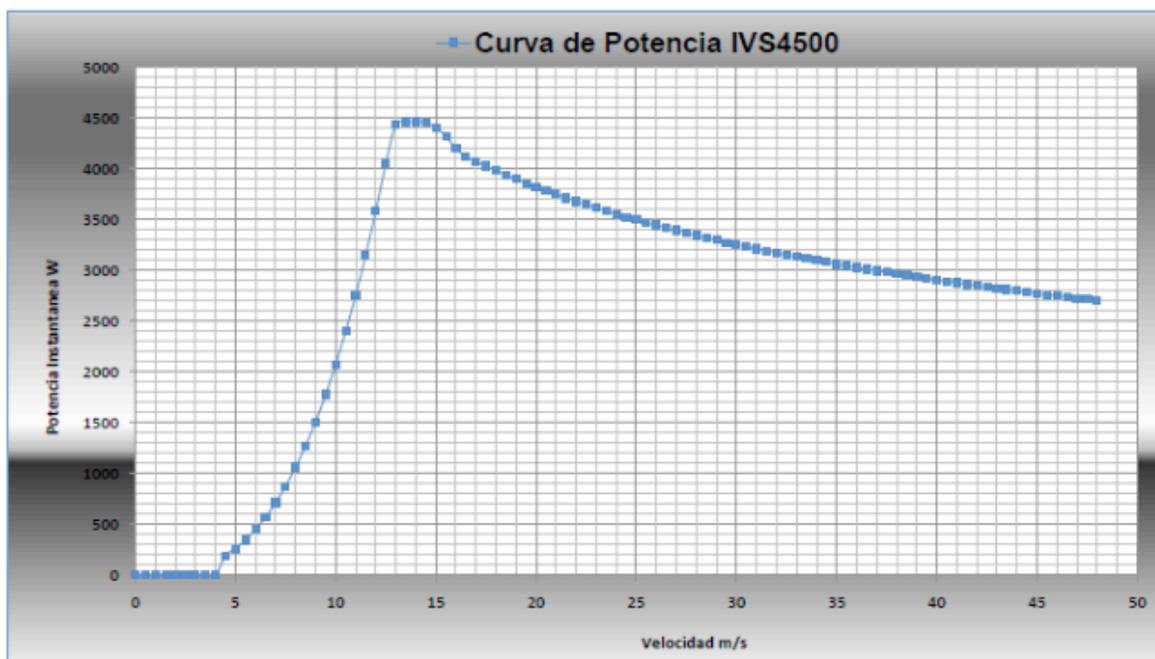


Figura 18: Curva de potencia de aerogenerador. Fuente: INVAP Argentina

Se logra observar claramente la tendencia de generación del sistemas. Los aerogeneradores comienzan a generar energía eléctrica a partir de los 4/5 m/s (equivalentes a 18 km/h) y a partir de allí, cuentan con un crecimiento exponencial de generación hasta alcanzar la potencia nominal de 4.5 kW (semejante a 4500 w) a los 13-14 m/s (50 km/h aproximadamente). En tanto, el corte superior, se encuentra ubicado por encima de los 150 km/h. Es decir, que el sistema a utilizar, tolera ráfagas de viento de hasta 150 km/h.

Adicionalmente, en la siguiente Figura 19, se puede observar la distribución de Weibull de la zona en análisis. Dicha distribución logra descomponer la velocidad media en porcentuales de distintas velocidades. Es decir, nos informa el porcentaje de probabilidad de ocurrencia que existe de las distintas velocidades de viento en la zona, basado en los datos de los últimos 20 años.

De tal forma, se logra una estimación del porcentual de ocasiones que se encuentren por encima de la velocidad de corte inferior, es decir, cuando el aerogenerador comienza a generar energía eléctrica. Consecuentemente, se logra estimar la cantidad de electricidad que genera el aerogenerador en la zona.

En este caso no es necesario analizar la velocidad de corte superior ya que los vientos máximos de la zona no superan los 50 km/h y el aerogenerador logra tolerar ráfagas de viento de hasta 150 km/h.

Los datos históricos demuestran que la velocidad promedio de los vientos de la zona, a una altura de 30 m de alto, es de 5.44 m/s, es decir unos 20 km/h aproximadamente. En la Figura 19, se logra determinar que existe una gran probabilidad de ocurrencia de vientos por debajo de los 5 m/s, por lo que no se generaría energía eléctrica. En tanto, existe también, la probabilidad de ocurrencia de vientos superiores a los 5 m/s, escenario en el cual, se comenzaría a generar electricidad a partir del recurso eólico.

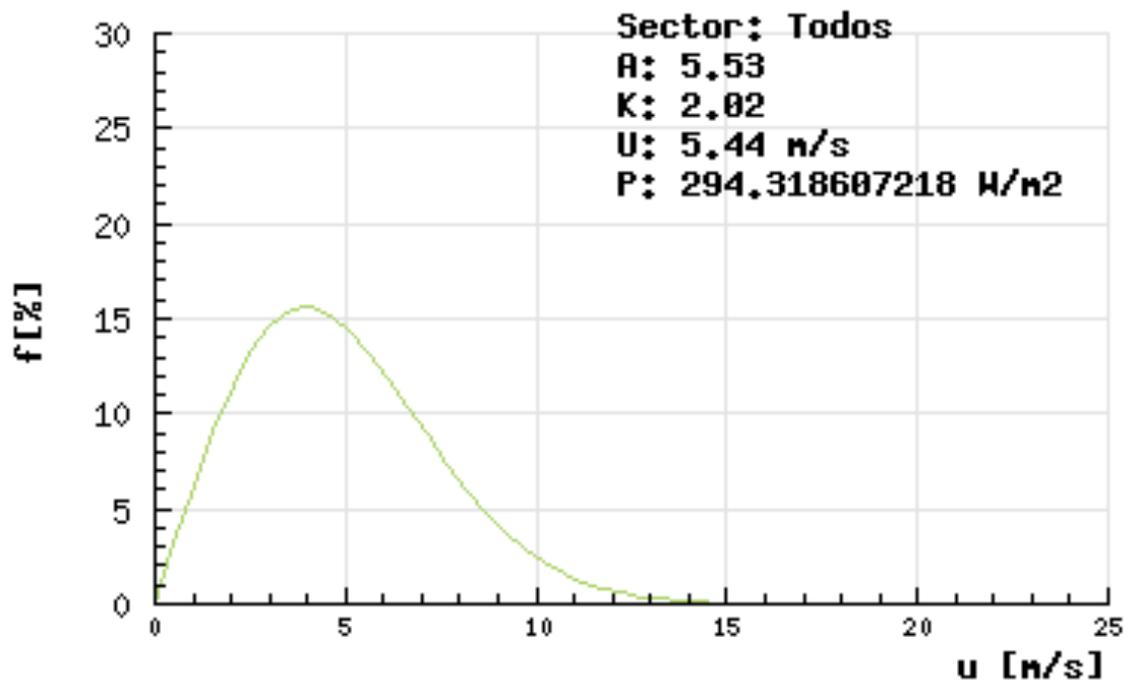


Figura 19: Distribución de Weibull. Fuente: Sistema de Información Geográfica, Mapa Eólico Nacional (SIG Eólico)

Surge de esta exposición que los vientos promedio de la zona tienen la capacidad de generar una cantidad de energía eléctrica suficiente para satisfacer los requisitos eléctricos del centro de investigación.

Dicho abastecimiento, se podría llevar a cabo mediante la instalación de 3 aerogeneradores de 4,5 kW de potencia con sus respectivas torres de 30 m, los cuales generarían, en promedio, 32,5 kWh diarios. La energía a generar por parte de los sistemas eólicos, cubriría ampliamente los requisitos energéticos del centro de investigación (25 kWh diarios). (ver Anexo I)

Por otro lado, se deberían instalar 2 inversores de 3500 W de potencia (ver Anexo II) cada uno, (responsables de transformar la corriente continua proveniente de los sistemas eólicos en corriente alterna, 220v), un banco de baterías con sus respectivos reguladores de carga (responsables de almacenar energía eléctrica para poder contar con la misma durante periodos de consumo y falta de generación) y los materiales eléctricos correspondientes con el fin de concretar la instalación respetando los protocolos de seguridad eléctrica y manteniendo un estándar de calidad y orden.

Por ultimo, dado que los aerogeneradores asociados a baterías no pueden trabajar en vacío, se deben incluir en la instalación resistencias eléctricas (donde se envía la energía en caso de generar un excedente) y un rectificador de tensión encargado de convertir las tres fases de corriente alterna en corriente continúa. Si bien el sistema eólico genera energía alterna, el sistema debe rectificar la tensión ya que las baterías solo pueden almacenar energía en corriente continua.

Sin embargo, tomando como referencia la distribución de Weibull expuesta anteriormente, **la frecuencia de vientos de la zona no garantizan una velocidad mínima por encima a la velocidad de corte inferior del generador y como resultante, la provisión de electricidad no es constante y no se encuentra garantizada.**

Adicionalmente, se puede observar que la frecuencia de vientos ( $f$  [%] ) que se logra observar por debajo de los 5 m/s es considerable. Este fenómeno, implica que **existe la posibilidad latente que se registren varios días seguidos con una baja velocidad de vientos y consecuentemente sin generación energética.**

No obstante, la posibilidad de atravesar un periodo prolongado sin generación de energía eléctrica, puede verse compensado mediante la instalación de un banco de baterías con mayor capacidad de almacenamiento con el fin de generar una mayor autonomía de reserva energética.

Es decir, que a consumo constante y generación variable, igualmente, se puede garantizar autonomía suficiente como para transmitir seguridad a los investigadores del centro de investigación.

Así mismo, esto implicaría las siguientes desventajas:

- Mayor cantidad de baterías
- Mayor superficie disponible para el almacenamiento de las mismas

- Mantenimiento más laborioso
- Costo inicial más elevado
- Costo de reposición de baterías cada 8 años aproximadamente

En conclusión, dadas las desventajas planteadas anteriormente, es decir, la inconstancia de vientos y la subsiguiente falta de generación de energía eléctrica, el aumento considerado de la inversión inicial, costos operativos y de mantenimiento y la alteración (por mínima que pueda resultar) de los suelos, **se rechaza la hipótesis de generar energía eléctrica por medio del recurso eólico.**

## 5.2 POSIBLE INSTALACION SOLAR

Las instalaciones solares tienen como componente principal a los paneles solares fotovoltaicos. El sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico (panel solar), que a su vez está compuesto por células capaces de transformar la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua.

El resto de equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende, en gran medida, de la aplicación a la que está destinado. Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar, básicamente, en 4 grandes grupos:

- Aislados de la red pública: se trata de sistemas asociados completamente a baterías con el fin de acumular energía eléctrica para periodos de consumo constante y de baja o nula generación (días nublados o lluviosos o bien durante el periodo nocturno)
- Sistemas asociados a baterías y a la red pública: son sistemas similares a los anteriores, sin embargo, en caso de alcanzar la reserva mínima de las baterías, el sistema automáticamente toma energía eléctrica de la red pública (o grupo electrógeno) con el fin de garantizar la provisión eléctrica.
- Sistemas híbridos: sistemas destinados a reducir consumo eléctrico de la red. Adicionalmente, cuentan con un banco de baterías (considerablemente menor al sistema

mencionado anteriormente) con el fin de garantizar una reserva energética en caso de cortes de luz.

- Sistemas sincrónicos: se trata de sistemas exclusivamente con el fin de reducir consumo de la red pública. En caso de cortes de luz, el sistema no cuenta con una reserva energética y adicionalmente limita el suministro eléctrico al circuito determinado, dado que no logra diferenciar si el suministro fue pausado por un problema en la red eléctrica o bien con el fin de realizar una reparación en el sistema.

En el caso particular del centro de interpretación, la red eléctrica más cercana se encuentra a 80 km de distancia, por lo que el sistema a instalar debe estar asociado a un banco de baterías con el fin de garantizar el suministro eléctrico y ofrecer una autonomía considerable frente a días baja o nula generación eléctrica.

A su vez, la energía eléctrica proveniente de paneles solares fotovoltaicos va a depender básicamente de los siguientes factores:

- Tipo y área de material a utilizar
- Intensidad de la luz del sol
- Longitud de onda de la luz del sol
- Potencia a instalar

En la Figura 20, se observa el recorrido solar tanto cuando asciende como así también cuando desciende el mismo. Dicha imagen se denomina proyección cilíndrica de la trayectoria solar.

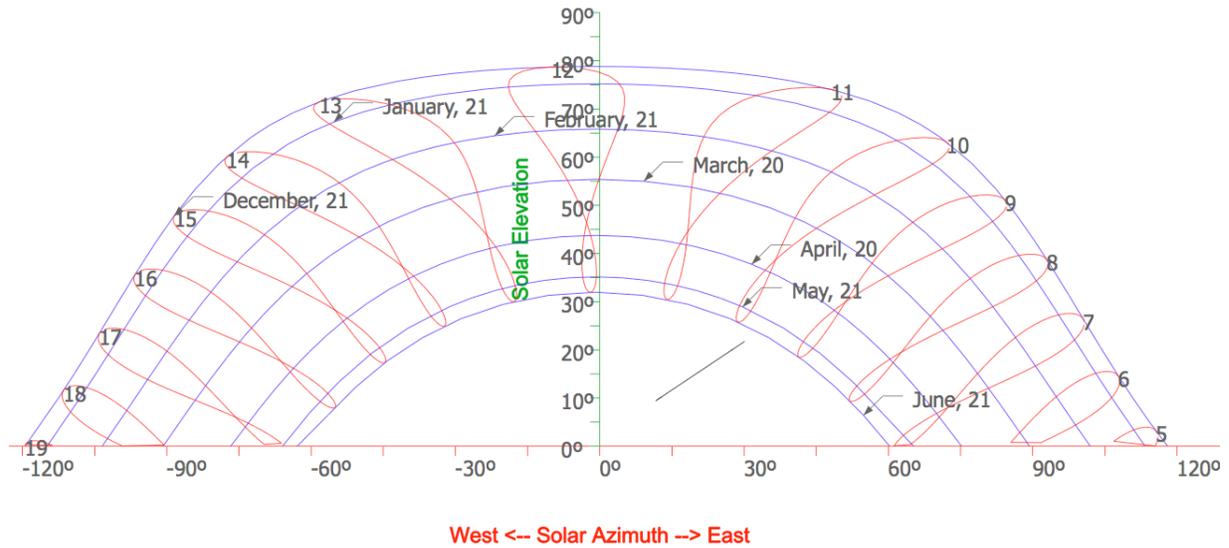


Figura 20: Proyección cilíndrica de la trayectoria solar. Fuente: Sketchup Skelion Plugin

En tanto, la Figura 21 muestra el recorrido solar en las distintas épocas del año en la ubicación geográfica precisa donde se encuentra el centro de investigación paleontológico.

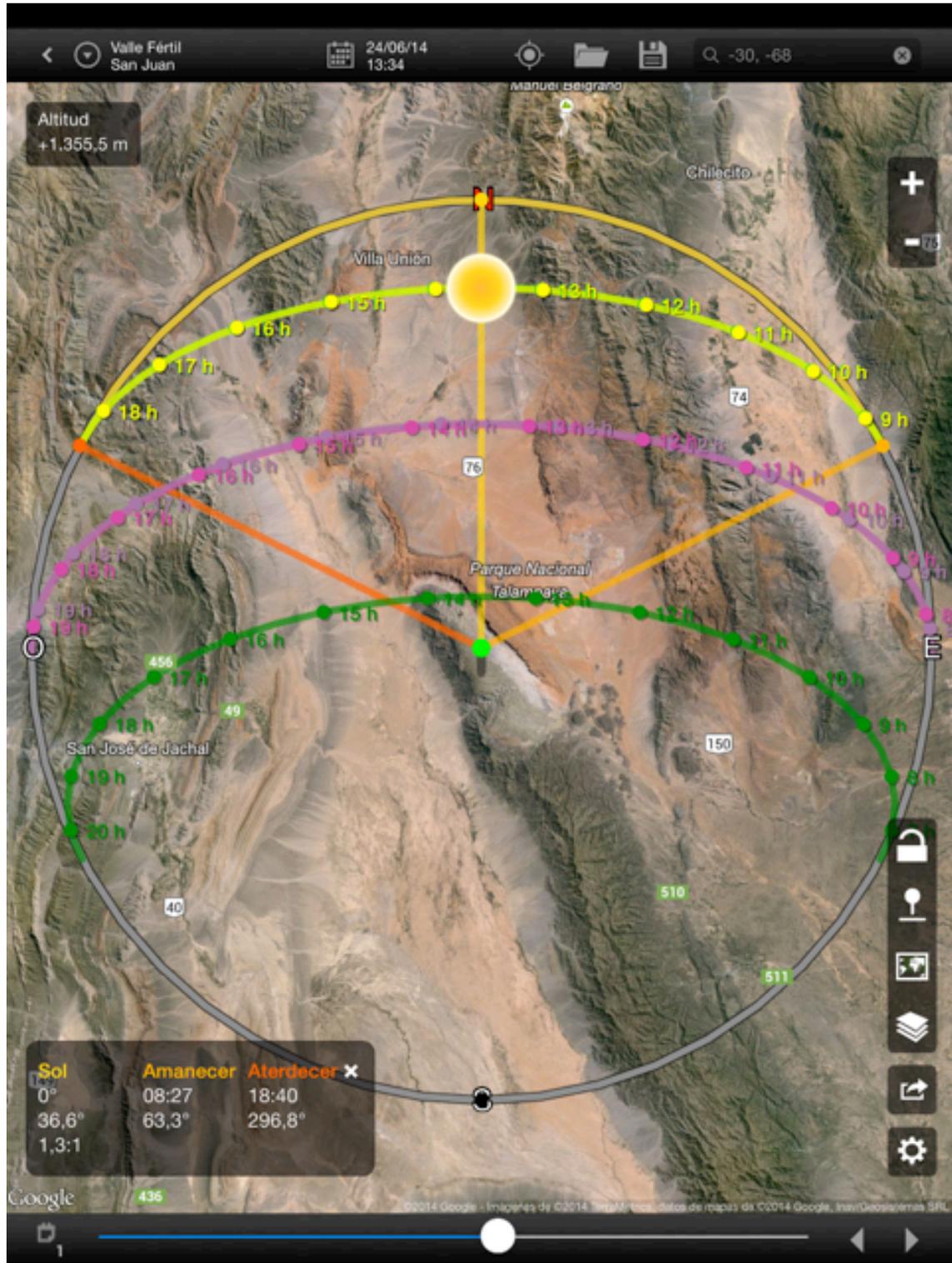


Figura 21: Recorrido solar in-situ. Fuente: Sun Surveyor App

En la Figura 21, se logra apreciar como las horas de sol diarias varían considerablemente en las diferentes estaciones del año.

El recorrido solar en amarillo representa las horas de sol en los meses de invierno (9 horas de sol aproximadamente), denominado el solsticio de invierno; mientras que el recorrido solar en verde simboliza las horas de sol durante los meses de verano (13 horas), solsticio de verano.

Por último, la trayectoria expuesta en color rosado, describe los equinoccios de primavera y otoño, el punto medio de la trayectoria solar. Es decir, que se trata de los dos días del año, en el que ocurre la eventualidad donde la duración del día es exactamente igual a la duración de la noche.

Dada la intensidad, longitud de onda de la luz del sol y la figura expuesta anteriormente (21), se puede deducir, que la zona geográfica ubicada en el límite entre la provincia de San Juan y la provincia de Catamarca, cuenta con beneficios extraordinarios en términos de horas efectivas de sol, convirtiéndola en una de las mejores ubicaciones mundiales con el fin de instalar un sistema de generación eléctrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos.

En base a los argumentos anteriormente planteados, **se puede concluir la factibilidad y conveniencia técnica de una instalación solar fotovoltaica en la zona con el fin de garantizar el suministro eléctrico del centro de investigación paleontológico.**

### **5.2.1 SISTEMA RECOMENDADO**

Según lo planteado anteriormente, el centro de interpretación paleontológico deberá contar con una cantidad considerable de electrodomésticos, maquinarias, luminarias, equipos de refrigeración (frio – calor) y bombas de agua, los cuales en su conjunto requieren un demanda energética diaria cercana a los 25 kWh.

Es por ello, que para poder abastecer la totalidad de los artefactos, aún contemplando el periodo invernal (momento en el cual la radiación solar es considerablemente menor), se deben realizar los cálculos correspondientes a fin de determinar el sistema solar más eficiente.

Dicha instalación debe contemplar una determinada cantidad de paneles solares, baterías (único componente del sistema de generación autóctono con un vida útil acotada), reguladores de carga, inversores, y materiales eléctricos que se deben instalar en conjunto con el fin de garantizar el suministro eléctrico, como así también proveer de una autonomía energética tanto para periodos nocturnos como también periodos de baja generación y consumo constante (como pueden ser días nublados y lluviosos).

## 5.2.2 SISTEMA DE GENERACION

Los paneles solares son los componentes principales de los sistemas de generación eléctrica a partir del recurso solar, ya que estos son los encargados de captar los rayos solares y transformarlos en corriente eléctrica.

En la Figura 22, se observa el aspecto genérico de un panel solar fotovoltaico. En este caso particular se observan 2 paneles solares instalados de forma conjunta.



Figura 22: Aspecto básico de un panel solar FV. Fuente: Panasonic USA

En tanto, los módulos fotovoltaicos, en el hemisferio sur, deben instalarse con una orientación norte libre de obstáculos, ya que de esta manera, reciben la mayor cantidad de horas de sol posible.

Esto se debe a que el sol asciende todos los días por el este y desciende por el oeste, alcanzando su mayor altura al mediodía en una orientación norte. En la Figura 23, se determina gráficamente la orientación ideal de los paneles solares en la Argentina.

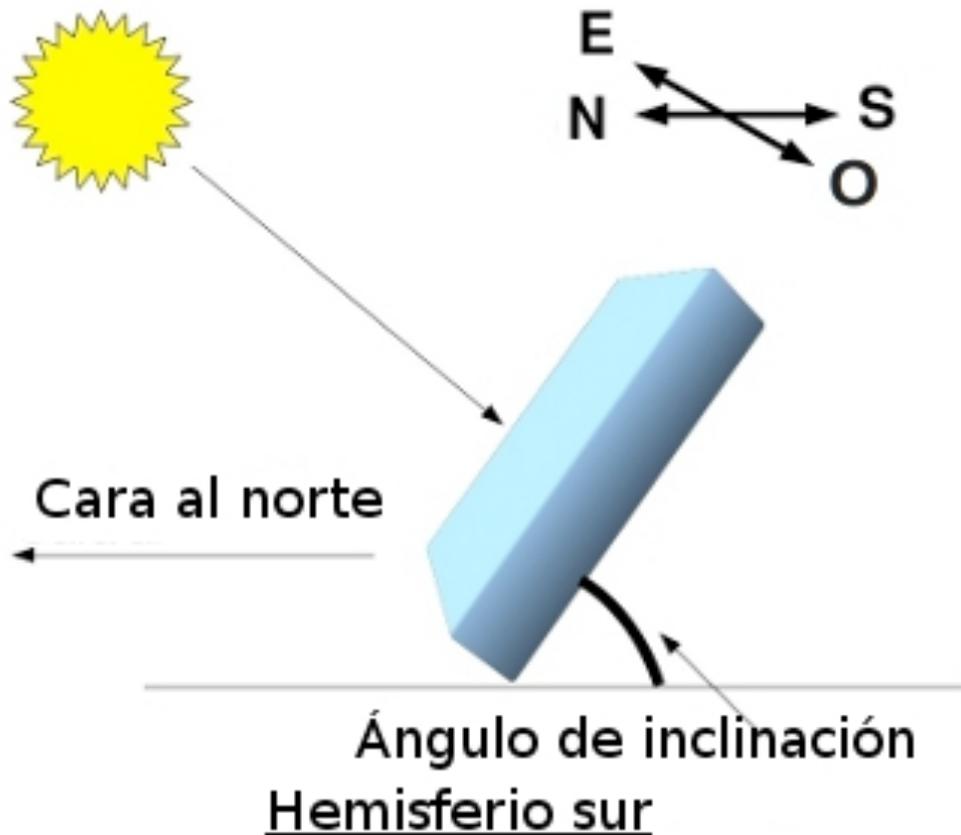


Figura 23: Orientación de los paneles solares. Fundación UOCRA - Curso de instalador de sistemas para suministro de electricidad por energía solar

Por otro lado, para poder realizar el cálculo de manera pertinente, se debe comenzar analizando las horas efectivas de sol en la ubicación geográfica en cuestión, en los distintos meses del año a diferentes pendientes de instalación. Las horas efectivas de sol se refieren a la cantidad de horas promedio de sol directo que recibirán los paneles solares a lo largo del

año con el fin de contar con una referencia a la hora de realizar los cálculos de energía producida por parte de los paneles solares a instalar.

En la Tabla 2, se puede observar el promedio de los últimos 25 años de las horas efectivas de sol en la ubicación geográfica precisa (se considera latitud y longitud real del predio) donde se construiría el centro de interpretación, a diferentes pendientes de instalación.

Dichas horas efectivas de sol, también denominadas horas solares pico (HSP), se encuentran “corregidas” por los días de no sol (nublados y lluviosos). Es decir, que dichas horas efectivas de sol, son realmente, las horas promedio de los últimos 25 años de radiación solar directa en la zona en estudio.

Tabla 2: Horas solares pico (HSP). Fuente: NASA (National Aeronautics and Space Administration)

**Parámetros de radiación aplicables al PN en distintas épocas del año a inclinaciones kWh/m<sup>2</sup> día**

Angulo	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio
0°	7.11	6.39	5.40	4.38	3.41	3.02	3.24	4.20	5.36	6.34	7.19	7.41	5.29
19°	6.92	6.44	5.75	5.02	4.18	3.86	4.07	5.00	5.90	6.54	7.05	7.15	5.66
34°	6.39	6.17	5.80	5.39	4.71	<b>4.48</b>	4.68	5.53	6.11	6.40	6.56	6.53	<b>5.73</b>
49°	5.55	5.59	5.55	5.46	4.98	<b>4.85</b>	5.01	5.74	6.00	5.92	5.74	5.59	<b>5.50</b>
90°	2.29	2.68	3.26	3.96	4.10	4.24	4.27	4.46	3.83	2.92	2.38	2.19	3.38
Días de No Sol	1.43	3.35	4.07	5.56	3.89	5.76	3.55	3.73	4.09	3.92	3.57	2.20	3.76

Se puede observar claramente que las horas efectivas de sol se reducen considerablemente en la época invernal, sin importar su ángulo de instalación (con la excepción de los 90°, la cual paradójicamente aumenta durante este periodo).

Por otro lado, a simple vista se podría definir una pendiente de 34° como la más eficiente ya que la misma se define como la inclinación más eficaz con el fin de generar la mayor cantidad de energía eléctrica en promedio de manera interanual.

Sin embargo, si bien la pendiente mencionada otorga la mayor cantidad de energía promedio anual, la misma representa una menor generación en junio y un mayor excedente en los meses de verano, los cuales no se justifican en este análisis ya que el centro de interpretación cuenta con uso anual.

Por tal motivo, si se desea abastecer de energía eléctrica a una propiedad sin conexión a la red pública o sistema de apoyo, se debe contemplar la pendiente a la cual es sistema genera la mayor cantidad de energía en invierno, sin contemplar como relevante el menor excedente energético en el período septiembre - marzo. Por tal razón, se considera la pendiente de 49° como la más conveniente en este caso particular.

En tanto, de los cálculos correspondientes (ver Anexo I), se define que se deben instalar 32 paneles solares de 240 watts de potencia cada uno. Es decir, se debe instalar una potencia nominal total de 7.68 kW, los cuales generarán la totalidad de la energía requerida (25 kWh diarios) por el centro de interpretación, aún en los meses de invierno.

### 5.2.3 SISTEMA DE CONVERSION

Los inversores son los responsables de transformar la corriente continua en la que trabajan los paneles solares fotovoltaicos (12 volts / 24 volts / 48 volts), en corriente alterna (monofásica 220 v o trifásica 380 v), que es la tensión que se utiliza en hogares, industrias, oficinas. En este caso particular, dentro del centro de investigación se utilizarán artefactos monofásicos, es decir en 220 volts (v) y 50 Hz (Hertz de frecuencia).

Para poder definir el sistema de conversión más conveniente en este caso particular, se deben analizar las distintas tecnologías disponibles. Existe un variedad considerable de tecnologías de convertidores de corriente asociadas a baterías. Entre ellas, se destacan:

- Inversores de onda cuadrada: Son sencillos y económicos, pero cuentan con pobres respuestas frente a motores o equipos que necesiten una onda senoidal como referencia.
- Inversores de onda semisenoidal o senoidal modificada: Sistemas más confiables que los conversores de onda cuadrada, pero con ciertas limitaciones.
- Inversores de onda senoidal pura: Son sistemas más sofisticados y costosos, pero con la ventaja que se pueden utilizar con cualquier equipo o motor.

En la Figura 24, se logra observar gráficamente como funciona cada una de las distintas tecnologías mencionadas anteriormente.

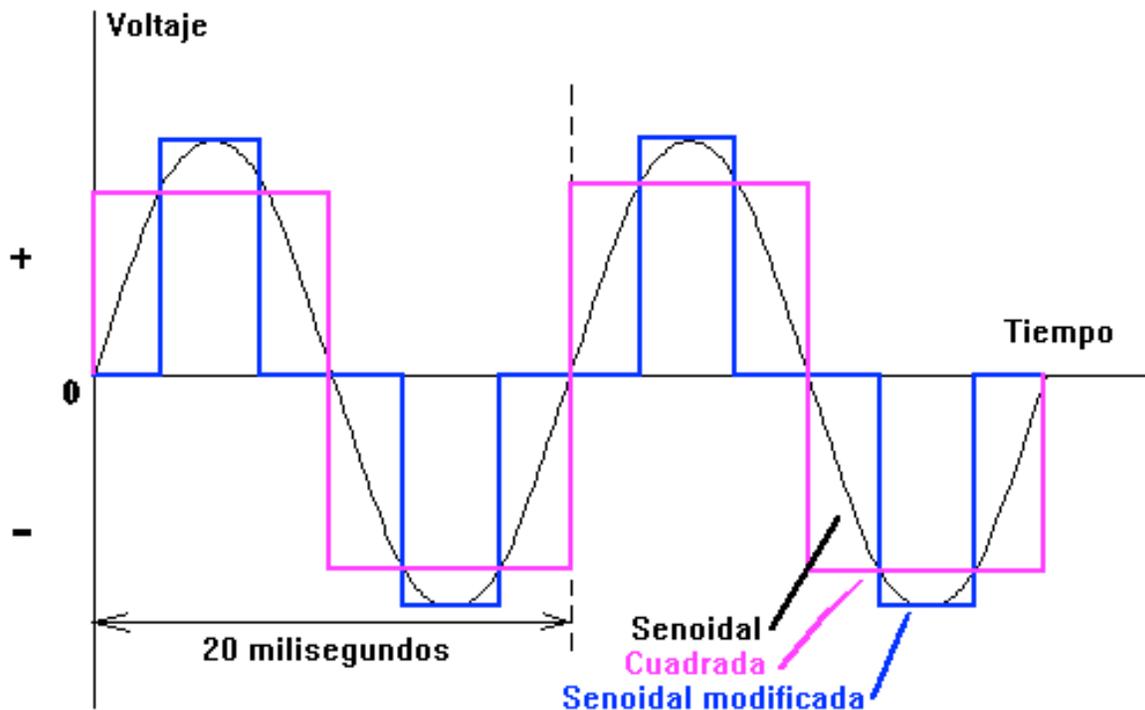


Figura 24: Tecnologías de inversores. Fuente: Qmax Argentina

La calidad de los sistemas de conversión influirá considerablemente en la satisfacción del usuario, por lo que al tratarse de un centro de investigación, se contemplarán sistemas de onda senoidal pura.

Por otro lado, se debe calcular la potencia de los inversores con el fin de dimensionar un sistema de conversión acorde a las necesidades de las instalaciones.

Según lo planteado anteriormente, el centro de investigación cuenta con una extensa cantidad de electrodomésticos, maquinarias, bombas, etc. los cuales pueden funcionar de forma simultánea. Por tal razón, se debe calcular la potencia total instalada, ya que puede presentarse la ocasión en la que la totalidad de los componentes funcionen de manera

simultánea y el sistema de conversión debe estar dimensionado de forma tal que funcione correctamente ante cualquier escenario.

Anteriormente, se detalló en la Tabla 1, el listado de artefactos con sus potencias respectivas. Se puede observar que la potencia total instalada (resulta de la sumatoria de potencias de la totalidad de artefactos conectados en el circuito) es de 6115 watts. Por lo tanto, si se contempla un factor de simultaneidad del 100% (es decir, que existe la posibilidad que la totalidad de artefactos funcionen en simultáneo), se debe considerar un sistema de conversión con la capacidad de transformar una potencia máxima de 6115w.

Dado que en el mercado Argentino, el inversor de onda senoidal pura conectado a baterías de mayor potencia es de 3500 w (Figura 25), existen dos escenarios posibles para abastecer el sistema sin inconveniente. El primer escenario se trata de instalar dos inversores en paralelo, alcanzando una potencia total de 7000w y brindando un margen de seguridad interesante en caso que en el futuro se desee aumentar la potencia instalada en las facilidades.

En tanto, el otro escenario posible, consta de separar circuitos y abastecer cada circuito mediante un inversor de 3500 w y así equilibrar circuitos. De todas formas, ambos escenarios son viables e igualmente funcionales.



Figura 25: Inversor onda senoidal pura de 3500w de potencia. Fuente: Qmax Argentina

Dicho inversor, trabaja con una tensión de entrada de 48 v y una tensión de salida monofásica de 220 v. Por lo tanto, se debe contemplar y corroborar que todos los componentes del sistema de energías renovables (paneles solares, baterías y reguladores de carga), funcionen en la misma tensión de corriente continua, en este caso, en 48 v.

#### 5.2.4 ACUMULACION

Si bien se encuentra determinada la cantidad de paneles solares (generación) y la tecnología y potencia de los inversores (conversión), ahora se debe determinar el sistema de acumulación de energía a instalar con el fin de garantizar el suministro eléctrico.

La energía solar llega a la Tierra de una forma variable no sólo respecto al día y la noche, sino también a la época del año, condiciones meteorológicas, etc. Algunas de estas variaciones son perfectamente predecibles, como las estaciones o la duración de la noche, pero no ocurre así con la nubosidad, que es mucho más aleatoria, lo que hace necesario la utilización de acumuladores o baterías capaces de alimentar el consumo previsto inicialmente durante los días que dure la perturbación.

La batería es un dispositivo capaz de transformar una energía potencial química en energía eléctrica. Se compone esencialmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen las reacciones químicas en los procesos de carga o descarga.

En todo los sistemas de energías renovables aislados del tendido eléctrico (Off Grid) se suelen utilizar baterías o acumuladores por las razones previamente mencionadas.

La capacidad de un acumulador se mide en amperes-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga. Si este tiempo es muy corto, la capacidad de la batería disminuye,

mientras que si el tiempo de la descarga aumenta haciéndose ésta lenta, la capacidad de la batería aumenta.

Se define la capacidad como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa del acumulador plenamente cargado. Esta capacidad es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que ésta actúa, calculada hasta que se alcanza la tensión final.

La misión principal de la batería dentro de un sistema solar fotovoltaico, consiste en suministrar energía tal y como es demandada por la carga, independientemente de la producción eléctrica del panel en ese preciso momento. Adicionalmente, cumple con la misión de fiabilidad, ya que también tiene la función de poder alimentar a la carga durante varios días, cuando la producción del panel es baja debido a condiciones meteorológicas adversas.

Así mismo, existen distintas tecnologías de acumuladores especialmente diseñadas para las energías renovables, entre las cuales se destacan las baterías de acido-plomo de ciclo profundo y las innovadoras baterías de litio.

Las baterías de acido-plomo toleran descargas profundas, y por ello la tecnología es conocida como ciclo profundo. Estos acumuladores son capaces de resistir la descarga consecutiva de los mismos hasta el 80% de su capacidad nominal sin sufrir daños permanentes. Si se las compara con acumuladores tradicionales de automóvil (SLI: Starter

Light Ignition), estas solo toleran descargas del 20%, y deben recargarse inmediatamente para no sufrir daños.

Igualmente, los acumuladores de ciclo profundo tienen una vida útil limitada, la cual se encuentra directamente relacionada a su uso diario (profundidad de descarga), por lo que un acumulador bien utilizado durará muchos años, mientras que otro con muchas descargas profundas durará muchos menos.

La vida útil de un banco dependerá entonces del uso, pero también del diseño que se haga del mismo, buscando una buena durabilidad, sin llegar a costos prohibitivos.

“Por otro lado, las baterías de litio cuentan con una tecnología más avanzada que las de acido-plomo, usualmente utilizadas en las instalaciones Off Grid; son más compactas, más eficientes, su mantenimiento es más sencillo, tienen una mayor vida útil y por ende, son consideradas menos contaminantes del medio ambiente”.<sup>35</sup> [Johan Rydh, 2005]

Sin embargo, las mismas no se encuentran desarrolladas por completo en la actualidad lo que implica dificultades para acceder a el mercado de las mismas y costos que pueden alcanzar el doble y hasta el triple, con respecto a baterías de acido-plomo.

“Recientemente, la empresa Tesla, pionera en sistemas autónomos de energía renovable y acumulación, presentó su nueva batería de litio, la cual efectivamente es más eficiente y avanzada que las baterías de acido-plomo pero la misma aún no se encuentra

disponible en nuestro país y a modo de referencia en el mercado norteamericano, la misma tiene un costo 3 veces más elevado a las baterías disponible en el país”.<sup>36</sup> [Wesoff, 2013]

Por motivos de disponibilidad en el mercado Argentino, falta de desarrollo tecnológico y costos implicados, nos limitaremos a realizar los cálculos pertinentes con las baterías de ciclo profundo.

Por último, antes de proceder a los cálculos con el fin de determinar la cantidad de acumuladores a instalar, se deben contemplar los días de no sol en los distintos meses. Este dato es de suma importancia ya que no se debe considerar que los 365 días del año se cuenta con sol libre de nubosidad. Éste dato a considerar es de suma importancia con el fin de determinar la cantidad de días de autonomía que se desea lograr en la ubicación en cuestión.

Luego de analizar el sistema de acumulación más eficiente en este caso particular (ver Anexo II), se determina que se requieren 8 baterías de 6 volts y 225 Ah (Figura 26) por cada una de las series de acumuladores para formar un banco en 48 volts y se precisan diez bancos de baterías.

# T-105 6V

## DEEP CYCLE BATTERY

Type
T-105

Weight lbs. (kg)
62 (28)

Dimensions inches (mm)		
L	W	H
10 3/8 (264)	7 1/8 (181)	10 7/8 (276)



Capacity Minutes			Cranking Performance		5 Hr Rate AH	20 Hr Rate AH	Voltage	Terminal
@25 Amps	@56 Amps	@75 Amps	CCA @0°F	CA @32°F				
447	-	115	-	-	185	225	6	LPT, WNT, AP, UT, LT

Figura 26: Características de las baterías ácido – plomo. Fuente: Trojan Battery Company

Por lo tanto, se requieren entonces un total de 80 acumuladores con el fin de proveer y garantizar el suministro eléctrico durante el periodo nocturno, como así también durante periodos de baja generación (días nublados y lluviosos) y consumo constante. Dicho sistema ofrece 3 días completos de autonomía de uso “normal” de las facilidades del centro de interpretación.

Por último, pero no menos importante, como se destacó anteriormente, los acumuladores son el único componente de la instalación con una vida útil acotada. Sin embargo, mediante los cálculos realizados (ver Anexo II), se contempla una vida útil

cercana a los 8 años (dependiendo de las condiciones climáticas y profundidad de descarga que se les de a las mismas).

### 5.2.5 COMPONENTES ADICIONALES

Si bien ya se cuenta con el sistema de generación (paneles solares fotovoltaicos), conversión (inversores) y acumulación (baterías), aún existen componentes adicionales que se deben contemplar en la instalación solar con el fin de proveer y garantizar el suministro eléctrico.

En primer lugar, se deben tener en cuenta los reguladores de carga de las baterías. Éste sistema cuenta con 3 funciones principales:

- Evita sobrecargas en la batería: una vez cargada completamente la batería, impide continuar cargando la misma. Así previene la generación de gases y la disminución del líquido en el interior de la batería; en consecuencia aumenta la vida de la batería.
- Impide la sobre-descarga de la batería en los periodos de luz solar insuficiente: una vez que la batería esté descargada, evita que la misma continúe suministrando corriente a la instalación; en consecuencia aumenta la vida de la batería.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.

En tanto, existen dos tecnologías distintas en términos de reguladores de carga. Los sistemas más sencillos son denominados PWM y tienen la posibilidad de mantener la tensión de trabajo del sistema de generación y únicamente pueden trabajar en 12v y 24v. Por otro lado, la tecnología más compleja se denomina MPPT. Estos reguladores tienen la

posibilidad de transformar (ya sea disminuir o aumentar) la corriente que circula por sistema. Es decir, que si el regulador de carga MPPT, recibe una corriente de 24 v de entrada, éste la puede ampliar a 48 v. La particularidad de la tecnología es que cuentan con la posibilidad de trabajar con 12 v, 24 v y 48 v.

Por tal motivo, en el presente proyecto se ha determinado la instalación de 4 reguladores de carga con tecnología MPPT de 60 A. (Ver Anexo IV)

Para finalizar con los materiales necesarios con el fin de llevar a cabo la instalación solar fotovoltaica, se deben contemplar la perfilería (soportes de aluminio de los paneles solares), materiales eléctricos (cableado de interior y de exterior, cajas de conexión, terminales, termo magnéticas, bobinas eléctricas, etc.) y el tablero de distribución, desde el cual se controla el sistema general de suministro eléctrico.

Luego de finalizar el dimensionamiento acorde a las necesidades del centro de investigación, se puede concluir que los elementos necesarios para garantizar el suministro eléctrico por un periodo superior a los 30 años y asegurar una autonomía superior a los 3 días, son:

- 32 Paneles solares de 240 8A watts c/u
- 80 Baterías de acido-plomo de 225 Ah 6v c/u
- 2 Inversores - Cargadores 3500w 48v/220v c/u
- 3 Reguladores de carga MPPT 60 A

- Perfilería
- Materiales eléctricos
- Tablero de distribución

Es importante destacar que los paneles solares no cuentan con una vida útil acotada a los 30 años. Esto quiere decir, que los mismos no dejan de funcionar tras 30 años de uso. Lo que ocurre, es que los paneles solares pierden un porcentaje de su eficiencia con el traspaso del tiempo.

En la Figura 27, se observa la pérdida de eficiencia que garantizan los productores de los paneles solares fotovoltaicos. Se puede notar, que aún transcurridos 25 años, los fabricantes garantizan una eficiencia del 80% por parte de los módulos.

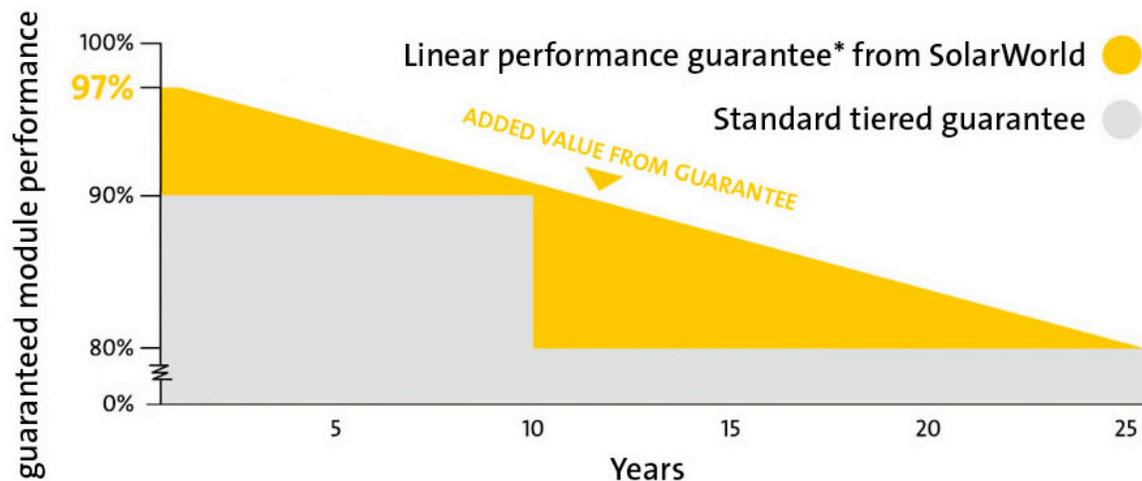


Figura 27: Garantía de eficiencia de paneles solares. Fuente: Solar World

Sin embargo, existen sistemas solares aún en funcionamiento lo cuales fueron instalados originalmente en la década de 1970 <sup>37</sup> [Pure Energies, 2014] .Es decir que con una vida útil superior a los 40 años (suponiendo que los mismos fueron instalados a mediados de la década del '70).

## 5.2.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

A continuación en la Tabla 3 se pueden observar los detalles técnicos de la instalación correspondiente:

Tabla 3: Especificaciones técnicas del sistema a instalar. Fuente: Elaboración propia

Datos del sistema	
Tensión de trabajo	48 Vt [V]
Demanda de energía [E2]	26032 Wh/día
$I_{d2} = (\text{demanda de energía}) / V_t$	542 Ah
Potencia simultánea	6115 w
Factor de seguridad	1.20 Fs
Horas efectivas de sol	5.50 HSP a 49°C

Corrientes del sistema	
Máxima corriente de carga	278.40 A
Máxima corriente de consumo	127.40 A
Corriente continua de circuito	434.30 A
Corriente de seguridad (1.25)	348.00 A

Sistema eléctrico	
Potencia Simultanea	7000 w
Potencia pico	24400 w
Onda	Senoidal pura
Cargador	Si

Tabla 3: Especificaciones técnicas del sistema a instalar (cont.). Fuente: Elaboración propia

<b>Arreglo</b>	
Series	16
Módulos por serie	2
Potencia instalada	7680 Wp
Superficie requerida por paneles solares	52.8 m <sup>2</sup>
Peso total de paneles solares	736 kg.

<b>Almacenamiento</b>	
Capacidad del banco	2500 Ah
Energía acumulada	120000 Wh
Profundidad de descarga diaria	21.69%
Ciclo de vida esperada	7.95 años

<b>Banco de baterías</b>	
Días de autonomía	3 Días
Profundidad de descarga	0.70
Peso	2240 kg.
Área ocupada	10 m <sup>2</sup>

En la Tabla 3 se puede observar en detalle las características técnicas del sistema solar a instalar. Bajo el subtítulo “Datos del Sistema”, la información más importante a tener en cuenta es la tensión de trabajo de entrada es de 48 v (tal como se detalló anteriormente), la energía diaria generada en invierno (26032 Wh), la potencia instalada simultánea (6115 W) y el promedio anual de las horas efectivas de sol.

Por otro lado, en cuanto al sistema de conversión, se puede notar que la potencia simultanea del sistema eléctrico es de 7000 W (superior a los 6115 W instalados) y que se toleran picos de consumo (máximo de 1 minuto) de 24400 W. Esto implica, por ejemplo, cuando se enciende una heladera, el motor de la misma requiere un pico de consumo y luego reduce su requisito energético a un consumo constante.

Adicionalmente, se puede observar tanto la superficie requerida por los paneles solares (52.8 m<sup>2</sup>), como así también el peso de los mismos (736 Kg.). Ésta información es de suma importancia para definir la ubicación de los paneles y determinar los materiales de construcción sobre los que se apoyarían los generadores solares.

En términos del sistema de acumulación, el sistema completo con una descarga del 100%, brinda una energía acumulada de 120.000 Wh, equivalentes a 120 kWh. Por otro lado, se puede notar que la vida útil esperada del sistema de acumuladores es prácticamente 8 años (7.95 años), con una profundidad de descarga diaria esperada de 21.69%.

Por último, se puede observar el detalle de la superficie requerida para la instalación del sistema de acumulación (10 m<sup>2</sup>) y el peso total de las 80 baterías (2240 kg).

En tanto, la Tabla 4 detalla la energía eléctrica consumida por el centro de interpretación es prácticamente constante a lo largo del año, mientras que la energía generada varía considerablemente dependiendo de la intensidad de la luz y longitud de onda de la luz del sol.

Dado que el sistema solar se proyecta con uso anual, se debe lograr abastecer un porcentaje mayor al 100% en todos los meses del año. En este caso particular, se plantea una generación del 107% en el mes de Junio (mes de menor generación).

Por otro lado, en los meses de mayor radiación solar, se logra generar un excedente de energía eléctrica, el cual puede ser utilizado para cargar las baterías en un periodo de tiempo más acotado o bien también con el fin de abastecer electrodomésticos de uso estacional (por ejemplo: ventiladores).

Tabla 4: Energía eléctrica generada mes a mes. Fuente: Elaboración propia

Parámetro de instalación fija / Energía generada	Parámetro de instalación fija / Energía generada											
	En.	Feb.	Mar.	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Angulo → HSP 49.00	5.55	5.59	5.55	5.46	4.98	4.85	5.01	5.74	6.00	5.92	5.74	5.59
Días en el mes	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
Días de NO SOL	1.43	3.35	4.07	5.56	3.89	5.76	3.55	3.73	4.09	3.92	3.57	2.20
Días efectivos	29.57	24.65	26.93	24.44	27.11	24.24	27.45	27.27	25.91	27.08	26.43	28.80
Generada [kWh/mes]	991	902	991	943	889	838	895	1025	1037	1057	992	998
Consumida [kWh/mes]	807	729	807	781	807	781	807	807	781	807	781	807
% cobertura solar	123%	124%	123%	121%	110%	107%	111%	127%	133%	131%	127%	124%
Excedente [kWh/mes]	184	173	184	163	82	57	88	218	256	250	211	191
Excedente [kWh/día]	6	6	6	5	3	2	3	7	9	8	7	6
Factor conversión CO2	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Kg CO2 Emitido x consumo	296	267	296	287	296	287	296	296	287	296	287	296
Kg CO2 Solar ahorrado	364	331	364	346	326	308	328	376	380	388	364	366
% de ahorro CO2	123%	124%	123%	121%	110%	107%	111%	127%	133%	131%	127%	124%

En la tabla anterior, no solo se puede observar la cantidad de energía generada en los distintos meses del año, sino que también se logra determinar el excedente de energía con el que se contará mes a mes.

En la Figura 28, se demuestra de manera gráfica los excedentes mensuales de energía eléctrica debido a que el consumo es prácticamente constante a lo largo del año,

mientras que la generación es variable como consecuencia en las diferencias de radiación solar durante el periodo anual.

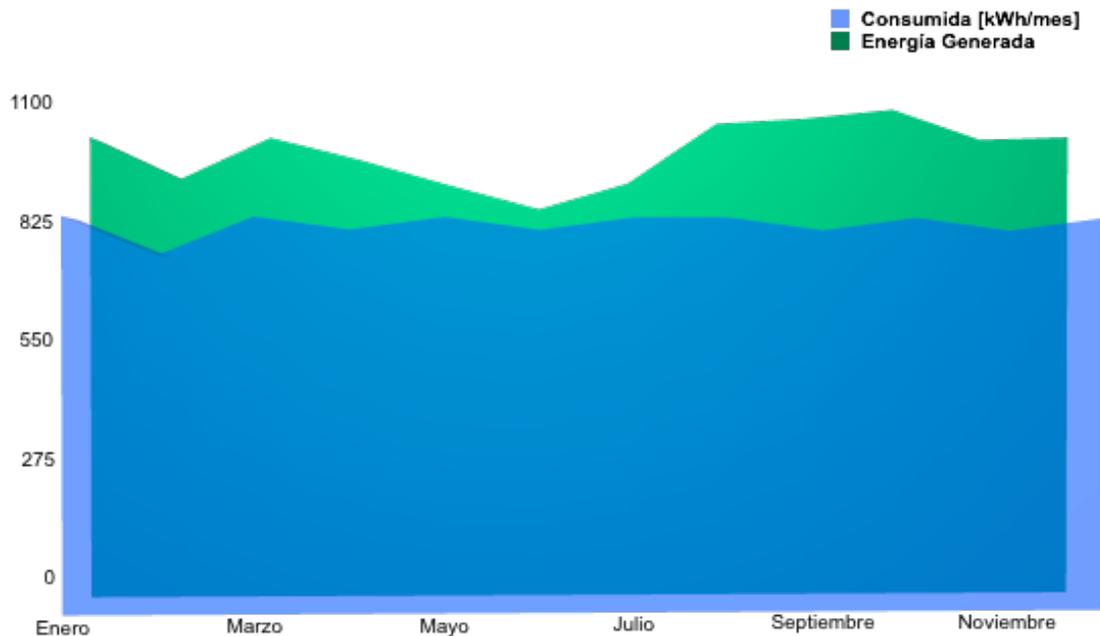


Figura 28: Gráfico comparativo entre energía generada y consumida. Fuente: Elaboración propia

Para resumir, un sistema de energías limpias y renovables (solar fotovoltaica), puede lograr abastecer, aún en los meses de menor generación, la totalidad de la demanda energética por parte del centro de investigación paleontológico. De esta manera, el Parque Nacional Ischigualasto comparte, representa e implementa su premisa de respetar y preservar el medio ambiente.

Adicionalmente, dicha instalación brinda los siguientes beneficios:

- Generación y provisión de energía eléctrica de manera anual
- Seguridad eléctrica
- Autonomía frente a periodos de baja/nula generación
- Independencia energética
- Provisión de energía de forma gratuita
- Independiente de aumentos tarifarios
- Larga vida útil (mayor a 30 años)
- Sistema desmontable y portátil
- No genera ruidos molestos
- Sistema sin generación de GEI durante su vida útil

### 5.2.7 PREVISION DE LA CONSTRUCCION E INSTALACION SOLAR

El anteproyecto de construcción del centro de interpretación cuenta con un laboratorio especializado a la investigación y desarrollo tanto geológica como también paleontológica; adicionalmente cuenta con una cafetería, una zona de recreación y habitaciones para los científicos y trabajadores locales.

En la Figura 29, se logra observar una predicción (una imagen 3D) de cómo luciría el centro de investigación una vez concretada su construcción.

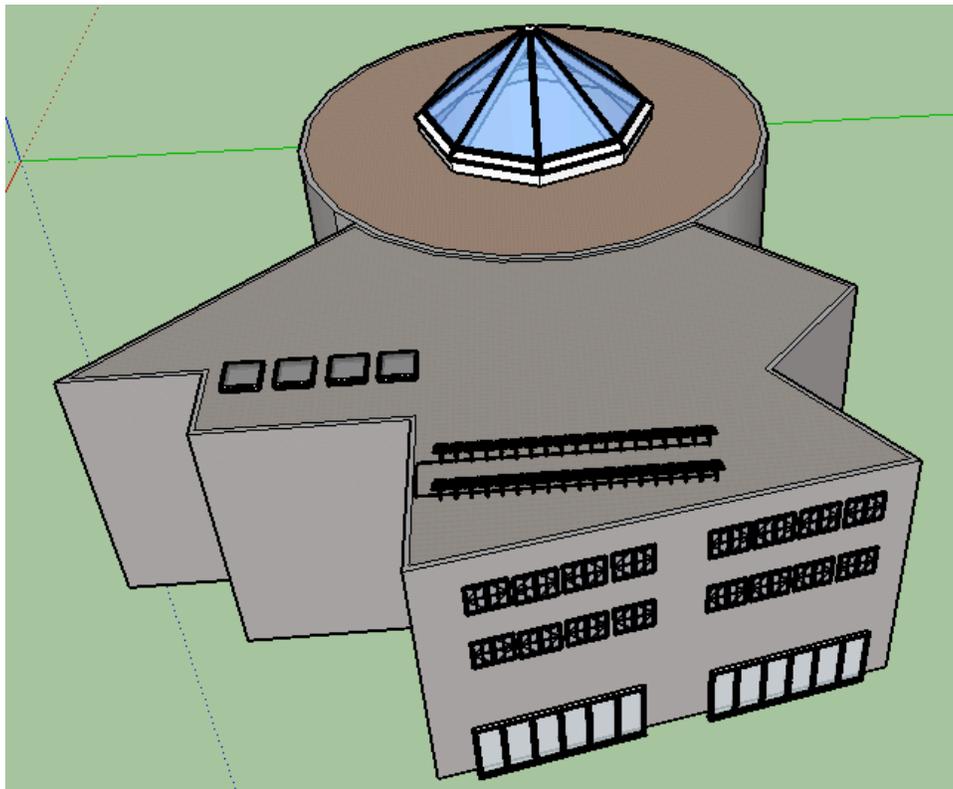


Figura 29: Render del centro de interpretación. Fuente: Elaboración propia

En tanto, en la Figura 30, se observa la disposición final de los paneles solares a instalar en la azotea de la construcción. Se logran apreciar 2 series de 16 módulos fotovoltaicos, los cuales representan un total de 32 paneles solares en conjunto.

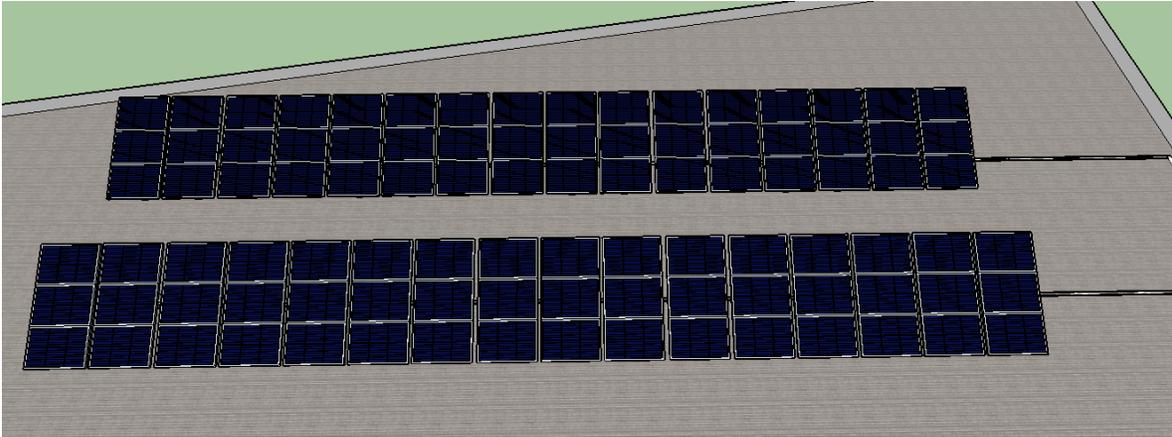


Figura 30: Render de instalación solar. Fuente: Elaboración propia

Por último, se puede observar en la Figura 31, los componentes adicionales del sistema solar (2 inversores, 80 baterías, 3 reguladores de carga y los componentes eléctricos y de seguridad correspondientes). A partir de los inversores (se obtiene corriente alterna 220v), se alimenta el tablero principal del centro, abasteciendo la totalidad de los artefactos eléctricos instalados en el mismo.



Figura 31: Render de tablero de sistema solar. Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar la factibilidad técnica, se puede concluir también la factibilidad ocupacional en cuanto a las superficies requeridas por los distintos componentes del sistema solar, ya que estos no requieren grandes superficies, en relación al área disponible en el predio, tanto internamente, como así también a la intemperie.

### **5.3 ENERGIA TRADICIONAL**

El sistema de energía a partir de recursos no renovables es factible en cualquier zona geográfica que cuente con tendido eléctrico o bien se encuentre cercano a uno. Por tal razón, se puede confirmar que el centro de interpretación dentro del Parque Nacional Ischigualasto, puede ser abastecido mediante la generación de electricidad a partir de fuentes tradicionales. Es decir, mediante la quema de recursos no renovables y consecuentemente, el impacto ambiental mensual que ello conlleva a emitir a la atmósfera.

Sin embargo, es importante destacar que el Parque Nacional no cuenta con el suministro eléctrico en la actualidad, por lo que se debería analizar la confección e instalación del tendido eléctrico desde el sistema de red público más cercano.

En este caso particular, se cuenta con dos localidades “cercanas” al Parque Nacional. La alternativa más próxima se encuentra situada en la localidad de San Agustín del Valle Fértil a una distancia superior a los 80 km en dirección Sureste con respecto al PN. En tanto, en dirección Oeste, se encuentra la localidad de Huaco, a una distancia superior a los 85 km de distancia.

Si bien la factibilidad técnica de la instalación no se pone en cuestión, se debe contemplar que el Parque Nacional, debería tomar responsabilidad por la instalación, el mantenimiento del tendido, la pérdida de armonía visual en el entorno y los costos

económicos involucrados tanto en la inversión inicial como así también en el costo operativo del sistema.

En tanto, se debe recordar que en el caso de conectarse a la red pública, se debe abonar el costo mensual del servicio, el cual se encuentra sujeto al consumo eléctrico del centro de investigación. Por otro lado, dicha tarifa mensual puede sufrir variaciones considerables en los costos impuestos por la cooperativa local, encargada de proveer la electricidad en la zona.

Como consecuencia, previo a la instalación del tendido eléctrico, se debe considerar y analizar los siguientes aspectos:

- Inversión inicial en la instalación del tendido eléctrico
- Costo mensual del servicio
- Vulnerabilidad frente a aumentos tarifarios
- Mantenimiento técnico del tendido eléctrico
- Dependencia del suministro público
- Vulnerabilidad frente a cortes de luz
- Impactos ambientales de la instalación del sistema
- Impacto ambiental del suministro eléctrico a partir de fuentes no renovables
- Impacto visual dentro del Parque Nacional
- Tiempos de instalación

Por otro lado, es importante destacar que la filosofía principal de los parques nacionales es el estudio, prevención y recuperación de los recursos naturales, por lo que la utilización de combustibles fósiles no apoyaría la ideología de la conservación y prevención.

Adicionalmente, existe también una alternativa asociada a la quema de combustibles fósiles que no implica la instalación y mantenimiento del tendido eléctrico. Dicha posibilidad, conlleva a la instalación de un grupo electrógeno.

Sin embargo, ésta alternativa se descarta completamente ya que tiene una gran variedad de desventajas:

- Consumo in-situ de combustible fósil
- Logística de transporte de combustible
- Costo operativo de energía y de transporte
- Inconsistente con la filosofía de prevención y cuidado del medio ambiente por parte del PN
- Generación de ruidos molestos durante el consumo de energía eléctrica
- Posibilidad de intoxicación de monóxido de carbono (CO)

#### **5.4 IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ENERGIAS CONSIDERADAS**

Originalmente, se planteó la hipótesis de abastecer el centro de interpretación mediante la generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica, solar y convencional (quema de combustibles fósiles por medio de la red eléctrica pública y la instalación del tendido eléctrico). Sin embargo, se ha descartado la alternativa eólica debido a la inconsistencia de los vientos de la zona.

Por lo tanto, se procederá a analizar el impacto ambiental de la instalación solar, como así también la alternativa de generación a partir de fuentes de energía tradicional.

Por su parte, el impacto ambiental de ambas alternativas, dependerá directamente de los siguientes factores:

- Energía requerida para la fabricación de los insumos/materia prima
- Energía requerida para la instalación
- Energía requerida para el mantenimiento del sistema
- Energía consumida mensualmente
- Capacidad de traslación por parte del suministro eléctrico
- Vida útil de la instalación

En primer lugar se analizará el impacto ambiental de la alternativa de generación eléctrica a partir del recurso solar.

La producción de paneles solares se ha desarrollado fuertemente en las últimas décadas, especialmente en los últimos años, lo cual ha generado un avance tecnológico considerable a la hora de analizar la energía requerida para la fabricación de los módulos solares.

Tal como se puede apreciar en la Figura 32, la Tasa de Retorno Energética (TRE), también conocida como EPBT (Energy PayBack Time), ha disminuido considerablemente en los últimos años debido a la reducción en el uso de insumos para la fabricación de paneles solares fotovoltaicos.

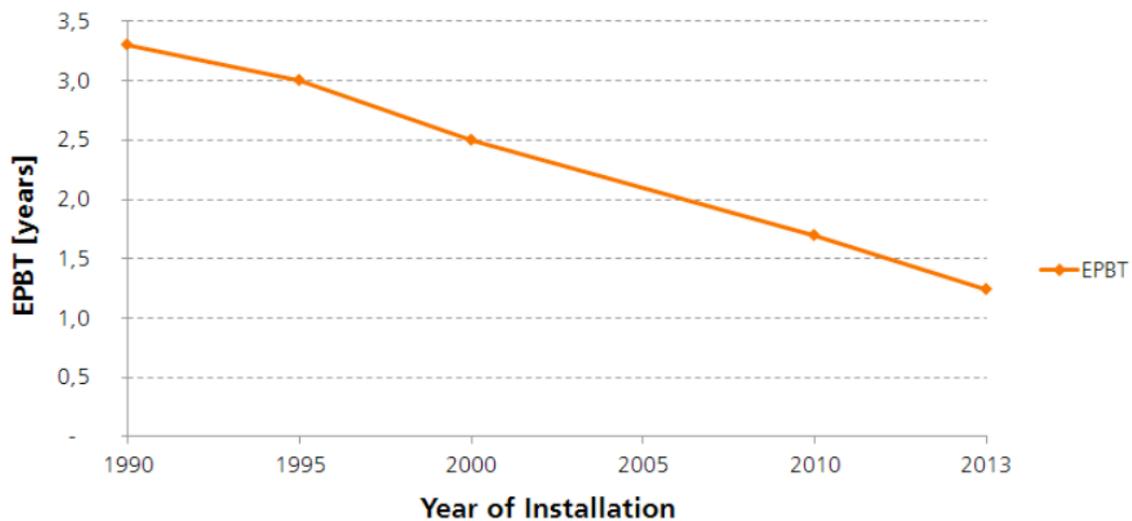


Figura 32: TRE de paneles solares. Fuente: EPIA Sustainability Working Group Fact Sheet

Por otro lado, se debe considerar que los paneles fotovoltaicos no son el único componente del sistema solar, por lo que se debe contemplar la energía consumida para la fabricación de el resto de los componentes. En la Figura 33, se logra observar en detalle las proporciones de energía consumida, requerida para la producción de la totalidad de componentes del sistema de energía solar.

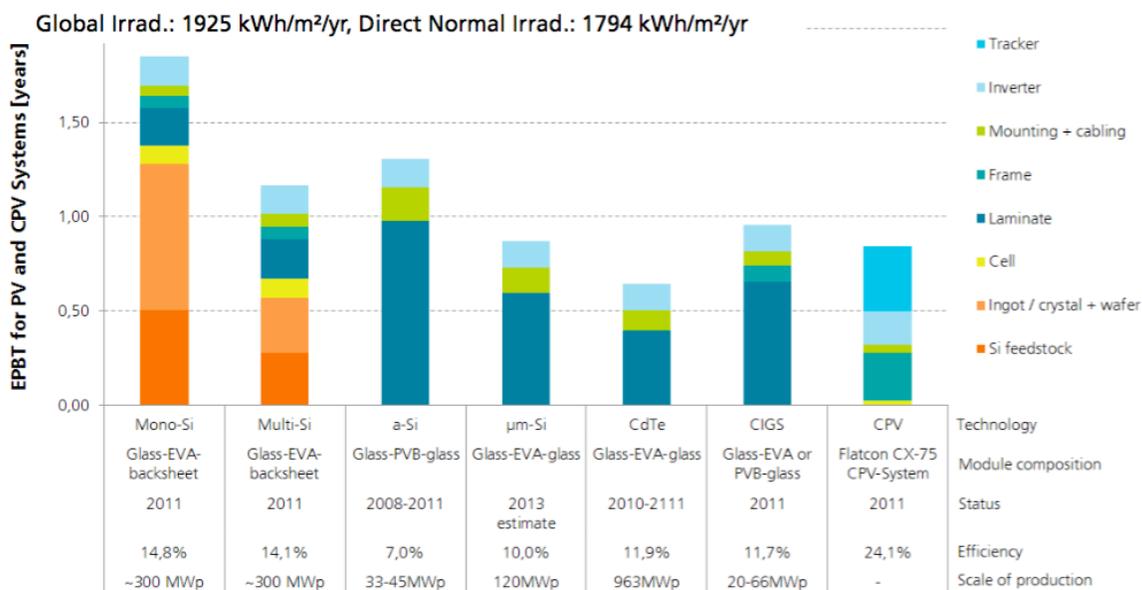


Figura 33: TRE de la totalidad de componentes del sistema solar. Fuente: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE

“Surge de esta exposición, que los componentes del sistema de generación in-situ cuenta con una tasa de retorno energético de 1.5 años. Es decir, que se recupera la energía destinada para la fabricación de los insumos, en 18 meses. De tal forma, dicho sistema genera energía limpia, libre de emisiones de CO<sub>2</sub>e (dióxido de carbono equivalente) por un periodo superior a los 28.5 años (si se considera una vida limitada a los 30 años)”.<sup>38</sup>  
 [Fraunhofer, 2015]

De esta forma, se logra generar una totalidad de 260.062 kWh de energía eléctrica completamente limpia, los cuales representan ahorro de emisión cercano a los 180.000 kg. de CO<sub>2</sub>e, de acuerdo a los cálculos realizamos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, según sus siglas en inglés) de Estados Unidos.

Por otro lado, en cuanto a la energía convencional, se tendrá en cuenta únicamente el impacto ambiental del consumo mensual del centro de interpretación, por un periodo total de 30 años. Es decir, que no se tendrá en cuenta el impacto ambiental de la instalación del tendido eléctrico.

En tanto, si se considera el consumo diario de 25 kWh y se contempla un uso anual se obtiene el siguiente consumo anual:

$$25 \text{ kWh} \times 365 \text{ días} = 9125 \text{ kWh anuales}$$

Por lo tanto, el consumo energético total a lo largo de 30 años, es el siguiente:

$$9125 \text{ kWh} \times 30 \text{ años} = 273.750 \text{ kWh}$$

Si se considera la matriz energética del país (con un 85% aproximadamente proveniente de los combustibles fósiles), el impacto ambiental de el consumo de energía eléctrica a partir del sistema tradicional, implica la emisión de 188.765 Kg. de CO<sub>2</sub>e a la atmósfera.

“En conclusión, si se compara el impacto ambiental de ambas tecnologías, se puede determinar claramente que la alternativa de generación a partir del recurso solar, implica un ahorro de emisiones equivalentes a 179.325 kg. de CO<sub>2</sub>e”.<sup>39</sup> [Environmental Protection Agency, 2015]

En la figura 34, se observa la equivalencia de dicha emisión. Por ejemplo, se ahorra la emisión de un vehículo utilizado 426.963 millas (683.140 km) o el equivalente a “quemar” 20.718 galones (78.314 litros) de combustible fósil.

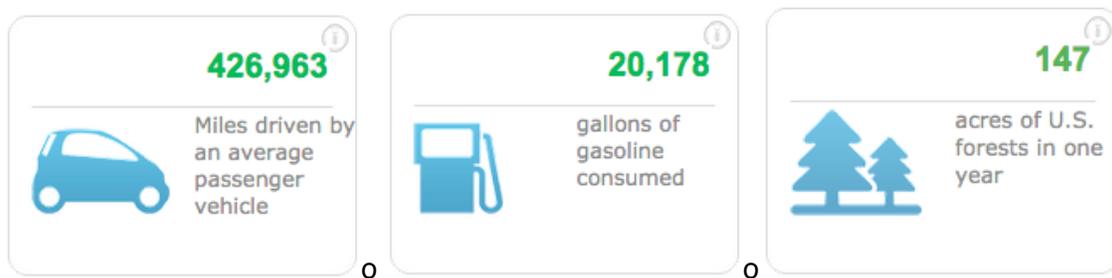


Figura 34: Equivalencias de CO<sub>2</sub>e. Fuente: EPA (Environmental Protection Agency)

Por otro lado, el ahorro de emisiones implicado en una instalación solar, es equivalente a el carbón absorbido por un total de 60 hectáreas de bosque.

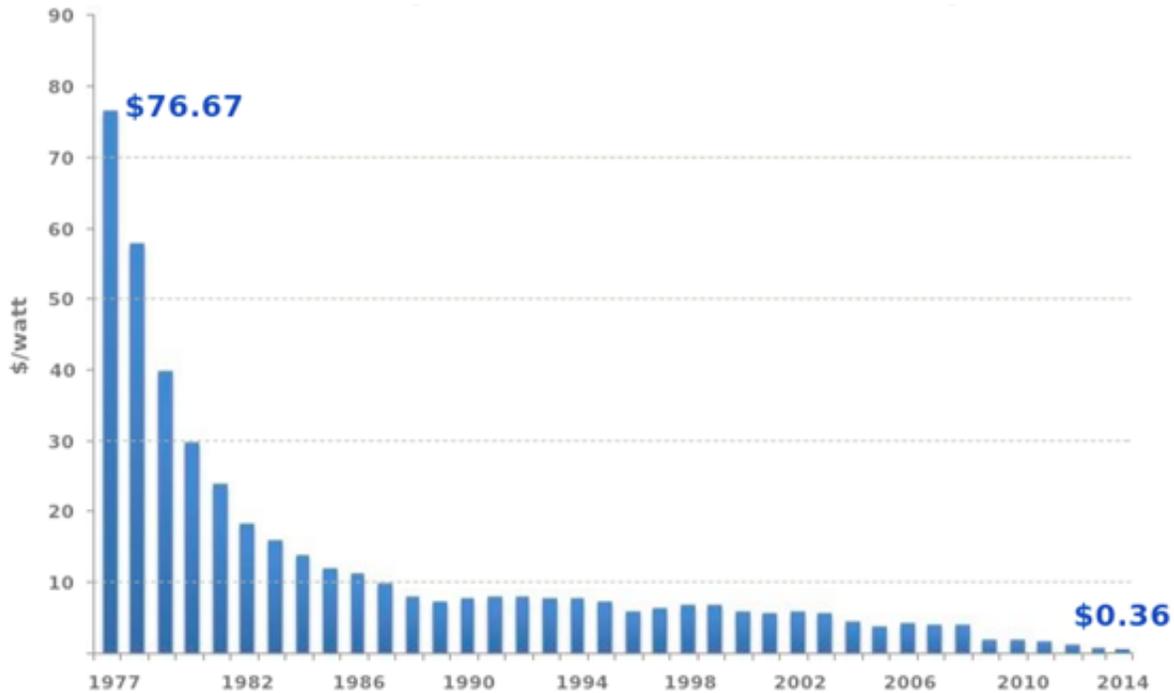
## 5.5 ASPECTOS ECONOMICOS DEL PROYECTO

Tal como se ha comentado anteriormente, se consideran dos alternativas posibles a la hora de energizar el centro de investigación. Ellas son la alternativa basada en el recurso solar o bien la posibilidad de confeccionar el tendido eléctrico hasta el Parque Nacional y así, abastecer el requisito energético mediante la quema de combustibles fósiles.

Por un lado, las energías renovables (específicamente la energía solar), son tecnologías relativamente modernas que aún no han atravesado un proceso de desarrollo por completo. Dicha falta de desarrollo tecnológico implica dos inconveniente centrales.

“En primer lugar, si bien el costo de la tecnología se ha reducido considerablemente en los últimos 5 años (reducciones mayores al 80%), aún no se ha logrado alcanzar un valor accesible para la totalidad de la población”.<sup>40</sup> [The International Renewable Energy Agency, 2014]

En la Figura 35, se puede observar la tendencia descendente en los costos internacionales de los paneles solares fotovoltaicos. Los valores en la siguiente ilustración, corresponden a los costos por watt.



Source: Bloomberg, New Energy Finance & pv.energytrend.com

Figura 35: Tendencia de costos de paneles solares. Fuente: Forbes (Solar Energy Revolution: A Massive Opportunity)

Los costos asociados a los generadores solares, aumentan considerablemente en la República Argentina, dado que al tratarse de tecnologías de fabricación extranjera, se les aplica un impuesto considerable, lo cuál convierte a la tecnología en una inversión menos atractiva.

En segundo lugar, la falta de desarrollo tecnológico, implica una eficiencia de los paneles solares relativamente baja (en el orden del 14-20% de eficiencia de conversión a electricidad). En la Figura 36, se logra observar la tendencia ascendente en la eficiencia lograda por las diferentes tecnologías de paneles solares.



Por lo tanto, si bien las energías renovables aún no son sumamente económicas, especialmente en la Argentina, es importante considerar y contemplar a la hora de realizar los cálculos, que las mismas generan energía eléctrica “gratuita” (una vez realizada la inversión inicial) por un periodo superior a los 30 años.

En el caso particular del centro de investigación situado en el Parque Nacional Ischigualasto, los componentes necesarios para concretar la instalación del sistema solar fotovoltaico se encuentran detallados en la Tabla 5 con sus respectivos costos unitarios y el monto de la inversión inicial total.

Tabla 5: Instalación Sistema Solar. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Panel Solar 240w	32	\$6.000	\$192.000
Inversor - Cargador 3500w	2	\$30.000	\$60.000
Batería 225Ah 6v	80	\$3.000	\$240.000
Regulador de carga MPPT 60A	3	\$10.000	\$30.000
Perfilería	32	\$800	\$25.600
Tablero de distribución	1	\$5.000	\$5.000
Materiales eléctricos	1	\$25.000	\$25.000
Mano de obra	1	\$25.000	\$25.000
<b>Total Inversión inicial</b>			<b>\$602.600</b>

La inversión inicial que se debe realizar por parte del Parque Nacional por el sistema solar fotovoltaico llave en mano (es decir, garantizando el correcto funcionamiento y puesta en marcha), es de \$602.600.

Sin embargo, no todos los componentes del sistema cuentan con una vida útil superior a los 30 años (sistemas fotovoltaicos) o indefinida (convertidores de tensión, reguladores de carga, perfilería, etc.). Las baterías, por su parte, cuentan con una vida útil considerablemente más acotada. De acuerdo a los cálculos realizados (ver Anexo II), la vida útil estimada de las baterías es de 7.95 años (se considerarán 8 años de duración con el fin de simplificar los cálculos económicos de reposición).

En tanto, suponiendo que la tecnología aplicada a las baterías no sufra una revolución tecnológica en términos técnicos y/o económicos, se deberá proceder a realizar 3 cambios de baterías en el transcurso del periodo previsto de utilización del sistema. Lo cual supone inversiones posteriores equivalentes a \$720.000 ( $\$240.000 \times 3$ ).

Por lo tanto, se consideran las siguientes inversiones en relación al sistema de generación a partir del recurso solar:

Tabla 6: Inversiones totales del sistema solar. Fuente: Elaboración propia

Inversiones	Año 1	Año 8	Año 16	Año 24	Total Gral
<b>Sistema de generación</b>	\$362.600				\$362.600
<b>Baterías</b>	\$240.000	\$240.000	\$240.000	\$240.000	\$960.000
<b>Total Inversiones</b>	\$602.600	\$240.000	\$240.000	\$240.000	<b>\$1.322.600</b>

Sin embargo, se debe contemplar que las baterías requieren un mantenimiento trimestral mínimo. El mismo consisten el controlar el nivel de líquido (agua destilada) en las baterías y agregar el fluido en caso necesario. Se calcula una botella de agua destilada de 500 ml, por cada serie (8 baterías) por año. El costo de las 10 botellas anuales, tiene un valor \$200. Asimismo, se debe considerar también la mano de obra para la correcta revisión, la cual será monetizada en un gasto anual de \$2.000.

Por lo tanto, si se considera que la inversión inicial, sin baterías, tiene una periodo de amortización de 10 años, se considera un valor anual de amortización de \$36.260. Adicionalmente, al contar con una vida útil de 8 años, las baterías se amortizan por un valor de \$30.000 anuales.

En tanto, en la tabla 7 se pueden observar los gastos totales asociados a el sistema solar

Tabla 7: Gastos totales del sistema solar. Fuente: Elaboración propia

Gastos	Años 1 a 10	Años 11 a 30	Total Gral
Amort. Sist. generación	\$36.260		\$362.600
Amort. Baterías	\$30.000	\$30.000	\$900.000
Otros	\$2.200	\$2.200	\$66.000
<b>Total Gastos</b>	<b>\$68.460</b>	<b>\$32.200</b>	<b>\$1.328.600</b>

Así mismo, si se desea dolarizar los gastos, con el fin de no considerar la inflación en el país con el traspaso de los años, el gasto total, lo largo de los 30 años, se considera lo siguiente:

$1.328.600 / 9.25 = \text{U}\$143.633$  (según tipo de cambio vendedor del BCRA al momento de realizar el presente análisis,  $\text{U}\$1 = \$9.25$ )

En tanto, si bien el sistema solar FV genera una energía mayor a los 750 kWh mensuales requeridos por el centro de investigación (dado a que la radiación solar de verano implica una mayor generación eléctrica), se considerará que el sistema genera:

**Energía total generada sistema FV = 750 (kWh) x 12 (meses) x 30 años = 270.000 kWh**

Finalmente, en la tabla 8, se puede observar la relación del costo de kWh en Pesos Argentino y en Dólares Americanos.

Tabla 8: Costo del kWh mediante la energía solar. Fuente: Elaboración propia

Gastos Estimados	Energía consumida anualmente	Costo kWh
\$1.328.600	270.000 kWh	\$4.92/kWh
U\$143.633	270.000 kWh	U\$0.53/kWh

De esta manera, si bien se debe realizar una inversión considerable, no es un presupuesto exorbitante; no existen costos operativos mensuales, no se debe realizar un

mantenimiento del tendido eléctrico, no implica una logística de transporte de combustible y se genera una independencia del sistema convencional, la cual no se encuentra expuesta a posibles aumentos tarifarios futuros en la provisión de energía eléctrica.

Por otro lado, con respecto a la posibilidad de abastecer el centro de interpretación con energía convencional, se debe considerar que se debe proceder a realizar el tendido eléctrico desde la localidad de San Agustín del Valle Fértil, la cual se encuentra a 80 km de distancia.

Es por ello, que se deberían afrontar las siguientes inversiones:

Tabla 9: Inversión total sistema tradicional. Fuente: Elaboración propia

Inversiones	Año 1	Total Gral
Tendido eléctrico	\$12.000.000	\$12.000.000
<b>Total Inversiones</b>	<b>\$12.000.000</b>	<b>\$12.000.000</b>

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el costo mensual de la energía consumida por el centro de investigación, como así también, se debe considerar el mantenimiento anual que se le debe realizar a las líneas del tendido eléctrico.

Si se tiene en cuenta un periodo de 30 años de vida útil en consideración y se supone que la tarifa energética no se ajusta por inflación (prácticamente imposible), los

gastos relacionados a el sistema de generación eléctrica a partir de la quema de combustibles fósiles, se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 10: Gastos totales conectados a el sistema convencional. Fuente: Elaboración propia

Gastos	Años 1 a 10	Años 11 a 30	Total Gral
<b>Amort. Tendido eléctrico</b>	\$1.200.000		\$12.000.000
<b>Gastos por consumo</b>	\$18.000	\$18.000	\$540.000
<b>Mantenimiento</b>	\$5.000	\$5.000	\$150.000
<b>Total Gastos</b>	\$1.223.000	\$23.000	<b>\$12.690.000</b>

Por último, si se desea conocer con el costo unitario de la energía eléctrica a partir de los combustibles fósiles, se puede observar lo siguiente:

Tabla 11: Costo del kWh mediante la energía tradicional. Fuente: Elaboración propia

Gastos Estimados	Energía consumida anualmente	Costo kWh
\$12.690.000	270.000 kWh	\$47/kWh
U\$S1.371.892	270.000 kWh	U\$S5.08/kWh

De esta manera, se logra determinar que costo unitario de energía a partir del recurso tradicional, es prácticamente 10 veces superior al costo unitario a partir del recurso solar.

Adicionalmente, el centro de interpretación quedaría completamente sujeto a la provisión de energía eléctrica por parte de la cooperativa de la zona y se encuentra totalmente vulnerable frente a cortes de luz y posibles aumentos tarifarios.

Por último, en caso de que el centro de interpretación se desea trasladar a otra ubicación geográfica con propósitos de avanzar en términos de investigación y ciencia, el tendido eléctrico se debería prolongar nuevamente, hasta la ubicación deseada, aumentando considerablemente la inversión necesaria.

En conclusión, se pueden observar los valores económicos de ambas alternativas en la siguiente tabla:

Tabla 12: Cuadro comparativo económico entre ambas alternativas. Fuente: Elaboración propia

Descripción	Energía Solar	Tendido Eléctrico
Inversión \$	\$1.322.600	\$12.000.000
Inversión U\$S	U\$S142.984	U\$S1.371.892
Total Gastos	\$1.328.600	\$12.690.000
Costo kWh \$	\$4.92/kWh	\$47/kWh
Costo kWh U\$S	U\$S0.53/kWh	U\$S5.08/kWh

## **6 CONCLUSIONES**

El objetivo básico de los Parques Nacionales es asegurar la conservación de sus valores naturales. Se trata de una figura de protección que lleva aparejado un régimen jurídico especial al objeto de asegurar dicha conservación.

Los Parques Nacionales son espacios singulares, escasos y desde luego infrecuentes. Son lugares en los que prima la "no intervención" y en los que el principio es permitir el libre devenir de los procesos naturales.

Adicionalmente, los Parques Nacionales tienen el objetivo de estar al servicio de la investigación y del aumento del conocimiento científico; como así también permitir a la comunidad el acceso a los valores naturales ubicados dentro del PN.

El Parque Nacional Ischigualasto es un área protegida con la intención de preservar, conservar e investigar su particular riqueza en términos paleontológicos y geológicos.

Para ello, se plantea la posibilidad de construir un nuevo centro de interpretación de última generación con el fin de hacer foco en la toma de muestras fósiles y posterior análisis científico especializado.

En tanto, el nuevo centro de interpretación requiere un extenso listado de artefactos, electrodomésticos, luminarias y bombas de agua, los cuales requieren energía eléctrica para lograr su funcionamiento.

Por lo tanto, se consideran tres posibles alternativas de generación eléctrica con el fin de abastecer el consumo energético del PN. Del total de posibilidades, se contemplan dos tecnologías modernas denominadas energías renovables (energía eólica y energía solar) y la restante se trata del sistema convencional de provisión de energía eléctrica (la cual implica la quema de combustibles fósiles).

La primera de las energías renovables y respetuosas con el medio ambiente (energía eólica), se descarta ya que la información histórica (de los últimos 20 años) de los vientos en la zona, predice que en la ubicación geográfica en cuestión se encuentra latente la posibilidad de atravesar una gran cantidad de días continuos sin experimentar vientos moderados, por lo que se limita la generación de energía eléctrica. Si bien dicha eventualidad se podría contrarrestar mediante la instalación de un sistema de acumulación, la misma implica una incertidumbre en la provisión energética, mayor inversión inicial, mayores costos de mantenimiento y consecuentemente, mayores costos de reposición.

De tal forma, la hipótesis de abastecer el centro de interpretación mediante la generación de energía eléctrica a partir del recurso eólico, se rechaza y se deja de tener en consideración.

Por otro lado, se determina que el centro de interpretación a construirse dentro del Parque Nacional Ischigualasto, cuenta con la posibilidad de abastecerse energéticamente mediante el recurso solar.

La radiación solar del Noroeste Argentino, y en particular del Valle de la Luna, es excelente, lo que impacta positivamente en la posibilidad de generar energía eléctrica a partir de paneles solares, ya que al contar con unas de las mejores radiaciones solares del mundo, la cantidad de paneles solares a instalar disminuye considerablemente, lo cual reduce la inversión inicial del sistema de generación a instalar.

En tanto, mediante la generación de energía eléctrica a partir de paneles solares fotovoltaicos, no se requiere un sistema de acumulación de magnitudes extraordinarias, ya que los datos históricos de la zona revelan la baja probabilidad de ocurrencia de atravesar varios días seguidos sin radiación solar.

Adicionalmente, se determina la factibilidad técnica de abastecer el centro de investigación mediante una fuente tradicional (como lo es la quema de combustibles fósiles) de energía eléctrica.

Sin embargo, dicho abastecimiento implica la instalación del tendido eléctrico desde la localidad de San Agustín del Valle Fértil (80 km), lo cual implica un aumento en la inversión inicial.

A continuación, se presenta una Tabla (12) comparativa entre las ventajas y desventajas de ambas posibilidades de generación de energía eléctrica.

Tabla 12: Comparación del sistema solar y el tendido eléctrico. Fuente: Elaboración propia

	<b>Energía Solar</b>	<b>Tendido eléctrico</b>
<b>Factibilidad técnica</b>	Si	Si
<b>Congruencia con valores del PN</b>	Si	No
<b>Impacto visual</b>	Bajo	Alto
<b>Independencia energética</b>	Si	No
<b>Generación in-situ</b>	Si	No
<b>Vulnerabilidad frente a cortes de luz</b>	No	Si
<b>Vulnerabilidad frente a aumentos tarifarios</b>	No	Si
<b>Sistema desmontable</b>	Si	No
<b>Impacto ambiental mensual</b>	0	524 Kg. de CO <sub>2</sub> e
<b>Impacto ambiental total</b>	9.440 Kg. de CO <sub>2</sub> e	188.765 Kg. de CO <sub>2</sub> e
<b>Inversión inicial</b>	\$602.600	\$12.000.000
<b>Inversión de reposición de baterías</b>	\$720.000	\$0
<b>Gasto mensual operativo</b>	\$0	\$1.500
<b>Gasto anual de mantenimiento</b>	\$2200	\$5.000
<b>Costo total</b>	\$1.328.600	\$12.690.000
<b>Costo por kWh</b>	U\$S 0.53	U\$S 5.08

Se pueden observar a simple vista, una gran cantidad de ventajas relacionadas con el sistema de generación eléctrica a partir del recurso solar en comparación con el sistema tradicional.

El sistema de generación a partir de recursos renovables, es totalmente autónomo, limpio, silencioso y amigable con el medio ambiente y con la filosofía de prevención que comparte e incentiva el Parque Nacional.

En tanto, el sistema de generación a partir de la quema de recursos fósiles no puede garantizar seguridad eléctrica, el mismo se encuentra sujeto a posibles aumentos tarifarios y el mismo implica un impacto tanto visual como ambiental en el territorio a instalarse.

Por último, en términos económicos, resulta considerablemente más ventajoso invertir en la tecnología solar, ya que no solo la inversión y los gastos de mantenimiento son extremadamente inferiores a una instalación tradicional mediante tendido eléctrico y generación fósil, sino que también los costos operativos y la logística de mantenimiento.

En conclusión, luego de analizar las distintas alternativas, parámetros, inversiones e impactos ambientales de ambos sistemas de generación, se recomienda abastecer el nuevo centro de interpretación del Parque Nacional Ischigualasto, mediante la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

## ANEXO I (CANTIDAD DE AEROGENERADORES)

Teniendo en cuenta la curva de potencia del aerogenerador de 4500w y la distribución de Weibull de la zona, se puede calcular la cantidad de energía promedio diaria que generaría cada sistema eólico.

Para ello, se toma de referencia la distribución de Weibull de la zona (Figura 19) y se compara las distintas velocidades de la distribución con respecto a la curva de potencia del generador eólico (Figura 18).

Es decir, que al multiplicar la frecuencia de tiempo por la potencia entregada por el aerogenerador, se determina la cantidad de energía eléctrica a generar.

En este caso particular, cada aerogenerador de 4500w de potencia, genera en promedio, 11,5 kWh diarios de energía. En tanto, dado que el consumo energético del centro de interpretación se estima en 25 kWh diarios, se requerirían:

11,5 kWh ----- 1 Aerogenerador

25 kWh ----- X = 2, 17 Aerogeneradores

En tanto, al requerir un número entero de sistemas de generación, la cantidad de equipos necesarios se estima en 3 unidades.

Sin embargo, dicho análisis, se trata de un cálculo estimado ya que los vientos no son tan predecibles como el sol y son muy variables. Por lo tanto, no garantiza la generación constante de energía dado que los vientos son poco predecibles y la distribución de Weibull de la zona demuestra que existe una frecuencia muy elevada de días en los que la velocidad de vientos de la zona no alcanza la velocidad de corte inferior.

## ANEXO II (CANTIDAD DE PANELES SOLARES)

Para determinar la potencia de paneles solares que se deben instalar con el fin de generar un mínimo de 25 kWh diarios aún en invierno, se debe comenzar teniendo en cuenta las horas efectivas de sol en el peor escenario posible, a 49° como ya se ha fijado anteriormente. En este caso particular, las horas efectivas de sol en el mes de junio a 49° de inclinación, son 4.85 horas.

Tendremos en cuenta el requisito mensual de energía para simplificar la matemática. Es decir, que si se consumen 25 kWh diarios, ello implica que se consumen 750 kWh mensuales (25 kWh x 30 días).

Para ello, realizaremos la siguiente matemática. Si en el mes de Junio hay 4.85 horas efectivas de sol promedio,

$$750 \text{ kWh} < o = 4.85 \text{ (horas efectivas de sol)} \times \text{potencia solar a instalar}$$

$$\text{Potencia solar a instalar} = 750 \text{ kWh (consumo mensual)} / 4.85 \text{ (horas efectivas de sol)} / 30 \text{ días}$$

$$\text{Potencia solar a instalar} = 5.15 \text{ kW}$$

En el mercado argentino, la mayor potencia de paneles disponibles es de 240 watts (w) o 0.24 (kW) de potencia nominal o el equivalente a 170 w de potencia real (potencia corregida por temperatura, ya que los análisis de laboratorio se realizan a 25°C y la eficiencia de los paneles se reduce considerablemente debido mayores temperaturas).

Entonces, despejando,  $5.15 / 0.17 = 30.29$  paneles, redondeando a un numero par de paneles solares, ya que individualmente trabajan a 24 v y se ha determinado trabajar en serie en 48 v por una cuestión de mayor potencia de los inversores, se obtiene un total de 32 paneles solares de 240 w de potencia nominal.

De esta forma, se conoce la cantidad de paneles solares que se requieren para abastecer, aún en invierno, los 25 kWh diarios requeridos por el centro de investigación paleontológico.

### **ANEXO III (CANTIDAD DE BATERIAS Y VIDA UTIL)**

Si se desea realizar un correcto dimensionamiento de la capacidad y cantidad de acumuladores a instalar, es de suma importancia analizar los días de no sol en los distintos meses del año con la finalidad de determinar la cantidad de días de autonomía con la que se quiere contar en reserva energética

En este caso particular, el mes de menor generación (junio) coincide con el mes de mayor cantidad de días de no sol. Durante el mes de junio, en promedio, ocurren 5,76 días de no sol. Con el fin de simplificar las cuentas, se tomará en cuenta que de los 5,76 días de no sol en el mes, solo puede ocurrir la eventualidad de que la mitad (2.88 días) de ellos ocurran de manera continua. Ahora bien para redondear los números, se tendrán en cuenta tres días de autonomía en baterías.

Por ello, para calcular la cantidad de baterías, se debe conocer el voltaje y la carga eléctrica de las mismas. En este caso particular, se contemplan baterías de 225 Ah y 6 v, dado que brindan las mejores prestaciones y cuentan con la mejor relación costo-carga eléctrica.

En primer lugar, dado que el sistema trabaja con una tensión de entrada de 48 v, se deben instalar un número múltiplo de ocho (8 baterías x 6 v = 48 v).

Para continuar con los cálculos, se debe conocer la siguiente regla:

$$\text{carga eléctrica (Ah)} \times \text{voltaje (v)} = \text{energía acumulada (Wh)}$$

Para hacer un ejemplo sencillo, si se instalan 8 baterías de 225 Ah y 6 v en serie, se logra un sistema en 48 v, por lo que obtendremos:

$$225 \text{ (Ah)} \times 6 \text{ (v)} \times 8 \text{ baterías} = 10.800 \text{ Wh} = 10.8 \text{ kWh}$$

Tal como se planteó anteriormente, una descarga completa (100%) de las baterías puede dañarlas permanentemente, por lo que en este caso particular, se contemplará una descarga máxima del 70%, ya que de esta forma se puede garantizar una vida útil más prolongada de los acumuladores.

Por lo tanto, rehaciendo el ejemplo anterior, un banco de baterías de 8 acumuladores de 225 Ah en 48 v, obtenemos una energía disponible de:

$$225 \text{ Ah} \times 48 \text{ v} \times 70\% = 7.560 \text{ Wh} \text{ o el equivalente a } 7.56 \text{ kWh}$$

Avanzando con el cálculo final de las cantidad de baterías necesarias, se debe realizar el siguiente cálculo de energía acumulada requerida.

25 kWh (consumo diario) x 3 (días de autonomía) = 75 kWh o 75.000 Wh (energía acumulada requerida)

Finalmente, se puede determinar que la cantidad de acumuladores necesarios con el fin de brindar seguridad energética es de:

$75.000 \text{ Wh} = X \times 225 \text{ Ah} \times 48\text{v} \times 0.70$  , siendo **X** los bancos de baterías en paralelo

Banco de baterías en paralelo =  $75.000 \text{ Wh} / 225 \text{ Ah} / 48 \text{ v} / 0.70$

Banco de baterías en paralelo =  $9.92 \rightarrow 10$

**Número total de baterías requeridas** = 10 (bancos de baterías) x 8 (baterías en serie) = **80**

## **VIDA UTIL DE LAS BATERIAS**

La vida útil de las baterías depende de una numerosa cantidad de variables las cuales definen la cantidad de años que las mismas durarán.

En primer lugar, las reacciones químicas internas de las baterías dependen del voltaje y de la temperatura. A mayor temperatura, las reacciones químicas se aceleran. De tal forma, la profundidad de descarga de las baterías aumenta, resultando en una menor vida útil del acumulador. El calor es un enemigo de las baterías de acido-plomo, por lo que se recomienda, que las mismas se instalen en un lugar techado, cerrado, fresco y con ventilación cruzada. Esto último se debe, a que los acumuladores liberan una mínima proporción de hidrógeno cuando las mismas se cargan, por lo que se recomienda por cuestiones de seguridad, que el ambiente se encuentre ventilado.

Por otro lado, la vida útil de las baterías tiene una relación directamente proporcional del numero de ciclos de descarga de la misma. En la siguiente figura (37), se puede observar la cantidad de ciclos de descarga en relación a la profundidad de descarga diaria.

## TYPICAL CYCLE LIFE IN A STATIONARY APPLICATION

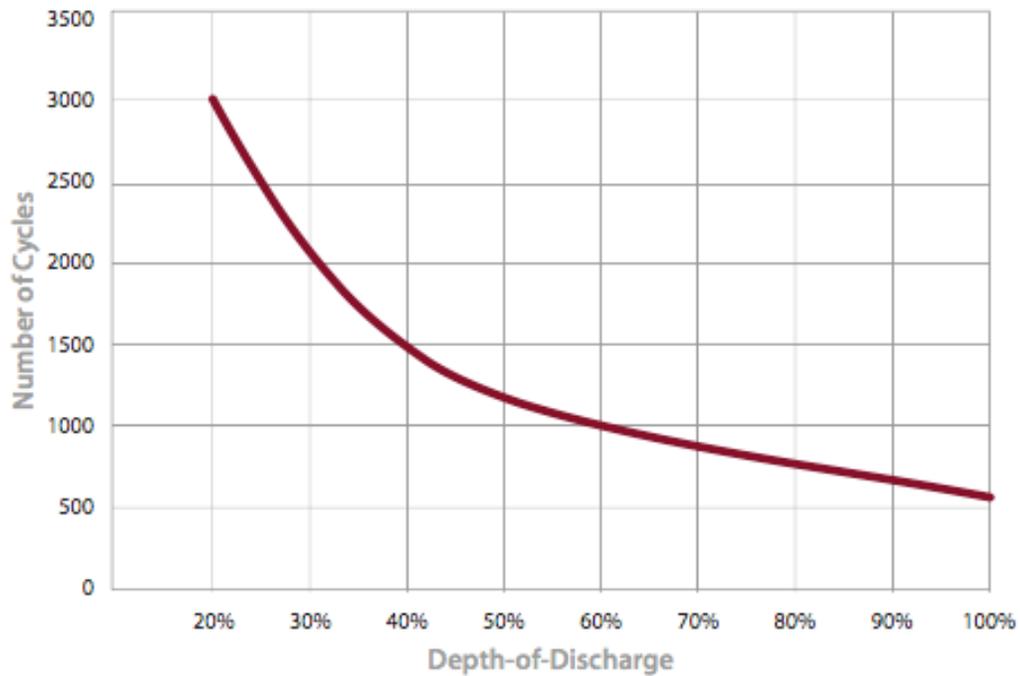


Figura 37: Ciclos de descarga de las baterías. Fuente: Trojan Battery Company

En este caso particular, se contemplan 80 acumuladores, por lo cual, frente a un escenario optimista, el banco de baterías tendría una profundidad de descarga diaria de 21%. De tal manera, si se observa la figura anterior, ello implica un total de unos 2900 ciclos.

Por tal razón, se puede definir, frente a un escenario optimista de consumo diario constante, que el banco de baterías tiene una vida útil esperada de 7.95 años ( $2900 / 365$ ).

## **ANEXO IV (CANTIDAD DE REGULADORES DE CARGA)**

Existen dos tecnologías distintas en términos de reguladores de carga. Los sistemas más sencillos son denominados PWM y tienen la posibilidad de mantener la tensión de trabajo del sistema de generación y únicamente pueden trabajar en 12 v y 24 v. Por otro lado, la tecnología más compleja se denomina MPPT. Estos reguladores tienen la posibilidad de transformar (ya sea disminuir o aumentar) la corriente que circula por sistema.

En este caso los paneles solares trabajan en 24 v y 8 ampere (A) y se desea transformar la tensión en 48 v. Por lo tanto se utilizarán reguladores de carga MPPT de 60 A capaces de transformar la tensión de 24 v a los 48 v deseados por nuestros sistemas de conversión y acumulación.

El cálculo a realizar es muy sencillo. Para lograr que los paneles solares trabajen en 48 v, se los debe instalar en serie (es decir conectar el positivo de un panel con el negativo del otro). De esta forma se logra un sistema de 48 v y 8 A. En tanto, dado que el regulador de carga cuenta con una capacidad máxima de 60 A, por lo que se realizará un cálculo tan sencillo como el siguiente:

$$\text{Cantidad de paneles en serie máximo por regulador} = 60 \text{ A} / 8 \text{ A (2 paneles en serie)} = 7.5$$

Sin embargo, los reguladores de carga MMPT tienen un límite de 6 entradas, por lo que la cantidad de series máximas a instalar por regulador es de 6, implicando un límite máximo de 12 paneles solares por equipo.

En tanto, si se desean instalar 32 paneles solares totales, se debe realizar el siguiente cálculo para determinar la cantidad de reguladores de carga a instalar:

$$32 \text{ paneles solares} / 12 \text{ paneles solares} = 2.66$$

Por lo tanto, ya que se debe redondear la cantidad de equipos para su próximo entero, se deben instalar 3 reguladores de carga MPPT de 60 A cada uno.

## **BIBLIOGRAFIA**

African Renewable Energy Access Programme (AFREA). 2010. Photovoltaics for Community Service Facilities

Apple Maps aplicación (2015)

Arthus-Bertrand, Yann (2009). United Nations Environment Programme: Home

Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF), Madrid 2010. Sistemas de Energía Fotovoltaica

Cárdenas, Gerónimo (2011). Bolsa de comercio de Rosario: Matriz energética Argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación

Celik, A.N. (2008). Progress in Photovoltaics: Research and Applications Optimal Sizing and Life Cycle Assessment of Residential Photovoltaic Energy Systems With Battery Storage

Censolar (centro de estudios de la energía solar). Instalaciones de energía solar. Sistemas de conversión eléctrica. Sobre el papel de la energía en la historia

Environmental Protection Agency (2015). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator

Ferroukhi Rabia; Gielen Dolf; Kieffer, Ghislaine; Taylor, Michael; Nagpal, Divyam y Khalid Arslan (2014). International Renewable Energy Agency (IRENA) - Rethinking Energy: Towards a new power system

Forbes (Solar Energy Revolution: A Massive Opportunity). Disponible en: <http://www.forbes.com/sites/peterdiamandis/2014/09/02/solar-energy-revolution-a-massive-opportunity/>

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE (2015). Photovoltaic Report

Frischknecht, Rolf; Itten, René; Sinha, Parikhit; Wild-Scholten, Mariska y Zhang Jia (2015). International Energy Agency (IEA): Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems

Fthenakis, V. y Alsema, E. (2006). Photovoltaics Energy Payback Times, Greenhouse Gas Emissions and External Costs

Garcia-Valverde, R (2009). Life cycle assessment study of a 4.2 kWp stand-alone photovoltaic system, Solar Energy 83: 1434-1445

Grossi Gallegos, Hugo y Righini, Raúl (2013). Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) de la Universidad Nacional del Luján: Atlas de energía solar de la Republica

Argentina

Gutowski, Timothy; Gershwin, Stanley y Bounassisi, Tonio (2010). MIT: Energy Payback for Energy Systems Ensembles During Growth

Instituto para la Diversificación y ahorro de Energía (IDAE). 2009 . Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red

Instituto para la Diversificación y ahorro de Energía (IDAE). 2010. Guía práctica de la Energía. Consumo eficiente y responsable

INVAP Argentina (2013). Manual de instalación, mantenimiento y uso para un sistema cargador de baterías

Johan Rydh, Carl (2005). Energy analysis of batteries in photovoltaic systems. Part I: Performance and energy requirements and Part II: Energy Return Factors and Overall Battery Efficiencies

Kind, Peter (2013). Edison Electric Institute (EEI) - Disruptive Challenges: Financial Implications and Strategic Responses to a Changing Retail Electric Business

Lacey, Stephen (2015). GreenTechMedia - Storage is the new solar: will batteries and PV create an unstoppable hybrid force?

Lancaster University (2014). Solar Spectrum. Disponible en: <http://www.lancaster.ac.uk/alumni/sections-to-delete/student-volunteering/gallery-images/>

Mackay, David JC (2009). Sustainable Energy - without the hot air. UIT Cambridge

Maril, Pablo (2015). Fundación UOCRA: Curso de instalador de sistemas para suministro de electricidad por energía solar

Ministerio de Industria y Energía (1992). El sol un viejo conocido: Introducción a la tecnología solar

Morgan Stanley (2014). Solar Power & Energy Storage: Policy Factors vs. Improving Economics

NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2015. Images of Change. Disponible en <http://climate.nasa.gov/>

National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2013. Best Research – Cell Efficiencies Optimización del ciclo de vida de los paneles fotovoltaicos. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires

Panasonic USA (2013)

Pearce, J.M. (2015). National Snow & Ice Data Center (NSIDC). Arctic Sea Ice News & Analysis - Optimizing Greenhouse Gas Mitigation Strategies to Suppress Energy Cannibalism

Pracchia J., Fabris A. y Rapallini A. Tabla de datos meteorológicos para 118 localidades de la República Argentina necesarios para el dimensionamiento de sistemas solares

Qmax Argentina (2014)

Roldán Saso, Eva (2010). Universidad de Zaragoza: Posición y movimiento del sol

SIG Eólico - Sistema de Información Geográfico - Mapa Eólico Nacional

SketchUp aplicación (2015)

Solar World Web (2014)

Stackhouse, Paul y Whitlock, Charles (2008). Surface meteorology and Solar Energy - A renewable energy resource web site sponsored by NASA's Earth Science Enterprise Program

Sun Surveyor Aplicación (2015)

Trojan Battery Company (2015)

United Nations Environment Programme (UNEP). 2012. The emissions gap report - A UNEP Synthesis Report. ISBN: 978-92-807-3303-7

Vaisala Inc. (2015). 3 TIER: Global Horizontal Irradiance W/m<sup>2</sup> y 5km Wind Map

Villalonga, Juan Carlos (2013). Energías renovables: ¿Por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?

Wesoff, Eric (2013). Solar City Launches Energy Storage for Business Using Tesla Battery Packs.

## CITAS Y MENCIONES

- 
- <sup>1</sup> United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (2000). Ischigualasto / Talampaya National Parks. Disponible en: <http://whc.unesco.org/en/list/966>. [Consulta 20-04-15].
- <sup>2</sup> Welcome Argentina – Paseos en San Juan (2003). Disponible en: [http://www.welcomeargentina.com/sanjuan/valle\\_luna.html](http://www.welcomeargentina.com/sanjuan/valle_luna.html). [Consulta 21-04-15].
- <sup>3</sup> Montenegro, Miguel (2014). Gobierno de la provincia de San Juan. Disponible en: <http://sanjuan.gov.ar/Default.aspx?nId=10608&cId=2>. [Consulta 21-04-15].
- <sup>4</sup> San Juan al Mundo (2010). Enciclopedia Visual – Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <http://www.sanjuanalmundo.com/articulo.php?id=16092>. [Consulta 21-04-15].
- <sup>5</sup> Argentina Xplora (2000). Valle de la Luna / Ischigualasto. Disponible en: <http://www.argentinaxplora.com/destinos/sanjuan/valuna.htm>. [Consulta 21-04-15].
- <sup>6</sup> Cortéz Eduardo, Giannoni Stella M. y Borghi Carlos (2010). Plan de manejo del Parque Provincial Ischigualasto Fase II Pág. 4. [Consulta 25-04-15].
- <sup>7</sup> Cortéz Eduardo, Giannoni Stella M y Borghi Carlos (2010). Plan de manejo del Parque Provincial Ischigualasto Fase II Pág 14. [Consulta 25-04-15].
- <sup>8</sup> Rogers, Raymond (1997). Ischigualasto Formation – Encyclopedia of Dinosaurs. Pág. 373. Consulta [28-04-15]
- <sup>9</sup> Quintans, Silvina (2004). El gran libro de la Tierra. Disponible en: <http://edant.clarin.com/suplementos/viajes/2004/06/13/v-00845.htm>. [Consulta 04-05-15]
- <sup>10</sup> Naciones Unidas (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Pág. 3. [Consulta 04-05-15]
- <sup>11</sup> Greenpeace Argentina (2011). Cambio climático. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/cambio-climatico/#tab=0>. [Consulta 23-05-15]
- <sup>12</sup> Cambio Climático Global Web (2013). Disponible en: <http://cambioclimaticoglobal.com/que-es-el-cambio-climatico>. [Consulta 23-05-15]
- <sup>13</sup> Duarte, Carlos (2006). Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. CSIC. Pág. 27. [Consulta 23-05-15]
- <sup>14</sup> National Snow & Ice Data Center (NSIDC). 2015. Arctic Sea Ice News&Analysis, vary January. Disponible en: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2015/02/vary-january>. [Consulta 20-07-15]
- <sup>15</sup> Greenpeace (2015). Ártico, el océano más desprotegido del planeta. Pág. 7. [Consulta 23-05-15]
- <sup>16</sup> Arthus-Bertrand, Yann (2009). Documental Home. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=tWdfH5ZO7ys>. Consulta [21-04-15]
- <sup>17</sup> MacKay, JC David (2009). Sustainable Energy: Without the hot air. Pág. 5
- <sup>18</sup> Cárdenas, Gerónimo (2011). Bolsa de comercio de Rosario: Matriz energética Argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación. Pág. 33
- <sup>19</sup> Villalonga, Juan Carlos (2013). Energías renovables: ¿Por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?. Pág. 6
- <sup>20</sup> Villalonga, Juan Carlos (2013). Energías renovables: ¿Por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?. Pág. 9

- 
- <sup>21</sup> Torti, Julio (2013). Clase 3: Energía y medio ambiente – Maestría en Gestión Ambiental ITBA. Director de Maestría en Gestión Ambiental y Director de la presente tesis.
- <sup>22</sup> Lecuona Neumann, Antonio (2002). Departamento de ingeniería de la Universidad Carlos III de Madrid. La Energía Eólica: Principios básicos y tecnología. Pág. 16
- <sup>23</sup> Secretaría de Energía (2008). Energías Renovables: Energía Eólica. Pág. 7
- <sup>24</sup> Universidad de Alcalá (2012). Escuela de formación técnica para ingenieros y arquitectos – Módulo III: Energía Eólica. Pág. 38
- <sup>25</sup> Martínez Torregrosa, Joaquín (2012). ¿Cómo se mueve el Sol y la Tierra para que ocurran los ciclos y simetrías que observamos? Pág. 6
- <sup>26</sup> Perpiñan Lamigueiro, Oscar (2012). Energía Solar Fotovoltaica. Pág. 15
- <sup>27</sup> Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century (2014). 10 Years of renewable energy progress. Pág. 8
- <sup>28</sup> Green Tech Media (2013). Disponible en: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/chart-2-3rds-of-global-solar-pv-has-been-connected-in-the-last-2.5-years>. [Consulta 12-06-14]
- <sup>29</sup> Balaguer Carmona, Manuel (2006). Ministerio de Educación y Ciencia: Energía Solar (Embajada de España). Pág. 1
- <sup>30</sup> Cárdenas, Gerónimo (2011). Bolsa de comercio de Rosario: Matriz energética Argentina. Situación actual y posibilidades de diversificación. Pág. 33
- <sup>31</sup> Borrás S., Carmona S., Estrany F., Oliver, R (2007). El cambio climático: Los combustibles fósiles y las energías renovables. Pág. 94
- <sup>32</sup> Lorenzo, Eduardo (2006). Censolar. Sobre el papel de la energía en la historia.
- <sup>33</sup> Universidad Nacional de Colombia (2007). Guía didáctica para el buen uso de la energía - Unidad de Planeación Minero Energética. Pág. 4
- <sup>34</sup> Doder Juan Bautista, García Fernández María (2012). UBA – Diseño Industrial. Generador Eólico de baja potencia. Pág. 22
- <sup>35</sup> Johan Rydh, Carl (2005). Energy analysis of batteries in photovoltaic systems. Part I: Performance and energy requirements. Pág. 21.
- <sup>36</sup> Wesoff, Eric (2013). SolarCity Launches Energy Storage for Business Using Tesla Battery Packs. Disponible en: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/SolarCity-Launches-Energy-Storage-for-Businesses-Using-Tesla-Battery-Packs>. [Consulta 8/06/15]
- <sup>37</sup> Pure Energies (2014). How long do solar panels last?. Disponible en: <http://pureenergies.com/us/how-solar-works/how-long-do-solar-panels-last/>. [Consulta 20/10/14]
- <sup>38</sup> Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE (2015). Photovoltaic Report. Disponible en: <http://www.ise.fraunhofer.de/en>. [Consulta 12-08-15]
- <sup>39</sup> Environmental Protection Agency (2015). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator.. Disponible en: <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/calculator.html#results>. [Consulta 8-08-15]
- <sup>40</sup> Ferroukhi Rabia; Gielen Dolf; Kieffer, Ghislaine; Taylor, Michael; Nagpal, Divyam y Khalid Arslan (2014). International Renewable Energy Agency (IRENA) - Rethinking Energy: Towards a new power system. Pág. 5.